

Rapid Tooling: Verfahren, Entwicklungen und Trends

Gut kombiniert



Stereolithographie lässt sich im Rapid-Tooling-Bereich zu unterschiedlichen Zwecken einsetzen, im Bild Spritzgieß-Werkzeugeinsätze zur Flüssigholzverarbeitung. (Bild: FhG-ICT)



Dipl.-Ing. Frithjof Baumann, Produktentwicklung Bereich Polymertechnik, Fraunhofer Institut für Chemische Technologie ICT, Pfingsttal, und Dipl.-Ing. Andreas Schwab, technischer Leiter, Hans-Hermann Bosch GmbH, Mühlhausen

Der Prototyp der Zukunft ist schnell und kostengünstig herzustellen. Im Vergleich zur konventionellen, spanenden Herstellung von Prototypen und Formen gewinnen Rapid-Prototyping- und Rapid-Tooling-Technologien immer mehr an Bedeutung. Während in der Praxis bislang fast ausschließlich Modellbauer diese Technologien einsetzen, nutzen diese heute auch vermehrt Werkzeug- und Formenbauer. Neben der erhofften Kostenreduktion wollen diese Anwender häufig den Schritt zum Full-Service-Anbieter machen, der bereits bei der Produktdefinition einen entscheidenden Beitrag leistet. Die unterschiedlichen Techniken lassen sich meist in drei grundlegende Entwicklungsphasen der Produktentstehung eingliedern. Rapid Prototyping unterstützt in der Konzeptionsphase bei Design und Teilekonstruktion. Rapid Tooling kommt zum Einsatz, um die Werkzeugherstellung schneller zu realisieren. Unter Rapid Product Manufacturing sind Verfahren und Methoden zu

Änderungen während der Produktentwicklung und kurze Produktlebenszyklen erfordern vom Werkzeugbauer Reaktionsfähigkeit und Flexibilität. Die Kombination bekannter und neuer Rapid-Tooling-Verfahren in Verbindung mit konventionellen High-speed-Verfahren wie HSC schafft neue Perspektiven.

verstehen, mit welchen sich Kleinserien direkt herstellen lassen.

Identisches Anlagenprinzip

Das Beispiel der Stereolithographie STL verdeutlicht, dass mit einem identischen Anlagenprinzip unterschiedliche Ziele möglich sind. STL-Positivmodelle finden als Anschauungs-, Einbau- und Funktionsprototypen Verwendung, generativ hergestellte Negativmodelle für Form gebende Werkzeugeinsätze. Dabei können die Anwender den vollständigen Einsatz oder eine dünne Schale mit Hilfe von STL fertigen. Diese Schale lässt sich anschließend mit hoch gefüllten Gießharzen oder niedrig schmelzenden Metallen hinterfüllen. Andererseits kommen STL-Urmodelle für Folgeprozesse wie Vakuumguss, Feinguss, Metall-Lichtbogenspritzen oder Galvanoformen zum Einsatz. Hierdurch lassen sich Prototypen oder Werkzeugeinsätze aus unterschiedlichen gießfähigen Werkstoffen erzeugen.

Anbieter von Rapid-Prototyping-Systemen sprechen bereits von Rapid Manufacturing, wobei die Materialeigenschaften der Ersatzwerkstoffe denen der späteren Serienfertigung nicht ebenbürtig sind und wohl auch künftig nur in einzelnen Anwendungen sein werden. Diese Limitierung resultiert zumeist aus dem generativen Aufbau der Bauteile, beispielsweise ausgehend von pulverförmigen Werkstoffen.

Der frühzeitige Bedarf an technischen Prototypen aus dem Originalmaterial der Serienfertigung steigt im Rahmen von Zulassungstests, Crashversuchen sowie dem Prüfen von Temperatur- und Festigkeitseigenschaften ebenfalls stark an. Um noch schneller an Musterteile aus dem Serienwerkstoff heranzukommen, bedienen Anwender sich des Rapid Tooling. Hierbei wird zumeist zwischen direkten und indirekten Verfahren unterschieden. Im direkten Rapid Tooling, beispielsweise im direkten Metall-Laser-Sintern DMLS, entstehen aus CAD-Daten und heterogenen, pulverförmigen Gemengen hoch und niedrig schmelzender Metallkomponenten oder auch Stahlpulver innerhalb weniger Stunden Formeinsätze oder metallische Musterteile.

