

High-Speed Digital Molding

Eine innovative Alternative zum herkömmlichen
Spritzguss in der Kleinserienfertigung von
Kunststoffteilen

Das Digital Molding ist ein gut skalierbarer Prozess der additiven Fertigung für die schnelle und einfache Fertigung von Kunststoffteilen.

Die Digital Molding Technologie von 3D Systems macht es möglich, dass Designs direkt vom CAD ohne Bearbeitung in die Fertigung gehen, erleichtert spontane Durchläufe von Teildesigns, beschleunigt Übergänge in der Fertigung zu neuen Designs ohne Umrüstung und unterstützt die schnelle Fertigung von Teilen, die zu komplex für den herkömmlichen Spritzguss sind.

In diesem Dokument werden die Entwicklung und die Möglichkeiten des Digital Molding beschrieben, Vorteile für Hersteller aufgezeigt, wirtschaftliche Faktoren für die Technologie offengelegt und die Sichtweise eines Experten dargelegt. Postulierte Kosten- und Zeitersparnisse werden anhand von Benchmarks dokumentiert, um die Möglichkeiten des Digital Molding im Vergleich zum herkömmlichen Spritzguss zu demonstrieren.



Einführung

- Ein radikaler Umbruch nach fast 150 Jahren
- Der hoch skalierbare, modulare Ansatz für die Hochgeschwindigkeitsfertigung von Kunststoffteilen
- Einsatz neuer Werkstoffe durch kürzere Bearbeitungszeiten in der Wanne
- Technologisches Zusammenspiel ermöglicht Digital Molding

Ein radikaler Umbruch nach fast 150 Jahren

Seit der Erfindung vor fast 150 Jahren ist der Spritzguss einer der Dreh- und Angelpunkte der Fertigung

Der Prozess wurde über die Jahre spürbar verbessert, Grundlage dafür waren Erfindungen wie lösbare Formen von Celluloseacetat, die Schneckenkolben-Spritzgussmaschine, der Spritzguss unter Zugabe von Gas und die umfangreiche Palette an Materialoptionen.

Bei der Spritzgussfertigung begnügt man sich nicht mehr mit einfachen Objekten wie Knöpfen oder Kämmen. Mittlerweile werden komplexe Produkte für nahezu jede Branche gefertigt, darunter beispielsweise die Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Gesundheitswesen, Verbrauchsgüter, Baugewerbe, Verpackung und viele mehr.

Nach wie vor erfordert der Spritzguss allerdings eine Bearbeitung mit Werkzeugen. Trotz der Vereinfachung und Beschleunigung durch CNC und 3D Druck werden die Bearbeitungszeiträume für die immer komplexer werdenden Spritzgussformen noch immer in Wochen oder sogar Monaten gemessen.

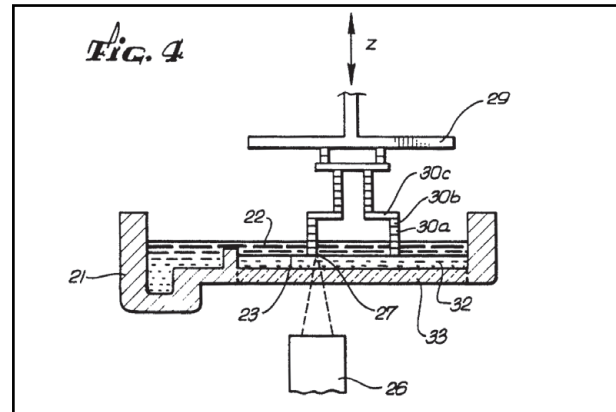


Figure 4™ ist eine ultraschnelle additive Fertigungstechnologie mit einzelnen Modulen, die in automatische Fertigungsstraßen oder sekundäre Prozesse wie Waschen, Trocknen und Härten integriert werden können.

Ein extrem modularer Ansatz

Das werkzeuglose Digital Molding von 3D Systems wird durch einen modularen Fertigungsprozess namens Figure 4™ ermöglicht, eine 30 Jahre alte Stereolithografiekonfiguration (SLA), die sich Chuck Hull, Mitbegründer von 3D Systems, patentieren ließ.

Anhand einer Anordnung von Fertigungsmodulen, die von Robotern gesteuert werden, kann eine fertige Geometrie mit beeindruckender Geschwindigkeit ausgegeben werden. Der Durchsatz lässt sich dann mit weiterführenden Arbeitsabläufen optimieren. Spezifische Zykluszeiten und Kosten variieren je nach Teil oder gedruckter Geometrie. Die in diesem Dokument erwähnte Lüftung für Automobile weist beispielsweise eine Zykluszeit von 95 Sekunden auf.

