



Konstruktion in Zink - zukunftsorientierte Lösungen

Entwicklungen in Zinkdruckguss für höchste Designfreiheit und Präzision





ZINKDRUCKGUSSTEILE KÖNNEN EINFACH, SCHNITTIG UND ELEGANT SEIN. UND SIE KÖNNEN
IN IHRER GEOMETRISCHEN KOMPLEXITÄT UND FUNKTION ATEMBERAUBEND FILIGRAN SEIN.

Vorteile von Zinkdruckgusslegierungen

Zinkdruckgusslegierungen zeichnen sich durch eine hohe mechanische Festigkeit, eine lange Haltbarkeit und ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis aus. Kein anderer Werkstoff besitzt eine vergleichbare Kombination von Festigkeit, Zähigkeit, Steifigkeit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit. Die mechanischen Eigenschaften und die vielfältigen Möglichkeiten der Oberflächenveredelung machen Zinklegierungen zu einem perfekten Konstruktionswerkstoff, der sowohl zeit- als auch kosteneffektiv ist.

Ersatz von Baugruppen: Durch Zinkdruckguss können ganze Baugruppen oftmals in einem Teil gegossen werden. Dadurch werden teure nachfolgende Prozessschritte eingespart.

Materialersparnis: Moderner Dünnwand-Zinkdruckguss ermöglicht die Produktion funktionsgleicher Teile mit weniger Metall. Legierungen mit außergewöhnlichen Fließeigenschaften bei gleichzeitig hoher Festigkeit und Steifigkeit erlauben das Gießen dünnwandigster Teile. So werden Gewicht und Kosten gespart.

Entfall der mechanischen Nachbearbeitung: Zinkdruckguss ist endabmessungsnah. Mechanische Nachbearbeitungszeiten werden dadurch auf ein Minimum reduziert oder entfallen ganz.

Hohe Produktionsraten und lange Formstandzeiten: Zinklegierungen können auf modernen Gießmaschinen mit sehr hohen Produktionsraten gegossen werden. Dabei werden außerordentlich lange Formstandzeiten von mehr als einer Million Schuss erreicht. Kosten für den Formanbau und die Maschinennutzung werden so reduziert.

Verzicht auf Lager und Gleitlager: Die exzellenten Lager- und Abriebeigenschaften von Zink erlauben eine größere Flexibilität in der Konstruktion. Kosten für nachfolgende Arbeitsschritte entfallen, weil keine kleinen Lager und Gleitlager mehr eingearbeitet werden müssen. Besonders günstig ist diese Lösung für langsam laufende und mittel bis schwer belastete Achsen.

Flexibilität der Produktionsmenge: Die Bandbreite der Gießverfahren, in denen Zinklegierungen zum Einsatz kommen, erlaubt die wirtschaftliche Anpassung an kleine, mittlere und große Produktionsmengen und Formen je nach Kundenwunsch.

Oberflächenveredelung: Bei sachgerechter Auswahl kann nahezu jede gewünschte Oberfläche auf Zinkdruckgussteile aufgebracht werden. Freiheitsgrade betreffen dabei sowohl optische und haptische Aspekte als auch technische Eigenschaften wie Härte und Widerstandsfähigkeit der Oberfläche.

Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit: Materialersparnis durch Dünnwandguss und intelligentes Design, die lange Lebensdauer und die langen Formenstandzeiten machen Zinkdruckguss zu einem ressourceneffizienten Verfahren. Neue angussarme und angussfreie Gießtechniken tragen zu einer weiteren Steigerung der Ressourceneffizienz bei.

Innovationen: Innovationen in der Legierungs- und Gießtechnik zeigen, dass Zinkdruckguss immer mehr und immer wieder Neues zu bieten hat.



Maßgeschneiderte Legierungen für den Guss von Mengenteilen und für Sondereinsatzbereiche

Grundsätzlich werden zwei Gruppen von Zinkgusslegierungen unterschieden: Die erste Gruppe umfasst die typischen ZAMAK-Legierungen ZL 0400, ZL0410 und ZL 0430. "ZL" steht dabei für „Zinkle-
gierung“ gemäß der Norm EN 1774, während die Ziffern einen Rückschluss auf die enthaltenen Kon-
zentrationen an Aluminium und Kupfer zulassen. Weltweit gibt es weitere Bezeichnungen für Zink-
gusslegierungen. Im nordamerikanischen System sind die ZAMAK-Legierungen durchnummeriert
(Alloy 2, 3 und 5). Die Zahlen stehen dabei für die Reihenfolge ihrer Entwicklung. Innovationen inner-
halb der ZAMAK-Legierungen sind solche mit einer verbesserten Fließfähigkeit, die speziell für den
Guss besonders dünnwandiger Teile geeignet sind (HF und GDSL).

Unterschieden wird grundsätzlich zwischen den ZAMAK-Legierungen, die für die Verarbeitung im
Warmkammerdruckguss geeignet sind und solchen Legierungen, die eher im Kaltkammer- oder Kokil-
lenguss verarbeitet werden. Letztere – ZP8, ZP12 und ZP27 – haben einen höheren Aluminiumgehalt
und dadurch noch höhere Festigkeitskennwerte. Sie sind ausgezeichnete Lagerwerkstoffe.

