



## Lehrinhalte

ISK – Iserlohner Kunststoff-Technologie GmbH, Max-Planck-Str. 5c, 58638 Iserlohn

**AIQ<sup>®</sup>** – das Ausbildungsprogramm zur ingenieurnahen Höherqualifizierung – ist modular aufgebaut. Als Grundlage aller Lehreinheiten empfiehlt sich das Modul „Werkstoffkunde der Kunststoffe“, welches vorrangig belegt werden sollte. Erst danach empfehlen wir eine Spezialisierung in bestimmte Lernbereiche. Selbstverständlich ist eine andere individuelle Vorgehensweise ohne Probleme möglich. Ausgenommen davon ist das Seminar „Duroplastverarbeitung“, das in sich abgeschlossen ist und eigene werkstoffkundliche und verarbeitungstechnische Themen beinhaltet.

Nachfolgend werden die Lehrinhalte der einzelnen Module aufgeführt.

Die **ISK<sup>®</sup>** GmbH behält sich jedoch vor, Lehrinhalte ggf. zu ändern, Themen zu ergänzen oder zu streichen, die Reihenfolge der Themen innerhalb eines Blockes zu variieren, sowie weitere Module hinzuzufügen.

Die Lehrinhalte werden nach dem Stand der Technik und nach bestem Wissen zusammengestellt. Die Lehrinhalte erheben jedoch nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

## **Werkstoffkunde der Kunststoffe**

- 1. Definition Kunststoffe**
- 2. Entwicklungsgeschichte und wirtschaftliche Bedeutung der Kunststoffe**
- 3. Hervorstechende Eigenschaften der Kunststoffe im Vergleich zu anderen Werkstoffen (Überblick)**
- 4. Der chemische bzw. makromolekulare Aufbau der Kunststoffe**
  - 4.1 Ursache für die Bildung von Makromolekülen
  - 4.2 Synthesemöglichkeiten der Makromoleküle  
(Polymerisation, Polykondensation, Polyaddition)
  - 4.3 Gestalt und Anordnung der Makromoleküle  
(Thermoplast, Duroplast, Elastomer)
  - 4.4 Ordnung bzw. Struktur der Makromoleküle  
(amorph, teilkristallin, vernetzt)
  - 4.5 Bindungskräfte, Nebervalenzkräfte  
(Dispersionskräfte, Dipolkräfte, Wasserstoffbrücken, Ionenbindungen, Diffusion)
- 5. Thermodynamisches Werkstoffverhalten bei Thermoplasten**
  - 5.1 p,v,T-Diagramm  
(physikalisches Verhalten und Anwendung bei Thermoplasten)
  - 5.2 Enthalpie, spez. Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeeindringfähigkeit, Dissipationskoeffizient, etc.
- 6. Rheologisches Werkstoffverhalten**  
**Viskosität, Elastizität, Viskoelastizität, WLF-Funktion (Aussage),  
Thixotropie, rheologische Grundkörper (Feder-Dämpfer-Reibglied-Modelle)**

## **7. Eigenschaften der Kunststoffe (im festen Zustand)**

- 7.1 Verarbeitungseigenschaften
- 7.2 Mechanische Eigenschaften
- 7.3 Thermische Eigenschaften
- 7.4 Elektrische Eigenschaften
- 7.5 Chemische Eigenschaften (Alterungsverhalten)
- 7.6 Akustische Eigenschaften
- 7.7 Optische Eigenschaften

## **8. Werkstoffe für das Spritzgießen**

- 8.1 Thermoplaste
- 8.2 Duroplaste
- 8.3 Elastomere / Kautschuk
- 8.4 Sonstige spritzfähige Werkstoffe  
(Keramik, Langfaserprodukte, Magnetische Werkstoffe)

## **9. Erkennen von Kunststoffen**

## **Produktentwicklung**

### **1. Produkterstellung**

- 1.1 Elemente und Methoden
- 1.2 Design
- 1.3 Methodisches Konstruieren
- 1.4 Konzipieren
- 1.5 Funktionsanalyse
- 1.6 Lösungsbewertung

## **2. Festigkeit / Dimensionierung**

## **3. Werkstoffauswahl**

- 3.1 Qualitative und quantitative Werkstoffauswahl
- 3.2 Kostenorientierte Werkstoffauswahl
- 3.3 Verarbeitungstechnische Werkstoffauswahl
- 3.4 Verfahrenstechnische Werkstoffauswahl