Die Einführung neuer Werkstoffe

Die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Figure 4-Technologie ermöglicht die Nutzung reaktiven Kunststoffharzes mit kurzer Kontaktzeit in der Wanne.

Das Ergebnis sind robuste, funktionale Teile, die beispielsweise in thermoplastischen Anwendungen verwendet werden.

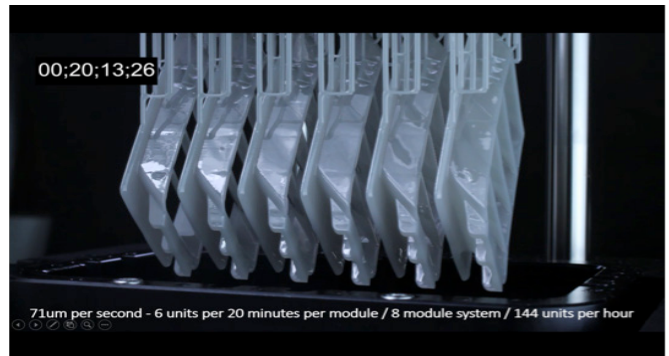
Anders als bei sonstigen 3D-Druckverfahren mit Photopolymeren bietet Figure 4 die Möglichkeit, Teile aus Hybridmaterialien (multimodale Polymerisation) zu fertigen, die robust, langlebig und biokompatibel sind und eine hohe Temperaturbeständigkeit und sogar elastomere Eigenschaften aufweisen. Dies öffnet die Tür für neue Endanwendungen im Bereich langlebiger Gebrauchsgüter, Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Gesundheitswesen usw.

Die alles ermöglichende Technologie

Vor dreißig Jahren hatte Chuck Hull eine Vision, wie Figure 4 zu einer extrem schnellen Fertigung von SLA-Teilen führen könnte. Die außergewöhnliche Geschwindigkeit des Prozesses würde die Zeit, die flüssiger Werkstoff in der Wanne verbleiben müsste, drastisch verringern. Hierdurch würde der Einsatz einer Vielzahl von Hybridmaterialien ermöglicht, die den in den herkömmlichen Gießverfahren verwendeten Werkstoffen entsprechen. Das Problem dabei war, dass die für die Umsetzung seiner Vision erforderlichen Fortschritte in der Technologie noch nicht erzielt waren – bis jetzt.

Fortschritte in verschiedenen Bereichen ermöglichen nun das Digital Molding

- Diese kontinuierliche Weiterentwicklung der SLA-Technologie ermöglicht nun schneller und einfacher die Fertigung von Teilen mit sehr viel höherer Formgenauigkeit.
- Stetige Entwicklung von Werkstoffen, einschließlich Mischungen aus mehreren Materialien, entsprechen den physischen Eigenschaften herkömmlicher Spritzgussteile.



- Die höhere Geschwindigkeit bei der Verarbeitung von Rohmaterialien in der Wanne, führt zu besseren, vielfältigeren Materialeigenschaften.
- Digitale Texturierung, die komplexe, optisch ansprechende Teile in einem Durchlauf ermöglicht, ohne zusätzlich Zeit für Design oder Verarbeitung aufwenden zu müssen.
- Entwicklung von CAD-/CAM-Software, die Designs für die einzigartigen Möglichkeiten des 3D-Drucks ermöglicht, einschließlich organischer und komplexer Designs, Konsolidierung von Teilen innerhalb einer Baugruppe sowie Verwendung leichterer Materialien mit höherer Festigkeit.
- Fortschrittliche Robotersysteme, die schnelle Verbindungen zwischen modularen Vorgängen und ein hohes Maß an Skalierbarkeit ermöglichen.

In den letzten Jahren bot der 3D Druck eine attraktive Ergänzung zum herkömmlichen Spritzguss. Für einige Hersteller war so die direkte Fertigung von Teilen möglich, für die früher Spritzgusswerkzeuge erforderlich gewesen wären. Wieder anderen hat der 3D Druck die schnelle Fertigung von Kunststoff- oder Metallformen ermöglicht, die konturnahe Kühlung und weitere Merkmale für mehr Effizienz und Temperatursteuerung aufweisen. Digital Molding ist der nächste Schritt.

Wie die digitale Fotografie, das digitale Drucken und digitale Videos entstand das Digital Molding durch ein Zusammenspiel aus sich ergänzenden Technologien, die für höhere Geschwindigkeit, verbesserte Präzision und mehr Effizienz intelligent aufeinander abgestimmt wurden.

So funktioniert Digital Molding.

