

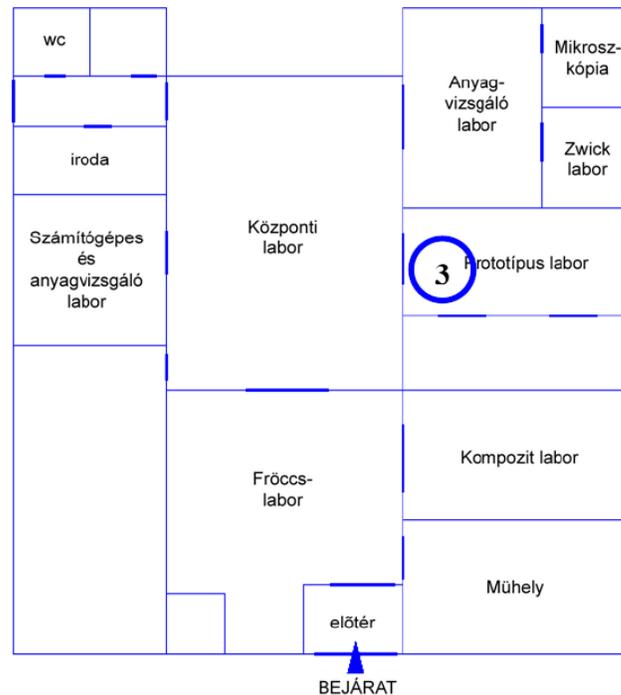


**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
POLIMERTECHNIKA TANSZÉK**

RPT/RT

PRODUKTHERSTELLUNG VON POLYMEREN IN KLEINER SERIE

Ort der Messung:



Inhalt:

1. ZIEL DER MESSUNG

2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

2.1. SCHNELLE PROTOTYPHERSTELLUNG

2.2. SCHNELLE WERKZEUGUNGSTECHNIK

2.3. REAKTIVES SPRITZGIEßEN

3. DIE IN DER MESSUNG BENUTZTEN GERÄTE, EINRICHTUNGEN

4. DIE WICHTIGSTEN WÖRTER AUF ENGLISH UND AUF DEUTSCH

5. EMPFOHLENE LITERATUR

MESSPROTOKOLL



1. Ziel der Messung:

Das hauptsächliche Ziel der Übung ist das Kennenlernen der Produktherstellungstechnologien von Polymeren in kleiner Serie, hinsichtlich des reaktiven Spritzgießens und der dazu nötigen schnellen Werkzeugtechnologien. Während der Messung ist die reaktive Spritzgießmaschine und deren Teileinheiten, sowie die zu der Technologien gehörenden Grundstoffe und deren Eigenschaften zu studieren. Weiterhin ist das Ziel das Kennenlernen der Technologieparametern (Druckverhältnisse, Produktionszeit, usw.) die eine Einwirkung auf das Fertigprodukt haben.

2. Theoretische Grundlagen:

In der heutigen raschenden Welt müssen die Planungs- und Fertigungsprozesse auch mit dieser Entwicklung mithalten. Demzufolge übernahm die gleichzeitige, sogenannte simultane Planung die Stelle der herkömmlichen Produktentwicklung, wobei die einzelne Planungs- und Produktionsschritte nacheinander erfolgten. Beim Planvorgang spielt die Schnelligkeit eine sehr wichtige Rolle, die zwischendurch mit schneller Kontrolle im Planvorgang erreichbar ist. Die Grundlage dieser Kontrollen bilden die Prototypen, mit denen die erforderte Kontrolle durchgeführt werden kann.

Die 3-dimensionale Computerplanung ist heutzutage schon unerlässlich bei der Planung von modernen Polymerbauteilen. Für die Darstellung des mit dem Computer geplanten Bauteils sind verschiedene numerische räumliche Darstellungen verwendbar, die heute schon mit sehr großer Auswahl zur Verfügung stehen. Diese Darstellungsformen ermöglichen die Demonstration und auch die geometrische und mechanische Prüfung des im virtuellen Raum existierenden Körpers, jedoch ist ein mit der Hand greifbares Modell unerlässlich zum vollen Durchblick des Plans.

Schnelle Prototypenherstellungsverfahren (Rapid Prototyping) stehen den Ingenieuren zur Verfügung, die ermöglichen, dass das mit CAD-Programm geplante Modell in ein Polymermodell transformiert werden kann.

