

Werkzeugkühlung neu definiert

Generativer Werkzeugbau als Massnahme zur Werkzeugoptimierung

Schöttli AG
Industrie Grossholz
8253 Diessenhofen / Switzerland
+41 52 646 22 22
info@schoettli.com
www.schoettli.com

Schöttli AG – Magor Mold
420 South Lone Hill Ave.
San Dimas, CA 91773 / USA
+1 909 592 3663
info@schoettli.com
www.schoettli.com

Die kontinuierliche Steigerung der Produktionsleistung moderner Spritzgiesswerkzeuge führt dazu, dass bestimmte Werkzeugkomponenten in Standardfertigungsverfahren nicht oder nur mit erhöhtem Kostenaufwand hergestellt werden können. Dabei zeigt sich der Trend, dass Spritzgiesswerkzeuge insgesamt kompakter gebaut werden – gleichzeitig aber zusätzliche Funktionen wie z.B. effizientere Anspritzsysteme oder Sensoren zur Prozessüberwachung in das Werkzeugkonzept integriert werden. Die wesentliche Herausforderung für den Werkzeugbau besteht darin, die Eigenschaften bewährter Werkzeugkonzepte in die neue Generation von Spritzgiesswerkzeugen zu überführen und modernere Werkzeugkomponenten zu integrieren. Dadurch erhöht sich die Wirtschaftlichkeit des Werkzeugs und ein zuverlässiger Betrieb mit hoher Teilequalität wird sichergestellt.

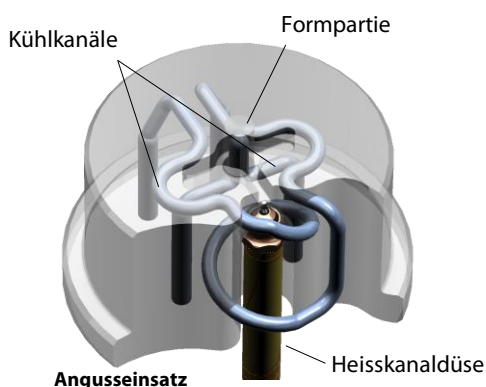


Bild 1: Additiv hergestellter Werkzeugeinsatz

Herausforderung im Werkzeugbau

Die Integration dieser modernen Werkzeugkomponenten führt zu veränderten thermischen und mechanischen Betriebsbedingungen und eine Optimierung des ursprünglichen Werkzeugkonzepts ist erforderlich. Beispielsweise kann der Wechsel von einem offenen Heisskanalsystem auf ein Nadelverschlussystem die thermische Situation der formgebenden Teile ändern und die Zykluszeit oder Teilequalität negativ beeinflussen. Eine homogene Temperaturverteilung im Formeinsatz verbessert die Schwindung und den Verzug des Kunststoffformteils und ist damit ebenso wichtig wie eine hohe Abkühlgeschwindigkeit. Im konkreten Beispiel wurde eine Heisskanaldüse mit Nadelverschluss in den Formeinsatz umgesetzt. Durch die veränderte thermische Situation musste die Kühlung optimiert werden. Nur durch das generative Herstellungsverfahren ist eine auf die Anwendung angepasste Kühlgeometrie möglich und die Kühlleistung kann dort positioniert werden, wo sie den grössten Einfluss auf die Wärmeabfuhr hat.

Additive Lösungen

Die SCHÖTTLI AG greift diese Herausforderungen bereits in der Konzeptphase auf und sucht nach Lösungen, um die Leistungsfähigkeit des Spritzgiesswerkzeugs zu optimieren. Neben einer bestmöglichen Teilequalität spielen auch wirtschaftliche Überlegungen wie z.B. eine Verkürzung der Zykluszeit eine Rolle. Obwohl die additive Fertigung im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit noch häufig hinter den konventionellen Fertigungsverfahren zurücksteht, hat sie sich als Möglichkeit entwickelt, bestimmte Werkzeugbereiche oder komplexe Kühlkanäle herzustellen. Die Erfahrung aus diversen Projekten im additiven Werkzeugbau hilft dabei, das Verbesserungspotential dem Kostenaufwand gegenüberzustellen und unsere Kunden bestmöglich zu beraten.