- Automatisierte Schritte erfordern weniger Eingriffe durch den Menschen
- Membran-Micro-DLP-Anordnungen durch Roboterarme verbunden
- Auf die Praktiken und Standards der Industrie 4.0 ausgelegt
- Hoch skalierbar und innerhalb von automatisierten Produktlinien einsetzbar

Digital Molding ist durch ein Zusammenspiel aus sich ergänzenden Technologien entstanden, die für höhere Geschwindigkeit, verbesserte Präzision und mehr Effizienz intelligent aufeinander abgestimmt wurden. Roboterarme führen die Teile durch jeden Schritt der primären und sekundären Prozesse, wodurch eine fortlaufende Fertigung von Teilen möglich ist.

Das von 3D Systems entwickelte Digital Molding besteht aus einzelnen Modulen für jeden Schritt, der in der direkten 3D-Fertigung erforderlich ist. Jeder Schritt ist automatisiert, wodurch weniger Eingriffe durch den Menschen erforderlich sind. Nach Eingabe der digitalen Datei für die Lüftung als Benchmark wurde das erste Teil

innerhalb von 92 Minuten gefertigt. Weitere Lüftungen wurden danach in einer Frequenz von einer Einheit alle 95 Sekunden gefertigt.

Die Figure 4-Technologie, auf die Digital Molding aufbaut, umfasst eine Anordnung aus extrem schnellen Membran-Micro-DLP(Digital Light Processing)-Druckern. Diese Anordnung ermöglicht beim Digital Molding die effiziente Nutzung paralleler Verarbeitungsprozesse. Die Drucker innerhalb der Anordnung werden als „Motoren“ bezeichnet. Jeder dieser Drucker fertigt physische Objekte in extrem hoher Geschwindigkeit. Dies geschieht tatsächlich so schnell, dass 3D Systems den Prozess als Bewegung oder Geschwindigkeit charakterisiert. Je nach Geometrie und Material kann ein 3D-Objekt in einer in Millimeter pro Minute bemessenen Geschwindigkeit aus einer zweidimensionalen Ebene gezogen werden.

Roboterarme führen die Teile durch jeden Schritt der primären und sekundären Prozesse, wodurch eine fortlaufende Fertigung von Teilen möglich ist. Die Roboterarme ziehen die Teile rasch aus dem Harzbad und führen diese durch den Wasch-, Trocken- und Aushärtungsvorgang. In die Figure 4-Module lassen sich auch digitale Prüfungen integrieren, damit die laut den Praktiken und Strategien der Industrie 4.0 erforderlichen Sensoren und Datenerfassungen genutzt werden können.

In Verbindung mit der Software von 3D Systems können die Figure 4-Module unter Nutzung von Industriestandardprotokollen wie MTConnect und OPC Unified Architecture (OPC UA) in Echtzeit kommunizieren. Die Software von 3D Systems bietet betriebliche und technische Unterstützung, und zwar sowohl im



Fertigungsbereich als auch remote über Online- und Cloud-Verbindungen, wodurch ein effizienter Datenaustausch für die intelligente Fertigung ermöglicht wird.

Das Digital Molding, wie er von 3D Systems umgesetzt wird, ist hoch skalierbar und lässt sich in automatisierte Produktlinien integrieren. Er ermöglicht die Fertigung von Groß- und Kleinserien und einen raschen Wechsel bei der Produktion unterschiedlicher Teile. So haben Hersteller die Möglichkeit, ein Design schnell zu wiederholen und umgehend ein Teil für die Endnutzung zu fertigen.

Vorteile

Der Wegfall von Werkzeugen für den Fertigungsprozess ermöglicht eine Verkürzung der Produktionszeit, höhere Flexibilität sowie die gleichzeitige Fertigung mehrerer Produkte.

Folgende Vorteile ergeben sich dadurch für den Produktionsprozess:

- **Keine Wartezeit für die Weiterverarbeitung:** Sobald das Design des 3D Teils vollständig ist, kann die Produktion sofort beginnen. Beim herkömmlichen Spritzguss dauert es für gewöhnlich Wochen, bis das Design und die Fertigung der Werkzeuge fertiggestellt sind.
- **Keine Mindestbestellmenge:** In Verbindung mit der maximalen Flexibilität im Design eines digitalen Arbeitsablaufs eröffnet die Fertigung von Teilen ohne Werkzeugbearbeitung die Möglichkeit, Teile in beliebigen Mengen ohne wirtschaftliche Nachteile zu liefern.
- **Geringere Kosten:** Der digitale Formenbau senkt Arbeits-, Bearbeitungs-, Iterations- und Testkosten.
- **Hochwertige, langlebige Materialien:** Die Materialien erfüllen die Qualitätsansprüche für bestimmte Anwendungen. Die Erarbeitung von



Die Fertigung mit Figure 4™ vereint die Design-Flexibilität der additiven Fertigung in konfigurierbaren Produktionsmodulen für Fertigungslinien, um eine spezifische und automatisierte 3D-Direktfertigungslösung zu schaffen.