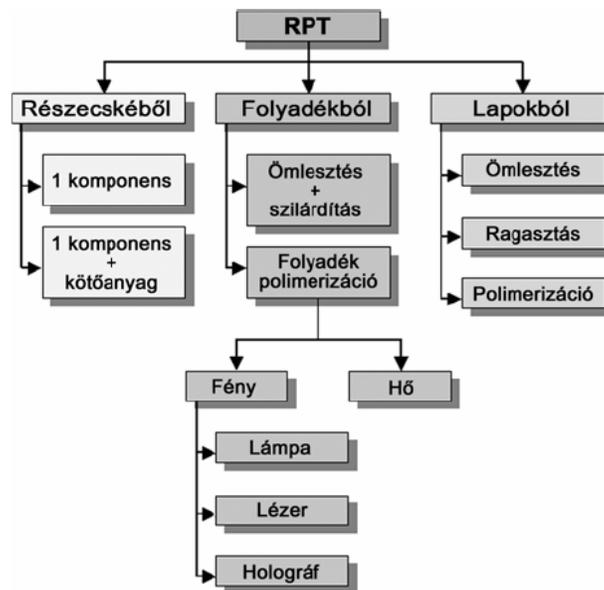
Die Fertigung von Prototypen kann drei Hauptursachen haben. Die erste ist, wenn uns das Aussehen des Produkts interessiert (Visualisierungsmodell). Wir möchten es in realer, 3 dimensionaler Form in die Hand nehmen. Das ist bei der Ausarbeitung der Form (design) nötig, wenn die Erfüllung der Funktion noch nicht geprüft wird. In diesem Fall ist das Ziel nicht, dass unser Muster völlig mit dem künftigen Produkt übereinstimmt, sondern nur, dass es das Produkt geometrisch genau abbildet. Der zweite Fall ist, wenn das Modell gerade zur Untersuchung ihrer Funktionen dient (funktionelles Modell). In diesem Fall sind die Anforderungen an das Modell weit größer, doch gilt hier nicht mehr nur das Aussehen, sondern auch die Festigkeit, Sprödigkeit und die anderen physikalischen Größen. Die geometrische Maßgenauigkeit hat auch eine große Bedeutung. In vielen Fällen gilt es noch eine weitere Anforderung, dass der Prototyp aus dem gleichen Werkstoff gefertigt wird, wie das Endprodukt. Der dritte Fall ist, wenn der Prototyp die Basis für eine Vorfertigung ist, d.h. ein Muster, anhand dessen das Werkzeug das gegebene Produkt hergestellt wird. Dieses Werkzeug ist nur zur Herstellung von Produkten in kleinerer Serie verwendbar, damit wir weitere Prototypen für genauere Überprüfung herstellen können. Das ist ein großer Fortschritt, weil dieses Bauteil im Gegensatz zu den vorherigen Prototypen eine vollkommene Kopie des ursprünglich geplanten Stückes ist, da so ein Produkt mit gleichen Eigenschaften, aus dem gleichen Werkstoff, mit der selben Fertigungstechnologie hergestellt wird.

2.1. Schnelle Prototypenherstellung:

Bei der schnellen Prototypenherstellung kann von einer sehr großen Werkstoffauswahl ausgegangen werden (1. Abbildung). Heutzutage ist die Prototypenherstellung auf Flüssigkeitsbasis verbreitet, was hauptsächlich typische Werkstoffe auf Polymerbasis bedeutet, mit Verwendung von einerseits Werkstoffen, die fähig sind Raumgitter zu bilden (SLA – Stereolaserlitographie), andererseits von einfacheren thermoplastischen Werkstoffen (Fused Deposition Modeling), das

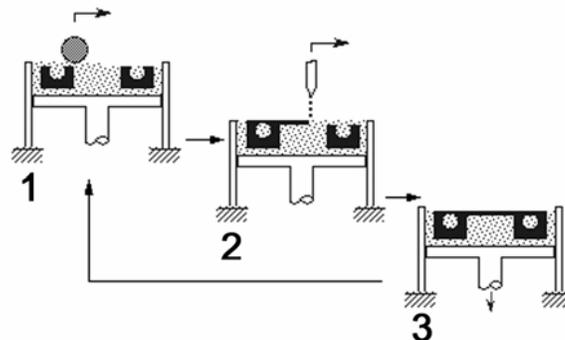
Letztere bedeutet die Schmelzung und die Wiedererstarrung von Thermoplasten. Weitere Technologien bauen das Modell aus pulverförmigen Grundstoffen auf, mit der Verschmelzung der nebeneinander liegenden Teilchen, eventuell mit Verwendung von Klebstoffen (3D–printing). Es existieren außerdem noch solche Technologien, die den Prototyp mit Schichtungsverfahren aus Platten herstellen. Die einfachste von diesen ist, wenn Papierblätter mit genauen Maßen ausgeschnitten und aufeinander geklebt werden (LOM – schichtweise Ausschneiden und Aufbauen).

