



LPM: Projektspezifisch das optimale System auswählen

Leitfaden zur Auswahl eines Low Pressure Moulding Systems

(Bild: OptiMel)

ELEKTRONIK – Mit dem Low Pressure Moulding (LPM) einem Verfahren zum Verguss und Schutz elektrischer und elektronischer Bauteile, lassen sich z.B. Leiterplatten oder Sensoren vor äußeren Einflüssen wie Vibrationen, Stößen und Erschütterungen schützen. LPM isoliert gegen Wärme, Kälte, Feuchtigkeit, Witterung im Allgemeinen sowie elektrische Energie. Die Formgebung ist platzsparend, kostengünstig und individuell designbar. Die Technik eignet sich auch zum Formen von Tüllen und Zugentlastungen, z.B. bei Steckverbindern. Entscheidend ist, dass die Anlage zu den Projektanforderungen passt.

Im LPM kommen überwiegend amorphe thermoplastische Polyamide und Polyolefine zum Einsatz. Sie verbinden ein günstiges Viskositätsspektrum mit einem breiten Anwendungstemperaturbereich von -50 bis 150 °C.

Das zu schützende Bauteil wird in ein speziell für dieses Projekt konzipiertes Vergusswerkzeug eingelegt und mit dem Vergussmaterial ummantelt. Dafür wird das Vergussmaterial typischerweise bei 180 bis 240 °C erhitzt, bis es flüssig ist. Dieses Material wird anschließend bei sehr niedrigem Druck, typischerweise zwischen 5 und 25 bar, in ein relativ kaltes Formwerkzeug eingebracht. Je nach Equipment und Anforderung lässt sich ein Einspritzdruck bis zu 40 bar bzw. 60 bar, aber auch unter 5 bar realisieren. Die Werkzeugtemperatur sollte abhängig von den Prozessanforderungen zwischen Raumtemperatur und ca. 60 °C betragen. Unter diesen Voraussetzungen fließt das Material in die Vergusskavität und umschließt die zu schützende Elektronik. Ist die Kavität gefüllt, wird durch nachfließendes Material der voreingestellte Druck erzeugt und der Materialschrumpf reduziert. Sobald das Material auf die Außenwände der formgebenden Vergusskavität trifft, beginnt gleichzeitig der Kühlprozess. Ein



Von Eva Ranft,
Geschäftsführerin



Zum Lösungspartner

OptiMel Schmelzgußtechnik GmbH |
www.optimel.de

typischer vollständiger Formgebungszyklus dauert zwischen 10 und 60 s. Anschließend ist die direkte Weiterverarbeitung ohne zusätzliche Kühl- oder Reaktivierungszeiten möglich.

Vergussmaterialien

Als Formmasse kommen in erster Linie schadstofffreie Materialien wie Polyamid-Granulate auf Dimerettsäurebasis zum Einsatz (**Bild 1**). Vereinzelt werden auch Polyolefine eingesetzt, basierend auf Polyethylen und Polypropylen, die bei bestimmten Oberflächen ein breiteres Haftungsspektrum aufweisen. Beide Produktgruppen haben ein günstiges Viskositätsspektrum mit einem breiten Anwendungstemperaturbereich, der bei den Polyamiden von -50 °C bis 150 °C und bei den Polyolefinen von -15 °C bis 100 °C reicht. Diese Thermoplaste sind auch als Schmelzklebstoffe oder Hotmelts bekannt: Sie werden durch Erwärmung formbar und behalten beim Abkühlen die gewünschte Form bei.



Bild 1: Hotmelt Granulat (Bild: OptiMel)

Maschinensysteme

Inzwischen sind auf dem Markt Maschinensysteme verfügbar, die sich nahezu an alle projekt- und produktionsbedingten Bedürfnisse anpassen lassen. Mit Baseline (**Bild 2**), Flexline (**Bild 3**) und Labline stehen z.B. drei Hotmelt-Maschinen-Serien zur Verfügung, welche die grundlegenden Anforderungen des LPM umfassend abdecken. Mit der Customline (**Bild 4**) lassen sich Sonderanfertigungen und Lösungen für spezielle Projektanforderungen umsetzen.