## **4. Verfahrensauswahl (Überblick Sonderverfahren)**

## **5. Konstruktionsvereinfachungen**

## **6. Konstruktionselemente**

- 6.1 Rippen
- 6.2 Sicken
- 6.3 Stufen
- 6.4 Wellen
- 6.5 Profile
- 6.6 Umspritzte Einlegeteile
- 6.7 Augen und Dome
- 6.8 Ecken und Radien
- 6.9 Wanddickenunterschiede
- 6.10 Hinterschneidungen
- 6.11 Entformungsschrägen
- 6.12 Entformungsschrägen in Abhängigkeit verschiedener Oberflächen

## **7. Filmschaniere**

- 7.1 Dimensionierungsbeispiele

## **8. Schnappverbindungen**

- 8.1 Dimensionierungsbeispiele

## **9. Trennebene**

## **10. Fließfrontverlauf**

### 10.1 Strömungsarten

### 10.2 Füllbildkonstruktion von Hand

### 10.3 Anschnittlage

### 10.4 Angussarten und deren Einfluss auf die Qualität

## **11. Orientierungen**

### 11.1 Einfluss der Orientierungen auf das Formteilverhalten

## **12. Fließweg – Wanddicken – Verhältnis**

### 12.1 Einfache Berechnungen

## **13. Schwindung**

### 13.1 Ursachen und Auswirkungen

### 13.2 Anisotropie des Schwindungsverhaltens

### 13.3 Verzug (asymmetrische Abkühlung, ungleicher Druckverlauf)

## **14. Besonderheiten der Duroplastkonstruktion**

## **15. Begutachtung der Artikel- und Werkzeugzeichnung**

### 15.1 Systematische Vorgehensweise mit Checklisten

## **16. Recyclinggerechtes Konstruieren**

## **17. Von der Produktidee bis zur Serienreife**

### 17.1 Zusammenfassung

## **18. CAE in der Produktentwicklung**

## **Spritzgießwerkzeug**

- 1. Systematische Vorgehensweise bei der Werkzeugkonstruktion**
- 2. Vorgaben der Artikelkonstruktion**
- 3. Vorüberlegungen zum Spritzgießverfahren und zur Werkzeuggestaltung**
  - 3.1 Werkzeugabmessungen
  - 3.2 Konventionelles Spritzgießen
  - 3.3 Sonderverfahren des Spritzgießens
- 4. Werkzeugkonzept**
  - 4.1 Werkzeugelemente / Normalien
  - 4.2 Werkzeuggrundaufbau
  - 4.3 Werkzeuggrundtypen
- 5. Bestimmung der Fachzahl**
- 6. Formtrennung und Lage des Artikels im Werkzeug**
  - 6.1 günstigste Entformungslage
  - 6.2 Handlingsysteme
  - 6.3 Einlegeteile
  - 6.4 Einflussfaktoren auf die Art und Lage der Trennebene
- 7. Formnestabmessungen**
  - 7.1 Schwindungsberücksichtigung
  - 7.2 Entformungsschrägen
  - 7.3 Festlegung von Toleranzen
- 8. Formnestanordnung**

## **9. Angusssystem**

- 9.1 Kalt- und Heißkanal
- 9.2 Normalien für das Angusssystem
- 9.3 Angussvarianten
- 9.4 Gestaltung von Angussverteilerkanälen und Anschnitten
- 9.5 Anzahl und Lage der Anschnitte
- 9.6 Angussbalancierung

## **10. Entlüftung**

- 10.1 Auswirkungen mangelnder Entlüftung
- 10.2 Entlüftungsmöglichkeiten
- 10.3 Anordnung von Entlüftungen

## **11. Entformungssystem**

- 11.1 Entformungsarten
- 11.2 Entformungselemente und Normalien zu Entformung
- 11.3 Entformung von Hinterschneidungen
- 11.4 Angussentformung
- 11.5 Betätigung und Rückstellung des Entformungssystems
- 11.6 Schnittstelle zum Maschinenauswerfer
- 11.7 Werkzeugsicherung

## **12. Werkstoffe für den Werkzeugbau**

- 12.1 Werkzeugstähle und deren Eigenschaften und Eignung
- 12.2 Wärmebehandlungsverfahren und deren Anwendung
- 12.3 NE-Metalle als Alternative zu Stahl
- 12.4 Werkstoffauswahl für einzelne Werkzeugelemente

