

White Paper

Das Overmolding-Verfahren

Multimaterial-Produkte - mehr als Softtouch-Oberflächen

Februar 2009

Todd Grimm

Overmolding (Umspritzen) wird schon seit fast drei Jahrzehnten angewandt, doch noch bis vor kurzem war dieses Verfahren eine Nischenapplikation im Spritzguss. Erst in den letzten Jahren verzeichnete Overmolding ein beträchtliches Wachstum und kommt mittlerweile in immer mehr Produktbereichen und Industrien zum Einsatz. Zahlreiche Unternehmen fertigen sowohl Konsumgüter als auch Industrieprodukte im Overmolding-Verfahren und realisieren damit Designs, die sich von denen des Wettbewerbs abheben – und das bei höherer Produktqualität und niedrigeren Fertigungskosten.

Fortschritte in der Technik, weiterentwickelte Werkstoffe sowie immer umfangreicheres Fachwissen und Ressourcen haben dazu beigetragen, dass sich Overmolding als Verfahren etablieren konnte. Ursprünglich wurde es entwickelt, um die damals verwendeten Kautschukprodukte zu ersetzen, doch inzwischen kommt es in zahlreichen anderen Anwendungen zum Einsatz und ist zudem wesentlich wirtschaftlicher als zu Anfang. Die Nachfrage der Verbraucher nach Produkten mit weicher Oberfläche und optisch ansprechendem Design lässt sich nur mit Overmolding-Produkten erfüllen, ebenso wie die für Industrieprodukte geforderte Schlagfestigkeit und Schwingungsdämpfung. Produktdesigner wählen dieses Verfahren, um Produkte zu erzielen, die nicht nur ansprechend aussehen und sich gut anfühlen, sondern darüber hinaus alle Anforderungen an die Funktionalität erfüllen.

Connex500: Multimaterial 3D-Drucker

Der 3D-Drucker Connex500™ von Objet Geometries Ltd. erstellt als erstes System im RP-Markt Teile und Baugruppen aus unterschiedlichen Materialien mit unterschiedlichen mechanischen und physikalischen Eigenschaften gleichzeitig in einem einzigen Arbeitsschritt. Die Connex500 eignet sich damit ideal zum Erstellen von Prototypen für umspritzte Produkte.

Mit der Connex500 lassen sich zudem während des Druckvorgangs Digital Materials™ anfertigen. Damit ist der Anwender in der Lage, Verbundwerkstoffe mit definierten Kombinationen mechanischer Eigenschaften zu erstellen. Die Connex500 basiert auf der bahnbrechenden PolyJet Matrix™ Technologie von Objet Geometries: Durch das gleichzeitige Verarbeiten von zwei FullCure™-Modellmaterialien lassen sich 21 verschiedene Digital Materials anfertigen. Aus jedem der sieben ursprünglichen FullCure-Modellmaterialien kann darüber hinaus ein einzelnes Material erstellt werden



Overmolding bietet sich für zahlreiche Applikationen an und birgt hohes wirtschaftliches Potential, doch der Prozess ist wesentlich komplexer als beim Einkomponenten-Spritzgießen. Er ist kostenintensiver, birgt ein größeres Fehlerisiko und die Bearbeitungszeiten sind länger. Diese höhere Komplexität und der damit verbundene Aufwand dämpfen oftmals die anfängliche Begeisterung für das Overmolding-Verfahren.

Verschiedene Prototyping-Methoden sollen dabei helfen, den Herausforderungen zu begegnen, die der Entwurf eines umspritzten Produktes mit sich bringt. Für Werkzeugmacher und Spritzgießer gilt Prototyping als ein wichtiges Erfolgskriterium. Methoden wie Rapid Prototyping, angewandt in einer frühen Phase der Produktentwicklung, ermöglichen es Unternehmen, die Qualität ihrer Produkte zu validieren, Nacharbeit zu vermeiden, Investitionen zu schützen und Lieferfristen einzuhalten.

Was ist Overmolding?

Allgemein betrachtet ist Overmolding (Umspritzen) ein Formgebungsverfahren, in dem zwei oder mehr Materialien zu einem Teil zusammengefügt werden. Zutreffender ist jedoch die folgende Definition: Overmolding bezeichnet die Herstellung von Spritzgussteilen, bei denen ein harter Kunststoff nahtlos mit einem gummiähnlichen Elastomer zusammengefügt wird. Das Ergebnis ist eine rutschfeste Softtouch-Oberfläche, die heute viele Elektrogeräte, Zahnbürsten oder Rasierer auszeichnet.



Konsumprodukte, wie z.B. der Griff eines Rasierers, haben heute fast alle rutschfeste Softtouch-Oberflächen

Bei der Herstellung eines umspritzten Teils wird zunächst ein festes thermoplastisches Substrat gegossen und anschließend thermoplastisches Elastomer (TPE) darauf aufgebracht. TPE ist eine Polymerart mit den Eigenschaften von duroplastischem Kautschuk. Im Gegensatz dazu lassen sich TPEs jedoch in einer Spritzgießanlage schmelzen und verarbeiten. TPE bietet also nicht nur die Vorteile gummiähnlicher Materialien, sondern auch die Vorteile von Spritzgießverfahren in puncto Kosten, Durchlauf und Qualität.

Kunststoffsubstrat und TPE werden entweder mittels Insert-Technik oder Mehrkomponenten-Spritzgießtechnik („Multi-Shot“) miteinander verbunden. Welche der beiden Methoden zur Anwendung kommt, hängt von Faktoren wie dem Produktionsvolumen, den Werkzeugkosten und dem Design der Modelle ab. In Nordamerika ist die Insert-Technik weiter verbreitet als das Mehrkomponenten-Spritzgießen, anders als in Europa, wo letzteres ursprünglich entwickelt wurde. In Asien werden beide Methoden gleichermaßen angewendet

Terminologie

Overmolding und die damit verbundenen Begriffe werden oft durcheinander gebracht oder falsch verwendet. Dies liegt zum Teil an der Vielfalt der Multimaterial-Anwendungen, von denen einige über das Aufbringen weicher auf starren Werkstoffen hinausgehen. Begrifflichkeiten, die von den Eigenschaften der Gussteile oder den Herstellungsverfahren abgeleitet werden können, sorgen zusätzlich für Unklarheit.