**Bild 2: Ausführungs-
Beispiele der Baseline
Serie** (Bild: OptiMel)





Bild 3: Ausführungsbeispiele der FlexLine-Serie
(Bild: OptiMel)



Bild 4: Ausführungsbeispiel einer Custom-Line-Sonderanlage (Bild: OptiMel)

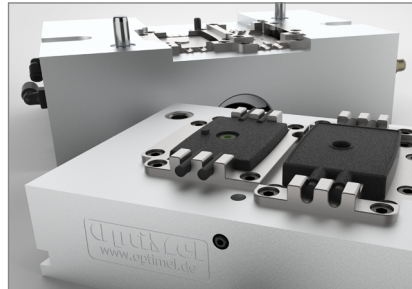


Bild 5: LPM Vergusswerkzeug mit zwei Kavitäten (Bild: OptiMel)

Werkzeuge

Nur mit einem passenden, auf die Anforderungen von Bauteil und Technologie ausgelegten Vergusswerkzeug (**Bild 5**) lässt sich ein Projekt technisch einwandfrei umsetzen. Das Werkzeug-Design ergibt sich aus der Kombination von Kundenanforderungen und werkstoff- sowie prozessbedingten Grundsätzen. Auch wenn einzelne Gestaltungsmerkmale mit der klassischen Spritzgusstechnologie vergleichbar sind, ergibt sich ein deutlicher Unterschied aufgrund der Eigenschaften der verwendeten Vergussmaterialien. Diese sind auch bei der Werkzeugauslegung zu berücksichtigen. Niedrigviskose thermoplastische Hotmelts werden mit geringen Drücken verarbeitet und weisen klebtechnische Eigenschaften auf.

Je nach Anforderung bestehen die Formwerkzeuge aus Aluminium, einzelne Komponenten werden ggf. aus Stahl gefertigt. Die Prozessoptimierung lässt sich entscheidend über das Vergusswerkzeug beeinflussen. Dabei spielen Parameter wie Bauteilaufnahme, spezifische Angussführung und die Auslegung auf mehrstufige Prozesse eine Rolle.

Zur erfolgreichen Umsetzung eines Projekts sind Muster und Prototypen – etwa für Machbarkeitsanalysen und Tests – entscheidend. Deshalb empfiehlt es sich, die Konstruktionsdaten mittels seriennaher Musterwerkzeuge auf erfolgreiche Umsetzung zu prüfen. Diese werden bei Bedarf angepasst und die grundlegenden Prozessparameter für die spätere Serienproduktion ermittelt.

Von der Theorie zur Praxis – der Weg ins Projekt

Anfangsberatung und Machbarkeitsanalysen

Um ein Projekt mit der LPM-Technologie erfolgreich durchführen zu können, sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Ist das Design des Bauteils noch nicht final abgeschlossen, lässt sich die Vergusskontur des Bauteils optimal auf die LPM-Technologie auslegen. Dies sind die besten Voraussetzungen für den erfolgreichen Verguss der Elektronik. Sind das Bauteildesign und die Vergusskontur bereits festgelegt, ist zu prüfen, ob und wie sich diese mit dem LPM-Verfahren realisieren lassen. Hierbei spielen unter anderem Rahmenbedingungen wie Schichtdicken, eventuell vorhandene Hinterschnitte bzw. die gesamte Bauteilgeometrie eine Rolle.
- Um die LPM-Maschinen optimal für ein Projekt auslegen zu können, benötigt man Angaben zu Stückzahlen und ggf. vorgegebenen Zykluszeiten, wenn diese durch den gesamten Produktionsprozess vorgegeben sind. Hier schaut man sich die Ausgangsvoraussetzungen an und bezieht für die Auslegung des Produktionsequipments alle Kriterien – Produktionsdurchlauf, Größe des Bauteils, Anzahl der zu produzierenden Bauteile u.v.m. – mit ein.
- Die anzulegende Schichtdicke des Vergusses ist immer auch von den spezifischen Anforderungen des jeweiligen Bauteildesigns abhängig. Die nahezu optimale Schichtdicke beträgt 3 mm. Das Minimum liegt i.d.R. bei 1 mm, wobei es – in Ausnahmefällen wie bei kurzen Fließwegen und unkritischen Entformungsstellen – ggf. auch unterschritten werden kann. Auch ein Maximum von i.d.R. 5 mm sollte nur in Ausnahmefällen überschritten werden, wenn entstehende Masseanhäufungen und Einfallstellen technisch und optisch akzeptiert werden können. Solche Schichtdicken führen auch zu einer verlängerten Prozesszeit durch längere Abkühlung.
- LPM ist weder ein Beschichtungsverfahren mit minimalem Materialauftrag (wie etwa das Conformal Coating) noch ein Verguss innerhalb eines vorgefertigten Gehäuses (Potting). LPM kann als formgebendes Verfahren bezeichnet werden, welches erlaubt, sowohl der Bauteilkontur zu folgen als auch eine definierte Verguss- Außenkontur zu gestalten. Dieser Aspekt ist wichtig für Bauteildesign und Auslegung.
- Ob eine Machbarkeit gegeben ist, hängt maßgeblich vom Bauteil und seiner Einbindung in das vorgegebene Umfeld ab. Deshalb müssen auch alle anderen im Projekt-

kontext beteiligten Materialien in die Betrachtung miteinbezogen und festgeschrieben werden. Es ist ratsam, ggf. die Betrachtungen der Voraussetzungen mit entsprechenden Tests zu überprüfen.