Die wichtigsten Zinkgusslegierungen im Überblick

ZL0410 (ZnAl4Cu1, ZAMAK 5, ZP5, ZL5, Alloy 5)

Die Feinzinklegierung ZL0410 kommt in Europa am häufigsten vor. Sie hat einen Kupfergehalt von bis zu 1 % und findet vor allem dort Anwendung, wo neben guten Festigkeitswerten und Verarbeitungseigenschaften auch Maßhaltigkeit eine wichtige Rolle spielt. Ausgezeichnete Gießeigenschaften und ein verbesserter Widerstand gegen Kriechen zeichnet ZL0410 aus. ZL0410 ist für alle gängigen Oberflächenveredelungsverfahren, zum Beispiel galvanische Beschichtungen, Farbbeschichtungen oder auch chromatierende Behandlungen, sehr gut geeignet.

ZL0400 (ZnAl4, ZAMAK 3, ZP3, ZL3, Alloy 3)

ZL0400 weist gute physikalische und mechanische Eigenschaften sowie sehr gute Gießeigenschaften auf. Sie wird vor allem im

nordamerikanischen Raum eingesetzt, bevorzugt bei Gussteilen, bei denen es auf eine sehr gute Maßhaltigkeit ankommt. Zusätzlich bieten Gussteile aus ZL0400 gute Voraussetzungen für vielfältige Oberflächenveredelungsverfahren.

ZL0430 (ZnAl4Cu3, ZAMAK 2, ZP2, ZL2)

ZL0430 weist eine höhere Zugfestigkeit und Härte als ZL0400 und ZL0410 auf. Der höhere Kupfergehalt (3 %) bedingt darüber hinaus weitere Änderungen in den Legierungseigenschaften, zum Beispiel im Langzeit-Altungsverhalten. Damit sind kleinere Zunahmen des Volumens, längere Ausdehnungen und ein geringerer Widerstand des Gussteils gegen äußere Einflüsse verbunden. ZL0430 hat sehr gute Gießeigenschaften und nach Abschluss des Alterungsprozesses höhere Festigkeitswerte und Härten. Als Lagermetall ist ZL430 sehr gut geeignet, sodass auf eingelegte Lager verzichtet werden kann.





High-Fluidity-Legierungen (HF und GDSL)

Die speziell für den Dünnwandguss ($< 0,3$ mm Wandstärke) entwickelten Legierungen HF und GDSL haben die gleichen guten mechanischen, elektrischen und wärmeleittechnischen Eigenschaften wie die klassischen ZAMAK-Legierungen, sind aber bis zu 40 % fließfähiger. Auch wenn komplexe Teile sich mit ZAMAK-Legierungen als schwierig zu füllen erweisen oder wenn besondere Ansprüche an die Oberflächenqualität gestellt werden, können HF- oder GDSL-Legierungen gute Alternativen sein. GDSL ist grundsätzlich vergleichbar mit HF, hat aber einen höheren Aluminium- und Kupfergehalt. Die mechanischen Eigenschaften beider Legierungen entsprechen etwa denen der ZL0410 bei einer gleichzeitig niedrigeren Erstarrungstemperatur.

ZL8 (ZA-8)

ZL8 ist für den Sand- und Kokillenguss geeignet und kann in Ausnahmefällen im Warmkammergussverfahren verarbeitet werden. Bei der Nachbearbeitung kommen alle gängigen Verfahren zur Anwendung.

ZL12 (ZA-12)

ZL12 ist die Zinklegierung, die am besten für den Sand- und Kokillenguss geeignet ist. Darüber hinaus ist sie auch eine gute Kaltkammerlegierung. Bei Einsatzbereichen, die höchste Festigkeiten voraussetzen, steht sie im Wettbewerb mit ZL27. ZL12 ist galvanisch beschichtbar, wenngleich die Haftung der galvanischen Schicht etwas geringer ist als bei klassischen Zinkdruckgusslegierungen der ZAMAK-Familie.

ZL27 (ZA-27)

ZL27 ist eine Legierung mit sehr guten mechanischen Festigkeitswerten von bis zu 380 MPa Dehngrenze. Sie ist leicht und hat außerordentliche Abriebs- und Schmierfähigkeiten. Ebenso wie ZL12 ist ZL27 eine Kaltkammerlegierung, sodass zusätzliche Aufmerksamkeit erforderlich ist, um ein fehlerfreies Gussteil zu produzieren. ZL27 ist für eine galvanische Oberflächenveredelung weniger geeignet. Wenn höchste Festigkeiten und Abriebwiderstände gefordert sind, spielt ZL27 ihre Stärken voll aus.

Materialeigenschaften helfen bei der Lösung aktueller Aufgabenstellungen in Konstruktion und Design

Festigkeit

Die hohe Festigkeit von Zinklegierungen wird von kaum einem anderen Material erreicht und begründet ihren ausgezeichneten Platz im Wettbewerb der Konstruktionswerkstoffe. Durch ihre duktilen Eigenschaften können Zinklegierungen außerdem bei Bedarf in hohem Maße Bewegungsenergie absorbieren.

Steifigkeit

Zinklegierungen sind Werkstoffe mit einer hohen Steifigkeit. Das gilt sowohl unter Scheer- als auch unter Torsionsbelastung, unter Druck genauso wie unter Bieungsbeanspruchung. Das in Kombination mit der hohen Festigkeit ermöglicht, die Größe einzelner Gussteile zu reduzieren, sodass Raum und Gewicht gespart werden.