Overmolding (Umspritzen) wird beispielsweise oft als Synonym für die Insert-Technik verwendet. In diesem Zusammenhang beinhaltet Overmolding das Aufbringen weicher oder starrer Kunststoffe auf verschiedene Basismaterialien, einschließlich Metall. Der Begriff „Multimaterial-Spritzgießen“ trifft am besten zu, wenn es um Spritzgießverfahren geht, in denen Teile aus zwei oder mehreren Werkstoffen hergestellt werden. Hierzu gehören dann auch die folgenden Fachbegriffe:

- Multi-shot (Mehrkomponenten)
- Multi-component (Mehrkomponenten)
- In-mold assembly (Inmold-Assembly)
- Two-shot (zweistufig)
- Double-shot (zweistufig)
- Multi-inject (mehrstufig)
- Insert molding (Einlegespritzgießen)
- Overmolding (Umspritzen)



Die Insert-Technik hat den Vorteil, dass herkömmliche Einkomponenten-Spritzgießanlagen eingesetzt werden können. Bild mit freundlicher Genehmigung von Matrix Tooling, Inc

Die Insert-Technik besteht aus zwei Prozessschritten. Zuerst wird das feste Substrat gegossen und dann in eine Kavität einer weiteren Spritzgießanlage eingelegt, wo TPE direkt auf das Substrat aufgebracht wird. Für den Formenbau haben Insert-Verfahren den Vorteil, dass herkömmliche Einkomponenten-Spritzgießanlagen („Single-Shot“) eingesetzt werden können. Zudem sind die Werkzeugkosten niedriger als beim Mehrkomponenten-Spritzgießen



*Insert-Form mit vier Kavitäten für die Herstellung von umspritzten Teilen.
Bild mit freundlicher Genehmigung der MGS Manufacturing Group.*

Im Gegensatz dazu erfolgt der Mehrkomponenten-Spritzguss mit einer Spritzgießmaschine, die in einem Arbeitsschritt mehrere Materialien ausstößt. Diese Maschinen sind mit zwei oder mehreren Materialzylindern sowie einem automatischen Teile- oder Werkzeugtransfer ausgestattet. Das TPE kann somit unmittelbar nach dem Gießen des Substrates aufgebracht werden. Mit Methoden wie der Umsetztechnik, Dreh-/Verschiebetechnik, Kernrückzugtechnik sowie Co-Injektion lässt sich das Bauteil in einem einzigen automatisierten Vorgang fertigen.



Mehrkomponenten-Werkzeug mit 24 Kavitäten und Drehvorrichtung für die automatisierte Verarbeitung von Substrat und TPE. Bild mit freundlicher Genehmigung der MGS Manufacturing Group.

Mehrkomponenten-Verfahren ermöglichen höheren Durchsatz, kürzere Zykluszeiten und höhere Qualität bei geringerem Arbeitsaufwand. Doch sowohl die Spritzgießanlagen als auch die Formen sind wesentlich komplexer als bei der Insert-Technik und bedingen höhere Investitionen in Anlagen und Werkzeuge sowie längere Bearbeitungszeiten für die Spritzgussformen.

Vorteile und Trends

Mit Overmolding-Verfahren können Designer und Konstrukteure Teile erstellen, die stabil und höchst ergonomisch sind. Durch die Kombination zweier ungleicher Materialien lassen sich zudem Produkte realisieren, deren Gestaltung ins Auge sticht und die sich dadurch von Konkurrenzprodukten abheben.

Handheld-Geräte, die unter Verwendung von TPE hergestellt wurden, vermitteln ein angenehmes und komfortables Gefühl beim Anfassen. Umspritztes TPE verleiht Produkten unverwechselbare haptische Eigenschaften. Aufgrund der Vielzahl verfügbarer TPEs lassen sich Softtouch-Oberflächen von Griffen oder Stielen so gestalten, dass sie eine schwammartige, rutschfeste Struktur oder aber eine feste, schützende Oberfläche aufweisen.



Im Overmolding-Verfahren lassen sich Konsumprodukte, wie diese Zahnbürsten, mit unverwechselbarem Look-and-Feel herstellen. Bild mit freundlicher Genehmigung von Matrix Tooling, Inc.

Was die Vermarktung anbelangt, so ermöglicht Overmolding unverwechselbare Produkteigenschaften, die von den Käufern gut wahrgenommen werden. Ästhetische Produkteigenschaften gelten beim Entwurf vieler Multimaterial-Produkte als entscheidendes Kriterium. Fließende, komplexe Geometrien, professionell betont durch die Verwendung verschiedenster Farbgranulate, wären mit anderen Herstellungsmethoden kaum umzusetzen und verleihen Konsumprodukten ein unverwechselbares Erscheinungsbild.

Doch Ästhetik und Softtouch-Oberflächen sind nicht die einzigen Trümpfe des Overmolding-Verfahrens. Die Methode kommt immer öfter zum Einsatz, um die Produktqualität zu verbessern und die Fertigungskosten zu senken. So wird umspritztes TPE inzwischen auch in Produkten zur Schwingungs- und Stoßdämpfung, Schallisolierung sowie EMI/RFI-Abschirmung eingesetzt.

Fertigungsingenieure setzen Overmolding ein, um die Montage im Spritzgießwerkzeug zu ermöglichen (Inmold-Assembly). Ein Beispiel für Inmold-Assembly ist das Ersetzen von Dichtungsringen oder -manschetten durch Overmolding. Wenn die Dichtungen per Spritzguss direkt auf dem Basisteil aufgebracht werden, erübrigt sich der nachfolgende Montageschritt. Die Fertigungskosten sind niedriger, das Produktionsverfahren einfacher und die Ausschussrate geringer.