Man kann die Gruppen auch in Hinsicht auf die Formgebung bilden, nach denen alle Technologien klassifizierbar sind. 3D und 2D Technologien sind unterscheidbar. Für alle Technologien sind die Computersteuerung und ein auf Computer vorbereitetes Modell charakteristisch. Dieses Modell ist mit der Hilfe von fast aller Planungssystemen anfertigbar, die geeignet für den Filetyp .stl (Standard Oberflächenbeschreibungsmethode, was die Oberfläche mit Dreiecken annähert).



1. Abbildung: Einteilung von RPT Technologien nach dem Rohstoff

Eine von diesen Technologien ist das 3D-printing, die für die Prototypenherstellung, für flexible Herstellung von echten Produkten, für direkte Werkzeugherstellung und für die Herstellung von Präzisionsgießformen entwickelt ist. Mit dieser Technologie können Modelle jeder Art, mit der Ausnutzung jeglicher Materialien hergestellt werden. Diese Materialien können Keramiken, Polymere, Metalle und auch Verbundwerkstoffe sein.



2. Abbildung: Technik des 3D Printings (1 – Pulverauftragung auf die vorherigen Schichten, 2 – Verbundstoffplatzierung auf der Schicht des Modelles, 3 – Senkung des Pulverbads)

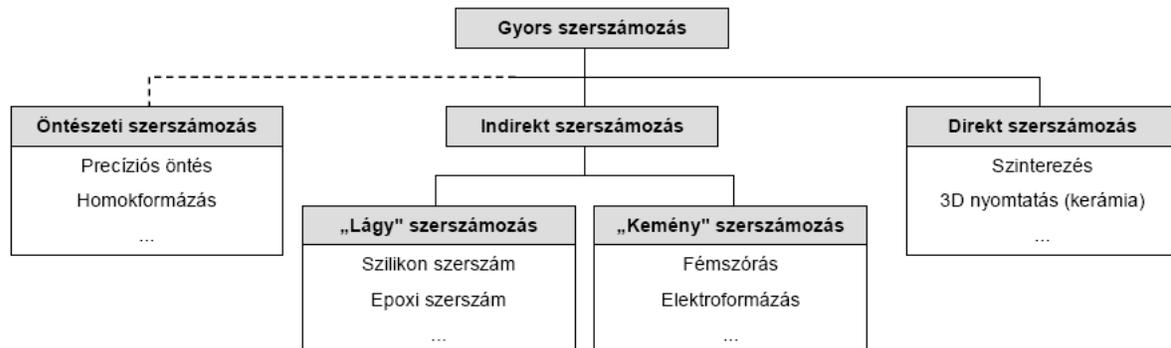
Ähnlich zu den anderen Technologien formt auch diese das Modell aus Schichten mit der Aufteilung des im Computer vorbereiteten Modells auf Scheiben. Die Erstellung der Schichten beginnt mit der Pulverauftragung auf je im Vorherigen fertig gestellten Modellschichten (2.Abbildung). Die zu der Ink-Druckmaschine ähnlich funktionierende Maschine bringt auf der gegebenen Schicht, wo sich das Modell befindet, Bindemittel an. Somit wird die Geometrie der gegebenen Schicht geschaffen. Danach sinkt die untere Platte des Pulverbades runter, damit Platz für den Stoff der nächsten Schichten gemacht wird. Die Schritte werden solange wiederholt, bis die ganze Ausgestaltung des Modells fertig wird. Die Endform erreicht das Werkstück nach der Entfernung des überflüssigen Pulvers und nach einer Nachbehandlung (Impregnierung mit Harz, Wärmebehandlung). Zu den Vorteilen des Prozesses gehört, dass die keramischen Gießformen für Präzisionsguß damit sehr schnell herzustellen sind.