Konzeption/ Entwicklung/ Simulation

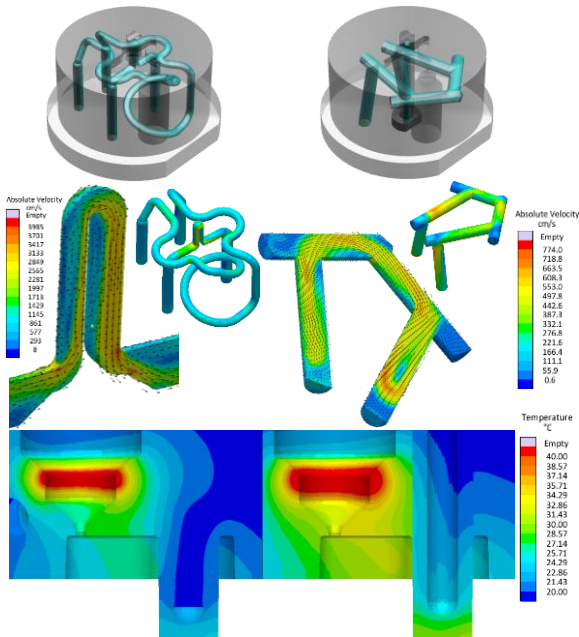


Bild 2: Konzeption der additiven Lösung mit CFD-Analyse

Konventionell hergestellte Werkzeugteile dienen als Ausgangspunkt, um die Effektivität der Massnahmen zu bewerten. Oftmals kann der Kunde bereits Erfahrungen aus der Praxis einbringen, die zur Lösungsfindung herangezogen werden. Im Rahmen der Konzeption werden Lösungsvorschläge ausgearbeitet und Randbedingungen wie Prozessparameter festgelegt. Mit Berechnungen werden zunächst auf theoretischer Basis Vergleiche zwischen bestehenden und neuen Lösungen gezogen und ein vielversprechender Ansatz ausgewählt. Dieses wissenschaftliche Vorgehen führt zu einem grundsätzlichen Prozessverständnis, das für einen sinnvollen und effizienten Lösungsansatz notwendig ist. Im konkreten Beispiel zeigt sich, dass durch die Position des Kühlkanals in unmittelbarer Nähe zur Wärmequelle die Werkzeugtemperatur signifikant gesenkt werden kann. Weiterhin kann mit Computational Fluid Dynamics (CFD) - Simulationen der Druckbedarf und das Fließverhalten in den Kühlkanälen berechnet und hinsichtlich Wärmeübergang optimiert werden. In Bild 2 ist der thermische Unterschied zwischen einem konventionell hergestellten Angusseinsatz (rechts) und dem additiv gefertigten Einsatz (links) dargestellt. Die effektivere Kühlung führt im optimierten Angusseinsatz zu einer deutlich niedrigeren Werkzeugtemperatur.

Generativer Herstellungsprozess

Beim Lasersintern werden Metallpartikel durch einen Laser aufgeschmolzen und zu einem neuen Bauteil verbunden. Der prinzipielle Ablauf der Fertigung ist in Bild 3 dargestellt. Dabei wird zunächst eine Grundplatte in den 3D-Drucker auf den Boden des Bauraums eingelegt (1). In einem Pulverbehälter (3) befindet sich gesiebtes Metallpulver, das in das Pulverreservoir der Prozesskammer gefördert wird. Mit einer Rakel wird dann schichtweise das Pulver in den Bauraum übertragen. Im eigentlichen Aufbauprozess (5) wird der Laserstrahl über eine Spiegelmechanik und die Impulssteuerung so eingestellt, dass er bestimmte Schraffuren abfährt.