Eine von Plante & Moran durchgeführte Studie über die Kunststoffindustrie in Nordamerika mit dem Titel „2007/2008 North American Plastics Industry Study“ bescheinigt dem Inmold-Assembly ein starkes Wachstum. Diese Erhebung beinhaltet jedoch auch das Umspritzen starrer Substrate mit starren Werkstoffen. Die Studie hat ergeben, dass 10% aller Kunststoff-Spritzgussprodukte im Overmolding-Verfahren hergestellt werden. Darüber hinaus kommt bei etwa zwei Dritteln der Overmolding-Applikationen die Insert-Technik zum Einsatz.

Overmolding wurde in Europa vor etwa 30 Jahren als Mehrkomponenten-Spritzgussverfahren entwickelt. Während Europa weiterhin führend bei der Anwendung und Weiterentwicklung des Mehrkomponenten-Spritzgießens ist, realisiert man in Nordamerika und Asien, wie schnell sich der Anwendungsbereich für Overmolding-Produkte erweitert.

Nach Aussage der GLS Corporation, einem Hersteller des Werkstoffes TPE, hat sich der Anwendungsbereich für Overmolding in den letzten 10 bis 15 Jahren stark ausgeweitet, in den vergangenen vier Jahren sogar explosionsartig. Das Unternehmen stützt sich dabei auf Aussagen der größten Anwendergruppen von thermoplastischen Elastomeren - die Bereiche Konsumgüter, Medizintechnik, Sport und Freizeit, Automotive, Garten- und Pflanzzubehör, Haushaltsgeräte, Küchenwerkzeuge, Elektrowerkzeuge, Körperpflege sowie Industrieprodukte. Glaubt man Produktdesignern, Werkzeugmachern und Formenbauern, so ist Overmolding aus der Kunststoffindustrie nicht mehr wegzudenken – was sich leicht nachvollziehen lässt, wenn man das Produktsortiment sämtlicher Discounter und Baumärkte betrachtet.

Das Unternehmen berichtet in einer Studie, die von der Freedonia Group durchgeführt wurde, dass 2008 weltweit 6,6 Milliarden Pfund TPE verarbeitet wurde. Die Studie prognostiziert bis 2011 eine jährliche Steigerung der Nachfrage von 6,3%. Auf Basis dieser Erhebungen hätte der TPE-Markt in dem genannten Jahr ein Volumen von 13,7 Milliarden US\$. Nach Angaben von GLS werden etwa 40% des erzeugten TPEs in Overmolding-Verfahren verarbeitet.

Die Vorzüge des Overmolding-Verfahrens liegen auf der Hand, doch nicht nur die Verbrauchernachfrage sorgt für stetiges Wachstum. Die Nachfrage nach Overmolding-Produkten ist ein wichtiger Faktor für das Marktwachstum, doch auch die Fortschritte in der Werkstofftechnik sowie umfassenderes Fachwissen und Ressourcen spielen eine nicht unerhebliche Rolle. Auf dieser Basis hat sich das Verfahren weiterentwickelt, und neue Anwendungsbereiche konnten erschlossen werden.

Durch die Entwicklung von immer mehr TPE-Typen hat sich der Einsatzbereich für Overmolding erweitert, und Unternehmen können heute aus vielen verschiedenen TPEs und thermoplastischen Granulaten wählen. In Zukunft wird Overmolding nicht nur weiche und berührungsfreundliche Oberflächen ermöglichen. TPE-Hersteller sind davon überzeugt, dass ein stärkeres Augenmerk auf die Produktqualität für weiteres Wachstum sorgen wird. GLS nennt in diesem Zusammenhang beispielsweise Leistungsmerkmale wie Gebrauchstemperatur, Chemikalienbeständigkeit, UV-/Witterungsbeständigkeit sowie Farbbeständigkeit.

Um den immer zahlreicheren Anwendungen und dem gesteigerten Interesse an Overmolding Rechnung zu tragen, leisten Anbieter inzwischen auch Hilfestellung für Produktdesigner, die den Einsatz der Overmolding-Methode erwägen. Noch vor nicht allzu langer Zeit gab es nur wenige Unternehmen im Bereich Formenbau, die Overmolding anboten. Doch mittlerweile können Firmen, die ihre Produkte mit dieser Methode fertigen wollen, auf viele etablierte und kompetente Anbieter zurückgreifen. Mit diesem Fachwissen und der angebotenen Hilfestellung lassen sich die Herausforderungen des Overmolding-Verfahrens meistern.

Überlegungen und Herausforderungen

Overmolding ist ein vielversprechendes Verfahren, das zahlreiche Vorteile hinsichtlich der Qualität und Wirtschaftlichkeit eines Produktes bietet. Doch im Gegensatz zum herkömmlichen Spritzguss erfordert es auch weitreichendere Überlegungen und birgt zusätzliche Herausforderungen und Hindernisse. Um Investitionen in die Overmolding-Produktion zu schützen und ein attraktives Produkt herzustellen, ist es unerlässlich, dass Designer, Formenbauer und Werkzeugmacher schon in einer frühen Phase des Fertigungsprozesses gemeinsam ein Produktdesign abstimmen, das marktfähig ist und sich leicht herstellen lässt.

Die Grundvoraussetzungen sind ähnlich wie beim herkömmlichen Spritzguss. Da jedoch mit TPE ein zweiter Werkstoff verarbeitet wird, sind zusätzliche Maßnahmen hinsichtlich Werkzeug- und Teiledesign, Prozessparameter und Materialauswahl erforderlich. Das Zusammenfügen von hartem Kunststoff und gummiartigem TPE birgt zudem Risiken – die Beteiligten sind oft unterschiedlicher Auffassung oder ziehen falsche Schlüsse aus ihren früheren Erfahrungen mit herkömmlichen Spritzgießverfahren.