2.2. Schnelle Werkzeugherstellung:

Von der schnellen Prototypenherstellung (Rapid Prototyping – RPT) entwickelt sich die schnelle Werkzeugungstechnik (Rapid Tooling – RT), die einen immer größer werdenden Raum in der Technik der Polymerverarbeitung erobert. Ein mit der schnellen Werkzeugungstechnik hergestelltes Werkzeug ist meistens nur zur Herstellung in kleiner Serie fähig. Mit dieser Technik werden meistens weitere Prototypen für die genauere Untersuchung hergestellt, damit wir mehrere Prototypen für genauere Überprüfung herstellen können.

Das ist ein sehr großer Fortschritt, weil in Gegensatz zu den im herkömmlichen Sinn genommenen Prototypen ist das so produzierte Werkstück eine vollkommene Kopie des originalen Produkts, es besitzt jedoch nicht nur in selben Eigenschaften, Materialien, auch die Fertigungstechnologie ist gleich mit dem seriengefertigten Produkt. Heutzutage strebt man an, dass diese schnelle Werkzeugherstellungsmethode nicht nur bei der Prototypenherstellung, sondern auch in Serienfertigung verwendet werden kann.

Die schnelle Werkzeugherstellungsmethode hat zahlreiche durchführbare Alternativen auf dem Markt, sowie die von der Prototypenherstellung stammende indirekte Methode, wie auch die direkten Werkzeugherstellungstechnologien (3. Abbildung).

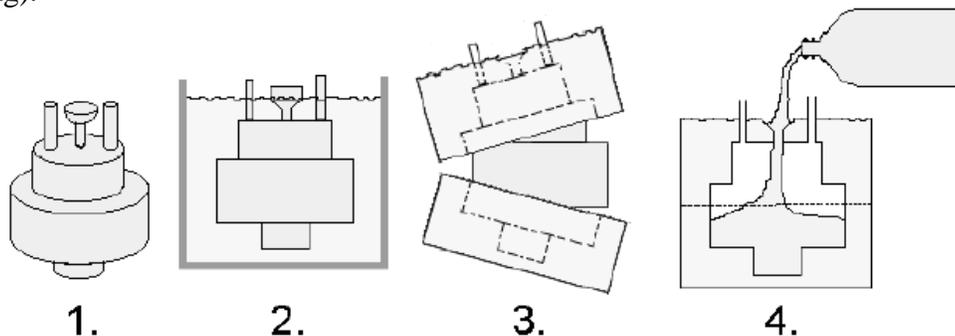


3. Abbildung: Gruppieren der schnelle Werkzeugherstellung

Die Grundlage der indirekten Methode der schnellen Werkzeugherstellung ist, dass ein mit einer anderen Prototypenherstellungsmethode gefertigtes Modell benutzt wird, als formgebende Meisterschablone. So ist es viel schneller als wenn es mit Zerspanen gefertigt wäre und die

geometrische Genauigkeit ist weitgehend ausreichend. Mit dem Umguß der Meisterschablone kann das Werkzeug mit einem anderen Stoff hergestellt werden, welches dem bei der Serienfertigung auftretenden Druck, Temperatur und mechanischer Schleißwirkung widersteht.

Die Silikonwerkzeugfertigung gehört zu der indirekten Technologien. Damit können solche Wachs-, Polymer- und Metallwerkzeuge mit niedrigem Schmelzpunkt gefertigt werden, die niedrige Anforderungen an den Werkstoff des Werkzeugs stellen, d.h. der Druck und die Temperatur sind niedrig. Der Werkstoff des Werkzeugs ist sich auf Hitze vulkanisierendes Silikongummi, das je nach Art der chemischen Reaktion der Raumgitterbildung in zwei Gruppen eingeteilt werden kann: additives Silikongummi, das ohne Schrumpfung Raumgitter bildet und Kondensationssilikongummi, das mit 2% Schrumpfung wegen des verdampften Alkohols bei der Raumgitterbildung erleidet. Die meist verbreitete Anwendung der Silikonwerkzeuge ist, dass ein PUR Harz mit schneller Raumgitterbildung in ein Werkzeug gegossen wird. Bei diesem Fall können mindestens 20-30 Werkstücke mit einem Werkzeug produziert werden. Ein sehr großer Vorteil des Prozesses ist, dass auch Produkte mit Unterschnitt hergestellt werden können. Das elastische Silikonwerkzeug kann beim Entfernen des Werkstücks auseinandergespreizt werden (4.Abbildung).