Zudem bieten sich optionale Prozessschritte für verbesserte Haftung an. In bestimmten Fällen, und um die Haftung zu erhöhen, kann in einem zusätzlichen optionalen



Fragen im Kontext zur
Machbarkeitsanalyse

Prozessschritt eine Vorbehandlung des zu vergießenden Bauteils mit Plasma oder einem Primer erfolgen.

Musterfertigung

Die Anfangsberatung war erfolgreich und die Machbarkeitsanalysen haben ergeben, dass sich das LPM auf das Projekt anwenden lässt. Dann folgt im nächsten Schritt die Musterfertigung. In dieser Projektphase klärt man, welche Anforderungen an das Bauteil gestellt werden und wofür die Muster benötigt werden.

Grundsätzlich unterscheidet man in der Praxis zwei Anforderungen:

- Die Anwendenden möchten z.B. eine Haftungsprüfung durchführen oder einen Eindruck davon bekommen, wie das Bauteil durch den LPM-Verguss beeinflusst wird (etwa, wie es um die elektrische Funktionalität nach dem Verguss steht). Oder man möchte eine Analyse der Materialhaptik haben. Unter diesen Voraussetzungen genügt es meist, das Bauteil auf eine Metallplatte zu legen und den Verguss ohne präzise Formgebung mit einer Labline-Handvergusspistole (**Bild 6**) aufzutragen. Damit lassen sich die Haftung am Bauteil sowie dieses selbst auf Funktion testen. Das Bauteil erfüllt damit noch keine Anforderungen an Kontur und Aussehen – und auch detaillierte Tests oder Beurteilungen auf weitere Qualitätskriterien können noch nicht stattfinden. Gleichwohl erhält man einen ersten Eindruck.
- Am Bauteil sollen bereits konkrete, qualitativ aussagekräftige Tests durchgeführt werden oder man will Anwendenden das Verfahren anhand eines ansprechenden optischen Musters präsentieren. In diesem Fall sollte ein Musterwerkzeug erstellt werden, dessen Vergusskontur je nach konkreter Anforderung an das Musterteil bereits mehr oder weniger der späteren finalen Kontur entspricht. Aufwand und Kosten für ein solches Musterwerkzeug variieren je nach Rahmenbedingungen.

Abhängig von den Anforderungen, die das Muster erfüllen soll, erfolgt anschließend die Erstellung des passenden Muster- respektive Prototypenwerkzeugs. Idealerweise sollten Musterteile aus bernsteinfarbenem Material gefertigt sein: Es gibt Aufschluss darüber, wie sich das Material verhält und ob sich z.B. Luftblasen oder Lunker im Ver-

guss bilden. Für den Fall, dass es kritische Stellen gibt, klärt man gemeinsam ab, ob sich das Bauteildesign noch verändern lässt. Soll das Musterteil hingegen beim Endkunden präsentiert werden, wird es in der finalen Farbgebung gefertigt.

Werkzeugdesign

Das Werkzeugdesign bildet das Herzstück eines jeden LPM-Projekts. Dabei wird i.d.R. das entsprechende Vergusswerkzeug für jedes Projekt individuell, basierend auf

den jeweiligen Anforderungen, konzipiert und gefertigt. Dabei werden werkstoff- und prozessbedingte Grundsätze miteinbezogen. Das Ziel ist ein optimales und prozesssicheres Ergebnis. Bevor es um die konkrete Werkzeuggestaltung geht, werden zentrale Parameter der Werkzeugauslegung abgeglichen:

- Soll in der Serienfertigung mehr als eine Werkzeugunterhälfte zum Einsatz kommen? Soll dementsprechend mit Schiebetisch oder Drehteller gearbeitet werden?
- Mit wie vielen Vergusskavitäten soll gearbeitet werden?