Prototyping: Die Vorteile

Das Design von Spritzgussteilen wird fast immer anhand von Prototypen perfektioniert. Mit dieser einfachen, schnellen und günstigen Maßnahme lassen sich kostspielige Produktionsverzögerungen, die Nachbearbeitung von Werkzeug und auch Designfehler vermeiden. Ein Beispiel: Erfolgt eine Änderung noch während der Designphase, so liegen die Kosten bei etwa 1 US\$, wogegen die gleiche Änderung Kosten von bis zu 1.000 US\$ verursachen kann, nachdem die Produktion angelaufen ist.

Da beim Overmolding die Werkzeugausrüstung in der Regel kosten- und zeitintensiv sowie mit einem hohen Fehlerrisiko behaftet ist, kommt dem Rapid Prototyping eine große Bedeutung zu, da dieses Problem durch Einsatz des Rapid-Prototyping-Verfahrens lösbar ist.



Die Werkzeugkosten für eine umspritzte Zahnbürste liegen zwischen 10.000 und 300.000 US\$. Bild mit freundlicher Genehmigung von Matrix Tooling, Inc.

Auch für kleinere Overmolding-Produkte, wie z.B. diese Zahnbürsten, fallen hohe Werkzeugkosten an, wie nachfolgend skizziert:

	Kosten	Zeit
Gussform für Großserienfertigung (Multishot, 6-8 Kavitäten)	200.000-300.000 US\$	20-30 Wochen
Gussform für Kleinserienfertigung (Mehrfach-Kavitäten, Insert-Technik)	30.000 US\$	8-10 Wochen
Prototyping-Spritzgussform (Einzelkavität, manuelles Einlegen)	10.000 US\$	3-4 Wochen

Ohne den Einsatz von Prototypen während der Designphase muss ein Unternehmen im schlimmsten Fall Werkzeug umändern oder neu herstellen. Am wahrscheinlichsten ist, dass das Werkzeug nachbearbeitet werden muss, was laut Vista Technologies bei rund 60% aller Anwendungen der Fall ist. Ein Prototyp kostet knapp 100 US\$ und ist in weniger als einem Tag verfügbar. Damit lässt sich vermeiden, dass Produktionswerkzeug nachbearbeitet werden muss, was ohne weiteres Kosten im Bereich von 10.000 US\$ verursachen und mehrere Wochen in Anspruch nehmen kann.

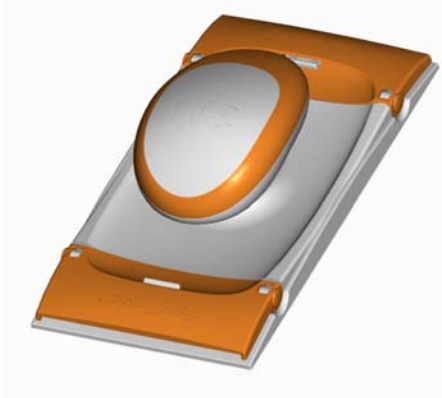
Ziel beim Overmolding-Verfahren ist es, die Formkavität vollständig zu füllen und die kosmetischen und funktionellen Anforderungen für das Fertigteil zu erfüllen. Gleichzeitig ist zu vermeiden, dass sich das Material unkontrolliert um das Einlegeteil herum verteilt oder aus der Kavität austritt. Das TPE muss mit genügend Druck und Geschwindigkeit eingespritzt werden, damit es nicht zu stark abkühlt. Das Einspritzen darf jedoch nicht zu schnell oder mit zu hohem Druck erfolgen, da sonst das Einlegeteil verschoben werden könnte oder Material austritt. Ein entsprechend ausgeführtes Werkzeug kann diese Anforderungen erfüllen.

Grundlegende Designfaktoren im Spritzguss, z.B. Oberflächenstruktur, Position der Entlüftung, Angussart und Anspritzpunkte, sind für Overmolding-Produkte völlig unterschiedlich. Werden diese Faktoren nicht berücksichtigt, kann es vorkommen, dass sich Material ablöst, Oberflächen beschädigt werden oder Teile in der Gussform stecken bleiben.

GLS bietet zwei Handbücher zum Thema Overmolding an. Sie enthalten Wissenswertes über Teile- und Formdesign sowie Formgebungsparameter und stehen bereit auf http://www.glscorp.com/resources_im.php

Auch die Richtlinien für fertigungsfreundliches Design (Design for Manufacturability, DMF) sowie das mechanische Design sind anzupassen. Das Zusammenfügen zweier ungleicher Materialien erfordert differenzierte Designentscheidungen und neue Überlegungen, beispielsweise in puncto Haftfähigkeit und Interaktion.

Die letzte Hürde, die es beim Overmolding zu nehmen gilt, ist, das Teiledesign und die Materialauswahl so abzustimmen, dass die gewünschten haptischen Eigenschaften erzielt werden. Das ist in zweierlei Hinsicht problematisch. Die gewünschte Haptik einer Oberfläche lässt sich nur schwer mit Worten beschreiben oder als mechanische Eigenschaft quantifizieren. Darüber hinaus beeinflusst die Zusammenstellung der Materialeigenschaften, Strukturen und Wandstärken die Griffigkeit eines umspritzten Softtouch-Teils.



Die Griffigkeit eines unspritzten Teils hängt von den Materialien und dem Design ab. Produkte wie dieser Schleifklotz müssen also mehrere Designschritte durchlaufen. Bild mit freundlicher Genehmigung von Vista Technologies.

Um die gewünschte Griffigkeit zu erzielen, muss der Designer wahrscheinlich mehrere Änderungen am Produktdesign sowie einige Materialversuche vornehmen. Während der Designphase kommen weitere Faktoren ins Spiel, wie z.B. Härteprüfungen, Materialdicke und Reibungswert.