Hybridmaterialien ermöglicht eine Bandbreite von physischen Eigenschaften, die denen von verschiedenen Thermoplasten entsprechen, die beim Spritzguss zum Einsatz kommen.

- **Keine Massenfertigung:** Die aktiv fließende Produktion von Teilen macht eine Massenfertigung von Teilen innerhalb des Produktionsprozesses überflüssig.
- **Auf Produktionsanforderungen skalierbar:** Die Systeme lassen sich durch das Hinzufügen von Modulen problemlos skalieren.
- **Keine Wartezeit aufgrund von Werkzeugwechsel:** Hersteller können die Teilegeometrien für eine umgehende Fertigung rasch wechseln.
- **Schnelle Fertigung einer Vielzahl von Teilegeometrien:** In jedem Aufbau lassen sich viele Teilegeometrien fertigen. Teile in Kleinserie können auch zur Massenfertigung konfiguriert werden, sodass eine flexible Produktion einer Vielzahl von Teilen möglich ist.
- **Größere Komplexität der Teile:** 3D-Drucker können Teile mit komplexen Formen und optimierten Merkmalen produzieren, die mit dem herkömmlichen Spritzgussverfahren niemals denkbar wären.

- **Effizientere Anpassung von Teilen:** Das Design der Teile kann ohne die Beschränkung einer Werkzeugbearbeitung individuell angepasst und dann sofort gefertigt werden.
- **Lösung von Problemen bei der physischen Lagerung:**
Das Digital Molding beseitigt Lagerhaltungsprobleme. Hierzu gehören z.B. die logistische Verwaltung, Lagerung sowie Zersetzung von Teilen und Formen, verloren gegangenes Inventar und Zeitaufwand für das Auffinden und Holen der Teile.
- **Ergänzt bestehende Fertigungsmethoden:**
Konfigurationen im digitalen Formenbau lassen sich in andere Prozesse im Fertigungsbereich integrieren und für die anfängliche Kleinserienfertigung (Low Rate Initial Production, LRIP) einsetzen, ehe auf Massenfertigung mit herkömmlichem Spritzguss umgestellt wird.

Wirtschaftliche Faktoren

- Auswirkung auf die Markteinführungszeit für Teile in Kleinserie
- Potenzial zur Verringerung der Kosten für Design, Produktion und Arbeitsaufwand
- Effizienteres Product Lifecycle Management (PLM)
- Möglichkeiten für eine größere Komplexität der Teile und schnellere Optimierung/Individualisierung

Keine Werkzeugbearbeitung bedeutet schnellere Markteinführung

Die Werkzeugherstellung für den Spritzguss erfordert Zeit – nicht nur zur Fertigung, sondern auch für das Design, die Abmusterung, die Änderung und die Freigabe.

Sobald das Werkzeug gefertigt ist, kann es nur durch Wiederholen desselben Prozesses geändert werden, wobei man erwartet, dass das Ergebnis besser ist. Dies ist ein fixer Komplex aus Metall, Zeit und Kosten.

Der Vorteil des Digital Molding besteht darin, dass dieser ohne Werkzeuge auskommt. Das Design für das Digital Molding richtet sich ausschließlich nach der Funktionalität, nicht nach Schrägungswinkeln, Unterschnitten, Einlegern und sonstigen Merkmalen, die für den Spritzguss entscheidend sind. Im Vergleich zu mehreren Wochen, die für ein erstes Design eines texturierten Spritzgussteils erforderlich sind, erfolgt beim Digital Molding innerhalb weniger Stunden, wie anhand der Lüftung für Automobile in den Benchmark-Tests in diesem Dokument beispielhaft demonstriert wurde.

Das Digital Molding kommt ohne CNC-Bearbeitung aus, die für gewöhnlich zwei oder drei Wochen in Anspruch nimmt. Ebenso entfällt der Tag, der normalerweise für erste Versuche zur Einstellung von Temperatur, Verweildauer und weiteren Parametern benötigt wird.

Gemäß den Benchmark-Tests von 3D Systems können innerhalb von 11 Tagen aus einem digitalen Array mit acht Modulen 10.000 Einheiten einer texturierten Lüftung für Automobile entstehen, während beim Spritzgussverfahren noch das Design erstellt wurde. In der Zeit, in der mit herkömmlichen Spritzguss 10.000 Einheiten der Lüftung für Automobile gefertigt werden, kann ein Hersteller unter dem Einsatz von digitalem Formenbau fast 14.000 Einheiten produzieren.

