



Vorteile von hybriden Druckguss-Spritzguss- Komponenten

Wagner AG

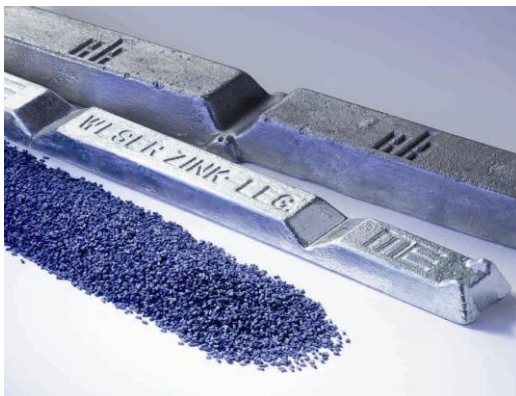
Urnäscherstrasse 22, Postfach 67, 9104 Waldstatt, Schweiz
Tel +41 (0)71 354 81 81, Fax +41 (0)71 354 81 82, info@wagner-waldstatt.ch
www.wagner-waldstatt.ch

Vorteile von hybriden Druckguss-Spritzguss-Komponenten

Dipl. Ing. ETH Marc Fuchs
Leitung Verkauf & Engineering Fa. Wagner AG, Waldstatt, Schweiz

Einleitung

Die Wagner AG ist spezialisiert in der Entwicklung und Herstellung von besonderen Gussteilen. Das 1945 gegründete Familienunternehmen hat seinen Hauptsitz in Waldstatt, Schweiz. Als Zulieferer unter anderem auch für die Automobilindustrie entwickelt, konstruiert und produziert die Wagner AG mit ihren rund 170 Mitarbeitern rohe, bearbeitete, vormontierte und einbaufertige Bauteile und Komponenten aus Aluminium-, Zinkdruckguss, Thermoplastspritzguss sowie hybriden Komponenten.



Im Druckguss verarbeitet Wagner im Kaltkammerverfahren die Aluminiumlegierungen 231, 226, 239 und die Magsimal59. Im Warmkammerbereich die Zinklegierung Zamak410. Im Thermoplast-Spritzgussbereich ist Wagner etwas flexibler in der Verarbeitung der Werkstoffe, da diese als Pellets angeliefert werden und an der Spritzgussmaschine erschmolzen werden. Typische Kunststoffe, welche bei Wagner am häufigsten zum Einsatz kommen sind PA und POM. Aber auch PS, ABS, PE, PP, PC und PPS werden verspritzt (Abb.1).

Abb.1: Werkstoff-Portfolio bei Wagner AG

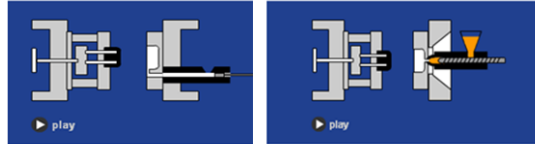
Begriff „Hybrid“ bei Wagner

Wenn man den Begriff „Hybrid“ hört, denkt man zunächst mal an den Motorenbau und nicht an einen Werkstoff-Verbund. In den letzten Jahren wurde dieser Begriff jedoch vermehrt auch in der Verfahrenstechnik verwendet, auch wenn im Detail jeweils unterschiedliche Inhalte angesprochen werden.

Bei Wagner wird unter „Hybrid“ folgendes verstanden:

- Druckgussbauteile, welche mit Kunststoff um-, hinter- oder angespritzt werden,
- durch Wagner entwickelte, spezielle metallische Einlegeteile, welche mit Kunststoff umspritzt werden oder
- durch Wagner gegossene und zu einer Baugruppe montierte Druckguss- und Spritzgussteile

Verfahrensbedingte Vorteile:



Eigenschaft	Druckguss	Spritzguss
Bauteilgestaltungsfreiheit	Hoch	Sehr hoch
Prozesssicherheit und -stabilität	Hoch	Sehr hoch
Bauteilkosten	Tief	Sehr tief
Möglichkeiten zur Veredelung	Gut	Gut
Farbgebung	Schlecht	Sehr gut
Recyclierbarkeit	Sehr gut	Mässig

