

Spritzgießen kompakt in Theorie und Praxis



Herausgeber
Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH
Erich-Zeigner-Allee 44
04229 Leipzig

° Der Nachdruck, die Übernahme auf elektronische Medien, sowie Kopien des Textes und die Verwendung des Bildmaterials sind, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet

Inhaltsverzeichnis

Informationsblatt zur KUZ gGmbH

Arbeits- und Gesundheitsschutzbelehrung

Arbeitsschutz /Hygienemaßnahmen

Vorträge

Seite

Erweiterte Kunststoffe für Spritzgießer 6

Aufbau von Spritzgießmaschinen 38

*Verarbeitungsrelevante Prüfmethoden und
ausgewählte Kunststofftypen 74*

Verfahrensablauf und Fehler beim Spritzgießen 100

Werkzeugwechsel (Maschinentraining) 160

*Werkzeuge für das Spritzgießen mit den Schwerpunkten
Aungussgestaltung und Entformung 170*

Werkzeugtemperierung 228

Periphere Technik und Recycling 256

Berechnung technologisch wichtiger Größen 302

KUZ / Spritzgießen kompakt in Theorie und Praxis

„Die Zukunft im Blick“ – Ihr Entwicklungspartner für die Kunststoff verarbeitende und anwendende Industrie.

Die Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KUZ) bietet als kompetenter Technologiepartner praxisorientierte Lösungen rund um den Kunststoff.

Die Schwerpunkte umfassen die Thematiken Technologie- und Innovationsforschung, Leichtbau, Miniaturisierung und Digitalisierung/KI. Das Institut arbeitet disziplinübergreifend an der Optimierung ganzheitlicher Kunststoffprozesse und -produkte hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit.

Kunststoffverarbeitung

Spritzgießen

- Analyse und Optimierung von Verarbeitungsverfahren einschließlich Spritzgießsimulation
- Mehrkomponententechnik (2K, Sandwich-Spritzguss)
- Verfahrenskombination Thermoplast-PUR
- Leichtbau durch thermoplastisches Schaumspritzgießen
- Spritzgießmaschinenkalibrierung
- Online-Fehlerkatalog

Polyurethanverarbeitung

- Produkt- und Technologieentwicklung
- Materialerprobung und Rezepturoptimierung, Musterfertigung
- Prozessanalyse und -optimierung
- Fehleranalyse und Gutachten
- Digitalisierung
- Prototyping

Mikrokunststofftechnik

- MiKA - Applikationszentrum für Mikrokunststofftechnologien
- Mikrospritzgießen einschließlich Reinraumtechnik
- Sonderverfahren (2K, Einleger, Spritzprägen)
- Spezielle Materialien (LSR, PIM, bioresorbierbar, transparent)
- Ultraschall-Trennung optischer Bauteile
- Formteil-, Werkzeug- und Technologieentwicklung

Verbindungstechnik

- Beratung zur Technologieauswahl
- Optimierung von Serienschweißprozessen
- Entwicklung von Schweißtechnologien
- Schweißgerechte Konstruktion
- Sondermaschinenbau
- Beratung und Qualifizierung handwerkliches Schweißen



Als industrienaher Forschungseinrichtung befasst sich das KUZ mit Entwicklungen, die schnell in der Praxis wirksam werden

Werkzeugtechnik

- Formteil- und Werkzeugkonstruktion
- Simulations- und Festigkeitsrechnungen zur Auslegung von Formteilen und Werkzeugen
- Entwicklung ultraschall-basierter Auswerfersysteme
- Systematische Abmusterung von Werkzeugen

Werkstoffentwicklung

- Beratung zur Werkstoffauswahl
- Maßgeschneiderte Compounds für spezielle Anforderungen
- Materialeignungstests
- Entwicklung von Werkstoffkombinationen aus Kunststoffen und nachwachsenden Rohstoffen

Kunststoff-Prüfung

- Akkreditiertes Prüflabor nach DIN EN ISO/IEC 17025: 2018
- Entwicklungsbegleitende Werkstoff - und Bauteilprüfung
- Erstmusterprüfungen
- Schadensanalysen
- Analytik und Strukturaufklärung (u. a. Computertomografie)
- Umweltsimulation und Klimaprüfung

Weiterbildung

- Technologie-Seminare und Maschinentraining
- Kunststoffkunde und -prüfung
- Firmenindividuelle Schulungen
- Lehrgänge und Prüfungen nach DVS®-Richtlinien