Aufgrund des kurzen Zeitraums von CAD zur Produktion beim Digital Molding ist dieser ideal für LRIP oder Kleinserien geeignet, wodurch Unternehmen Produkte viel schneller auf dem Markt einführen können und die Option haben, auf Spritzguss umzustellen und die Produktion zu erhöhen, wenn die Werkzeuge fertig sind.

Kostenfaktor

Die Werkzeugbearbeitung ist natürlich nach wie vor erforderlich, wenn Hunderttausende oder Millionen Teile produziert werden müssen. Wenn ein 30.000 US-Dollar teures Werkzeug für die Bearbeitung von einer Million Teile eingesetzt wird, liegen die Kosten pro Einheit bei 0,03 US-Dollar. Dies ist ein sehr guter Wert.

Diese Gleichung sieht jedoch ganz anders aus, wenn eine geringe Anzahl von Teilen - ein Teil bis ca. 1.000 Teile - produziert wird. In diesem Fall können die Kosten für jedes im Spritzgussverfahren hergestellte Teil um das zehn- bis hundertfache höher sein als beim Digital Molding.

Neben den Kosten für die tatsächliche Fertigung eines Teils mit herkömmlichen Spritzguss gibt es noch weitere finanzielle Faktoren, die es zu berücksichtigen gilt, z. B. teure Fachkräfte, die für das Design des Werkzeugs über mehrere Wochen im Einsatz sind, während das Design eines funktionalen Teils für den digitalen Formenbau in wenigen Stunden fertig ist.

In einem werkzeugfreien Verfahren erfolgt die Fertigung direkt im Anschluss an das Design. Hersteller müssen nicht die zusätzlichen Kosten für Arbeit, Materialien, CNC-Bearbeitung und Tests berücksichtigen, ehe die tatsächliche Fertigung beginnt.

Das Digital Molding senkt auch die Kosten für Design-Iterationen – wenn das Produkt nicht so aussieht oder funktioniert wie geplant, wird es in der CAD-Software geändert und direkt wieder gefertigt – es muss also kein neues Werkzeug entworfen, keine Form produziert und keine physischen Tests durchgeführt werden.

Folgen für das Product Lifecycle Management (PLM)

Der erste Vorteil des Digital Molding für PLM ist offensichtlich: Produkte können fast unmittelbar nach

dem finalen Design ausgeliefert werden. Alles, was die Markteinführungszeit verkürzt, stellt einen absoluten Wettbewerbsvorteil dar. Das Digital Molding zählt in dieser Hinsicht zu den größten Wegbereitern der letzten Jahrzehnte.

Die Flexibilität, schnelle Änderungen am Design vorzunehmen, Produktdesigns für eine bessere Leistung zu wiederholen und zeitnahe Aktualisierungen vorzunehmen, wird sich unter dem Strich garantiert als großer Vorteil für die Hersteller erweisen.

Wenn die Produkte die späteren Phasen ihres Lebenszyklus erreichen, ist das Digital Molding weiterhin von großem Nutzen. Nehmen wir einmal an, ein Hersteller hat die Fertigung eines Produkts eingestellt. Die Hersteller bestimmter Produkte sind gesetzlich dazu verpflichtet, Ersatzteile auch dann noch bereitzustellen, wenn die Produktion schon vor vielen Jahren eingestellt wurde.

Diese Ersatzteile werden oftmals nur in sehr geringen Mengen benötigt. Sollten Ersatzteile nicht auf Lager sein, muss der Hersteller die Form finden, sicherstellen, dass diese noch verwendbar ist, sie in die Spritzgussmaschine einsetzen, Testläufe durchführen und dann eine geringe Anzahl von Teilen unter großem Arbeits- und Kostenaufwand produzieren.

Sollte die Form beschädigt, abgenutzt oder verrostet sein, können die Kosten schnell auf mehrere Zehntausend Dollar steigen, da dann auch das Werkzeug neu gefertigt werden muss. Und all das nur, um vielleicht eine Handvoll Teile zu fertigen. Die Auslieferung erfolgt dann erst nach mehreren Wochen im Vergleich zu Tagen bei einem digital gespeicherten Teil.

Mit dem Digital Molding können Ersatzteile auf Abruf gefertigt werden. Der einzige Lageraufwand ist in diesem Fall digitaler Speicherplatz für die Datei. Die Teile lassen sich umgehend auf Grundlage der vorhandenen CAD-Datei fertigen. Dies ist die ideale Lösung für die werkzeugfreie On-Demand-Fertigung von Teilen in Kleinserie.