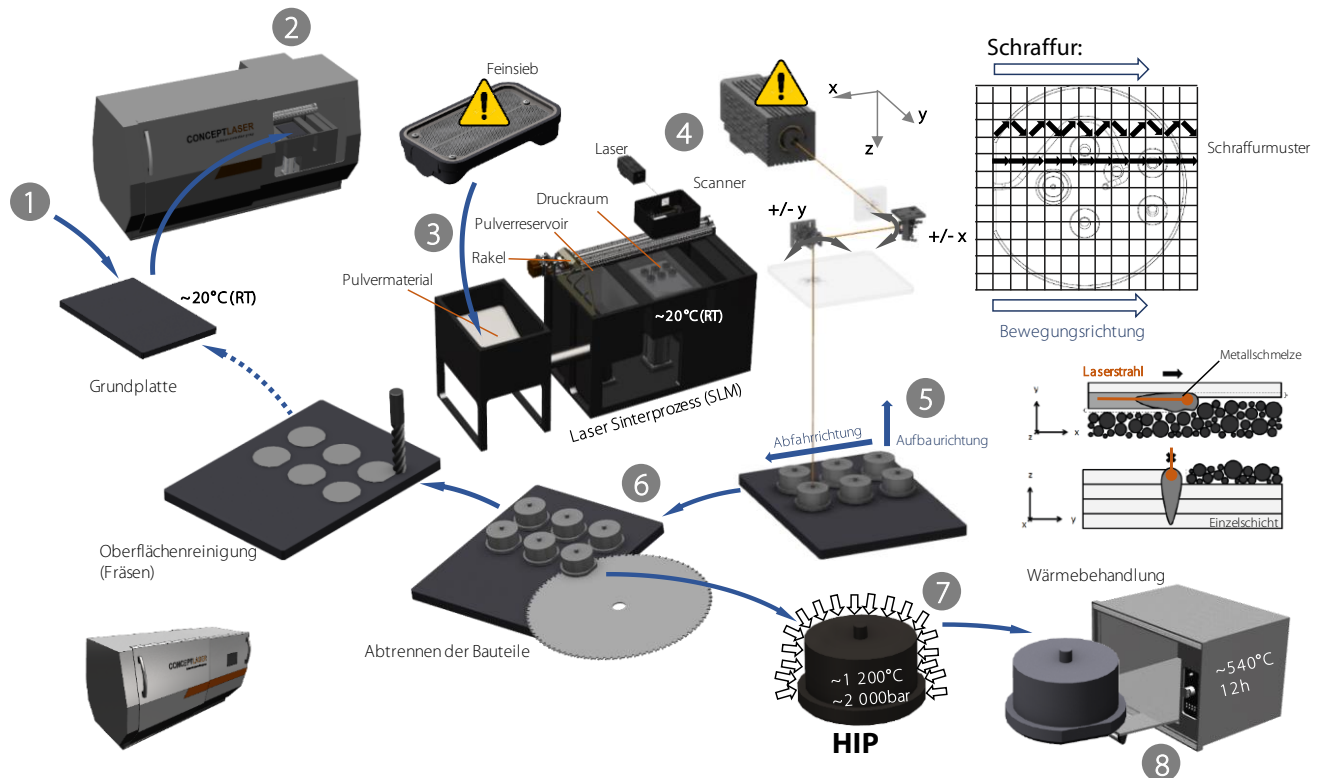


Bild 3: Prozessschritte additive Fertigung

Die optimale Einstellung des Druckprozesses benötigt viel Erfahrung, da durch mangelhaftes Pulvermaterial oder ungleichmässigen Wärmeeintrag Spannungsrisse entstehen können, die unter mechanischer Beanspruchung zu einem späteren Versagen des Bauteils führen. Die gedruckten Körper werden anschliessend abgetrennt (6) und in ein Verdichtungsverfahren (Hot Isostatic Pressing) gegeben. In einer Wärmebehandlung wird das Metallbauteil auf seine endgültigen werkstoff-mechanischen Eigenschaften gebracht.

Die Erfahrungen aus mehreren additiv gedruckten Bauteilen haben gezeigt, dass die neue Fertigungsmöglichkeit des generativen Werkzeugbaus zwar viele Möglichkeiten der Gestaltung eines Kühlkanals bietet, oftmals treten aber während der Fertigung physikalische Effekte auf, die die Bauteilqualität beeinträchtigen. Ein Additiv-Hersteller ist auf seinem Gebiet der Fertigung ein Experte – für die Umsetzung komplexer Kühlkanalgeometrien und die Berücksichtigung der Anforderungen an das spätere Bauteil ist aber dennoch die Expertise eines Werkzeugbauers notwendig. Die Schöttli AG arbeitet mit dem Additiv-Herstellern eng zusammen und vereint die Expertise des 3D-Drucks mit dem langjährigen Erfahrungsschatz aus dem Schweizer Werkzeugbau.

Das Resultat dieser Zusammenarbeit sind Bauteile, die den gleichen Qualitätsanspruch erfüllen wie konventionell hergestellte Bauteile, sich aber in den wichtigen Eigenschaften wie z.B. der Kühlleistung unterscheiden.