Kontakt

Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH
Erich-Zeigner-Allee 44, 04229 Leipzig
Postfach 31 07 32, 04211 Leipzig

+49 (0)341 4941-500
+49 (0)341 4941-555
info@kuz-leipzig.de

Ansprechpartner

Geschäftsführer
Dr. Thomas Wolff
+49 (0)341 4941-501
wolff@kuz-leipzig.de

Technologietransfer / Vertrieb
Silvio Esche
+49 (0)341 4941-521
esche@kuz-leipzig.de

Verarbeitungstechnik
Petra Krajewsky
+49 (0)341 4941-600
krajewsky@kuz-leipzig.de

Werkzeug- u. Verbindungstechnik / MiKA
Jörg Michaelis
+49 (0)341 4941-700
michaelis@kuz-leipzig.de

Weiterbildung
Iljana Eckardt
+49 (0)341 4941-515
eckardt@kuz-leipzig.de

Kunststoff-Prüfung
Dr. Christian Schurig
+49 (0)341 4941-800
schurig@kuz-leipzig.de

Erweiterte Kunststoffe für Spritzgießer

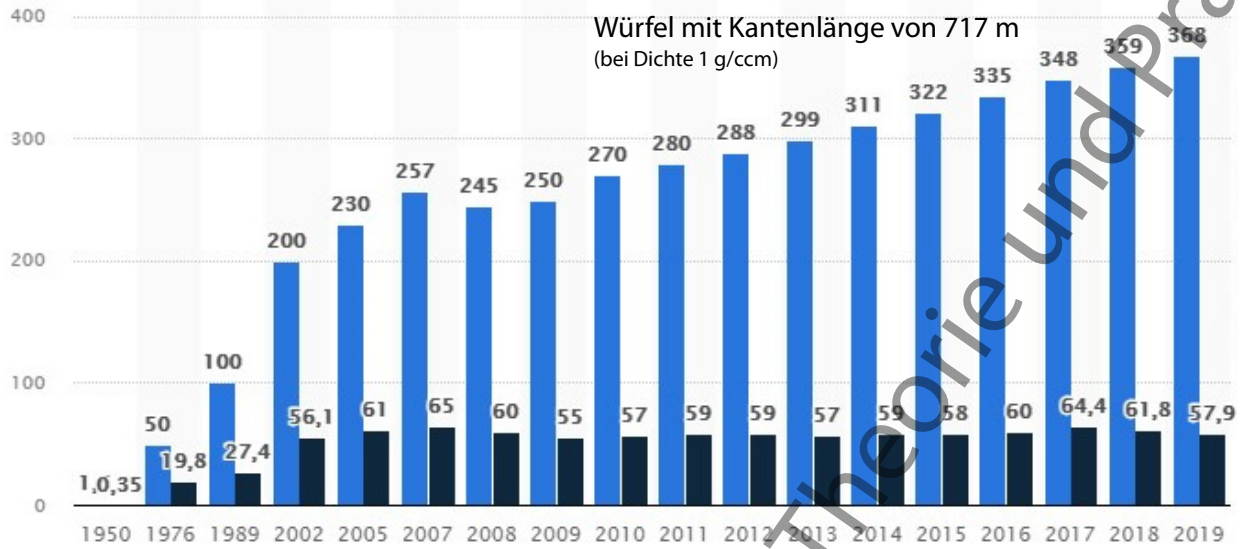
Referent:

Dr. Peter Bloß
wiss. Mitarbeiter im Bereich Kunststoffprüfung
Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH
Erich-Zeigner-Allee 44
04229Leipzig

E-Mail:

bloss@kuz-leipzig.de

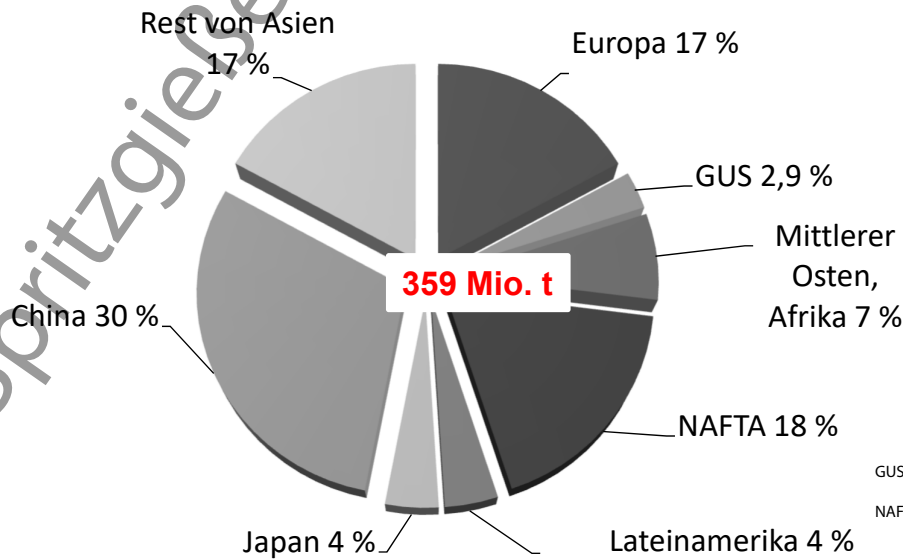
Kunststofferzeugung in Mio. t, weltweit und Europa



www.kuz-leipzig.de

Quelle: Statista 2021 MIT DER INDUSTRIE – für die Industrie

Kunststoffproduktion weltweit 2018

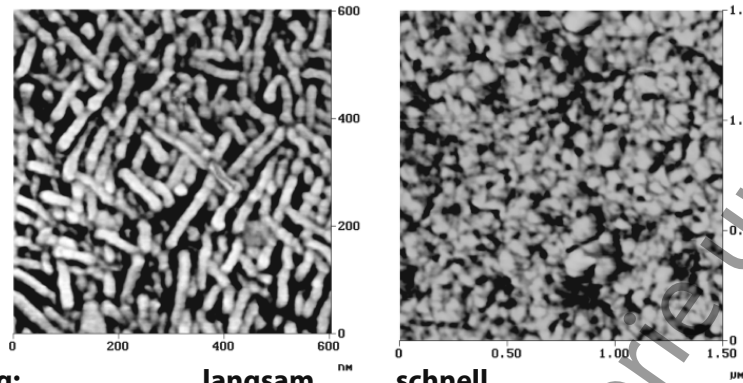


GUS: Gemeinschaft Unabhängiger Staaten (ehem. UdSSR)
NAFTA: Nordamerikanisches Freihandelsabkommen (USA, Kanada, Mexiko)

www.kuz-leipzig.de

Quelle: PlasticsEurope: "Plastics – the Facts 2014/2015" MIT DER INDUSTRIE – für die Industrie

Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit auf Kristallinitätsgrad (1/2)



Abkühlung:

- Kristallinitätsgrad
- Kristalle
- Kristallbaufehler
- Festigkeit und Steifigkeit
- Zähigkeit
- Lösungsmittelbeständigkeit

langsam

- hoch
- groß
- wenige
- hoch
- niedrig
- hoch

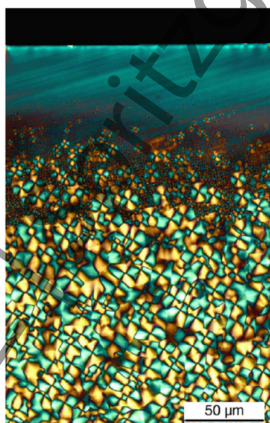
schnell

- niedrig
- klein
- viele (Nachkristallisation, Verzug)
- niedrig
- hoch
- gering

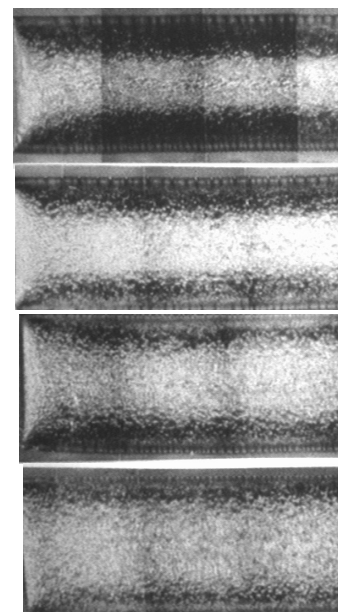
Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit auf Kristallinitätsgrad (2/2)

Mit zunehmender Werkzeugwandtemperatur

- wird Temperaturgradient zwischen Werkzeug und Formmasse geringer,
- wird Kühlzeit länger und
- wächst die mittlere Zone (Kristallitgefüge)



