

Werkstoffe

# Silikon und Polyurethan im Prototypenbau

RONALD SIMMONDS

**Kosten- und Zeitersparnis sind wesentliche Vorteile der Fertigung von Prototypen aus Kunststoff. Aber auch eine in der Vergangenheit kaum gekannte Originaltreue und Reproduzierbarkeit sind inzwischen realisierbar, wie sich zum Beispiel im Automobilbau anhand des Vakuum-Gießens von Polyurethan-teilen in Silikonwerkzeugen zeigen läßt. Grund dafür ist, daß eine Vielzahl an Kunststoffen für Musterteile entwickelt wurden.**

**MM** Kürzere Modellzyklen, schnellere Reaktion auf Kundenwünsche und Marktbedürfnisse erfordern im internationalen Wettbewerb innerhalb der Automobilindustrie immer kürzere Entwicklungsabläufe. Geradezu einen Quantensprung haben da in den vergangenen fünf Jahren die Bereiche Prototyping und Modellbau gemacht. Dauerte es in den achtziger Jahren vier bis acht Wochen, bis nach der Konstruktion das erste Prototypenteil fertiggestellt war, können die Entscheidungsträger der Bereiche Entwicklung, Fertigung und Marketing heute schon einen Arbeitstag nach Modellfertigung das erste Versuchsteil beurteilen und sich ebenso schnell über die technische oder ästhetische Wirkung eventuell gewünschter Änderungen eine Meinung bilden.

Über einen großen Fortschritt hatten sich zum Beispiel die Ingenieure im Porsche-Entwicklungszentrum Weissach schon gefreut, als der zeitraubende, konventionelle Modellbau in weitgehender Handarbeit durch ein computerunterstütztes Konstruktions- und Fertigungsverfahren (CAD/CAM) sowie durch die spanabhebende Bearbeitung auf einer CNC-Maschine abgelöst wurde. Den Durchbruch aber erzielten sie, als

man im Entwicklungszentrum Weissach mit dem Rapid Prototyping begann, mit dem Vakuum-Gießen von Polyurethan-Harzteilen in Silikon-Formen (Bilder 1 bis 3).

Die dazu notwendigen Urmodelle können im Stereo-Lithographie-Verfahren hergestellt werden. Bei diesem Verfahren wird das mit Hilfe von CAD (Computer Aided Design) konstruierte Bauteil direkt über den CAD-Datensatz mittels eines Laserscanners schichtweise aus dem flüssigen Fotopolymer aufgebaut. Auf diese Weise entsteht aus den durch Luftfeuchtigkeit härtenden Polymeren ein festes, dreidimensionales Kunststoffteil. Sind Anguß und Trennebene der nun zu fertigenden Silikon-Form bestimmt, wird das

Modell in einen Gießrahmen gelegt und der Silikon-Kautschuk um das Modell gegossen und ausgehärtet.

Durch Aufschneiden der Trennebene nach dem Aushärten wird das Modell aus der Silikon-Form entformt. Abhängig von der Komplexität der Silikon-Kautschuk-Form läßt sie sich etwa zehn- bis vierzigmal wiederverwenden (Tabelle 1).

Die eigentliche Herstellung der Prototypenteile beginnt mit dem Abwiegen des Zwei-Komponenten-Werkstoffs auf Polyurethan-Basis, dem man nun nach Bedarf Farbpigmente zufügt. Die Harzkomponenten werden sodann computergesteuert gemischt und automatisch in die Vakuumkammer gegossen. Nachdem die Teile in der Wärmekammer ausgehärtet sind, werden die Formen entfernt, Entlüftungsstege und Anguß abgeschnitten und schließlich die Oberfläche der fertigen Teile beschichtet oder galvanisiert.