Abb.2: Verfahrensbedingte Vorteile von Druck- und Spritzguss

Die Vorteile von hybriden Komponenten ergeben sich teilweise alleine schon durch die Urformprozesse Druckguss und Spritzguss. Hier sind vor allem die Themen Bauteilgestaltungsfreiheit, Prozesssicherheit/-stabilität und tiefe Bauteilkosten zu erwähnen. Der Spritzguss ist im Bereich der Bauteilgestaltungsfreiheit und Prozesssicherheit im allgemeinen dem Druckguss etwas überlegen, da die werkzeugbedingten Prozesseinflüsse beim Spritzguss nicht einen so grossen Einfluss haben, wie beim Druckguss. Ebenso sind die Bauteilkosten beim Spritzguss im allgemeinen tiefer als beim Druckguss, da nachgelagerte Prozessschritte wie Stanzen, Strahlen, mechanische Bearbeitung, etc. oft nicht notwendig sind. Weitere Veredelungsmöglichkeiten, bieten beide Verfahren. Farbgebung ist nur beim Spritzgiessen im Urformen möglich, durch Zugabe von Masterbatches. Beim Druckguss muss die Farbgebung der Teile durch eine nachgelagerte Beschichtung realisiert werden. Dafür ist der Druckguss etwas besser in Sachen Recyclierbarkeit. Angüsse und Ausschussteile können in der Regel inhouse wieder recyclet werden ohne qualitative Einbussen, während beim Spritzguss nur bedingt Inhouse-Recyclate verwendet werden dürfen (und wenn ja, dann nur in definiertem Verhältnis zu Neumaterial).

Werkstoffbedingte Vorteile:

Um weitere Vorteile von hybriden Bauteilen zu evaluieren, muss man die spezifischen Werkstoffeigenschaften genauer unter die Lupe nehmen. Untenstehend sind diese für die verfahrenstypischen Materialien AlSi9Cu3 (226) und Polyamid 66 gegenübergestellt (Abb.2). Die Dichte liegt beim PA66 unter der Hälfte derjenigen des 226. Hier wird klar ersichtlich, dass der Kunststoff bei einem Hybriden zur Gewichtsreduktion beitragen kann. Die Zugfestigkeit von 80-90 N/mm² beim PA66 liegt ca. Faktor 3 tiefer als diejenige der 226er und würde einen Hybriden mit 226 deutlich schwächen. Eine ausgeprägte Streckgrenze,

welche bei Metallen den Uebergang zwischen elastischer und plastischer Verformung angibt, gibt es bei PA66 so nicht. Möchte man aber einen Vergleichswert heranziehen, so kann man die technische Elastizitätsgrenze im Spannungs-Dehnungsdiagramm mittels 0.1% Abweichung der Linearität ermitteln und so einen Wert von ca. 35-40N/mm², bei einem mittlerem Wassergehalt von ca. 2.6% ableiten.

Eigenschaft	AlSi9Cu3 (226)	PA 66
Dichte	2.68 g/cm ³	1.14 g/cm ³
Zugfestigkeit	240 -350 N/mm ²	80 -90 N/mm ²
Streckgrenze (techn. Elast.grenze)	150 -220 N/mm ²	(ca. 35-40 N/mm ²)
Bruchdehnung (Reissdehnung)	2 - 5 %	120 - 220 %
E-Modul	70 - 72 kN/mm ²	1.6 - 2.1 kN/mm ²
Wärmeleitfähigkeit	110 - 130 W/mK	0.2 W/mK
Formschwund	0.4 - 0.6 %	1.2 - 2 %
Dauergebrauchstemperatur bis	400 - 450 °C	80-100 °C
Elektrische Leitfähigkeit	20 MS/m	10 ⁻¹² S/m
Korrosionsbeständigkeit	Mässig	Sehr gut
UV-Beständigkeit	Sehr gut	Mässig