- Randschicht (optisch amorph)
- randnahe Schicht (feinsphärolithisches Gefüge)
- Kernschicht (gros sphärolithisches Gefüge)



- 30 °C
- 60 °C
- 100 °C
- 120 °C

Aufgaben des Gestells

- ist der Montageort für alle Baugruppen, die für die Funktion einer Spritzgießmaschine erforderlich sind
- muss statische und dynamische Belastungen aufnehmen
- bei holmlosen Maschinen: Aufnahme der Zuhaltkraft
- die Abstützung ggü. dem Hallenboden erfolgt über höhenverstellbare Schwingelemente
- werden als Stahlschweiß- oder Gusskonstruktion ausgeführt
- bei großen Maschinen besteht Gestell aus mehreren Teilen
- solide Aufstellung hat wesentlichen Einfluss auf die Funktion und Lebensdauer der mechanisch beanspruchten Bauteile der Maschine

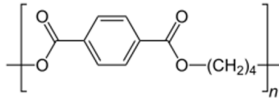
www.kuz-leipzig.de



www.kuz-leipzig.de

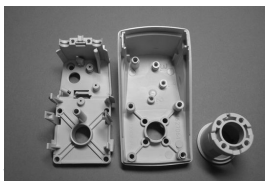
Quelle: 

Polybutylenterephthalat (PBT)



Eigenschaften

- hohe Steifigkeit und Festigkeit (geringer als bei PET)
- **gutes Gleit- und Verschleißverhalten**
- sehr gute Formbeständigkeit in der Wärme
- **geringe Wasseraufnahme**
- gute Widerstandsfähigkeit gegen viele Chemikalien
- **ausgezeichnete Witterungsbeständigkeit**
- hervorragendes Wärmealterungsverhalten
- **sehr gutes Fließverhalten**
- für Kontakt mit Lebensmitteln zugelassen
- **verschweißbar und klebbar**



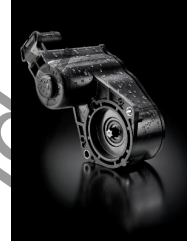
Quelle: www.konstruktionspraxis.vogel.de



Quelle: <https://plastics-rubber.basf.com>



Quelle: www.kunststoffe.de



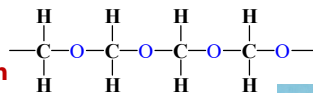
Quelle: <https://plasticker.de>

Anwendung

- Fahrzeugbau: Funktionsteile, Halterungen, Verbindungs-, Schiebedachelemente
- **E/E, Telekommunikation: Steckverbinder, Schaltersysteme, Ummantelungen von Lichtwellenleitern**
- Feinwerktechnik, Maschinenbau: Funktionsteile für Drucker, Kopiergeräte, Kameras und optischen Geräte, Gehäuse
- **Haushaltgeräte: Gehäuse, Herdschaltknöpfe und -griffe, Hygienebereich (Zahnbürstenborsten, Zahncremetubenhütchen)**

Polyoxymethylen (POM)

- = **teilkristalliner Thermoplast**
- **lineare Struktur, ohne Verzweigungen**



Eigenschaften

- Dichte: 1,39 bis 1,42 g/cm³
- zählt zu den **festesten und steifsten thermoplastischen Kunststoffen**
- hoher Kristallinitätsgrad (bis 80 %)
- **hohe Härte und Steifigkeit**
- hohe Zähigkeit bis -40 °C
- **hohe Wärmeformbeständigkeit**
- hohe Maßbeständigkeit
- **hohe Beständigkeit gegenüber Lösungsmitteln**
- günstige Gleit- und Reibungseigenschaften

Verarbeitung

- **Vortrocknen 1 bis 2 h bei 100 bis 110 °C**
- Schwindung bis 3 %
- bei Verarbeitung > 220 °C beginnt Zersetzung zu Methanal; auch bei Kontakt mit Cu → Masse kann mit hohem Druck herauspritzen
- **Regeln bei Materialwechsel: Leerfahren, Reinigen, T-Messung mit Zwischenprodukt; keine Reste von Cl-haltigen Materialien**