Daraus sowie aus der Geometrie des Bauteils ergibt sich die Frage nach der Einspritzorientierung: Muss diese horizontal oder vertikal erfolgen? Auf dieser Basis folgen Kalkulationen zur Anzahl der Werkzeugunterhälften und Kavitäten. Bei jedem Projekt mit hoher Produktionsstückzahl stellt sich die Frage nach der möglichst optimalen Auslegung von Vergussanlage und Werkzeug. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Korrelation zwischen der gesamten Prozesszeit des Vergusses und den Handlingszeiten, bestehend aus Einlegen, Positionieren und Entnehmen. Eine nahezu optimale zeitliche Prozesseffizienz lässt sich nur dann sicherstellen, wenn der gewählte Produktionsprozess die Korrelation zwischen Vergussanlage, Werkzeug(en) und Anzahl der Kavitäten pro Werkzeug berücksichtigt. Zur Beurteilung sind einige grundsätzliche Daten notwendig.

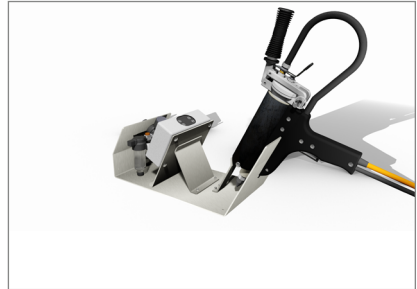


Bild 6: LabLine Handvergusspistole

(Bild: OptiMel)



Daten zur Ermittlung des Werkzeugdesigns und Fragen, die zu klären sind

Horizontale oder vertikale Einspritzorientierung?

Die Wahl der Einspritzrichtung hängt maßgeblich von der Anzahl der Kavitäten sowie deren Anordnung in Bezug auf die Bauteilgeometrie ab. Die vertikale Vergussrichtung ist insbesondere dann empfehlenswert, wenn die Kavitäten hintereinander angeord-



Beispielrechnung

net sind. Bei Bauteilen mit Mehrfachkavitäten bietet der vertikale Anguss generell den Vorteil deutlich kürzerer Angusskanäle. Daher ist ab zwei Kavitäten immer zu prüfen, ob die vertikale Einspritzrichtung die geeignete Wahl ist. Die vertikale Vergussrichtung ist auch dann zu bevorzugen, wenn Gehäuse gefüllt werden müssen und kein Ausbruch an der passenden Stelle für die Düse positioniert werden kann. Sie empfiehlt sich auch dann, wenn Schieber oder Auswerfer benötigt werden und diese mit der horizontalen Düse kollidieren würden oder wenn Kabel aus dem Verguss geführt werden und dies in rückwärtiger Ausrichtung erfolgen muss.

In den meisten Fällen ist die vertikale Vergussrichtung die bevorzugte Wahl. Die horizontale Ausrichtung erleichtert dagegen das Handling beim Einrichten der Werkzeuge.

Vorteile eines Heißkanal-Werkzeuges

Je mehr Kavitäten es gibt, desto komplizierter wird die Verteilung des Materials im Werkzeug. Der Energieverlust, bis das Material in der Kavität ankommt, sowie der Materialverlust durch einen verlängerten Anguss steigen. Statt bei Mehrfach-Kavitäten auf einen vertikalen Angusskanal mit zwei Doppeldüsen zu setzen, gibt es die Möglichkeit eines Heißkanals: Er sitzt direkt über den Kavitäten und kann diese an jeder beliebigen Position über die Düsen direkt mit Vergussmaterial befüllen. Der Vorteil: Ein Heißkanal ist angussfrei, sodass es weder Material- noch Energieverluste gibt. Dieses Verfahren eignet sich vor allem bei hohen Stückzahlen. Ab welcher Anzahl von Kavitäten ein Heißkanal-Werkzeug Sinn ergibt, hängt immer auch von den Rahmenbedingungen des Projektes ab.

Exkurs: Temperierung

Die Temperierung eines Werkzeugs hat vielfältige Auswirkungen auf Haftung, Zykluszeiten und den gesamten Prozess. Ein zu kaltes Werkzeug zu Arbeitsbeginn entzieht dem einfließenden Material schneller die Wärme. Das wirkt sich auf den Prozess und im ungünstigsten Fall auch auf die Haftung aus. Andererseits erwärmt sich das Werkzeug über die Dauer der Produktionszeit und beeinflusst das Fließverhalten des Materials und die Länge der Kühlzeiten. Die Prozessbedingungen verändern sich also über die Dauer einer Produktionsschicht. Wird das Bauteil zu früh aus dem Werkzeug entnommen, bevor eine gewisse Festigkeit durch Abkühlung erreicht wurde, können Bauteilverformungen die Folge sein. Deshalb gilt es zu klären, wie empfindlich das Bauteil ist und welche Anforderungen an Parameter wie die Zykluszeit sowie den Gesamtprozess bestehen.