## **13. Oberflächenbehandlungen des Formnestes**

- 13.1 Polieren, Ätzen, Erodieren, Beschichten

13.2 Formteilbeschriftungen / Normalien zur Formteilbeschriftung

## **14. Mechanische Stabilität**

14.1 Kräfte im Werkzeug

14.2 Werkzeugdeformation und ihre Auswirkungen / Kennwerte

14.3 Möglichkeiten der mechanischen Werkzeugauslegung

14.4 Konstruktionsrichtlinien

## **15. Temperiersystem**

15.1 Auswahl des Temperiermediums

15.2 Verschiedene Temperiermethoden und -techniken

15.3 Werkzeugelemente und Normalien zur Werkzeugtemperierung

15.4 Anordnung und Dimensionierung von Temperierelementen

15.5 Möglichkeiten der thermischen Werkzeugauslegung (CAE)

15.6 Wichtige Kennwerte des Temperiersystems

15.7 Einsatz von Thermofühlern / Hinweise zum Einbau

15.8 Anschlussarmaturen und Temperiergeräte

## **16. Führung und Zentrierung**

16.1 Werkzeugelemente zum Führen und Zentrieren

16.2 Auswahl und Einsatzfälle für Zentrier- und Führungselemente

16.3 Einsatz von Normalien

## **17. Maschinenaufnahme**

17.1 Schnittstelle Maschine / Spritzgießwerkzeug

17.2 Werkzeug-Aufspannmöglichkeiten

17.3 Werkzeugseitige Zentrier- und Aufspanneinrichtungen

17.4 Maschinen-Werkzeug-Kopplung (Entformungssystem)

17.5 Elektrische Einrichtungen

17.6 Werkzeugtransport und –sicherung

## **Spritzgießprozess**

### **1. Verarbeitungsprozess**

- 1.1 Allgemeine Grundlagen
- 1.2 Fließverhalten von Thermoplasten (Quellströmung)
- 1.3 Füllphase
- 1.4 Kompressionsphase
- 1.5 Nachdruckphase
- 1.6 Restkühlzeit

### **2. Verarbeitungsparameter**

- 2.1 Werkzeugwandtemperatur
- 2.2 Werkzeugwandtemperatur
- 2.3 Zylinder-/Düsentemperatur
- 2.4 Schneckenvorlaufgeschwindigkeit
- 2.5 Umschaltpunkt
- 2.6 Nachdruckzeit / Siegelpunkt
- 2.7 Nachdruckhöhe
- 2.8 Kühlzeit
- 2.9 Schneckendrehzahl
- 2.10 Staudruck
- 2.11 Dekompression
- 2.12 Dosierweg
- 2.13 Sonstige Nebenzeiten
- 2.14 Zuhaltkraft
- 2.15 Einspritzdruck
- 2.16 Auswirkung der Parametereinstellung auf Formteileigenschaften

### **3. Druckmessung / Forminnendruckmessung**

- 3.1 Wann sollte die Druckmessung an Maschine und Werkzeug stattfinden?
- 3.2 Wo sollten Druckaufnehmer positioniert werden?

- 3.3 Druckmessung in der Maschinenhydraulik
- 3.4 Druckmessung im Schneckenorraum
- 3.5 Forminnendruckmessung
  - 3.5.1 Forminnendruckverlauf bei amorphen Thermoplasten
  - 3.5.2 Forminnendruckverlauf bei teilkristallinen Thermoplasten
  - 3.5.3 Forminnendruck angussnah
  - 3.5.4 Forminnendruck angussfern
  - 3.5.5 Forminnendruckmessung im Bypass
- 3.6 Einfluss der Verarbeitungsgrößen auf den Forminnendruckverlauf
  - 3.6.1 Einspritzgeschwindigkeit
  - 3.6.2 Umschaltpunkt
  - 3.6.3 Nachdruckzeit
  - 3.6.4 Nachdruckhöhe
  - 3.6.5 Massetemperatur
  - 3.6.6 Werkzeugwandtemperatur
  - 3.6.7 Forminnendruckabhängige Umschaltung
- 3.7 Aufbau einer Messanlage
- 3.8 Prozessüberwachung durch Forminnendruckmessung
- 3.9 Arten von Aufnehmern zur Forminnendruckmessung
- 3.10 Einbau von Druckaufnehmern in Spritzgießformen

## **4. Formteil- und Oberflächenfehler**

- 4.1 Wann sollte die Druckmessung an Maschine und Werkzeug stattfinden?
- 4.2 Schlieren
  - 4.2.1 Feuchtigkeitsschlieren
  - 4.2.2 Verbrennungsschlieren
  - 4.2.3 Farbschlieren
  - 4.2.4 Luftschlieren
  - 4.2.5 Glasfaserschlieren
- 4.3 Glanz / Glanzunterschiede
- 4.4 Bindenähte
- 4.5 Freistrahlbildung