Angesichts der Komplexität und Herausforderungen des Overmolding-Verfahrens – begründet dadurch, dass die gewünschte Haptik eines Produktes schwer zu quantifizieren ist – spielt das Prototyping eine entscheidende Rolle in der Produktentwicklung. Die Entwicklung eines Designs mit perfekter Haptik und Funktionalität sowie auffallendem Erscheinungsbild wird zu einem iterativen Prozess, der die Bereiche Marketing, Industriedesign, Produktdesign und Fertigung umfasst

Prototyping und Test

Die Werkzeugausrüstung für Overmolding-Verfahren ist komplex und die damit verbundenen Kosten sind beträchtlich. Es ist deshalb unumgänglich, die erstellten Produkte gründlich zu evaluieren. Noch mehr als beim herkömmlichen Spritzgießen ist es beim Overmolding unerlässlich, die Form, Passgenauigkeit, Funktion und Herstellbarkeit anhand von Prototypen zu evaluieren.

Der Prozess ist nur in den wenigsten Fällen einfach und überschaubar und erfordert meist einen intensiven Austausch zwischen den Bereichen Produktdesign, Marketing und Werkzeugdesign. Dies gilt besonders für Konsumgüter mit immer komplexeren Designs und höheren Anforderungen.

Da sich die Haptik einer Softtouch-Oberfläche nur subjektiv bewerten lässt, sollte sich das Prototyping nicht nur auf digitale CAD- und CAE-Daten beschränken, sondern auch die physikalische Ebene abdecken, d.h. Gussform, Gussmodell und Werkzeug. Um genau die gewünschten Produkteigenschaften zu erzielen, werden diese anhand von Prototypen überprüft, Designs werden überarbeitet und die Materialauswahl wird ausgewertet. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis alle Beteiligten mit dem Ergebnis zufrieden sind.

White Paper: Das Overmolding-Verfahren

Fallstudie 1

Die gewünschte Haptik erzielen

Nicht nur die Härte eines Werkstoffs bestimmt die Haptik von unspritztem TPE. Auch das Zusammenspiel von Design, Dicke und Materialeigenschaften ist ausschlaggebend für die Qualität von unspritzten Teilen. Um sämtliche Materialkombinationen anhand von Prototypen testen zu können, entschied sich GROWit LLC, ein Anbieter von Rapid Prototyping und Fertigungsdienstleistungen, für den 3D-Printer Connex500.

GROWit erstellte innerhalb von drei Wochen Komponenten für ein Elektrogerät - in fünf verschiedenen Designs und fünf Härtegraden. David Gurrola, Mitbegründer von GROWit, erläutert: „Nachdem wir einen neuen Prototypen-Satz mit der Connex500 gedruckt hatten, änderte unser Kunde erneut das Design und forderte eine andere Materialhärte. Und wir konnten dem Kunden einen wirklichen Eindruck davon vermitteln, wie sich die Teile anfühlen.“

Jeder Satz der auf der Connex500 erstellten Teile war in weniger als drei Tagen verfügbar und kostete nicht einmal 300 US\$. Im Laufe des Projektes evaluierte der Kunde Materialien mit Shore A 50, 61, 75, 80 und 85. Laut David Gurrola wäre es nicht möglich gewesen, die fünf verschiedenen Designs basierend auf einem RTV-Verfahren zu evaluieren. „Die Herstellung von 10 Gussmodell-Sätzen und 10 Formensätzen, die für die verschiedenen Designs erforderlich gewesen wären, hätte an die 8.500 US\$ gekostet und zudem über 5 Wochen gedauert.“

Tabelle

	Kosten	Zeit
RTV-Verfahren		
- Gussmodell (2)	\$300	2 – 3 Tage
- RTV-Form (2)	\$550	5- 7 Tage
- Vorspritzling (Satz)	\$150	3 pro Tag
- Gesamt	\$1,000	1 – 2 Wochen
Connex500		
- Rapid Pototyp (Satz)	300	2 Tage

Möglichkeit 1: Prototypenerstellung im Spritzgießverfahren

Lässt man die Faktoren Zeit und Kosten außen vor, so werden im idealen Szenario Prototypen aus dem gewählten Substrat und TPE-Werkstoffen per Spritzguss erstellt. Mit den geeigneten Fertigungsmethoden und -materialien weist der Prototyp die gleichen Eigenschaften wie das Endprodukt auf. Diese Herangehensweise ist jedoch extrem kostspielig, zeitaufwändig und unflexibel.

Werkzeug, das für eine Großserienfertigung ausgelegt ist, kommt also für die Prototypen-Erstellung nicht in Frage. Die Alternative jedoch, ein maschinell hergestelltes Aluminiumwerkzeug, ist immer noch relativ teuer und aufwändig. Das ist selbst dann der Fall, wenn Insert-Gussformen mit manueller Teilebestückung anstelle der komplexeren Mehrkomponenten-Werkzeuge zum Einsatz kommen.

Für die Prototypenerstellung mittels Insert-Technik sind zwei Gussformen erforderlich, eine für das Substrat und eine für das Umspritzteil. Alternativ hierzu kann eine 1+1-fach Gussform eingesetzt werden. Bei dieser Methode wird eine Kavität der Gussform für das Substrat und die andere für das Umspritzteil verwendet.



Der Prototyp einer 1+1-fachen Spritzgussform senkt Kosten und Fertigungszeiten. In einer Kavität wird das Substrat des Schleifklotz-Griffes gegossen, in der anderen wird das TPE aufgebracht. Bild mit freundlicher Genehmigung von Vista Technologies.