Auch mögliche Toleranzen im Produktionsprozess respektive beim fertigen Bauteil sind zu berücksichtigen. Sind diese eng gesteckt, sollte das Werkzeug auf einer konstanten Temperatur zwischen Raumtemperatur und max. 50 °C bis 60 °C gehalten werden. Unter dem Aspekt der Werkzeugauslegung wird geklärt, welche Lösung gewünscht und sinnvoll ist. In vielen Fällen empfiehlt es sich, die Temperierung in die Maschinenaufspannplatten zu integrieren: Bei diesem Verfahren wird die Tischplatte temperiert, auf der das Werkzeug aufgespannt ist. So kann die Temperatur von der Tischplatte auf das Werkzeug übergehen. Der Vorteil: Es werden keine Temperierkanäle durch das Werkzeug geführt. Dies vermeidet störende Schläuche am Werkzeug und ein ggf. aufwändigeres Integrieren der Kanäle in den Werkzeugaufbau. Sind mehrere Werkzeuge im Einsatz, lässt sich der Aufwand ebenfalls deutlich reduzieren, wenn die Temperierung in der Maschinenplatte integriert ist und nicht in jedes Werkzeug einzeln eingebracht werden muss.

Haben Anwendende bereits eine Maschine, ist es sinnvoll, die Bauart zu prüfen und zu und klären, wie sich die Temperierung integrieren lässt, z.B. dann auch über Kanäle im Werkzeug. Dabei spielt die Position der Temperierungskanäle eine entscheidende Rolle. Es gilt zu prüfen, ob die Position der Kanäle nicht mit der Kontur des Bauteils kollidiert. Bei vertikaler Einspritzung ist die Temperierung ein Muss: Durch den ständigen direkten Kontakt des Werkzeugoberteils zu den beheizten Einspritzdüsen wird dessen Temperatur gegenüber der Temperatur des Werkzeugunterteils deutlich erhöht. Hierdurch kommt es zu unterschiedlichem Abkühlverhalten und damit unterschiedlichem Schrumpfverhalten im Bereich der oberen und unteren Bauteilhälften. Das könnte wiederum Spannungsrisse erzeugen. Um solche Qualitätsrisiken zu vermeiden, ist eine gleichmäßige Temperierung der Werkzeughälften unerlässlich.

Maschinenauswahl

Projekt- und Produktionsanforderungen bestimmen maßgeblich die Auswahl der passenden Vergussanlage. Auf Basis moderner Maschinenserien kann das benötigte Equipment aber heute genau an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden. Dabei gibt es die „Standard“-LPM-Maschine in der Praxis eigentlich nicht.

Schließkraft, Aufschmelzleistung und die zu produzierende Stückzahl pro Jahr sind die ausschlaggebenden und sich gegenseitig bedingenden Parameter für die Auswahl der passenden Maschine. Jedoch spielen auch die Anforderungen an die Produktion sowie an gewünschte Sonderfunktionen hierbei eine Rolle. Selbst wenn zwei zentrale Faktoren – etwa Aufschmelzleistung und Schließkraft – zunächst z.B. auf eine Baseline hindeuten, können Aspekte wie hohe Stückzahlen oder gewünschte Sonderfunktionen letztlich für die Anschaffung einer Flexline oder einer Customline sprechen. Am

Beispiel der Flexline-Serie (**Bild 3**) lässt sich eine mögliche Konfiguration exemplarisch darstellen: Nachdem der Maschinentyp und die gewünschte Schließkraft definiert sind, folgt die Auswahl des Maschinentisches – fester Tisch, pneumatischer Schiebetisch oder Drehteller. Diese Entscheidung erfolgt abhängig von den Jahresproduktionsstückzahlen und davon, wie diese erreicht werden sollen.

Bei zwei Werkzeugunterhälften kommt ein Schiebetisch oder Drehteller zum Einsatz. In Verbindung mit halb- oder vollautomatisierten Produktionslinien, wie z.B. einem Roboterarm, empfiehlt sich ein Drehteller: Dieser nimmt beim Ein- und Ausdrehen des Werkzeugunterteils immer dieselbe Bestückungsposition ein und ist so optimal für das automatisierte Bauteilhandling geeignet.

Die Vergussrichtung/Einspritzorientierung – horizontal oder vertikal – ist bauteilabhängig und auf Basis weiterer Faktoren zu wählen. Bei der Bedienung respektive Sicherheitstechnik besteht die Wahl zwischen Zweihandbedienung oder Lichtschranke. Auch ein manueller Kniehebel kann zum Einsatz kommen. Dieser bietet in speziellen Sonderfällen Vorteile gegenüber einer automatischen Schließenheit. Kommt ein Drehteller zum Einsatz, empfiehlt sich eine Lichtschranke.