Zähigkeit und Dehnbarkeit

Eine hohe Kerbschlagfestigkeit und eine gute Dehnbarkeit sind herausragende Merkmale von Zinklegierungen. Die Dehnbarkeit ist wichtig für nachfolgende Bearbeitungsschritte wie Falzen, Bördeln und Biegen. Die Kerbschlagbiegefestigkeit hingegen sorgt für die notwendigen Eigenschaften in anspruchsvoller und rauer Umgebung. Bei normaler Raumtemperatur und auch bei tiefen Temperaturen von bis zu $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ weisen Zinklegierungen bessere Kerbschlagfestigkeiten als viele Wettbewerbswerkstoffe auf. Darüber hinaus prädestiniert die Bruchzähigkeit die Legierungen für anspruchsvollste Einsatzbedingungen.

Härte

Zinklegierungen weisen eine signifikante Härte auf. Legierungsbestandteile wie zum Beispiel Kupfer tragen zu ihrer ausgezeichneten Verschleißfestigkeit bei. Typischerweise werden diese Legierungen deshalb in normalen, aber auch fordernden Anwendungsbereichen eingesetzt, in denen sie ihre natürlichen Stabilitätseigenschaften perfekt ausspielen können.

Leitfähigkeit

Zinklegierungen leiten sowohl Wärme als auch Elektrizität. Sie werden deshalb für wärmeleitende Einheiten eingesetzt, beispielsweise als Wärmeableiter oder auch Kühlkörper. Die ausgezeichneten Fließeigenschaften erlauben das Design dünnerer Lamellen und Kühlapfen zur Wärmeverteilung in der Gießform. Durch ihre hervorragende elektrische Leitfähigkeit weisen sie auch spezielle Abschirmeigenschaften (EMI, RFI und ESD) auf.

Nicht funkenschlagend und nicht magnetisch

Alle Zinklegierungen mit Ausnahme der ZA-27 sind als nicht funkenschlagend eingestuft und deshalb eine kostengünstige Alternative zu anderen Werkstoffen in potenziell explosionsgefährdeten Umgebungen. Anders als andere Werkstoffe fängt



Zink bei der Verarbeitung und im Gebrauch kein Feuer. Dass Zink nicht magnetisch ist, macht es zum idealen Werkstoff in der Elektronik und in anderen Einsatzbereichen, in denen empfindliche, bewegliche Teile durch magnetische Strahlung negativ beeinflusst werden können.

Wechselbiegefestigkeit

Die Wechselbiegefestigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Werkstoffs, zyklischen Belastungen standzuhalten. Sie ist ein wichtiges Kriterium für den Konstrukteur. Materialermüdung ist eine der häufigsten Ursachen für ein Bauteilversagen. Im Vergleich zu gängigen Kunststoffen weist Zink ebenso wie die anderen Gussmetalle eine sieben bis zehnfach höhere Widerstandskraft gegen Materialermüdung auf.

Druckdichtigkeit

Die zuverlässige Funktionalität von Gussteilen ist in weiten Bereichen abhängig von der Konstruktion, dem Layout des Rüstwerkzeugs und der Prozesskontrolle. Die engen Toleranzen von Zinklegierungen gewährleisten die für den Guss

druckdichter Bauteile erforderliche Zuverlässigkeit und Kontinuität.

Dämpfungseigenschaften

Die Dämpfungseigenschaften von Zinklegierungen, das heißt ihre Fähigkeit, Energie und Geräusche von externen, mechanisch hervorgerufenen Vibrationen zu absorbieren, ist vergleichbar mit der anderer Konstruktionswerkstoffe. In einigen Fällen übertreffen sie diese sogar. Deshalb werden Zinklegierungen auch dazu verwendet, Gehäuse zu gießen, bei denen die Absorption von Vibrationen gefordert ist.

Widerstand gegen Korrosion

Zink leistet sehr guten Widerstand gegen Korrosion - sowohl unter normalen atmosphärischen Bedingungen als auch in vielen feuchten, industriellen und ölhaltigen Umgebungen. Der Korrosionswiderstand von Zink kann durch eine Oberflächenveredelung oder -behandlung wie zum Beispiel durch eine galvanische Beschichtung, Dickschichtpassivierung, Farbbeschichtung oder eine Anodisierung erhöht werden.

Überragende Lagereigenschaften sorgen für eingebaute Zuverlässigkeit.



Alle Zinklegierungen und ganz speziell ZA-12 und ZA-27 weisen dank ihrer großen Härte und Schmiereigenschaften außerordentliche Lager- und Gleitlagereigenschaften auf und stellen eine gute Alternative zu anderen Lagerwerkstoffen dar. ZA-Legierungen sind optimal geeignet für dauergeschmierte Einsatzbereiche mit langsamer Drehgeschwindigkeit und hohen Lagerlasten bei moderaten Temperaturen. Aber auch bei höheren Drehgeschwindigkeiten mit geringeren Lagerlasten wurden ZA-Legierungen bereits erfolgreich eingesetzt.

Im Vergleich zu anderen Lagerwerkstoffen sind die ZA-Legierungen wirtschaftlicher und wesentlich leichter. Bei kleineren Komponenten tragen die natürlichen Dauerschmiereigenschaften dazu bei, die Kosten für nachfolgende Arbeitsschritte einzusparen, da keine kleinen (Gleit-)Lager mehr eingearbeitet werden müssen. Neben den wirtschaftlichen Vorteilen ermöglichen sie so bei der Konstruktion auch mehr Freiheit und Flexibilität.