Die Kosten und Bearbeitungszeiten für diese Prototyping-Methode liegen je nach Komplexität und Größe in einem Bereich zwischen 6.000 und 50.000 US\$ sowie drei bis acht Wochen. Design- und Materialänderungen sind aufgrund des relativ

White Paper: Das Overmolding-Verfahren

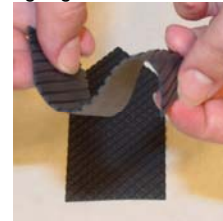
Fallstudie 2

Nacharbeit vermeiden

Vor der Markteinführung der Connex500 fertigte Vista Technologies, ein Unternehmen, das im Bereich Rapid Prototyping, Rapid Tooling und Spritzguss tätig ist, in Kleinserie ein Aluminiumwerkzeug für die Herstellung einer kleinen Overmolding-Komponente für ein Ablesegerät. Der Kunde Accurate Transformers LLC benötigte nur 350 Teile pro Quartal. Eine einfache, manuell bedienbare Insert-Gussform war dafür am besten geeignet. Die 1+1-fache Aluminiumform kostete lediglich 8.900 US\$ und war innerhalb von nur drei Wochen verfügbar.



Umspritzte Komponente für ein Ablesegerät (links) und ein Connex500-Prototyp (rechts), in nur einem Arbeitsschritt erstellt. Bild mit freundlicher Genehmigung von Vista Technologies.



Angesichts der kurzfristigen Verfügbarkeit und der niedrigen Kosten entschloss sich der Kunde, in das RTV-Prototyping des Overmolding-Bauteils 2.300 US\$ sowie zwei Wochen Zeit zu investieren. Die ursprünglichen Gussmodelle aus dem Spritzgießverfahren waren damit die eigentlichen Prototypen. Wie so oft waren auch hier Änderungen und eine Werkzeug-Nachbearbeitung erforderlich.

Wie Vista später feststellte, hätte man mit der Connex500 einen Prototypen mit den Eigenschaften von Santoprene-Overmolding erstellen können, und das für nur 350 US\$ und in weniger als drei Tagen. Dan Mishek, Vertriebsleiter, betont: „Wäre bei diesem Projekt schon die Connex500 mit ihrer PolyJet-Technologie verfügbar gewesen, dann hätten wir unserem Kunden in nur 2-3 Tagen die umspritzten Prototypen für eine erste Prüfung liefern können. Danach hätten wir sämtliche Änderungen umsetzen und anschließend die Spritzgießform ohne weitere Revisionen produzieren können. Unser Kunde hätte sich damit mehrere tausend Dollar gespart und Verzögerungen in der Fertigung vermieden.“

Tabelle

	Kosten	Zeit
Spritzgießverfahren		
- 1+1 fach Gussform:	\$8,900	2 – 3 Wochen
RTV-Verfahren		
- Gussmodell (2):	\$500	2 – 3 Tage
- RTV Form (2):	\$1,700	7 – 10 Tage
- Vorspritzling:	\$85	3 pro Tag
- Gesamt:	\$2,285	10 - 14 Tage
Connex500		
- Rapid Prototyp (Satz):	\$350	2 - 3 Tage

hohen Kosten- und Zeitaufwands bei dieser Methode nicht wünschenswert. In den meisten Fällen werden Prototypen erst spät im Produktentwicklungsprozess erstellt, wenn das Design weitestgehend abgeschlossen ist.

Möglichkeit 2: Rapid Prototyping

Eine ganz andere Möglichkeit sind herkömmliche Gussmodelle und Rapid-Prototypen. Vorteil dieser Herangehensweise ist, dass sich ein einzelnes Gussmodell schnell und kostengünstig konstruieren lässt. Das ist ideal, wenn das Design noch nicht endgültig festgelegt ist. Beispielsweise lässt sich mit Rapid Prototyping ein Rasierer-Modell innerhalb eines Tages für nur wenige hundert US\$ anfertigen. Der Nachteil dieser Methode ist allerdings, dass der Prototyp dann nur aus einem Werkstoff besteht.



Rapid-Prototypen aus nur einem Material, wie das Gehäuse dieser Bohrmaschine, haben im Gegensatz zu umspritzten Teilen keine Softtouch-Oberfläche

Um diese Einschränkung zu umgehen, ist es möglich, ein Modell der umspritzten TPE-Geometrie manuell zu erstellen und dann auf der Oberfläche des maschinell gefertigten Gussmodells oder des Rapid-Prototypen aufzukleben. Diese Methode schränkt zwar die Komplexität der möglichen Designs mitunter ein, wird jedoch häufig zu Beginn der Produktentwicklung eingesetzt. Anhand dieser manuell gefertigten Modelle können die Designeigenschaften und die Ästhetik des Produktes veranschaulicht werden.

Prototyping: Die Vorteile

Um frühzeitige Produktrevisions zu ermöglichen und Nacharbeit auszuschließen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, Prototypen für die oben beschriebene umspritzte Zahnbürste zu erstellen.

Fallstudie 3

Design mit Handgriff

GROWit LLC konnte mit der Connex500 das Design eines Griffes für Trainingsgeräte interaktiv und evolutionär entwickeln. Der Kunde forderte Funktionsprototypen der umspritzten Teile, um Ergonomie, Komfort und Erscheinungsbild zu verifizieren. Da vorab bekannt war, dass das Design über mehrere Schritte definiert werden würde, sollten die Prototypen schnell und kostengünstig erstellt werden.



Dank der niedrigen Kosten und schnellen Verfügbarkeit eines Connex500-Prototypen konnte der Konstrukteur drei Versionen des Griffes mit sämtlichen Eigenschaften eines Overmolded-Teils erstellen. Bild mit freundlicher Genehmigung von GROWit.

Das Projekt beinhaltete drei Designprüfungen und drei Sätze Connex500-Prototypen. Jeder Satz, bestehend aus einer Rechts- und einer Linksausführung, war innerhalb von 2-3 Tagen verfügbar und kostete 850 US\$. Anhand des ersten Satzes wurde das Design verifiziert, der zweite Satz diente der Bewertung von Design und Material, und mit dem dritten Satz wurde ein weiches Umspritzmaterial ausgewertet. Der feste Bereich des Griffes wurde lackiert, so dass der dritte Prototypen-Satz zudem als Marketing-Muster eingesetzt werden konnte.