Für die Auftragsköpfe kommen Einzel- oder – bei Mehrfachkavität oder langen Fließwegen – Doppeldüsen mit verschiedenen Abständen oder Heißkanalsystemen zum Einsatz.

Welches Aufschmelzgerät das passende ist, hängt von der für das Projekt benötigten Schmelzleistung und den Produktionsbedingungen ab. Hier besteht die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Tankgeräten mit unterschiedlicher Antriebstechnik – Zahnrad- oder Kolbenpumpe sowie einem Extruder – zu wählen. Durch das Plug-and-Play-System zwischen Maschine und Aufschmelzeinheit lässt sich diese zu einem späteren Zeitpunkt auch jederzeit tauschen und so an Bedingungen eines anderen Projektes anpassen

Tankgeräte mit Zahnrad- oder Kolbenpumpe

Zahnrad- und Kolbenpumpe unterscheiden sich grundlegend in ihrem Prinzip der Materialförderung. Bei der Zahnradpumpe lassen sich Druck und Drehzahl getrennt voneinander regeln. Das Kolbenpumpensystem hingegen ist so ausgelegt, dass sich über den einstellbaren Systemdruck lediglich der Massedruck regeln lässt. Der Druck wird generell aufgebaut, sobald die Kavität gefüllt ist. Die Fließgeschwindigkeit des Materials lässt sich bei der Zahnradpumpe durch die Drehzahl variieren, bei der Kolbenpumpe hingegen nicht. Bei den meisten Projekten ist eine Steuerung des Drucks völlig ausreichend. Die

Regulierung der Drehzahl und somit der Fließgeschwindigkeit ist in einigen speziellen Fällen jedoch von Vorteil. Bei langen und/oder dünnen Fließwegen lässt sich eine hohe Drehzahl für einen beschleunigten Füllvorgang nutzen, um die Kavität mit möglichst wenig Temperaturverlust schnell zu füllen. Mit einem Drehzahlprofil lässt sich die Geschwindigkeit anschließend für den Nachdruck anpassen.



Bild 7: Low Pressure Moulding Extruder

(Bild: OptiMel)

Zur Vermeidung von Lufteinschlüssen wird im Füllprozess mit einer geringen Drehzahl und somit Geschwindigkeit gearbeitet. Damit gibt man der Luft, insbesondere unter den Bauteilen, Zeit zum Entweichen. Auch hier kann die Drehzahl im Nachdruck entsprechend nochmals variiert werden.

Da die Kolbenpumpe prinzipiell einen geringeren Wartungsbedarf hat und insgesamt die kostengünstigere Alternative darstellt, ist immer projekt- und produktionsbedingt zu definieren, welche Option idealerweise gewählt wird.

Spezieller Extruder

Bei den genannten Maschinen einsetzbare Extruder eingesetzte Extruder (**Bild 7**) wurde explizit für die Anforderungen des Low Pressure Moulding entwickelt und er wird gezielt auch für kleine Schussgewichte verwendet. Dafür wurde der Aufschmelzprozess vom Einspritzprozess entkoppelt und die Vorteile eines Extruders wurden mit den Vorteilen eines Kolbenpumpenschmelzgeräts kombiniert. Konkret heißt das: In unterschiedlichen Temperaturzonen schmilzt das Hotmelt-Granulat bei Temperaturen zwischen 25 °C und 250 °C bedarfsgerecht auf. Zusätzlich wird das Material durch die Scherung in der Extruder-Schnecke mit Wärme beaufschlagt.

Die Besonderheit bei dem Extruder ist die nachgeschaltete Kolbeneinheit. Durch diese werden die für Extruder typischen Druckspitzen, die durch Nachlaufen der Schnecke hinter der bereits geschlossenen Düse entstehen, vermieden. Der Vorteil: Dadurch lassen sich auch besonders sensible Bauteile problemlos verarbeiten.

Da sich das Fassungsvermögen und der eingestellte Füllgrad den jeweiligen Vergussmengen anpassen lassen, enthält die Kolbeneinheit immer nur eine geringe Material-

menge, welche für die nächsten, direkt bevorstehenden Vergusszyklen benötigt wird. Dadurch verweilt das Material nicht länger als nötig im Gerät und eine zu lange Beaufschlagung mit der Verarbeitungstemperatur wird vermieden. Denn dies kann über eine gewisse Dauer zu thermischer Veränderung führen – von Verfärbungen bis hin zu Schädigungen der Materialstruktur.

Ein Extruder kann auch bei häufigen Material- bzw. Farbwechseln sinnvoll sein, da sich das Material einfacher wechseln lässt und so weniger Ausschuss oder Spülmaterial entsteht.