Schnellere, günstigere und bessere Teile

Einer der bedeutendsten Vorteile des 3D-Drucks - die Fähigkeit, komplexe Teile ohne zusätzliche Kosten zu fertigen - wird noch offensichtlicher, wenn man bedenkt, welche Zeit und Kosten für das Hinzufügen von Merkmalen, z.B. Strukturen, bei im herkömmlichen Spritzgussverfahren hergestellten Teilen erforderlich sind.

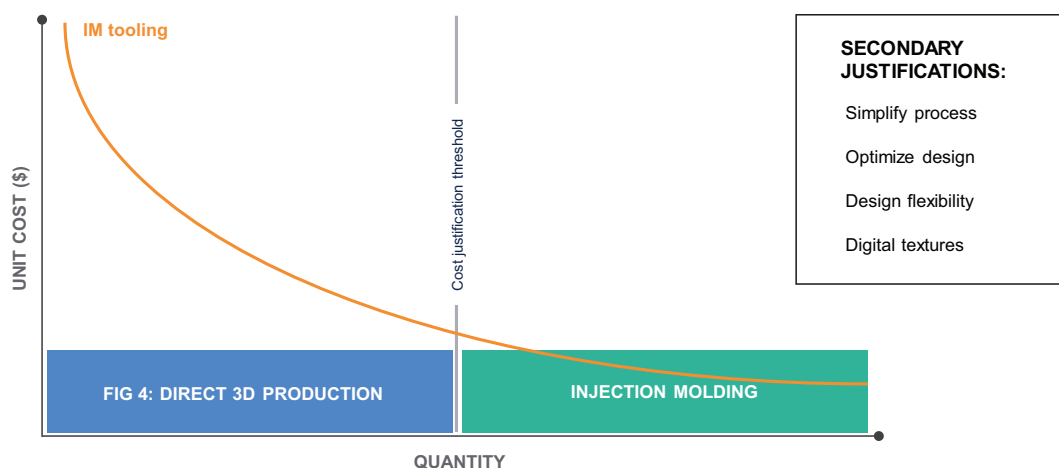
Die Fertigung einer Lüftung für Automobile mit Texturen, wie in diesem Dokument für die Benchmark-Test herangezogen, erhöht den Zeitaufwand für das Design und die Produktion beim Spritzguss.

Beim 3D-Druck wirkt sich die Komplexität weder auf die Zeit noch auf die Kosten aus. Tatsächlich können in einigen Fällen Kosten sogar reduziert werden, da weniger oder leichteres Material verwendet werden kann, während die Festigkeit und Langlebigkeit gleich bleiben oder verbessert werden.

Da sie nicht auf analogen Technologien basieren, können die Geometrien für den digitalen Formenbau quasi im Handumdrehen angepasst werden. Es gibt kein physisches Werkzeug, das gewechselt werden muss: Die digitale Datei wird geändert, und die Fertigung kann sofort begonnen werden.

Bei der Lüftung für Automobile wurden die Oberflächentexturen schnell und in Echtzeit von Büffelleder zu einem Kohlefasereffekt geändert. Beim Digital Molding lassen sich Teile innerhalb weniger Minuten anpassen, um bestimmten Ansprüchen von Kunden oder Märkten zu genügen. Beim Spritzguss ist eine erneute Bearbeitung mit Werkzeugen erforderlich.

Figure 4 Direct 3D Production vs. Injection Molding





Benchmark-Methode und Ergebnisse

Methode

3D Systems führte eine Benchmark-Studie durch, bei der das Design und die Fertigung einer Lüftung für Automobile mit Digital Molding mit dem herkömmlichen Spritzgussverfahren verglichen wurde.

Die Studie wurde von Ingenieuren überwacht, die gemeinsam fast 50 Jahre Erfahrung in digitalen und herkömmlichen Design- und Fertigungsverfahren hatten. Das Design und die Fertigung wurden von Unternehmen übernommen, die über die erforderliche Expertise in den Bereichen CAD/CAM, CNC-Bearbeitung, Spritzgussdesign und additive Fertigung verfügten.

Zeitmessung

Die Zeit für das Digital Molding wurde auf Grundlage des tatsächlichen Zeitaufwands gemessen, der für das Design der strukturierten Automobillüftung für den 3D-Druck erforderlich war. Die Ingenieure maßen dann die Zeit, die erforderlich war, um die 3D-Designdaten durch eine Konfiguration mit acht Motoren laufen zu lassen.