Beim Selektiven Laser Sintern SLS kommen kunststoffbeschichtete Stahlpulver zum Einsatz, wobei im Bauprozess lediglich der Thermoplast anschmilzt und somit als Binder wirkt. Anschließend erfolgt ein mehrstufiger Ofenprozess, bei dem der Binder ausgebrannt, das Stahlpulver versintert und nachgeschaltet mit Kupfer oder flüssigem Harz infiltriert wird. Ein vielzitiertes Vorteil der Pulver basierten Systeme besteht in der Möglichkeit, erforderliche Kühlkanäle konturnah im Formeinsatz zu integrieren. Trotz vielseitiger Anstrengungen unterschiedlicher Forschungsinstitute und von Entwicklungsabteilungen der Anlagenhersteller sind bis heute keine direkt generierenden Maschinen kommerziell am Markt verfügbar, die in der Lage sind, Werkzeugstahl konkurrenzfähig zu verarbeiten. Neuere Anlagenkonzepte setzen zumeist auf ein mehrstufiges

Verfahren, das beispielsweise erst in Kombination mit einer geeigneten Oberflächennachbehandlung oder -bearbeitung das gewünschte Ergebnis erzielt. Ein multifunktional einzusetzendes Konzept ist eine aktuelle Lösung des Anbieters Concept Laser, mit der sowohl Metallpulver aufgeschmolzen als auch Metall abgetragen und sublimiert werden kann. Ergänzend lässt sich in dieser Anlage ein Modul zur Laserbeschriftung einsetzen.

Indirekte Verfahren

Indirektes Rapid Tooling wird beispielsweise mit Hilfe des Keltool-Verfahrens erreicht. Dieses – nach Herstelleranga-



Lasergesinterte Formeinsätze ermöglichen es, bereits kurze Zeit nach Fertigstellung der CAD-Daten serienähnliche Teile herzustellen. (Bild: FhG-IPT)

ben – derzeit genaueste Rapid-Tooling-Verfahren mit Rautiefen bis $R_z = 0,4$ ist der Sintertechnologie zugeordnet und hat vereinfacht folgende Prozessschritte: Bereitstellen von positiven Formeinsätzen, Herstellen eines negativen Silikonabdrucks der Formeinsätze, Auffüllen der Silikonform mit einem Gemisch aus 70 % Wolframkarbidpulver und Stahlpulver sowie 30 % Binder, Sintern und Austreiben des Binders und anschließendes Infiltrieren mit Kupfer. Der entstandene, sehr gut wärmeleitfähige Einsatz hat eine Festigkeit bis zu 735 N/mm², lässt sich schweißen, mechanisch bearbeiten und polieren.

Ferner kommt das Metall-Lichtbogen-spritzen zur Anwendung, um von einem Urmodell eine dünne Metallschale abzuformen, die anschließend mit Metallen oder hoch gefüllten Gießharzen hinterfüllt wird. Selbst teilweise in Vergessenheit geratene Verfahren wie das Herstellen von galvanisch abgeformten Metallschalen oder auch das Abformen von Modellen durch gefüllte Epoxidharzsysteme erfahren in diesem Zusammenhang eine Renaissance. Diese Verfahren eignen sich insbesondere für niedriger beanspruchte Werkzeuge – RIM-Verarbeitung, Niederdruck-spritzgießen, Partikelschäumen –, wobei durch eine optimierte Werkzeuggestaltung auch beim Verarbeiten von Elastomeren oder hoch gefüllten Thermoplasten überzeugende Ergebnisse möglich sind.

Mit lasergesinterten oder mit Hilfe von Keltool hergestellten Formen können heute häufig bereits zwei bis drei Wochen nach Fertigstellung der CAD-Daten serienähnliche Teile bereitgestellt werden. Ziel wird es jedoch künftig sein, die Vorteile der Verfahren zum schnellen Bereitstellen von Versuchsformen auf die Serienfertigung zu übertragen. Vieles deutet auf einen modifizierten Werkzeugaufbau hin, bei dem der Werkzeugbauer einzelne Bereiche mit den unterschiedlichen Fertigungsverfahren unter Einbeziehen ihrer jeweiligen individuellen Stärken fertigt.