Die Entscheidung, ob sich die Anschaffung eines Extruders im Hinblick auf einen einfacheren Farbwechsel im Vergleich zum Wechsel zwischen mehreren Tankgeräten rechnet, basiert auf einer genauen Kalkulation. Diese berücksichtigt individuelle Faktoren wie Wechselzeiten, Wartungskosten, Materialausschuss und andere relevante Aspekte. Beim wartungsarmen Extruder reichen außerdem regelmäßige Sichtkontrollen und der bedarfsweise Tausch von Verschleißteilen sowie eine regelmäßige Wartung der Kolbeneinheit.

Zum Extruder gehört obligatorisch ein Temperiergerät, das die Granulat-Einzugszone kühlt. Ebenso zwingend ist ein Trockner: Da der Extruder ein geschlossenes System ist, bei dem Feuchtigkeit nicht verdunsten kann, muss das Material vor der Verarbeitung getrocknet werden. Geschieht das nicht, kann es zu Blasen im Verguss kommen. Wichtig ist, darauf zu achten, dass Extruder und Schussgewicht zusammenpassen und aufeinander abgestimmt sind.

Automatische Nachfülleinheit für Tankgeräte

Die konstante Höhe des Füllstandes im Tank ist ein wichtiger Aspekt. Hierbei sind insbesondere drei Punkte ausschlaggebend:

- Wird zu viel Granulat auf einmal in den Tank gegeben, kann ein ungünstiges Verhältnis zwischen dem bereits aufgeschmolzenen Material und dem kalten Granulat entstehen. Die Folge ist ein Temperaturabfall im Tank und damit ein instabiler Prozess. Bei einem kontinuierlichen Füllprozess hingegen kann das nachgefüllte Granulat im oberen Bereich des Tanks aufschmelzen, ohne die Temperatur des bereits flüssigen Materials im unteren Tankbereich zu beeinflussen.
- Sinkt das aufgeschmolzene Material im Tank ab, bleiben Reste davon an den Tankwandungen zurück. Diese reagieren mit dem Luftsauerstoff und bilden Ablagerungen, die über die Zeit vercracken. Solche Ablagerungen sorgen für einen reduzierten Temperatureintrag und somit für einen höheren Energieaufwand beim Aufschmelzen des nachgefüllten Materials. Durch den höheren Energieaufwand

werden zugleich auch der Verbrennungsprozess und somit weitere Ablagerungen forciert. Durch eine relativ konstante Füllhöhe im Tank lässt sich dieser Effekt reduzieren.

- Die beschriebenen Ablagerungen an den Tankwandungen können sich durch neu eingefülltes und aufschmelzendes Material lösen und gelangen so in die aufgeschmolzene Masse im Tank. Beim Fördern werden sie dann zwar im Filter der Pumpe aufgefangen, der Wartungsaufwand wird jedoch deutlich erhöht, da der Filter um so häufiger gewechselt werden muss, je mehr dieser Ablagerungen im aufgeschmolzenen Material vorhanden sind. Wird der Filter nicht rechtzeitig getauscht, besteht im Extremfall die Gefahr, dass er platzt und verbrannte Materialpartikel in das gesamte System bis hin zum Endprodukt gelangen. Das kontinuierliche Nachfüllen hat somit auch einen entscheidenden Einfluss auf die Wartungsanfälligkeit sowie die Prozessstabilität.

Eine komfortable Lösung bietet die automatische Nachfülleinheit mit Füllstandsensoren: Diese stellt das gleichmäßige Nachfüllen und damit ein konstantes Aufschmelzverhalten sicher. Die Nachfülleinheit ist für alle Tankgeräte, inkl. der Baseline-Geräte, erhältlich.

Materialauswahl

Die Auswahl des geeigneten Vergussmaterials ist ein wichtiger Faktor für den Erfolg eines Projektes. Mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Materialtypen – inkl. Sondermaterialien – steht heute eine umfassende Auswahl für projektspezifische Anforderungen zur Verfügung. Wichtig für die Auswahl ist ein Anforderungsprofil der Anwendung, auf dessen Basis der passende Materialtyp ermittelt werden kann. Folgende Informationen sollte ein Anforderungsprofil enthalten:

- Auf welchem Untergrund muss das Material haften? Sind spezielle Dichtigkeiten erforderlich? Speziell für die Haftung sind Überprüfungen und Tests unerlässlich.
- Welche Temperaturanforderungen werden an das Material gestellt? Unter welchen Einsatz- oder Testbedingungen?
- Welche chemische Beständigkeit muss das Material aufweisen (z.B. Säuren, Basen, Alkohol, Öle und weitere)?
- Gibt es spezielle Anforderungen an die mechanische Festigkeit?
- Welche weitere Beständigkeit – wie etwa UV-Stabilität oder Feuchtisoliationsbeständigkeit – muss das Material aufweisen?
- Welche weiteren Kriterien muss das Material respektive das fertige Bauteil erfüllen?

Diese Fragen sind essenziell, wenn es darum geht, die passende Materialauswahl für ein Projekt zu treffen. Dabei ist es entscheidend, die Vergussmaterialauswahl sorgfältig

tig auf das jeweilige Projekt abzustimmen und sicherzustellen, dass sie nicht nur den geforderten Haftungstests entspricht, sondern auch mit den Bauteilen harmoniert, wie sie zum Zeitpunkt der Fertigung existieren. Denn: Veränderungen an Kabeln oder am Platinenmaterial/Lötstopplack können zu Haftungsproblemen führen. Daher ist es wichtig, Materialien klar festzuschreiben oder bei Änderungen die Bauteile zu prüfen, um mögliche Haftungsprobleme zu vermeiden.

Exkurs: Umgang mit Vergussmaterialien

Trockene Lagerung

Alle Vergussmaterialien nehmen grundsätzlich Wasser auf. Handelt es sich um reine Oberflächenfeuchtigkeit, kann diese bei Verarbeitung im Tankgerät komplett entweichen und führt zu keiner Beeinträchtigung der Materialqualität. Ein Trocknen der Materialien ist in diesem Fall nicht zwingend notwendig. Bei einem zu hohen Feuchtigkeitsgehalt – und dem dadurch bedingten Eindringen der Feuchtigkeit in das Granulat – entweicht diese jedoch auch bei Verarbeitung im Tankgerät nicht in jedem Fall komplett. Das führt einerseits zu Schaumbildung im Verguss und kann andererseits – infolge einer stattfindenden Hydrolyse – starke Veränderungen der Materialeigenschaften mit sich bringen.

Um Qualitätsprobleme zu vermeiden, sollten die Materialien daher immer in feuchtigkeitsdichten Behältern gelagert werden. Bei einem Extruder ist die vorhergehende Trocknung des Materials unerlässlich, da es sich um ein geschlossenes System handelt, aus dem auch Oberflächenfeuchtigkeit nicht entweichen kann.

Vergussmaterialien sollten der Verarbeitungstemperatur nicht zu lange ausgesetzt sein

Bei den Vergussmaterialien handelt es sich um thermoplastische Hotmelts, die mehrfach wiederaufgeschmolzen werden können. Gleichwohl unterliegen auch sie einer thermischen Beanspruchung. Werden sie insgesamt zu lange der jeweiligen Verarbeitungstemperatur ausgesetzt – sei es am Stück oder wiederholt – können thermische Schäden auftreten. Hierdurch kann es sowohl zu optischen Beeinträchtigungen – vor allem bei den hellen Materialien – als auch zur Schädigung der Materialstruktur und damit zu Beeinträchtigungen der Materialeigenschaften kommen. Um dies zu verhindern, sollte immer bedarfsgerecht für den jeweiligen Prozess aufgeschmolzen werden. Dies lässt sich durch eine auf das Projekt abgestimmte Tankgröße, einen angepassten Nachfüllprozess (ggf. mit automatischer Befüllung) oder durch den Einsatz eines Extruders erreichen.

Angüsse nicht wiederverwenden

Aus Sicht von Material- und Kosteneinsparung mag es sinnvoll erscheinen, die anfallenden Angüsse aus der Produktion wiederzuverwenden. Hierauf sollte jedoch verzichtet werden. Zum einen können so Verunreinigungen in den Prozess eingebracht werden – sei es durch Fremdkörper, die in die gesammelten Angüsse hineingeraten sind, oder durch das Handling an sich (wie etwa Schweiß, Handcreme oder Ähnliches). Zum anderen würde das Material unkontrolliert über mehrere Aufschmelzzyklender Verarbeitungstemperatur ausgesetzt. Dies kann zu Qualitätsmängeln führen.

Fazit

LPM hat sich als Fertigungsverfahren für viele Aufgabenstellungen bewährt und die Technik wird kontinuierlich weiterentwickelt. Neben der Berücksichtigung der dargelegten Planungshilfen bei der Integration und Umsetzung der Low Pressure Moulding-Technologie in einem Projekt sollte man bei der Partnerwahl auf langjährige Erfahrungen und Know-how aus vielen Projekten achten. Denn es gibt hier keinen Standard.