4. Abbildung: PUR Gießen im Silikongummi-Werkzeug

(1 – Vorbereitung des RPT Musters mit Gussloch, Luftleitungen, Auftragen der formtrennender Schicht; 2 – Umgießen mit Silikongummi; 3 –Nach der Raumgitterbildung wird das Silikongummi an den Trennlinie herangeschnitten, mit Ausnahme des Musters; 4 – PUR Guss)

Bei der direkten Werkzeugherstellung ist eine Meisterschablone nicht nötig, darum ist der Vorgang schneller, einfacher und leichter automatisierbar. Diese Verfahren sind typischerweise

auf die herkömmlichen SLA und SLS Grundlagen aufgebaut, bzw. sind deren geänderten oder weiterentwickelten Alternativen.

2.3. Reaktives Spritzgießen:

Spritzgießen ist von den Polymer-Fertigprodukt herstellenden Prinzipien, die vielseitigste und die sich am dynamischsten entwickelnde schrittweise Prinzip. Neben den bereits erläuterten (A2 Übung, Spritzgießen) herkömmlichen Technologien existieren zahlreiche spezielle Spritzgießverfahren (Ausrüstungen), vom Zweikomponenten-Spritzgießen, Pulver-Spritzgießen bis zum Spritzgießen von auf Hitze erhärtende Stoffen.

Beim reaktiven Spritzgießen (RIM) werden auf Hitze erhärtenden (PUR) Werkstoffe verarbeitet. Das Wesen des Prozesses ist, dass das Gemisch sofort in das geschlossene Werkzeug injiziert wird, wo die Raumbitterbildung erfolgt. Die Entstehung und die Raumbitterbildung von Polyurethan geschehen im Werkzeug, wo sich durch Vereinigung von Isozianat und Poliol eine Polyaddition abspielt. Mit Hilfe von in dem Werkzeug gelegtem Verstärkungsgefüge, eine Matte, oder von mit den Komponenten zusammen in das Werkzeug hineingeschnittenen Fasern können Verbundwerkstoffbauteile produziert werden. Die Schaumbildung kann man mit mehreren Prinzipien beeinflusst werden: wie mit der Verwendung von chemischen Schaumbildungsmaterialien, mit Zugabe von Wasser bei Isozianatüberschuss oder mit Zugabe von N_2 Gas. Die Mischzeit des Gemischs, d.h. die Zeit des Beginns des die Raumbitterbildungsprozesses kann mit Beschleunigungs- oder Verzögerungszusätzen beeinflusst werden.

Das reaktive Spritzgießen hat viele Vorteile gegenüber den herkömmlichen Spritzgießverfahren, wie die niedrige Verarbeitungstemperatur, Spritzdruck und Schließkraftbedürfniss (1.Tabelle). Ein Nachteil ist aber die komplizierte Werkzeug- und Vorgangsplanung, da sich im Werkzeug chemische Vorgänge abspielen, die man immer unter entsprechenden Kontrolle halten muss. Die Wiederverarbeitung des Produkts ist auch ein Problem.

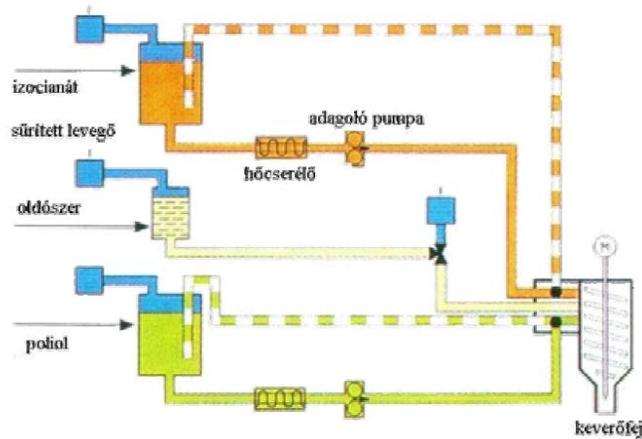
	Reaktív fröccsöntés (RIM)	Hagyományos fröccsöntés (Hőre lágyuló)
Feldolgozási hőmérséklet (°C)	40–60	150–370
Viszkozitás (Pa·s)	0,1–1,0	100–10000
Fröccsnyomás (bar)	1-2 (nem habosított) 10–200 (habosított)	800–1000
Ciklusidő (min)	10-60	0,02-5