Durchflussmessungen während der Bemusterung

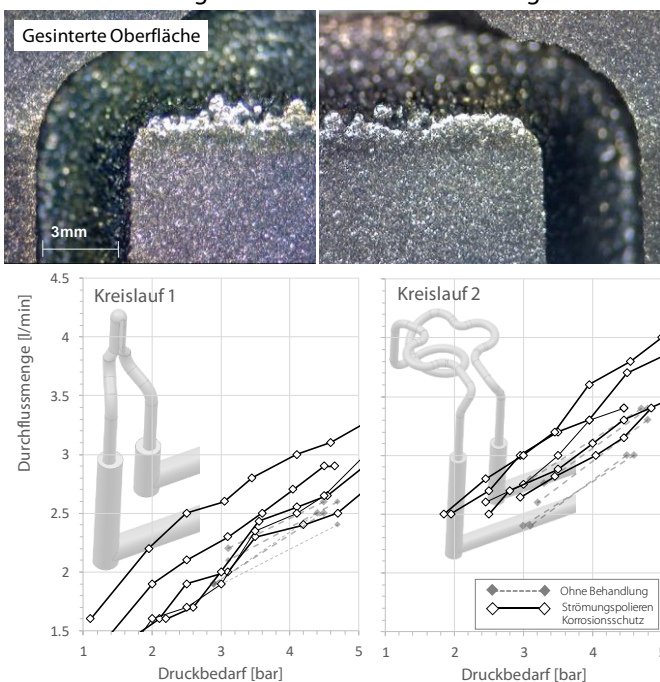


Bild 4: Durchflussversuche der Angusseinsätze

Der Einsatz von generativ hergestellten Bauteilen im Werkzeug ist eng verbunden mit der Frage, ob der höhere Fertigungsaufwand und die höheren Herstellungskosten wirtschaftlich vertretbar sind. SCHÖTTLI erfasst und dokumentiert alle relevanten Prozessdaten mit einer umfangreichen Messtechnik, bestehend aus Druck- und Durchflusssensoren. Ziel ist ein gleichbleibender Durchfluss durch alle Kühlkanäle, um eine gleichmässige Kühlleistung und eine homogene Temperaturverteilung in den Einsätzen sicherzustellen.

Im konkreten Projekt wurde auch der Einfluss einer Nachbehandlung auf den Druckbedarf untersucht. Durch das Strömungspolieren konnte der Druckabfall reduziert und der Durchfluss dadurch um ca. 10% gesteigert werden. In Bild 4 sind die einzelnen Kreisläufe vor- und nach der Nachbehandlung sowie der Wasserdurchfluss in Abhängigkeit des Wasserdrucks dargestellt. Es zeigt sich, dass durch das Strömungspolieren lose Partikel aus dem Lasersinterprozess von der Kühlkanaloberfläche ausgelöst werden und eine gleichmässige Oberfläche entsteht. Gleichzeitig zeigen die einzelnen Kühlkreisläufe eine ähnliche Durchflussmenge, wodurch eine homogene Temperierung des Werkzeugeinsatzes sichergestellt wird.

Bei dem in diesem Bericht vorgestellten Kunststoffteil wurde ein Nadelverschlussystem von HUSKY umgesetzt. Durch dieses System wird eine gleichbleibende Qualität des Anspritzbereichs sichergestellt, es wird aber auch mehr thermische Energie in Form von Wärme in den Werkzeugeinsatz eingebracht. Durch die Position der Nadelverschlussdüse ergibt sich ein ungleichmässiges Temperaturbild, das durch die effektivere Kühlung des generativen Kühlkanals am Ort des Wärmeeintrags ausgeglichen wird. Durch diese Massnahme wird die Zykluszeit zusätzlich um ca. 6% reduziert.

SCHÖTTLI als Partner in der additiven Fertigung

Die SCHÖTTLI AG, a HUSKY Company, bietet sichere und effiziente Lösungen für komplexe Anwendungen in der Medizin- und Pharmaindustrie. Neben der Neuentwicklung von Werkzeugkomponenten bietet SCHÖTTLI auch die Möglichkeit, bestehende Werkzeugkonzepte zu analysieren und hinsichtlich Prozesseffizienz zu optimieren. Es spielt dabei keine Rolle, welche Anforderungen an das Werkzeug gestellt werden – SCHÖTTLI-Werkzeuge bieten hohe Teilequalität und dauerhafte Zuverlässigkeit.