Die Zeitmessung für das Spritzgussdesign startete, sobald die Designdaten an den Anbieter für Spritzguss in Kleinserie übermittelt wurden. Der Anbieter führte eine Analyse der Eignung des Designs für die Fertigung durch und schickte die Datei dann an die Ingenieure

von 3D Systems zurück, damit diese Änderungen und finale Iterationen vornehmen konnten. Der Anbieter stellte 3D Systems anschließend einen Bericht zum Bearbeitungsstatus bereit, in dem der Zeitaufwand für das Layout und Design der Form sowie für jeden Schritt, der für die Erstellung des Werkzeugs und die Fertigung der Teile erforderlich war, erfasst wurde.

Kosten für Werkzeuge und Teile

Angebote für die Werkzeuge wurden von drei verschiedenen Spritzgussanbietern eingeholt. Zwei von ihnen bieten Express-Spritzguss in Kleinserie an und der dritte Anbieter fertigt herkömmlich in Massenproduktion an. Die Angebote für die Werkzeuge reichten von 7.565 USD bis 9.700 USD.

Für die Teile wurden Angebote von den gleichen drei Anbietern eingeholt, die von 0,98 USD bis 2,52 USD reichten, je nach Menge und Hersteller.

Für den Vergleich mit Figure 4 wurden die internen Kosten für Werkzeug und Teile eines der Anbieter von Rapid Tooling herangezogen.

Benchmark-Ergebnisse

Der Vergleich des Digital Molding auf Grundlage der Figure 4-Technologie von 3D Systems und dem herkömmlichen Spritzgussverfahren zeigt erhebliche Unterschiede bei Zeitaufwand und Kosten für Design, Entwicklung und Werkzeuge.

LEISTUNG	FIGURE 4 (FLIESSEND)	SPRITZGUSS
Zeitaufwand Design	3 Stunden	2 Tage
Werkzeugdesign	0 Stunden	3 Tage
Werkzeugerstellung	0 Stunden	14 Tage

„Sicherlich ändern sich die Voraussetzungen für Teile, bei denen nur kleine Änderungen der Geometrien vorgenommen werden müssen, die aber dennoch eine Modifizierung der Formen und Muster durch den Hersteller erfordern.“

Geschätzte Arbeitskosten für CAD, Werkzeugdesign und Werkzeugbearbeitung	121 USD	4.315 USD*
Kosten für interne Werkzeugbearbeitung	0 USD	4.850 USD
Dauer bis zur Fertigstellung des ersten Teils	92 Minuten	15 Tage
Sekunden pro Teil**	95 s/Einheit	55 s/Einheit
Gesamtkosten pro Teil (bei 500 Teilen)***	7,90 USD	10,50 USD
Kosten pro Teil (bei 10.000 Teilen)	7,90 USD	1,29 USD
Design anpassbar	Ja	Nein

* Basierend auf einem 8-Stunden-Arbeitstag und den Angaben des U.S. Bureau of Labor Statistics von einem Stundenlohn von 40,19 USD für Maschinenbauingenieure und 24,17 USD für Werkzeug- und Formenbauer.

** Basierend auf einem automatisierten Drucksystem mit acht Maschinen.

*** Gesamtkosten beinhalten Amortisierung von Werkzeugen plus Materialkosten pro Teil.

Die Anschaffungskosten für Werkzeuge für den intern gefertigten Spritzguss betrugen 4.850 USD. Beim Digital Molding auf Grundlage der Figure 4-Technologie von 3D Systems dagegen fallen keine Kosten für Werkzeuge an. Bei bis zu 700 Einheiten ist der digitale Formenbau dem

herkömmlichen Spritzgussverfahren vorzuziehen.

Aus der Sicht eines Experten

Tim Shinbara ist Vice President der Association for Manufacturing Technology (AMT). Er unterstützt Mitglieder der AMT dabei, verstärkt auf globale Technologien zu achten, den Zugang zu technischen Ressourcen und Kenntnissen zu vertiefen und Investitionen innerhalb der Fertigungstechnik zu fördern.

Er hat den Fortschritt der additiven Fertigung untersucht, dokumentiert und sich überlegt, welche Auswirkungen Digital Molding auf die Fertigung haben könnte. Auszüge

aus einem kürzlich geführten Interview mit Shinbara finden sich nachfolgend.

Das Potenzial des Digital Molding

„Die Fähigkeit, ständig (und autonom) zwischen verschiedenen Fertigungsschritten wechseln zu können, führt zu einer erheblichen schrittweisen Reduzierung von Funktionen, die zu inakzeptablen Varianzen führen können. Der Anspruch muss sein, Verzögerungen und Unterbrechungen bei der Produktion zu vermindern, die mit der Entnahme von Teilen, der Rückgewinnung von Material und Ausrüstung einhergehen (man drückt quasi einfach „Zurücksetzen“ und produziert die nächste Charge mit der gleichen Maschine).

„Den Stand von SLA voranzutreiben, um höhere Endnutzungsanforderungen bei der Leistung zu erfüllen, indem automatische Baugruppenprozesse mit Teilwerkstoffmischungen kombiniert werden, die dem Spritzguss in nichts nachstehen, ist der nächste logische Schritt für die industrielle additive Fertigung.“

Änderung der Voraussetzungen für die direkte Fertigung in Kleinserie

„Sicherlich ändern sich die Voraussetzungen für Teile, bei denen nur kleine Änderungen der Geometrien vorgenommen werden müssen, die aber dennoch eine Modifizierung der Formen und Muster durch den Hersteller erfordern.“

„Selbst wenn Spritzguss aufgrund der Nachfrage nach solchen Teilen geschäftlich letztlich Sinn macht, ist die schnellere Lieferung von Kleinserien an den Kunden womöglich ein so überzeugendes Leistungsversprechen, dass geringfügig höhere Kosten für die Kunden zu ertragen sind. Später würde ein Übergang zur Produktion im Spritzgussverfahren

stattfinden, damit die Hersteller die Kosten der additiven Fertigung im Preis für ein Einzelteil amortisieren können oder einen geringeren Preis anbieten können, sobald der Übergang zum Spritzgussverfahren erfolgt ist.“

Produktion einer neuen Klasse hybrider Materialien

„Der Einsatz von Hybridmaterialien ermöglicht eine Vielzahl von Gebrauchseigenschaften, wenn die geometrische Freiheit der additiven Fertigung gemeinsam mit der wortwörtlichen Flexibilität von Teilen wie Scharnieren und fließenden Strukturen mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften möglich sein soll – und zwar aus einem einzigen Aufbau.“

Auswirkungen der On-Demand-Lieferung auf benutzerdefinierte Teile in Kleinserie und/oder Ersatzteile innerhalb des Product Lifecycle Managements

„Derartige Kapazitäten würden es einem Hersteller

ermöglichen, langfristig Wartungsarbeiten oder Teile/Baugruppen anzubieten, die eigentlich nicht mehr produziert werden. Das Wissen um solche Möglichkeiten kann sich auch auf das Design für die Fertigung, die Gesamtkosten für den Lebenszyklus und den Gestaltung (und die Erfüllung) von Garantien und vertraglichen Verpflichtungen auswirken. Letztlich könnten die Gesamtkosten pro Teil für Fertigung, Wartung und Nachrüstung, Überarbeitung und erneute Bestellung gesenkt werden.“

Möglichkeit der On-Demand-Fertigung von optimierten Teilen mit komplexen Formen und Texturen

„Die Einbindung der durch SLA erzielten

Oberflächenendbearbeitung zusammen mit den Kosteneinsparungen durch das Spritzgussverfahren bietet ein hohes Potenzial, die Position von Teilen zu übernehmen,

die normalerweise in kleinen und mittleren Serien im Spritzgussverfahren gefertigt werden. So werden mehr Kapazitäten für die On-Demand-Fertigung geschaffen, die möglicherweise einen attraktiven Wertbeitrag darstellt.

„Diese Technologie kann für On-Demand-Szenarien wie zum Beispiel bei kurzfristigen Änderungen am Design verwendet werden, ohne dass deutliche Mehrkosten erzeugt werden oder Verzögerungen bemerkbar sind. Gleichzeitig bietet sie eine große Bandbreite an Produkten (Geometrien, Materialien, Funktionen), die von On-Demand-Herstellern produzierbar sind, und senkt den Mehraufwand (für Lagerung und Investitionen). Darüber hinaus geht mit dieser Technologie maximale Flexibilität bei der Preisgestaltung sowie in der Fertigung und in Dienstleistungs-Geschäftsstrukturen einher.“

Zusammenfassung

Das Digital Molding in hoher Geschwindigkeit mit modularen und hoch skalierbaren Konfigurationen von 3D Systems **ist eine innovative Alternative zum herkömmlichen Spritzguss für die Kleinserienfertigung von Kunststoffteilen.**

Der Ansatz von 3D Systems bietet Vorteile, die sich über den gesamten Design-, Konstruktions- und Fertigungsprozess erstrecken sowie Wartungen im Produktlebenszyklus positiv beeinflussen. Die wirtschaftlichen Vorteile des Digital Molding umfassen eine schnellere Markteinführungszeit, Kosteneinsparungen, bessere Produktentwicklung und höhere Produktivität bei Wartungen sowie die Möglichkeit, Kunststoffteile schneller und besser zu einem günstigeren Preis zu entwerfen, zu fertigen und zu optimieren.