Quelle: www.klaeger-plastik-hartha.de



Quelle: www.assistent.eu



Quelle: <http://reiloyusa.com/industry-applications/polyoxymethylene/>



Quelle: www.mareco-prototyping.de

Anwendungsgebiete

- Präzisionsteile wie Zahnräder, Hebel, Lager, Schrauben ...
- **Schlagbeanspruchte Gehäuseteile**
- Schnappverbindungen
- **Filmscharniere**
- Reißverschlüsse
- **Füllstandssensor in KFZ-Tanks**
- Kosmetikbehälter



Quelle: www.usinouvelle.com
Know-how für Kunststoffe
MIT DER INDUSTRIE – für die Industrie

$V_E \uparrow$

- dünnwandige Teile, lange Fließwege
- Formteile mit Zusammenfließlinien
- hohe Anforderungen an die Oberflächenqualität
- kurze Zykluszeiten

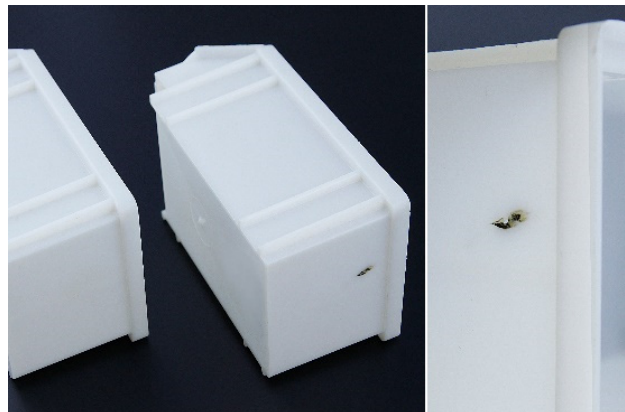


www.kuz-leipzig.de

Know-how für Kunststoffe
MIT DER INDUSTRIE – für die Industrie

$V_E \downarrow$

- thermisch empfindliche Formmassen (wie PVC-hart)
- enge Anschnitte, große Querschnittsänderungen
- dickwandige Formteile
- Vermeidung von Dieseleffekt am Fließwegende



www.kuz-leipzig.de

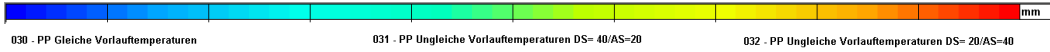
Know-how für Kunststoffe
MIT DER INDUSTRIE – für die Industrie

Beispiel: Verzug des Modellteils S&V aus PP (3-fach verstärkte Darstellung)

DS: 40 °C
AS: 40 °C

DS: 40 °C
AS: 20 °C

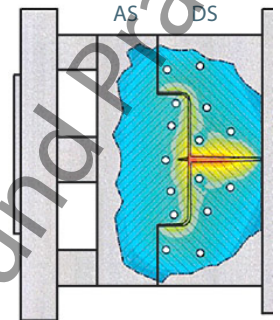
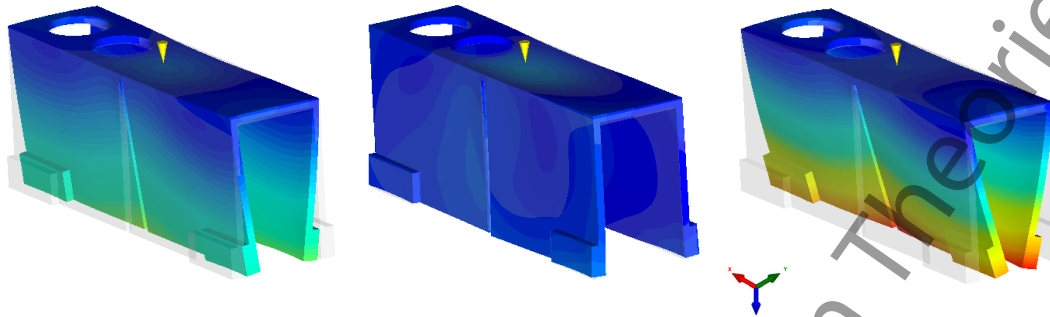
DS: 20 °C
AS: 40 °C