David Gurrola erläutert: „Wir konnten die drei Griff-Sätze - jeder mit einem anderen Design - schneller liefern als nur einen Satz, der im RTV-Verfahren erstellt worden wäre. Die RTV-Prototypen hätten 5.000 US\$ gekostet, was für unseren Kunde nie wirklich in Frage gekommen wäre. Hätte er aber doch diesen Ansatz gewählt, so bin ich sicher, dass er für die zweite oder dritte Designprüfung nicht noch einmal Gussformen hätte anfertigen lassen.“

Tabelle

	Kosten	Zeit
RTV-Verfahren		
- Gussmodell (4):	\$1,500	2 - 3 Tage
- RTV Form (4):	\$3,000	7 - 10 Tage
- Vorspritzling (Satz):	\$550	3 pro Tag
- Gesamt:	\$5,050	2 - 2 ½ Wochen
Connex500		
- Rapid Prototyp (Satz):	\$850	2 - 3 Tage

	<u>Kosten</u>	<u>Zeit</u>
Prototyping Spritzgussform: Wochen	\$10,000	3 – 4
RTV-Verfahren & Urethan-Guss:	\$1,000	7 – 10 Tage
Rapid prototype	\$75	½ - 1 Tage

Möglichkeit 3: RTV-Verfahren

Die letzte und am weitesten verbreitete Prototyping-Methode für Overmolding-Produkte ist das RTV-Verfahren (raumtemperaturvernetzender Silikonkautschuk). Was die Faktoren Kosten, Zeit, Quantität und Qualität betrifft, so ist RTV zwischen Rapid Prototyping und dem Prototypen-Spritzguss anzusiedeln. Bei dieser Kombination sind frühzeitige Designprüfungen und mehrere Designänderungen möglich.

Wie bei der Insert-Technik wird beim RTV-Verfahren in einer Gussform die Basiskomponente erstellt und in einer anderen das Overmolding-Teil. Für jede Gussform ist ein Gussmodell erforderlich, auf welches der flüssige Silikonkautschuk gegossen wird. Die Kosten für die Gussmodelle und -formen liegen zwischen 1.000 und 5.000 US\$, die Lieferzeit beträgt ein bis drei Wochen.

Mit einer RTV-Einzelform lassen sich bei einer Stückzahl von 2-4 Teilen pro Tag insgesamt etwa 10 bis 50 Prototypen-Teile erstellen. Der tatsächliche Werkzeugertrag und die Produktionsrate pro Tag sind jedoch niedriger, da es zu Ausschuss kommen kann, etwa wenn Teile in der Form verschoben werden und sich dadurch Blasen bilden.

Eine Besonderheit beim RTV-Verfahren ist, dass Urethane verwendet werden, d.h. Duroplaste. Daher lassen sich mit RTV-Verfahren oft ähnliche Ergebnisse erzielen wie später im Herstellungsprozess mit thermoplastischen Materialien.

RTV wird zwar häufig für die Prototypenerstellung eingesetzt, doch es ist nicht immer die am besten geeignete Methode. Zwar ist sie viel kostengünstiger als die Prototypenerstellung per Spritzguss, doch sie wird nur ungern in einer frühen Phase der Designentwicklung angewendet. Grund hierfür ist der unverhältnismäßig hohe Kosten- und Zeitaufwand, wenn beispielsweise ein White Paper: Das Overmolding-Verfahren

Fallstudie 4

Kopf an Kopf mit RTV

Für den Kunden SPX Corporation erstellte Vista Technologies vor einigen Jahren Prototypen im RTV-Verfahren, und kürzlich platzierte SPX einen weiteren Auftrag. Diesmal waren Prototypen für das geänderte Design eines Handheld-Diagnosegeräts zu gefordert. Vista erstellte den Prototypen für das zweiteilige umspritzte Gehäuse mit dem Connex500 3D-Drucker.



Im RTV-Verfahren kostete dieses Handheld-Gerät 16.000 US\$, und die Lieferzeit betrug fast 4 Wochen. Bild mit freundlicher Genehmigung von Vista Technologies.



Mit der Connex500 wurde ein ähnliches Gerät innerhalb von 3 Tagen erstellt. Die Kosten lagen bei nur 2.800 US\$. Bild mit freundlicher Genehmigung von Vista Technologies

Vista druckte mit der Connex500 das obere und untere Gehäuseteil aus einem harten, weißen Material (Shore D 83) und einem gummiähnlichen schwarzen Material (Shore A 61). Anhand der Prototypen wurden Form, Passform, Funktionalität und Haptik der Geräte evaluiert. Nach Aussage von Dan Mishek, Vertriebsleiter bei Vista Technologies, standen innerhalb von nur vier Tagen zwei Sätze des zweiteiligen Gehäuses zur Verfügung und kosteten 4.200 US\$. „Dieser Aufwand wäre alleine schon für die Herstellung der Gussmodelle im RTV-Verfahren angefallen.“

Für SPX entstanden für den früheren Prototyping-Auftrag Kosten in Höhe von 16.000 US\$; die Lieferzeit lag bei vier Wochen. Dan Mishek dazu: „Für die Herstellung der Overmolding-Teile im RTV-Verfahren benötigten wir jeweils für die obere und untere Gehäusenhälfte zwei Gussmodelle und zwei Kautschukformen. Das kostete 10.800 US\$ und dauerte beinahe vier Wochen.“

Die im RTV-Verfahren erstellten Vorspritzlinge zeigten, dass noch einige Designänderungen vonnöten waren. SPX wollte jedoch keine weiteren vier Wochen warten und noch einmal 10.000 US\$ für Prototypen für das umgestaltete Gehäuse ausgeben. „Hätte der Kunde jetzt in den kürzlich erstellten Produkten Designfehler entdeckt, so hätten wir mit der Connex500 in nur wenigen Tagen neue Prototypen zur Verfügung stellen können,“ so Dan Mishek.

Tabelle

	Kosten	Zeit
RTV-Verfahren		
- Gussmodell (4):	\$3,950	3 – 4 Tage
- RTV Form (4):	\$6,850	2 – 3 Woche
- Vorspritzling (Satz):	\$350	3 pro Tag
- Gesamt (15 Sätze):	\$16,050	3 – 4 Wochen
Connex500		
- Rapid Prototyp (Satz):	\$2,800	2 – 3 Tage

umspritztes Produkt mehrmals geändert wird und nach jeder Änderung ein Prototyp im RTV-Verfahren angefertigt werden soll.

Die Zeit- und Kostenfrage stellt sich ebenso, wenn der Industriedesigner alle Vorteile des RTV-Verfahrens für sein Produkt nutzen möchte – ansprechende Optik, präzise Details und griffige Oberflächen – aber eigentlich nur ein bis zwei Prototypen für eine Überprüfung des Designkonzepts benötigt. Wenn sich die Arbeitsstunden und anfallenden Kosten nur über einige wenige Teile verteilen, bedeutet dies unterm Strich überhöhte Stückkosten und -zeiten. Ohne die Kosten zu bedenken, die allein für die Herstellung von Formen und Gussteilen anfallen, fordern Industriedesigner oft sämtliche Vorteile des Rapid Prototyping und die hohe Qualität aus dem RTV-Verfahren ein – eine Forderung, die sich meist nicht erfüllen lässt.

Auch wenn es nicht wirtschaftlich ist, mit einer RTV- oder Aluminium-Gussform nur einige wenige Teile herzustellen, so ist der Wunsch danach doch verständlich. Meist sind hohe Anforderungen in kürzester Zeit zu erfüllen und viele Herausforderungen zu meistern. Strenge Zeitpläne haben dazu geführt, dass die meisten Unternehmen die Iterationszyklen straffen mussten. In manchen Bereichen sieht der Projektplan standardmäßig nur noch einen zweiwöchigen Zyklus für Designprüfung, Prototyping und Produktentwicklung vor. Und die Designer hoffen mit jedem Zyklus, einen Prototypen zu erhalten, mit dem sich jedes Detail, jede Nuance und jeder Aspekt des Endproduktes so realitätsgetreu wie nur möglich veranschaulichen lässt.

Anhand dieser aussagekräftigen Daten können die richtigen Entscheidungen getroffen und Risiken minimiert werden. Das gilt besonders, wenn man beispielsweise die Haptik eines Softtouch-TPE-Materials auf einem Handgriff evaluieren will, der das neueste und modernste Produkt eines Unternehmens zielt. Hat man keinen realitätsgetreuen Prototypen, der die Weichheit oder Rutschfestigkeit des Griffes vermitteln kann, geht man vielleicht lieber auf Nummer sicher und wählt ein weniger anspruchsvolles oder weniger ansprechendes Design.

Der richtige Prototyp jedoch liefert zuverlässige Aussagen über die Form, Passgenauigkeit, Funktionalität, Herstellbarkeit und Vermarktbarkeit eines Produktes, das auf dieser Basis dann alle Phasen vom Design bis hin zur Fertigung durchlaufen kann. Das Unternehmen kann guten Gewissens mit den Insert-Gussformen oder Mehrkomponenten-Werkzeugen für die Produktion fortfahren und Overmold-Produkte mit Softtouch-Oberfläche, außergewöhnlicher Optik und hoher Qualität produzieren.

Fazit

Overmolding ist ein komplexes und teures Verfahren, doch es garantiert Flexibilität und birgt Innovationspotential. Der damit verbundene Mehraufwand und die größeren Risiken treten angesichts einzigartiger Designs, höherer Produktqualität und niedrigerer Produktionskosten in den Hintergrund. Dank dieser Vorteile ist das Verfahren längst keine Nischenapplikation mehr.

Die Griffigkeit einer Softtouch-TPE-Oberfläche lässt sich nicht ohne weiteres mit Zahlen belegen, die Auswirkungen auf den Reingewinn eines Unternehmens aber sehr wohl. Overmolding ist inzwischen ein etabliertes Verfahren, und weitere Anwendungsgebiete werden sich in dem Maße erschließen, in dem Werkstoffhersteller erfolversprechende Rezepturen entwickeln, die neue, leistungsfähige Applikationen ermöglichen.

Nach bescheidenen Anfängen als Methode, die das manuelle Anbringen von Gummileisten ersetzen sollte, hat sich Overmolding weiterentwickelt und die Konstruktion von Kunststoffteilen revolutioniert. Egal, wie man es bezeichnet – Umspritzen, Mehrkomponenten-Spritzguss oder Inmold-Assembly – Overmolding macht den Unterschied in puncto Design, Qualität und Attraktivität von Konsum- und Industrieprodukten.

Wir hätten dieses White Paper nicht ohne die Erkenntnisse und Informationen von OEMs, Werkzeugmachern, Werkstoffherstellern und Dienstleistern verfassen können, die ihr Fachwissen über die hohen Anforderungen an die Entwicklung und Herstellung von Overmolding-Produkten mit uns geteilt haben. Unser Dank gilt:

- Design Prototyping Technologies (DPT) (dpt-fast.com)
- GLS Corporation (glscorporation.com)
- GROWit (growit3d.com)
- Matrix Tooling, Inc. (matrixtooling.com)
- MGS Manufacturing Group (mgstech.com)
- Morris Technologies, Inc. (morrstech.com)
- Plante & Moran, PLLC (plantemoran.com)
- Vista Technologies (vistatek.com)

Der Autor

Todd Grimm ist President von T. A. Grimm & Associates, Inc., ein unabhängiges Beratungsunternehmen im Bereich Rapid Prototyping und 3D-Bildgebung. Todd ist seit 1990 im Rapid Prototyping tätig. Er verfasste den Leitfaden „Users Guide to Rapid Prototyping“ und hat ein Diplom für Rapid Prototyping Technik. Todd ist Vorsitzender der Fachgruppe „Society of Manufacturing Engineers’ Rapid Technologies and Additive Manufacturing (RTAM)“ und war davor Vorsitzender der Fachgruppe für 3D-Bildgebung.