Konstruktionseigenschaften, die Ihren Anforderungen gerecht werden

Präzision

Zinklegierungen sind für endabmessungsnahes Gießen nahezu unschlagbar. Bei kleinen Teilen wird eine reproduzierbare Maßhaltigkeit von weniger als 0,03 mm [siehe auch „Technische Richtlinien Gießen“, BDGuss] eingehalten – eine Größenordnung, die oftmals im Bereich der Toleranzgrenze der Gießmaschine liegt. Es gibt nur sehr wenige Verfahren, mit denen so zuverlässig und präzise endabmessungsnaher Teile hergestellt werden können und die in vielen Fällen eine mechanische Nachbearbeitung überflüssig machen. „Net Shape“ oder „Zero Machining“ ist einer der ganz großen Vorteile von Zinkdruckguss.

Spanende Bearbeitung

Die schnelle, störungsfreie Bearbeitbarkeit von Zinkdruckgussteilen minimiert die Abnutzung der Werkzeuge und damit die Bearbeitungskosten insgesamt.

Dünnwandguss

Alle Zinkdruckgusslegierungen (auch ZA) zeichnen sich durch außergewöhnliche Fließeigenschaften aus und erlauben einen sehr dünnwandigen Guss. Wandstärken von 0,3 mm können in Serie gegossen werden. Dünnwandguss ermöglicht die Produktion kleinerer, leichter und damit energie- und kosteneffektiverer Teile.

Kein Lösungswinkel

Der Konizitätswinkel ist die Konizität auf der Oberfläche einer Gussform, die erforderlich ist, um die Entformung des fertig gegossenen Teils zu ermöglichen. Beim Guss von Zinklegierungen kann mit minimalen Konizitätswinkeln gearbeitet werden. In einigen Fällen kann sogar ganz auf einen Konizitätswinkel verzichtet werden. Das ist ein wesentlicher Vorteil, wenn Teile für einen beweglichen mechanischen Kontakt gegossen werden, beispielsweise für Antriebe. Der Entfall interner Konizitätswinkel erlaubt Kostenreduktionen durch endabmessungsnahes Gießen.





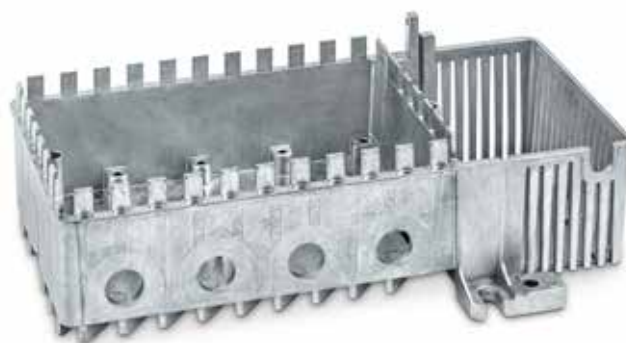
Maßhaltigkeit

Klassische Zinklegierungen zeichnen sich ebenso wie die vom Typ ZA-8 und ZA-12 durch ausgezeichnete Maßhaltigkeit im Gusszustand aus. Dabei kann es aber sein, dass ZA-27 einer zusätzlichen künstlichen Alterung bedarf, um bei außerordentlichen Anforderungen an die Toleranzen Alterungsprozesse zu minimieren. Hierzu werden die Gussteile für eine definierte Zeitspanne auf eine Temperatur von 95 °C bis 105 °C aufgeheizt.

Fügen

Bei Bedarf erlaubt es die hohe Duktilität von Zink, Gussteile kontrolliert so zu verformen, dass die gewünschte Endform erzielt werden kann - oder aber so, dass auf kostengünstige Weise durch Biegen, Prägen, Verdrehen oder Stauchen eine Verbindung zu einer benachbarten Komponente hergestellt werden kann. Übliche kostengünstige Techniken, die beim Fügen von Zinkdruckgussteilen mit anderen Komponenten zum Einsatz kommen, schließen eingegossene Gewinde ebenso ein wie Nieten, Falzen und Bördeln.

Darüber hinaus können Zinkdruckgussteile auch durch Kleben und Schweißen (MIG und TIG) gefügt werden, wobei Schweißen wegen der großen Produktionsvolumina, die oftmals damit verbunden sind, als Fügetechnik für Zinkdruckguss eher unüblich ist.



Große Bandbreite an Techniken für die hochwertige Oberflächenveredelung ist ein weiteres Plus für Zinkdruckguss

Wird eine intelligente Konstruktion mit der Vielseitigkeit und Flexibilität von Zinkdruckguss kombiniert, profitiert davon die Ästhetik des Produkts.

Zinkdruckguss ist die richtige Wahl für zahllose dekorative und funktionale Einsatzbereiche. Durch seine einzigartigen physikalischen und mechanischen Eigenschaften kann Zink in nahezu alle Formen und Größen gegossen werden. Die Vielfalt reicht dabei von einfachen Spielzeugen bis zu komplexen Gehäusen für elektronische Steckverbindungen.

Die meisten Zinkdruckgussteile werden in nicht korrosiver Umgebung eingesetzt, sodass es vor allem die ästhetischen Anforderungen sind, die bestimmen, welche Oberflächenveredelung zum Einsatz kommt. In vielen Fällen kann dabei ganz auf eine Oberflächenveredelung verzichtet werden.

Immer dann, wenn Zinkdruckgussteile in einer aggressiven Umgebung eingesetzt werden oder höchsten ästhetischen Anforderungen gerecht werden müssen, kann eine unübertroffene Bandbreite und Qualität an Konversionsschichten, organischen oder galvanischen Beschichtungen (zum Beispiel Nickel, Satinieren und Glanzverchromen) einfach und zuverlässig in jedem gewünschten Oberflächenbereich des Zinkdruckgussteils zum Einsatz kommen.