030 - PP Gleiche Vorlauftemperaturen

031 - PP Ungleiche Vorlauftemperaturen DS= 40/AS=20

032 - PP Ungleiche Vorlauftemperaturen DS= 20/AS=40

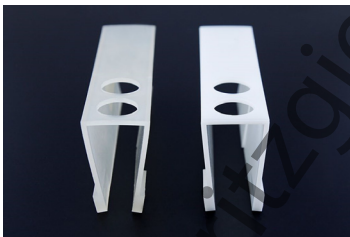


www.kuz-leipzig.de

CADMOULD

Know-how für Kunststoffe
MIT DER INDUSTRIE – für die Industrie

Verzug

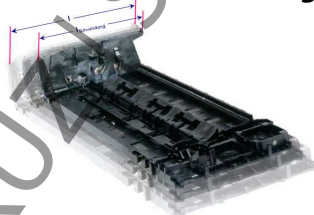


bezeichnet die Gestaltänderungen des Bauteils (z. B. Verwölbungen, Winkelverzug usw.)

Verzug resultiert aus

- über dem Formteilquerschnitt inhomogener Schwindung
- lokalen Schwindungsunterschieden im Bauteil
- Schwindungsanisotropie

Schwindung

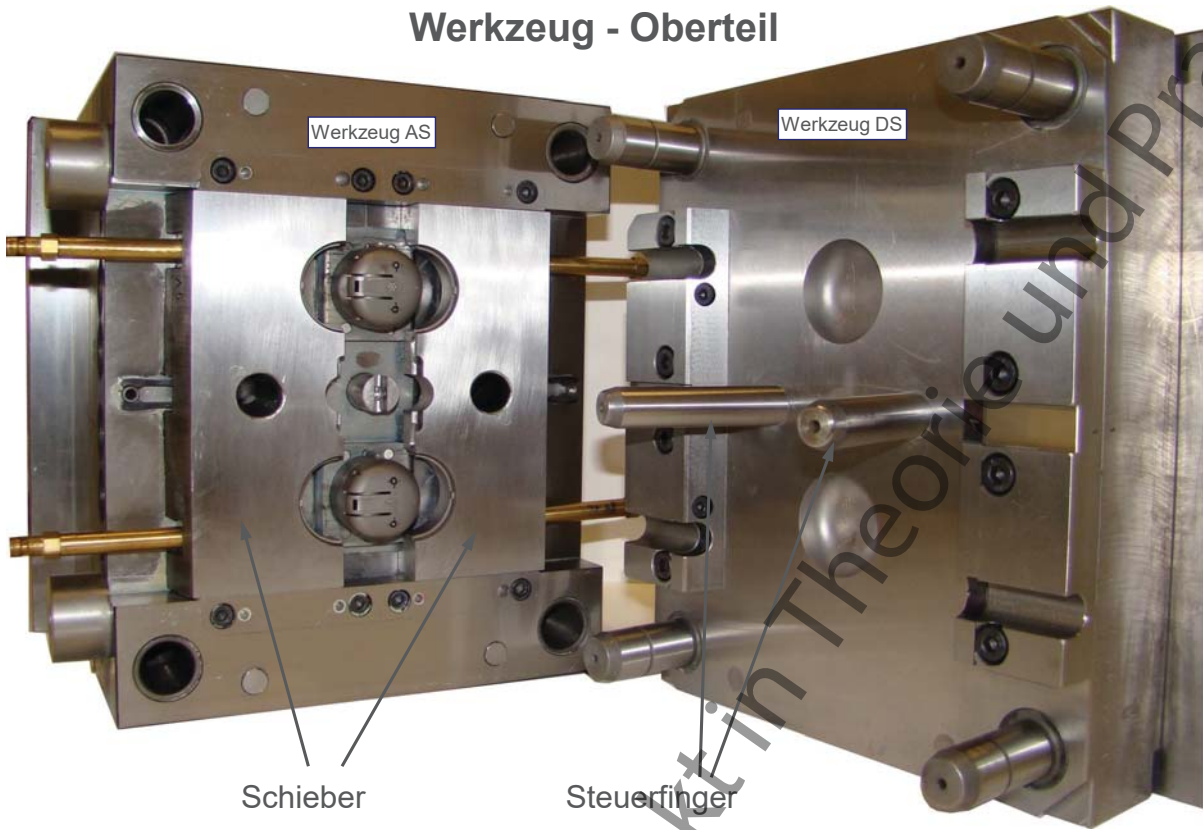


bezeichnet die Differenz zwischen den Abmessungen des Formteiles und des Formnestes. Ursache für die Schwindung ist die Volumenkontraktion des erkaltenden Werkstoffs.