Das Vakuum-Gießverfahren reduziert die Dauer der Erstteilherstellung. Waren früher vier bis acht Wochen dafür notwendig, sind es heute nur noch 8 bis 12 h. Außerdem sinken die Gesamtkosten der Herstellung auf lediglich 5 bis 10% des



**Bild 1:** Silikonwerkzeug, aus dem ein gegossener Prototyp einer Leuchtscheibe entnommen wird.



**Bild 2:** Abschneiden des Angusses von einem Prototypen.

**Tabelle 1:** Werkstoffe zum Herstellen von Formen für Muster, Prototypen und Kleinserien.

Werkstoff	Kosten %	Gieß- oder Spritzgewicht kg	Fertigungsdauer Tage	Stückzahl gefertigter Teile	Wiederverwendbarkeit %
Stahl (spanabhebend)	100	∞	60	über 100 000	unter 5
Feinzink (gegossen)	70	4	40 bis 50	10 000	90
Nickel (galvanisch aufgetragen)	23	2 bis 4	60	5 bis 10 000	-
MCP/TAFA (metallgespritzt)	15	3 bis 5	maximal 3	1000 bis 6000	90
Silikon (vakuumgegossen)	2 bis 5	11	1 bis 3	unter 100	-

Ronald Simmonds ist Manager Tooling Technologies am Demonstrationszentrum Kaarst der HEK, Lübeck.

ursprünglichen Betrags. Diese Technologie kann jedoch das Serienwerkzeug nicht ersetzen.

Ein weiterer Vorteil des Vakuum-Gießens in Silikon-Formen besteht in der Möglichkeit, auch Teile mit Hinterschnitten, zum Beispiel Clipsen, problemlos herzustellen und zu entformen. In Abhängigkeit vom Ausgangswerkstoff – meist Kunstharz – lassen sich auch die Eigenschaften des Prototyp-Bauteils steuern (Tabelle 2).

Das weite Werkstoffspektrum von weich bis hart erschließt außerordentlich vielfältige Anwendungsbereiche. Für den in Serie gegangenen Porsche Boxter wurde zum Beispiel mit diesem Verfahren Teile der ersten und zweiten Baustufe gefertigt: vom seitlichen Ansauggitter über vielerlei Dichtungen bis hin zu Schaltern und Lüftungsgittern. Selbst die Anmutung der späteren Originaloberfläche läßt sich schon am Erstteil darstellen, weil es sich ebenso glasähnlich wie das Originalteil, aber auch in jeder gewünschten Farbnuance fertigen läßt.

**Tabelle 2: Anzahl an gefertigten Mustertellen in Abhängigkeit von der Anwendung.**

Entwicklungsstufe	Fertigungszweck	Gewünschte Anzahl
Planung	Planung des neuen Produkts	1
Künstlerentwurf	Prüfung und Bestätigung des Produkts (Image)	1 bis 4
Design	Prüfung und Bestätigung des Designs (Montage des Modells)	4 bis 10
Forschung und Entwicklung	Prüfung und Berechnung funktioneller Untersuchung, arbeitendes Modell	10 bis 50
Maschinenbau	Prüfung und Bestätigung der Kosten und Vorbereitung für die Prototypen	50 bis 5000
Entwicklung und Verwaltung	Gesamtprüfung und Bestätigung des Produktionsablaufs	1 bis 5000

Die Vorteile des neuen Verfahrens beschränken sich also nicht nur auf die zweifelsohne enorme Zeit- und Kostenersparnis. Sie betreffen ebenso die bisher kaum zu realisierende Originaltreue des Modells: vom kleinsten Detail bis zur Oberflächenbeschaffenheit, dies umfassend früher schwerlich darstellbar erschienen. Hinzu kommt aber noch der Vorteil der ebenso schnellen und

kostengünstigeren Reproduzierbarkeit eines Teils. Wenn bisher zum Beispiel ein fremder Auftraggeber unbedingt ein Modell aus Weissach in sein Unternehmen mitnehmen mußte, war es den mit seinem Auftrag betreuenden Porsche-Ingenieuren zumindest zeitweise entzogen. Heute wäre problemlos der Ersatz binnen eines einzigen Arbeitstags möglich. **MM**