Ein exzellentes Gussteil ist eine Grundvoraussetzung dafür, exzellente Oberflächen zu erzeugen. Kostengünstige Massenverfahren wie das Trowalisieren können dazu eingesetzt werden, die Oberfläche von Zinkteilen im Gusszustand noch weiter zu verbessern. Außerordentlich glatte Oberflächen werden durch Glanzschleifen oder chemisches Polieren vor der Oberflächenveredelung erreicht.

Die hohe Fließfähigkeit von Zinklegierungen erlaubt es, bestimmte Bereiche oder komplette Gussteile bereits im Gusszustand mit definierten Oberflächentexturen zu versehen. Dadurch können fertiggestellte Zinkdruckgussteile ganz nach Kundenwunsch aussehen - beispielsweise wie Gold, verwittertes Messing, Edelstahl oder sogar Leder. Andere Extras wie Beschriftungen oder Logos können direkt mit eingegossen werden.

Durch die hohe Dichte von Zinkdruckgusslegierungen und die Möglichkeit, sie äußerst dünnwandig zu gießen, hat der Konstrukteur eine größere Freiheit, die Wahrnehmung des Anwenders im Hinblick auf Gewicht, Balance, Wertigkeit und Massenträgheit zu beeinflussen. So ist beispielsweise der „Cool Touch“, also die für Metalle typische kalte Haptik ebenso wie andere Sinnesindrücke ein Faktor, der von vielen Anwendern von Zinkdruckguss geschätzt wird. Bei Bedarf können Zinkdruckgussteile aber auch mit einer warmen Haptik versehen werden. Dazu sind „Warm Feel“-Beschichtungen oder Plastiküberzüge Optionen, mit denen der Konstrukteur die Haptik gezielt beeinflussen kann.

Für beste Ergebnisse empfiehlt es sich für den Konstrukteur, den Gießer seiner Wahl zum frühestmöglichen Zeitpunkt in die Bauteilentwicklung einzubeziehen. Die erfolgreichsten und wirtschaftlichsten Produkte entstehen erfahrungsgemäß dann, wenn die Beteiligten ihr jeweiliges umfangreiches Fachwissen bündeln.





SVØRN

Flexibilität der Gießverfahren für Zinklegierungen führt zu weiteren Kostenersparnissen

Zinklegierungen können in nahezu jedem gängigen Gießverfahren verarbeitet werden. Ausschlaggebend sind dabei die jeweiligen Anforderungen an die Qualität des Gusses und die gewünschten Stückzahlen. Üblicherweise werden heute Teile in hoher Stückzahl mit höchsten Qualitätsansprüchen im Druckgussverfahren hergestellt. Darüber hinaus kann aber für kleinere Serien auch ein Kokillenguss eine wirtschaftliche Alternative darstellen, bei dem sowohl Sandformen als auch permanente Graphit- und Gipsformen zum Einsatz kommen.

Druckguss

Das Druckgussverfahren ist der effizienteste Weg, große Produktionsvolumina mit höchster Präzision und engsten Toleranzen zu gießen.

Immer dann, wenn ein Produktionsvolumen von 10.000 oder mehr Teilen gegossen werden soll, ist Druckguss das Verfahren der Wahl. Obgleich die Toleranzen sowohl von der Teilegröße als auch von der Komplexität des Gussteils abhängen, sind Toleranzen von $\pm 0,025$ mm heute die Regel. Die Schussgeschwindigkeit für den Guss von Zinklegierungen in modernen Warmkammer-Druckgießmaschinen reicht von etwa 150 Teilen pro Stunde bei großen Gussteilen bis zu 2.000 Teilen pro Stunde bei kleinen Teilen.

Die klassischen Zinklegierungen können ebenso wie die ZA-8 auf Warmkammer-Gießmaschinen gegossen werden. Lediglich die Legierungen ZA-12 und ZA-27 werden auf Kaltkammer-Gießmaschinen gegossen. Dabei bietet der Warmkammerdruckguss die schnelleren Zykluszeiten, wodurch sich geringere Produktionskosten ergeben.

Bedingt durch die niedrigen Schmelztemperaturen von Zinklegierungen halten die Formen von Zinkdruckgussteilen länger als die anderer Werkstoffe mit höheren Schmelztemperaturen.

Kokillenguss

ZA-8 und ZA-12 werden immer dann in Betracht gezogen, wenn im Kokillenguss gegossen werden soll. Üblicherweise werden dabei die Kokillen aus Eisen oder Stahl gefertigt. Moderne Varianten gibt es auch aus Graphit. Der Kokillenguss steht im Wettbewerb mit dem Sandguss, bietet aber engere Toleranzen und glattere Oberflächen, die die Nachbearbeitungskosten reduzieren.

Kokillen aus Eisen und Stahl, die für Aluminiumlegierungen gefertigt wurden, eignen sich grundsätzlich auch für Zinklegierungen. Diese bieten den zusätzlichen Vorteil, dass durch die speziellen Fließeigenschaften der Zinklegierungen dünnere Wandstärken möglich sind. Kokillenguss kommt immer dann infrage, wenn mittlere Losgrößen (500 bis 10.000 Teile) gegossen werden sollen. Stahlkokillen zeichnen sich bei Größe und Gewicht der Teile durch eine große Flexibilität aus. Die Bandbreite reicht dabei von wenigen Gramm bis zu 50 kg.

Im Vergleich zu Metallkokillen bieten Graphitkokillen mehrere Vorteile, insbesondere verbesserte Toleranzen, geringere Rüstkosten und bessere Oberflächeneigenschaften. Allerdings können in Graphitkokillen nur





Teile von geringerer Komplexität und von einer begrenzten Größe gegossen werden.