1. Tabelle: Vergleich der wichtigsten Parametern des RIM-Spritzgießens und des Spritzgießverfahren der sich auf Hitze erweichenden Stoffen

Von den Behälter, die die beiden Komponenten enthalten, kommt die Flüssigkeit durch die – auch die Dosierung kontrollierende - Pumpe zum Mischkopf, der die zwei Komponenten gemischt in das Werkzeug injektiert. Bei größeren Maschinen (5. Abbildung) wird der überflüssige Teil von nicht vollständig gemischten Komponenten zurückgeliefert. Der Aufbau der kleineren Maschinen weicht vom bisher beschriebenen in sofern ab, dass die mit der Zahnradpumpe zur Einspritzpistole beförderten Komponenten nur in einem, zur Spritzpistolebefestigten, einmal verwendbaren Mischkanal vermischt werden.

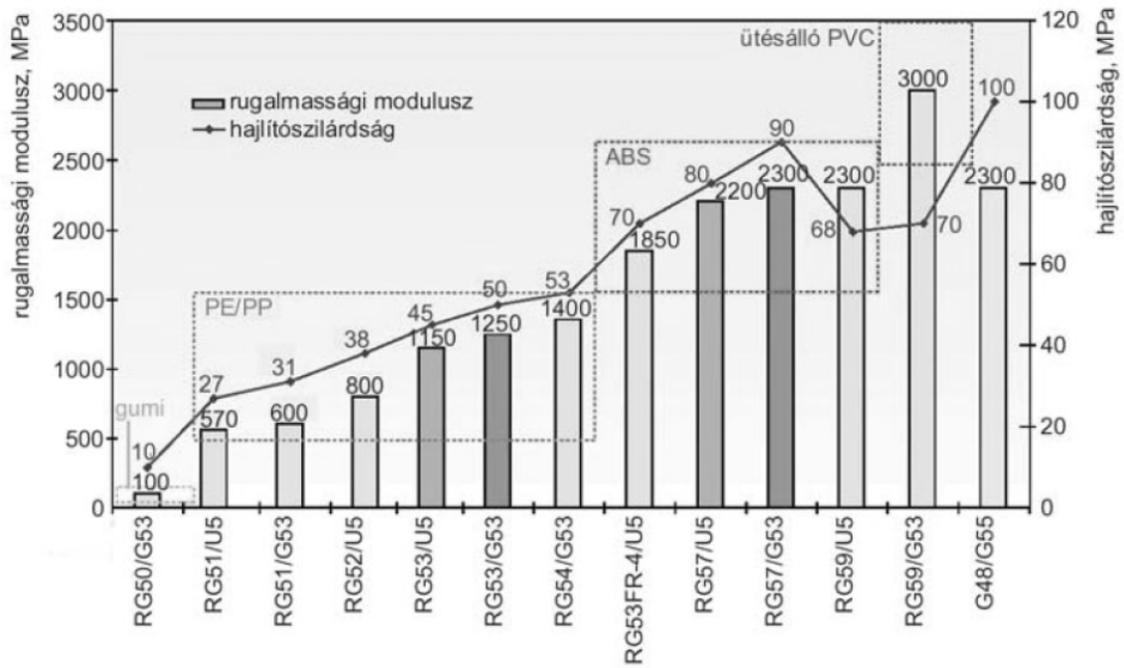
Das Öffnen und das Schließen der Ventile der Einspritzpistole werden mit Hilfe von Druckluft geregelt. Bei kleinen Anlagen ist wegen dem kleineren Austrag und der Dosiermasse keine Zurückführung nötig, somit werden dieses System und der Wärmeaustauscher nicht eingebaut.

Der Austrag und der Druck des Spritzanteils kann mit der Drehzahl des Motors in engen Grenzen eingestellt werden. Der Austrag von kleinen Maschinen ist etwa 1 Liter/min, der Austrag von seriösen Industriemaschinen kann 50 Liter/min sein.



5. Abbildung: Das Schema von RIM Anlage

Hinsichtlich des Rohmaterials ist die Technologie, unter Anderem für die Verarbeitung von Silikon,- Epoxi- oder Polyurethan-Gemischen geeignet. Die am meisten benutzten Werkstoffe sind die Polyurethangemische, weil dessen Stoffeigenschaften (Abbildung 6.) – und somit auch das Verwendungsgebiet – mit Zusatzstoffen nach Belieben verändert werden kann. Für die Komplexität der mit der RIM-Technologie hergestellten aufgeschäumten (Strukturschaum) Produkte ist das Pkw-Armaturenbrett ein gutes Beispiel, dessen Inneres aufgeschäumt ist, die Oberfläche ist kunstlederartig strukturiert, weich und zusammenhängend ist.