- 4.6 Brandstellen (Dieseleffekt)
- 4.7 Schallplatteneffekt
- 4.8 Weißbruch / Spannungsrisse
- 4.9 Unvollständig gefüllte Formteile
- 4.10 Überspritzte Formteile (Schwimmhaut)
- 4.11 Sichtbare Auswerferabdrücke
- 4.12 Deformation beim Entformen
- 4.13 Ablätterung der Oberflächenschicht
- 4.14 Kalter Pfropfen
- 4.15 Lufteinschlüsse / Blasen
- 4.16 Matte Stellen (Anschnittbereich)
- 4.17 Kratzer
- 4.18 Lunker
- 4.19 Verzug
- 4.20 Maßabweichungen (Schwindung)
- 4.21 Entformungsschwierigkeiten
- 4.22 Risse
- 4.23 Sonstiges

## **5. Vorgehensweise für eine Musterung / Prozessoptimierung**

- 5.1 Allgemeine Kontrollen
- 5.2 Materialvorbehandlung (z. B. Trocknung)
- 5.3 Maschinenauswahl
- 5.4 Wahl und Kontrolle der Parametereinstellungen
- 5.5 Ermittlung des Umschaltpunktes
- 5.6 Ermittlung des Siegelpunktes
- 5.7 Ermittlung der Nachdruckhöhe
- 5.8 Beseitigung von Formteilfehlern
- 5.9 Ermittlung eines Prozessfensters

## Spritzgießverfahren

### **1. Maschinenauswahl**

- 1.1 Hydraulische Maschinen
- 1.2 Kniehebelmaschinen
- 1.3 Elektrische Maschinen
- 1.4 Maschinengröße
- 1.5 Zuhaltkraft
- 1.6 Steuerung
- 1.7 Spritzeinheit
- 1.8 Schließeinheit
- 1.9 Auswerfereinheit
- 1.10 Drehteller
- 1.11 Peripherie

### **2. Peripherie**

- 2.1 Trocknen
- 2.2 Feuchtigkeitsbestimmung
- 2.3 Materialzuführung
- 2.4 Handling
- 2.5 Entnahme

### **3. Qualitätsüberwachung beim Spritzgießen**

- 3.1 Gewichts- und Maßkontrolle
- 3.2 Forminnendruck
- 3.3 Statistische Qualitätskontrolle
- 3.4 Gefügeuntersuchungen mit Hilfe von Mikrotomschnitten

### **4. Sonderverfahren**

- 4.1 Mehrkomponentenspritzgießen
- 4.2 Gasinnendrucktechnik

- 4.3 Co-Injektionsverfahren
- 4.4 Schmelzkerntechnik
- 4.5 Gashinterdrucktechnik
- 4.6 Helga-Verfahren
- 4.7 Marmorierspritzgießen
- 4.8 Intervallspritzgießen
- 4.9 Kaskadenspritzgießen
- 4.10 Spritzprägen
- 4.11 Hinterpressen
- 4.12 Hinterspritzen
- 4.13 Inmould Labeling
- 4.14 Inmould Decoration
- 4.15 Insert Moulding
- 4.16 Mehrschalentechnik
- 4.17 Hybridtechnik
- 4.18 Umspritztechnik
- 4.19 LSR Spritzgießen (Silikonspritzgießen)
- 4.20 Pulverspritzguss
- 4.21 CD-Spritzgießen
- 4.22 Reinraumtechnik
- 4.23 Gegendruckkernprägen
- 4.24 Pressen
- 4.25 Transferspritzgießen
- 4.26 Kaltkanaltechnik

## **Duroplastverarbeitung**

### **1. Werkstoffkunde Duroplaste**

- 1.1 Chemischer Aufbau
- 1.2 Harz-Arten
- 1.3 Vernetzungs-Reaktionen

### **2. Anwendungsbeispiele**

### **3. Fließ-Härte-Verhalten von Duroplasten und Prüfmöglichkeiten**

### **4. Verarbeitungsverfahren für Duroplaste**

- 4.1 Spritzgießen
- 4.2 Pressen
- 4.3 Sonderverfahren

### **5. Artikelkonstruktion für Duroplaste**

### **6. Werkzeugkonstruktion für Duroplaste**

### **7. Prozessführung (Spritzgießen und Pressen)**

- 7.1 Systematische Prozessersteinrichtung
- 7.2 Verfahrensoptimierung
- 7.3 Formteilfehlerbeseitigung
- 7.4 Forminnendruckmessung
- 7.5 Zustandsabhängige Entformung (US-plus<sup>®</sup>)

### **8. Nachbehandlung duroplastischer Formteile**

- 8.1 Entgraten
- 8.2 Tempern

**9.   Praktikum Prozessführung (Spritzgießen)**

9.1   Übungen im Technikum