Sandguss

Alle ZA-Zinklegierungen sind grundsätzlich für den Sandguss geeignet. Dabei ist ZA-12 die gebräuchlichste. Sandguss bietet die größte Flexibilität im Hinblick auf Größe und Komplexität der Teile. Die Rüstkosten sind erfahrungsgemäß gering, weshalb das Verfahren insbesondere für kleine Produktionsvolumina geeignet ist. Allerdings sind die Toleranzen ebenso wie die Rauigkeit der Gussteiloberflächen so, dass eine mechanische Nachbearbeitung erforderlich ist.

Warmkammerdruckguss mit Zink bedeutet minimale Prozesskosten

Verringerung der Produktionszeit

Der Warmkammerdruckguss in Kombination mit den niedrigen Schmelztemperaturen von Zinklegierungen ermöglicht eine außerordentlich hohe Produktivität. Für Gussteile mittlerer Größe sind heute 400 bis 1.000 Schuss pro Stunde üblich. Bei besonders kleinen Teilen können auf speziellen Maschinen bis zu 3.500 Schuss erreicht werden. Damit ist Zinkdruckguss eines der Verfahren mit der höchsten Produktionsgeschwindigkeit.

Energieeinsparung

Ebenfalls bedingt durch die niedrigen Schmelz- und Gießtemperaturen von Zinklegierungen muss für den Warmkammer-Zinkdruckguss weniger Energie pro Teileinheit aufgewendet werden, als es bei anderen Werkstoffen der Fall ist.

Endabmessungsnaher Guss

Eine intelligente Konstruktion in Verbindung mit dem für Zinklegierungen typischen Präzisionsguss und den hochwertigen Gussteiloberflächen erlaubt den endabmessungsnahen Guss. Dadurch werden die erforderlichen Nachbearbeitungsschritte minimiert.

Lange Formstandzeiten

Für große Produktionsvolumina stellt Zinkdruckguss durch die extrem langen Formstandzeiten eine äußerst wirtschaftliche Alternative dar. Eine Gussform für den Warmkammer-Zinkdruckguss erreicht heute Formstandzeiten von üblicherweise 750.000 bis 1,25 Millionen Schuss.

Durch die hohen Produktionsgeschwindigkeiten und die minimalen Ausschussmengen zählt Zinkdruckguss heute zu den wirtschaftlichsten Produktionstechniken für 3-D-Komponenten.

Tabelle I.
Mechanische und physikalische Eigenschaften von Zinkdruckgusslegierungen

Legierung	ZP0400	ZP0410	ZP0430
Andere Bezeichnungen	Zamak3, Alloy 3, ZnAL4	Zamak5, Alloy 5, ZnAl4Cu1	Zamak2, Alloy 2, ZnAl4Cu3
Mechanische Eigenschaften	Druckguss	Druckguss	Druckguss
Zugfestigkeit: (MPa) (2) (6)	315	331	397
Streckgrenze bei -0.2% Dehnung: (MPa) (2) (6)	276	295	360
Dehnung: % in 70 mm (2) (3) (6)			
Dehnung bei maximaler Zugfestigkeit	2	3	2
Dehnung bei Erreichen der Streckgrenze	7	3	5
Elastizitätsmodul (Young): (GPa) (2) (5) (6)	84	84	84
Abscherfestigkeit: (MPa)	214	262	317
Poison-Koeffizient	0	0	0
Brinellhärte (2)	97	114	130
Schlagbelastung			
IZOD nicht gekerbt 20 °C: J/cm² (1)			
IZOD gekerbt 20 °C: J/cm²	2	2	
Charpy nicht gekerbt 20 °C: J/cm²	116	131	96
Charpy gekerbt 20 °C: J/cm²	4	5	9
Wechselbiegefestigkeit (MPa) (4)			
5 x 10 ⁸ Zyklen	48	57	59
1 x 10 ⁷ Zyklen	81	86	104
Streckgrenze bei Druckbelastung: MPa (7) (8)			
bei 0,1 % Dehnung: MPa			
bei 0,2 % Dehnung: MPa	274	199	257
bei 2 % Dehnung: MPa	373	266	379
Physikalische Eigenschaften			
Dichte: (g/dm³) bei RT	6660	6760	6800
Schmelzbereich: (°C)	381°-387°	380°-386°	379°-390°
Elektrische Leitfähigkeit: % IACS	27	27	25
Wärmeleitfähigkeit: W/m.°C	113	108	104
Wärmeausdehnungskoeffizient (ppm/°C)	27	27	27
Spezifische Wärme: (J/kg.°C)			
bei 100 °C	451	422	446
bei 20 °C	391	398	422
Reibungskoeffizient	0	0	0
Schrumpfung beim Guss: mm/mm	.007	.007	.007

1. Maschinell gefertigtes Muster aus der Massel
2. Flachversuchsprobe, Dicke 1,5 mm; Eigenschaften 8 Wochen nach dem Abguss gemessen. Testgeschwindigkeit: 10 mm/Minute
3. Belastung gemessen mit Extensometer. L0 = 70 mm für Legierungen ZL0400, ZL0410, ZP0430, ZP0810 und GD5L. L0 = 50 mm für andere Legierungen.
4. Durchmesser des Wechselbiegefestigkeitsmusters = 5,55 mm. Ermüdungsgrenze bestimmt durch stufenweise steigende Belastung. (Messwerte erhältlich über IZA)
5. Young Elastizitätsmodul wurde auf Basis der Belastungs-Dehnungskurve berechnet.

ZP0810			ZP1110			ZP2720			GDSL	HF Alloy
ZA-8, ZnAl8Cu1			ZA-12, ZnAl11Cu1			ZA-27, ZnAl27Cu2				
Sandguss	Kokillenguss	Druckguss	Sandguss	Kokillenguss	Druckguss	Sandguss	Sandguss HT1	Druckguss	Druckguss	Druckguss
263	221-255	386	276-317	310-345	400	400-441	310-324	421	387	276
200	206	318	214	269	317	372	255	379	315	234
		2							1	
1-2	1-2	3	1-2	1-2	3-4	2-4	6-8	1-2	1	5
85	85	82		82			77		84	84
-	241	275	255	-	296	290	228	325	245	
		0			0			0		0
110	85-90	95-110	89-105	89-105	95-115	110-120	90-110	105-125	119	93
		42	25		29	47	58	5		
		1								
									162	95
-	52	103	103	-	117	172	103	145		
		63								
199	214		227	234	269	331	255	385		
		233								
		321								
	6300			6000			5000		6560	6600
375°-404°			377°-432°			376°-484°			379°	381°-387°
27			28			29			26	27
144			116			125			112	113
	23	27		24			26		27	26
435			448			534			435	451
									395	391
0										
		0	.0104	.013	.0075	.013	.013	.008	0	0

- Die Messwerte der Dehnungseigenschaften hinsichtlich Temperatur, Dicke und Alter sowie die Belastungs-Dehnungskurven sind über IZA erhältlich.
- Die Versuchsprobe ist ein Zylinder mit einem Durchmesser von 0,24 Zoll und einer Höhe 0,48 Zoll. Die Zylinder wurden aus im Druckguss gegossenen Kerbschlagmustern gefertigt. Testgeschwindigkeit: 1,1 MPa/sec. Die Belastung basiert auf einer Verschiebung der Kopfteile der Probe.
- Die Messwerte der Druckeigenschaften hinsichtlich Temperatur und Belastungs-Dehnungskurven sind über IZA erhältlich.

Tabelle 2.
Chemische Spezifikationen und Industriestandards von Zinkdruckgusslegierungen

Chemische Spezifikationen EN	ZP0400		ZP0410		ZP0430	
Gewichts% (EN1774 und EN12844) ^B	Barren	Gussteil	Barren	Gussteil	Barren	Gussteil
Al	3.8-4.2	3.7-4.3	3.8-4.2	3.7-4.3	3.8-4.2	3.7-4.3
Mg	.035-.06	.025-.06	.035-.06	.025-.06	.035-.06	.025-.06
Cu	.03max	.1max	.7-1.1	.7-1.2	2.7-3.3	2.7-3.3
Fe (max)	.02	.050	.02	.050	.02	.050
Pb (max)	.003	.005	.003	.005	.003	.005
Cd (max)	.003	.005	.003	.005	.003	.005
Sn (max)	.001	.002	.001	.002	.001	.002
Ni (other) 10	.001	.02	.001	.02	.001	.02
Zn	.02	.03	.02	.03	.02	.03

(A) Alle die chemische Spezifikation betreffenden Angaben beziehen sich auf EN 1774 (Barren) und EN 12844 (Gussteile).
 Die oben stehenden Spezifikationen basieren auf der EN 1774 von 2013 bzw. der EN 12844 von 2014.

Chemische Spezifikationen ASTM	ZP0400		ZP0410		ZP0430	
Gewichts% (ASTM B240 und B86) ^A	Barren	Gussteil	Barren	Gussteil	Barren	Gussteil
Al	3.9-4.3	3.7-4.3	3.9-4.3	3.7-4.3	3.9-4.3	3.7-4.3
Mg	.03-.06	.02-.06	.03-.06	.02-.06	.005-.020	.02-.06
Cu	.10max	.1max	.7-1.1	.7-1.2	2.6-2.9	2.6-3.3
Fe (max)	.035	.050	.035	.050	.035	.050
Pb (max)	.004	.005	.004	.005	.004	.005
Cd (max)	.003	.004	.003	.004	.003	.004
Sn (max)	.0015	.002	.0015	.002	.0015	.002
Ni (max)	-	-	-	-	-	-
Si (max)	.02	.03	.02	.03	.02	.03
Zn	Rest	Rest	Rest	Rest	Rest	Rest

(B) Alle die chemische Spezifikation betreffenden Angaben beziehen sich auf ASTM B240 (Barren) und ASTM B86 (Gussteile) von 2013.

Industriestandards	ZP040		ZP0410		ZP0430	
	Barren	Gussteil	Barren	Gussteil	Barren	Gussteil
ASTM -Standard	B240-13	B86-13	B240-13	B86-13	B240-13	B86-13
-Bezeichnung	AG40A	AG40A	AC41A	AC41A	AC43A	AC43A
SAE	J468B	J468B	J468B	J468B	Former	
Spezifikationsnummer	903	903	925	925	921	
EN (Europe)	EN1774	EN12844	EN1774	EN12844	EN1774	EN12844
Japan	JIS H2201	JIS H5301	JIS H2201	JIS H5301	JIS H2201	JIS H5301
Australia AS 1881	SAA H63	SAA H64	SAA H63	SAA H64	SAA H63	SAA H64
Canada	CSA HZ3	CSA HZ11	CSA HZ3	CSA HZ11	CSA HZ3	CSA HZ11
ISO	ISO 301		ISO 301		ISO 301	
UNS Bezeichnung	Z33524	Z33525	Z35532	Z35533	Z35544	Z35545