Abb.3: Werkstoffeigenschaften von 226 und PA66

Die Bruchdehnung von PA66 , oder auch Reissdehnung wie man im Kunststoffbereich sagt, ist um ca. Faktor 60 mal höher als bei der 226er. Eine Eigenschaft, die man sich bei Hybriden z.B. als Dämpfungsfunktion zu Nutze machen kann. Der E-Modul liegt beim PA66 mit einem Wert von 1.6-2.1 kN/mm² auf einem sehr tiefen Wert. Dies verdeutlicht, dass das PA66 ohne Verstärkung durch z.B. Glasfasern für mechanisch belastete Bauteile nur mässig geeignet ist. Die Wärmeleitfähigkeit bei PA66 liegt um ca. Faktor 500 tiefer als jene der 226er und kann somit bei einer Hybridanwendung wärmeisolierende Funktionen übernehmen. (Wärmeleitfähigkeit von 1.2343 zum Vergleich liegt bei 28-30 W/mK , bei Sonderstählen bis 60W/mK). Der Formschwund ist bei PA66 deutlich höher als bei der 226er und muss beim Hinterspritzen von Einlegeteilen berücksichtigt werden. Bei grossen Flächen muss man sich deshalb einiger Tricks wie Verankerungen oder Haftvermittler bedienen. Beim Vergleich der Dauergebrauchstemperaturen wird klar, dass ein Hybride aus diesen beiden Werkstoffen zum Bsp. im PKW-Motorenraum nicht zur Anwendung kommen darf. Der sehr tiefe Wert in der elektrischen Leitfähigkeit des PA66 verdeutlicht, dass dieser Werkstoff neben wärmeisolierenden auch elektrisch isolierende Eigenschaften mitsich bringt und diese in gewissen Hybrid-Anwendungen von Nutzen sein können. PA66 hat gegenüber der 226er aber auch den Vorteil, dass es nicht korrodiert, dafür aber nur mässig gegen UV beständig ist und somit bei Anwendungen im Aussenbereich nur bedingt optischen Ansprüchen genügt.

Vorteile von hybriden Bauteilen:

Abgeleitet von den verfahrens- und werkstoffspezifischen Vorteilen können nun die Vorteile, welche gleichzeitig auch die Treiber bei der Entwicklung von hybriden Komponenten sind, aufgelistet werden:

- Funktionsintegration
Eigenschaften, welche dem metallischen Teil fehlen, können durch den Kunststoffteil ergänzt, und somit die Funktionalität der Baugruppe erhöht werden. So können Kunststoffe z.B. als thermisch oder elektrisch isolierende Schicht, als Dämpfungsmaterial, als Gleitpartner, als Korrosionsschutz oder als dekorativer Anteil in einem Hybridbauteil zur Anwendungen kommen, um nur einige Anwendungen zu nennen.
- Gewichtsreduktion
Wie in Abb.3 dargestellt, liegt die Dichte der Kunststoffe, auch wenn sie mit z.B. Glasfasern verstärkt sind, deutlich unter der Dichte von Metall und können somit in der Hybridstruktur zur Gewichtseinsparnis beitragen.
- Kostenreduktion
Oft kann durch die Verlagerung von zusätzlichen Funktionen ins Bauteil der Aufwand in einem späteren Wertschöpfungsschritt, zum Beispiel durch vereinfachte Montageprozesse, reduziert werden und somit die TCO für den Kunden reduziert werden.

Leider lassen sich nicht alle Metalle mit allen Kunststoffen zu einem nutzbringenden Hybriden verbinden. Bei dessen Entwicklung müssen die Einsatzbedingungen ganz genau bekannt sein und die mechanischen, elektrischen und thermischen Eigenschaften der beiden Werkstoffpartner müssen für die spezifische Anwendungen abgestimmt sein. Des weiteren muss man sich sehr genau überlegen, wie die Hybridkomponente am wirtschaftlichsten hergestellt werden kann. Einer der wichtigsten Punkte z.B. beim Umspritzen von metallischen Einlegeteilen ist die Genauigkeit der Einlegeteile, damit das Werkzeug auch prozesssicher am Einlegeteil abdichtet und der Kunststoff nicht undefiniert hinterspritzt. Wie allgemein bekannt, ist in einem Vielfach-Druckgusswerkzeug keine Kavität masslich wie die andere, so dass man für eine prozesssichere Herstellung folgende Wahl hat:

- Einsatz von flexiblen Dichtelementen im Spritzgusswerkzeug
- Einsatz eines Einfach-Druckgusswerkzeuges anstelle eines Vielfach-Werkzeuges
- Mechanische Bearbeitung des Einlegeteils.

Metall-Kunststoff-Verbundmöglichkeiten:

Unabdingbar bei der Entwicklung von hybriden Komponenten ist, dass man die Grenzen und Limiten dieser Verbindungen abschätzen kann. Beim Hinterspritzen variieren diese Grenzen

sehr stark, ob man einen Formschluss oder einen Stoffschluss realisiert. Sinnvoll ist auch, über alternative Verbundmöglichkeiten nachzudenken (Abb.4).

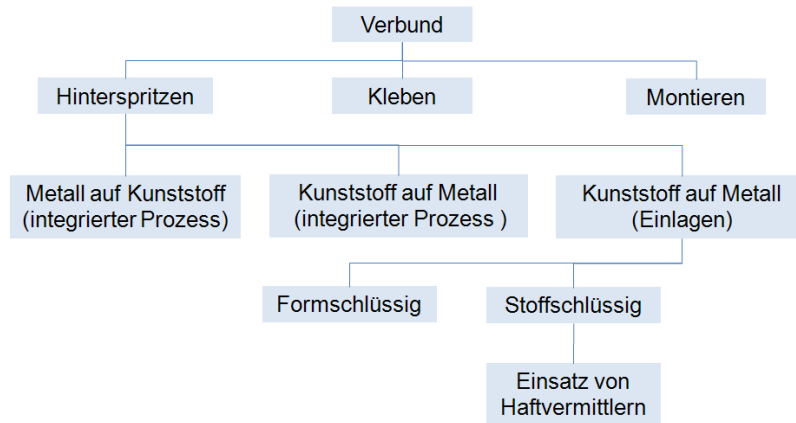


Abb.4: Metall-Kunststoff-Verbundmöglichkeiten

Um einen Hybriden herzustellen, hat man mehrere Möglichkeiten. Da sind zum einen das Kleben und die Montage, bei welchen jeweils beide Werkstoffpartner im festen Zustand sind und zum anderen das Hinterspritzen, bei welchem ein Werkstoff im festen und einer im flüssigen Aggregatzustand ist. Hierbei kann zwischen einem integrierten Prozess und konventionellem Hinterspritzen von Einlegteilen unterschieden werden.

Am IKV (Institut für Kunststoffverarbeitung) in Aachen hat man einen integrierten Hybridprozess entwickelt, welcher es erlaubt, niedrigschmelzende Metalle wie Zinn-Zink-Wismut Legierungen direkt an einer Spritzgussmaschine wie in einem 2K Prozess in Kombination mit Kunststoff zu verarbeiten. So können z.B. metallische Leiterbahnen auf eine Kunststoffplatte gespritzt werden und dies in einem Werkzeug auf nur einer Maschine.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt das Forscherteam an der RWTH Aachen. Was im Bereich Zink-Warmkammerdruckguss bereits in der Serie im Einsatz ist, soll nun auch für Aluminium-Druckguss umgesetzt werden. Neben der Ermittlung der optimalen Prozessparameter für die Herstellung eines integrierten Aluminium-Kunststoff-Hybriden, sollen auch die Möglichkeiten der Nachbehandlung, die Ermittlung der Festigkeit des stoffschlüssigen Verbunds und die Wirtschaftlichkeit evaluiert werden.

Der am Markt etablierteste Prozess ist jedoch das Hinterspritzen eines eingelegten metallischen Körpers. Wenn immer möglich ist ein formschlüssiger Verbund anzustreben, denn bei stoffschlüssigen Verbunden ist man auf die Hilfe von Haftvermittlern angewiesen, da die Festigkeit ansonsten für die meisten Anwendungen nicht genügt. Die Wahl des richtigen Haftvermittlers ist wieder sehr stark abhängig von den zu verbindenden Werkstoffpartnern. Hierbei ist primär die Chemie des Kunststoffes wichtig, denn diese bildet meistens auch die Basis des Haftvermittlers. Bei der Applikation des Haftvermittlers auf den

metallischen Einleger kann prinzipiell zwischen dem Coil Coating und alternativen Verfahren unterschieden werden. Beim Coil Coating wird ein metallisches Blech zunächst durch ein Tauchbad mit Haftvermittler geführt oder lackiert, anschliessend ausgehärtet und danach zum gewünschten Einlegeteil umgeformt (z.B. Stanzen und Tiefziehen). Alternative Verfahren kommen dann zum Einsatz, wenn etwas komplexere Geometrien oder Bauteile, welche nur partiell mit Primern zu beschichten sind, zum Einsatz kommen. Steht der Haftvermittler als Lack zur Verfügung, so sind mögliche Applikationen das Sprühen, Rakeln, Walzen, Pinseln und Drucken. Kommt der Haftvermittler als Folie zum Einsatz, so können verschiedene Kaschieretechniken wie z.B. Kalandern oder Heissluftpressen angewendet werden.

Beispiele von Hybriden und deren Vorteile:

Beim ersten Beispiel handelt es sich um eine von Pierburg entwickelte Kühlmittelpumpe, welche elektrisch und nicht mechanisch (via Keilriemen drehzahlgebunden) den Motor kühlt. Diese Pumpe kommt bei einigen 4- und allen 6 Zylinder Reihenmotoren von BMW zum Einsatz.

Einsatzbedingungen:

- Temperaturbeständigkeit von -40°C bis $+140^{\circ}\text{C}$
- Druckdichtheit Gehäuse: 3 Bar Prüfdruck
- Spritzwasserfestigkeit Stecker: 0.4 Bar Prüfdruck, zulässige Leckage $< 1\text{ml/min}$

Lösung Wagner:

- Formschlüssige Hybridverbindung anstelle einer Schraubverbindung zwischen Stecker und Gehäuse.



Abb. 5: Elektronikgehäuse mit angespritztem Stecker

Kundennutzen:

- Nur ein Ansprechpartner für die Baugruppe
- „Steckermontage“ und Prüfaufwand in Verantwortung von Wagner
- Funktionsintegration und Kostenreduktion (Reduktion des Montageaufwands bei Pierburg)

Beim zweiten Beispiel handelt es sich um ein von Webasto-Edscha-Cabrio entwickeltes Dachsystem für den Smart 4 two. Dieses kann mechanisch verstellt werden. Der Dachspitzenhalter soll bei Verstellung das System führen und mit der angespritzten POM-Feder ein mögliches Klapper-Geräusch verhindern.

Einsatzbedingungen:

- Temperaturbeständigkeit -40°C bis 100°C
- Sehr gute Korrosionsbeständigkeit 700 h Salzprühtest
- Dehnung vom Grundwerkstoff >5%
- Gute Gleiteigenschaft der Feder

Lösung Wagner:

Aluminiumdruckgussformteil mit hoher Dehnung (Magsimal59), Dickschicht KTL beschichtet und anschliessend formschlüssig mit POM angespritzt.



Abb.6: Dachspitzenhalter mit angespritzter Feder aus POM

Kundennutzen:

- Ein Ansprechpartner für die Baugruppe
- Festigkeit vom Gussteil
- Korrosionsbeständigkeit der Beschichtung
- Gleiteigenschaft vom Kunststoff
- Funktionsintegration und Kostenreduktion (Reduktion des Montageaufwands bei Edscha)

Fazit und Ausblick:

Hybride Bauteile ermöglichen Funktionen ins Bauteil zu integrieren und die Kosten und das Gewicht zu reduzieren.

Der anhaltende Leichtbau-Trend im Automobilbau wird auch in den nächsten Jahren einer der wichtigsten Treiber für die Entwicklung von hybriden Bauteilen sein.