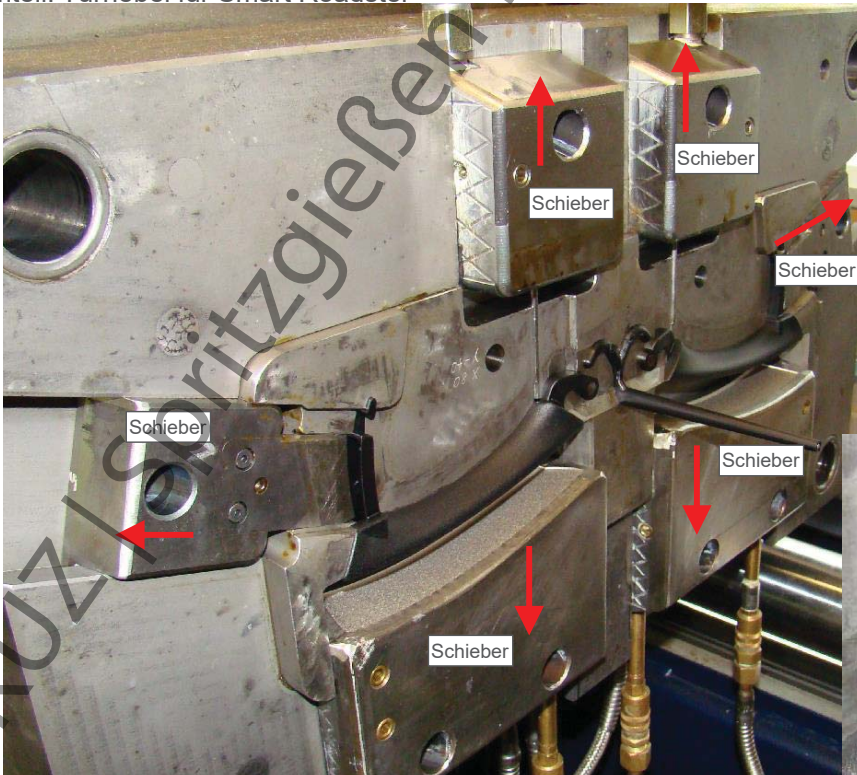
www.kuz-leipzig.de

Know-how für Kunststoffe
MIT DER INDUSTRIE – für die Industrie

Werkzeug - Oberteil



Formteil: Türhebel für Smart Roadster



Werkzeug AS

Formteil aus ABS	
$T_{m1} =$	230°C [220-260°C]
$T_{m2} =$	250°C [220-260°C]
$T_w =$	65°C [50-80°C]
$T_e =$	100°C
$a_{eff} =$	0,08 mm ² /s
$s =$	2 mm

$$\Delta T_m = 20^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_k = 0,58 \text{ s}$$

$$t_{k1} = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot a_{eff}} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{T_{m1} - T_w}{T_e - T_w} \right) \right] = \frac{(2 \text{ mm})^2}{\pi^2 \cdot 0,08 \text{ mm}^2/\text{s}} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{230^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}} \right) \right] = 6,79 \text{ s}$$

$$t_{k2} = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot a_{eff}} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{T_{m2} - T_w}{T_e - T_w} \right) \right] = \frac{(2 \text{ mm})^2}{\pi^2 \cdot 0,08 \text{ mm}^2/\text{s}} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{250^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}} \right) \right] = 7,37 \text{ s}$$

Formteil aus ABS	
$T_m =$	240°C [220-260°C]
$T_{w1} =$	55°C [50-80°C]
$T_{w2} =$	75°C [50-80°C]
$T_e =$	100°C
$a_{eff} =$	0,08 mm ² /s
$s =$	2 mm

$$\Delta T_w = 20^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_k = 2,4 \text{ s}$$

$$t_{k1} = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot a_{eff}} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{T_m - T_{w1}}{T_e - T_{w1}} \right) \right] = \frac{(2 \text{ mm})^2}{\pi^2 \cdot 0,08 \text{ mm}^2/\text{s}} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{240^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C}} \right) \right] = 6,09 \text{ s}$$

$$t_{k2} = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot a_{eff}} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{T_m - T_{w2}}{T_e - T_{w2}} \right) \right] = \frac{(2 \text{ mm})^2}{\pi^2 \cdot 0,08 \text{ mm}^2/\text{s}} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{240^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C}} \right) \right] = 8,49 \text{ s}$$