[illegible]

ZP0810		ZP1110		ZP2720	
Barren	Gussteil	Barren	Gussteil	Barren	Gussteil
8.2-8.8	8.0-8.8	10.8-11.5	10.5-11.5	25.5-28.0	25.0-28.0
.020-.030	.015-.03	.020-.030	.015-.03	.012-.020	.010-.020
0.9-1.3	.8-1.3	0.5-1.2	0.5-1.2	2.0-2.5	2.0-2.5
.035	.06	.050	.07	.070	.1
.005	.006	.005	.006	.005	.006
.005	.006	.005	.006	.005	.006
.002	.003	.002	.003	.002	.003
-	.02	-	.02	-	.02
.035	.045	.050	.06	.070	.08
Rest	Rest	Rest	Rest	Rest	Rest

ZP0810		ZP1110		ZP2720	
Barren	Gussteil	Barren	Gussteil	Barren	Gussteil
B240-13	B86-13	B240-13	B86-13	B240-13	B86-13
EN1774	EN12844	EN1774	EN12844	EN1774	EN12844
JIS H2201	JIS H5301	JIS H2201	JIS H5301	JIS H2201	JIS H5301
SAA H63	SAA H64	SAA H63	SAA H64	SAA H63	SAA H64
CSA HZ3	CSA HZ11	CSA HZ3	CSA HZ11	CSA HZ3	CSA HZ11
ISO 301		ISO 301		ISO 301	
Z35637	Z35638	Z35632	Z35633	Z35842	Z35841

[illegible]

Ressourceneffizienter Zinkdruckguss

Ressourcen- und energieeffizient zu arbeiten ist für Gießereien seit jeher eine Selbstverständlichkeit. Der spezifische Energieverbrauch von Zinkdruckguss ist viel geringer als bei vergleichbaren alternativen Fertigungsverfahren für Massenprodukte.

Die jetzt zur Serienreife gebrachten Entwicklungen für den Zinkdruckguss unter Einsatz von Heißkanal- und Heißdüsensystemen haben die Energieeffizienz des Verfahrens sowie dessen Wirtschaftlichkeit nochmals deutlich gesteigert. Zinkdruckguss wird so noch wettbewerbsfähiger und neue Einsatzbereiche können erschlossen werden.

Zinklegierungen, die den anerkannten Normen entsprechend zusammengesetzt sind, erfüllen alle Voraussetzungen der Altautorichtlinie (ELV), der Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (RoHS) sowie der Richtlinie für Elektro- und Elektronikgeräte-Abfall (WEEE).

Ausgehend von den bewährten Zinkdruckgusslegierungen gibt es heute Weiterentwicklungen der Legierungen und des Gießverfahrens. Die Verringerung des Gussteilgewichts ohne eine wesentliche Veränderung der Werkstoffeigenschaften ist dabei vor allem für die Automobilindustrie von besonderem Interesse. Grundsätzlich werden zwei Wege beschritten:

- Beim Gießen von Zinkschaum im Zinkdruckgießverfahren kann eine Material- und damit auch eine Gewichtersparnis von über 50 % erzielt werden. Während das Gussteilinnere gewollte Poren enthält, weist das Teil außen eine geschlossene, polier- und galvanisierbare Oberfläche auf.
- Durch die Anpassungen der Legierungszusammensetzung unter anderem durch die Verwendung kornfeinerer Elemente wurde das Fließ- und Formfüllvermögen so optimiert, dass insbesondere bei sehr dünnwandigen Bauteilen (serienmäßig bis 0,3 mm Dicke) oder hohen Oberflächenansprüchen höchste Qualitätsanforderungen verwirklicht werden können.

Zinkdruckgussteile sind qualitativ hochwertige und dabei äußerst wirtschaftliche Produkte, die sich auch unter widrigsten Einsatzbedingungen durch höchste Belastbarkeit auszeichnen. Sie sind bemerkenswert widerstandsfähig gegen Korrosion und Abnutzung, sodass sie lange und zuverlässig ihre Funktion erfüllen – oft über Jahrzehnte hinweg – und so zur Schonung wertvoller Ressourcen beitragen.

Zinkdruckguss zeichnet sich durch etablierte und bewährte Recyclingwege aus. Das gilt sowohl für Neuschrotte, die während der Herstellung anfallen können, als auch für Zinkdruckgussteile, die nach Ablauf der Nutzungsphase des Produkts recycelt werden. Gussteile aus Zink können nach EN 12844 mit dem ISO-Logo für Recycling für eine einfache Identifikation der verwendeten Legierung im Hinblick auf das zukünftige Recycling versehen werden.





Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen sind genereller Natur und nicht für die direkte Verwendung in spezifischen technischen oder wissenschaftlichen Projekten gedacht. Der Weltzinkverband (International Zinc Association) und die Initiative Zink empfehlen, bei der Planung konkreter Projekte die aktuellsten Daten bei Zinkdruckgießereien anzufragen.

Deutsche Fassung:

Initiative **ZINK**

Initiative Zink, Hansaallee 203, 40549 Düsseldorf
Tel.: +49 211 941 906-73 - E-Mail: info@zink.de - Web: www.zink.de



© **International Zinc Association**

Avenue de Tervueren 168/Box 4, B-1150 Brüssel
2530 Meridian Parkway, Suite 115, Durham, NC 27713, USA
E-Mail: contact@zinc.org - Web: www.zinc.org