6. Abbildung: RIM Grundstoffe

3. Die in der Messung benutzten Geräte, Einrichtungen:

Z810 3D PRINTER (7. ABBILDUNG)

Maße vom Modellraum: 500x600x400 mm
Schichtdicke: 0,076 – 0,25 mm
Aufbaugeschwindigkeit: 15 – 30 mm/Stunde
Anzahl der Druckköpfe: 6 (HP)



7. Abbildung Z810 3D Printer

DEKUMED UNIDOS 100 REACTIVE SPRITZGIEßMASCHINE (8. ABBILDUNG)

Werkstoffe: Epoxidharz
Polyurethan-Harz
Silikon
Ausgangsgeschwindigkeit: max. 800 g/min



8. Abbildung: Dekumed Unidos 100 reaktive Spritzgießmaschine

4. Die wichtigsten Wörter auf English und auf Deutsch :

Magyar	Angol	Német
Gyors prototípusgyártás	Rapid Prototyping (RPT)	*
Gyors szerszámkészítés	Rapid Tooling (RT)	*
Reaktív fröccsöntés	Reaction Injection Molding(RIM)	Reaktives Spritzgießen
3D nyomtatás	3D printing	*
Sztereolitográfia	Sterolithography	Stereolithographie
Szelektív lézer szinterezés	Selective Laser-sintering	Selektives Leaser-sintern
Ömledékrétegzés	Fused Deposition Modeling	*
Réteges kivágás és felépítés	Laminated Object Manufacturing	*
Számítógéppel segített tervezés	Computer Aided Design	*
Öntészeti szerszámozás	Metal Casting	*
Direkt szerszámozás	Direct Tooling	*
Indirekt szerszámozás	Indirect Tooling	*
Poliuretán (PUR)	Polyurethane	*
Epoxi gyanta	Epoxy resin	Epoxidharze
Szilikon	Silicone	Silikongießmasse

* Die englische Ausdruck ist verwendbar

5. Empfohlene Literatur:

1. Dunai, A., Macskási, L.: Műanyagok fröccsöntése, Lexica Kft, Budapest, 2003
2. Osswald T.A., Turng L., Gramann P.J.: Injection Molding Handbook, Hanser Publishers, Munich, 2002
3. Kovács, J. G.: Gyors prototípus eljárások II. Gyakorlati megvalósítások, Műanyag és Gumi, 39, 2002, 103-107
4. Falk, Gy., Bartha, L., Kovács, J. G.: Rapid Prototyping – Rapid Tooling a gyakorlatban, Műanyag és Gumi, 42, 2005, 84-87
5. Schwarz, P.: Ösminta- és szerszámkészítés epoxi és poliuretán alapú műanyagokból, Műanyag és Gumi 41, 2004, 167-170
6. www.dekumed.de (RIM)
7. www.polychem.hu (PUR anyagok RIM-hez)
8. www.varinex.hu (RPT, RT)

Messprotokoll

Name:
 Neptun-Kode:
 Datum:
 Übungsleiter:

Note:
 Kontrolliert von:

1. Aufgabe

- Einstellung der reaktiven Spritzgießmaschine des Typs Dekumed Unidos 100 und Herstellung von einem Produkt.
- Studieren der Produktion, Berechnung der Produktionszeit für eine gegebene Anzahl von Produkten mit der Messung der Zykluszeit.
- Planung einer Produktion in kleiner Serie, Auswahl des Werkstoffs.

2. Basisdaten, gemessene und berechnete Ergebnisse:

Anzahl der herzustellenden Produkt: [db]

Masse: [g]

Gemessene Zykluszeit: [min]

Benötigte Gesamtstoffmenge: [kg]

Benötigte Gesamtproduktionszeit: [h]

Anforderungen an das Werkstoff:

Elastizitätsmodul 1250 [MPa]

Biegesteifigkeit: 50 [MPa]

Daten des verwendeten Werkstoffs

Benennung des Werkstoffs: Biresin RIM

A Komponent:

B Komponent: