

› Kupferlegierungen und Aluminium – Mehrstoffbronzen

Der Trick mit der optimalen Temperierung

Kürzeste Zykluszeit bei bester Teilequalität ist eine der Hauptanforderungen, die an Hochleistungs-Spritzgiesswerkzeuge gestellt werden. Die optimale Temperierung des Werkzeuges steht dabei im Mittelpunkt. Welche Rolle spezielle Kupferlegierungen und Aluminium-Mehrstoffbronzen der Schmelzmetall AG spielen können, beleuchtet der folgende Beitrag.

› Jürgen Barz¹

Die Forderung des globalisierten Marktes, insbesondere für alle in Hochlohnländern produzierenden Unternehmen und Formenbauer, ist so einfach wie gnadenlos. Eine exzellente Qualität des Spritzteils wird als selbstverständlich vorausgesetzt, und das bei einem ständig wachsenden Kostendruck. Damit sind die Anforderungen, die an das Spritzgiesswerkzeug gestellt werden, klar: beste Spritzteilqualität bei gleich-



Bild 1: Maschinendüse, Bindeglied zwischen Plastifizierungseinheit und Spritzgiesswerkzeug.

zeitig kürzester Zykluszeit. Zudem soll es über die gesamte Lebensdauer möglichst unbeanstandet funktionieren. Eine gute Spritzteilqualität erreicht man, wenn es gelingt, die über den Kunststoff eingebrachte Wärme so schnell wie möglich gleichmässig entlang der Kavität zu verteilen, um so eine gleichmässige Werkzeugwandtemperatur einzustellen. Die kürzeste Zykluszeit erzielt man durch eine schnelle Wärmeableitung, um so möglichst schnell von Einspritz- auf Entformungstemperatur abzukühlen.

¹ Dipl.-Ing. Jürgen Barz,
Head of Product Management,
Schmelzmetall AG,
juergen.barz@schmelzmetall.com

Um die thermischen Anforderungen zu erfüllen, ist eine hohe Wärmeleitfähigkeit des gewählten Werkstoffes eine wichtige Voraussetzung. Diese erfüllen die hochwertigen Kupferlegierungen.

Warum die Wärmeleitfähigkeit eine entscheidende Rolle spielt ist aus der folgenden Gleichung ersichtlich:

$$Q = \Delta T * \lambda * A / s$$

Q ist dabei die transportierte Wärmemenge. Wirklich beeinflussbar ist dabei nur die Wärmeleitfähigkeit des an der Wärmeleitung beteiligten Werkstoffes sowie der Weg s zum Kühlkanal. Beide Möglichkeiten bietet die Schmelzmetall AG in Verbindung mit ihren Legierungen.

Kupferlegierungen

Grundsätzlich eignen sich für Spritzgiesswerkzeuge die Kupferlegierungen der Hovadur K- und B-Reihe. Man unterscheidet drei Gruppen an Kupferlegierungen, die in Spritzgiesswerkzeugen zum Einsatz kommen.

Bereits die berylliumfreie Legierung aus Kupfer, Nickel, Chrom und Silizium weist eine hohe Wärmeleitfähigkeit und gute Festigkeit auf.

Bei den berylliumhaltigen Legierungen Cu Ni Be, Cu Co Ni Be und Cu Be₂ steigt mit steigendem Berylliumgehalt auch die Festigkeit an. Gegenläufig verhält es sich mit der Wärmeleitfähigkeit.

Zusätzlich zu erwähnen sind die Aluminium Mehrstoffbronzen. Diese verfügen über ausgezeichnete Gleiteigenschaften, sind sehr gut senk- und drahterodierbar und schutzgasschweisbar. Sie besitzen eine wesentlich (3x) höhere Wärmeleitfähigkeit als Werkzeugstähle.

Zum besseren Vergleich sind in der Tabelle 1 neben den mechanischen und physi-



Bild 2: Systemkern aus Hovadur K265 und 1.2343.

kalischen Werten der Kupferlegierungen auch die des Stahls 1.2343 als klassischer Werkzeug- und Formenbaustahl angegeben.

Wie schon erwähnt hat die hohe Wärmeleitfähigkeit insbesondere bei den Einsatztemperaturen einen wesentlichen Einfluss auf die Gleichmässigkeit der Werkzeugwandtemperatur und die Wärmeableitung, beides wichtige Kriterien zur Erreichung der besten Spritzteilqualität und der kürzesten Zykluszeit.

So haben die Legierungen der Hovadur K-Reihe eine bis zu 14fach höhere Wärmeleitfähigkeit gegenüber Stählen und dies bei Festigkeiten bis 1000 N/mm² Streckgrenzenfestigkeit und Härten von bis zu 40 HRC.

Sowohl für die Hovadur K wie auch für die Hovadur B Werkstoffe hat Schmelzmetall die Unbedenklichkeitszertifizierung gemäss den in der EU gültigen Richtlinien nach §64 des Lebensmittel- und Futtermittelgesetzes

erwirkt und hält entsprechende Zertifikate für seine Kunden bereit.

Je nach verwendeter Kupferlegierung und Werkstoffpartner in Abhängigkeit vom Einsatzzweck kann es notwendig sein, die Gleiteigenschaften oder das Abrasionsverhalten zu optimieren. Dies lässt sich durch geeignete Beschichtungen auf einfache Weise ermöglichen. So hat sich die Kombination mit verschiedenen Hart-Chemisch-Nickel-Beschichtungen bewährt.

Verbundtechnologien als Alternative

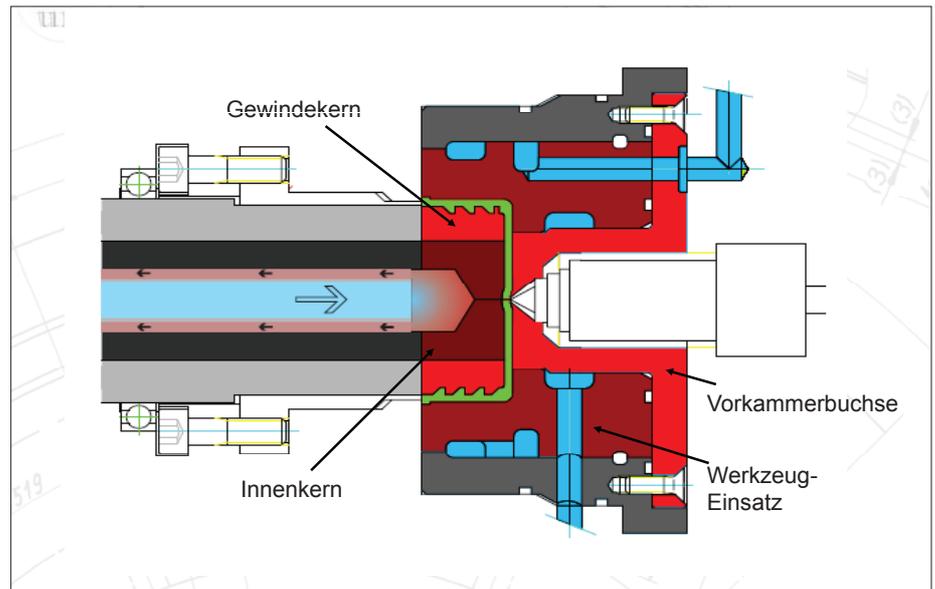
Hat, wie eingangs erwähnt, höchste Spritzteilqualität bei kürzester Zykluszeit Priorität, dann wäre oft die Kombination verschiedener Werkstoffe der ideale Weg, die punktuell gewünschten bzw. geforderten Eigenschaften zu erhalten. Nicht immer lässt sich dies durch klassische Beschichtungen (PVD, CVD oder chemische Schichten) lösen, da meist nur sehr geringe Schichtstärken erreicht werden. Hier können Verbundtechnologien, die Lösung sein.

Zwei Werkstoffe werden dabei mittels spezieller Verfahren teils metallurgisch und damit untrennbar miteinander verbunden. Am Beispiel der Maschinendüse und des Gewindekernes für Schraubkappen ist dargestellt, welche Vorteile diese Technologien bieten.

Die folgenden Anwendungsbeispiele zeigen, welche Möglichkeiten Kupferlegierungen einzeln oder als Verbundwerkstoff beim Einsatz in Spritzgiesswerkzeugen eröffnen.

Maschinendüse ohne Verschleiss

Die Maschinendüse, als das Bindeglied zwischen Extruder und Spritzgiesswerkzeug, hat ganz besondere Anforderungen zu erfüllen. So muss der Kunststoff über die Maschinendüse möglichst ohne Temperaturverlust in das Spritzgiesswerkzeug transportiert werden. Bei verlängerten Maschinendüsen aus Stahl ist daher eine externe Beheizung unumgänglich. Müssen diese tief ins Werkzeug eintauchen, ist aber kein Platz für eine externe Beheizung gegeben. Maschinendüsen, die nur aus einer Kupferlegierung gefertigt werden zeigen sehr schnell einen nicht akzeptablen Verschleiss, d.h. es kommt zu Rissbildung an der Dü-



Grafik: Schraubkappenwerkzeug

senspitze. Mit jedem Schuss wird diese ja an das Spritzgiesswerkzeug angeschlagen. Aufgrund des Unterschieds im thermischen Ausdehnungskoeffizienten ergeben sich Probleme am Gewinde, mit dem die Düse in den Extruder eingeschraubt ist.

Die hier beschriebenen Maschinendüsen (Bild 1) werden daher so ausgeführt, dass der Düsenspitze und das Gewinde verschleissgeschützt sind. Das bedeutet, der Gewindebereich ist aus Stahl und die Düsenspitze meist aus einer sehr verschleiss- und korrosionsbeständigen Kobaltbasislegierung gefertigt. So läuft bei der in den Extruder eingeschraubten Maschinendüse das Gewinde Stahl in Stahl. Der Materialauftrag erfolgt dabei mittels Laserstrahlaufragsschweißen. Es wird eine echte metallurgische Verbindung erzeugt.

Eine derart optimierte Maschinendüse wurde einem Dauereinsatz von viereinhalb Monaten unterzogen. Der dabei verarbeitete Kunststoff war PBT, die Spritzgiessmaschine eine Netstal 90 MPS. In dieser Zeit wurden vier Tonnen dieses Kunststoffs über die Maschinendüse verspritzt, bei gesamt 380 000 Schuss. Nach dieser Zeit zeigte die Düse weder am Gewinde noch an der Düsenspitze erkennbaren Verschleiss, so dass die Maschinendüse durchaus weitere Monate eingesetzt werden kann.

Auch lässt sich die Innenkontur mit einer Hart-Chemisch-Nickel-Schicht beschichten, sollten glasfaserverstärkte Kunststoffe verarbeitet werden.

Schraubkappenwerkzeug

Bei diesen Werkzeugen (siehe Grafik) stehen mehrere Ansätze sowohl für den Einsatz von Kupferlegierungen – gegebenenfalls mit geeigneten Beschichtungen – wie auch für Verbundlösungen zur Verfügung. Schraubkappenwerkzeuge sind Spritzgiesswerkzeuge für die Massenfertigung. Hier ist neben der kürzest erreichbaren Zykluszeit bei guter Spritzteilqualität die Werkzeugstandzeit ein wesentlicher Erfolgsfaktor. So konnte durch die Ausführung des Formeinsetzes aus K350 (CB2) und des Innenkerns aus K265 (CCNB) die Zykluszeit bereits um mehr als 30 Prozent gesenkt werden. Dies ohne negative Einflüsse auf die Standzeit solcher Formen.

Am Beispiel eines 6-fach Schraubkappenwerkzeugs soll der Einfluss des Gewindekerns auf die Zykluszeit aufgezeigt werden. Ausgangspunkt dabei war das oben beschriebene Schraubkappenwerkzeug.

Zusätzlich, zu der beim Kunden als Standardkonfiguration festgelegten Auslegung, wurde in einem zweiten Schritt der Gewindekerne als Systemkern (Bild 2) ausgeführt. Durch die zusätzliche Ausführung des Gewindekerns als Systemkern im Verschleissbereich Stahl 1.2344 und im Kavitätsbereich K265 (CCNB) konnte die Zykluszeit nochmals um zwei Sekunden gesenkt werden. Das scheint nicht besonders viel zu sein, aber die Mehrausgaben für die hier vorgestellten Gewindekerne rechnen sich. Beim Kunden konnte innerhalb von zwei



Bild 3: Werkzeug für Getränkekasten.

Jahren eine Einsparung von gut 12 000 Euro je Werkzeug erreicht werden, gerechnet auf einen Maschinenstundensatz von gerade einmal 15 Euro. Die Mehrkosten für die sechs Systemkerne sind dabei bereits berücksichtigt. Bei parallel 10 Werkzeugen ergibt sich ein beachtliches Einsparpotenzial.

Getränkekasten

Die Anforderungen an Werkzeuge für Getränkekasten (Bild 3) sind neben einer guten mechanischen Festigkeit- und Verschleissbeständigkeit gute mechanische Bearbeitbarkeit und sehr gute Korrosionsbeständigkeit. Der Kunststoff muss vom Anspritzpunkt weg sehr grosse Fließwege

zurücklegen. Dies erfordert zudem sehr gute Gleiteigenschaften. Diese haben die Werkstoffe der Hovadur B-Reihe. Hinzu kommt eine etwa 3-fach höhere Wärmeleitfähigkeit gegenüber Stählen, was zudem zu einer wesentlich reduzierten Zykluszeit führt. Hier haben sich Hovadur B20 und B30 bestens bewährt. Die sehr niedrigen Reibwerte der Werkstoffe der Hovadur B-Reihe bewirken zudem niedrige Einspritzdrücke, was sowohl Werkzeug wie Maschinen schonend ist.

Eimer und Deckel

Ein weiteres sehr wichtiges Feld für den Einsatz von Hovadur K-Legierungen sind Eimer und Deckel. Neben der Zykluszeit ist hier ein wesentlicher Faktor die Formstabilität und damit die Qualität des Spritzteils. So soll ein Einfallen am Eimerrand bzw. am Deckel, also in dem Bereich, wo der Deckel den Eimer umschließt, vermieden werden. In den wesentlichen Bereichen sind für derartige Werkzeuge Formeinsätze aus Hovadur K350 von grossem Vorteil.

Hochverschleissfeste Komponenten

Schaut man sich den Bereich der Heisskalkomponenten an, zu denen die Vorkammerbuchse gezählt werden kann, so ist es



Bild: Schmelzmetall

Bild 4: Hochverschleissfeste Beschichtung Hovadur am Beispiel der Vorkammerbuchse.

ein häufig geäussertes Wunsch, hier die hochwärmeleitfähigen Hovadur-Legierungen einsetzen zu können, sofern es gelingt, diese den Anforderungen entsprechend verschleissgeschützt auszuführen.

Beschichtungen aus PVD- oder CVD-Verfahren sind sehr dünn, problematisch in der Haftung zum Grundwerkstoff und an jeder abgeschiedenen Stelle gleich dünn. Stromlos abgeschiedene Nickel-Schichten können zwar in grösseren Schichtdicken abgeschieden werden, meist jedoch nur im Bereich von 10 bis 20 µm, und auch an jeder abgeschiedenen Stelle nur gleich stark.

Legierung	Zugfestigkeit Rm MPa	Streckgrenze Rp0,2 MPa	Härte HB	E-Modul GPa	Wärmeleitfähigkeit W/mK	Wärmeausdehnung 10 ⁻⁶ /K	Dichte g/cm ³
Berylliumfreie Legierung							
K 220	650	500	190	140	220	16,2	8,8
Berylliumhaltige Legierungen							
K 230	700	650	220	135	290	17,2	8,8
K 265	750	700	260	135	250	17,2	8,8
K 350	1.200	1.000	380	135	160	17,0	8,3
Aluminium - Mehrstoffbronze							
B 10	620	310	180	116	65	16,0	7,45
B 20	680	320	170	118	50	16	7,55
B 30	740	420	220	115	56	16	7,40
Stahl							
1.2343	1600	1400	54	216	24	9,7	7,85

Legierung-Eigenschaften: Angaben der Mindestwerte.