

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAFICA

Editor: G. WOLF

E 2246/1976

**Zugbeanspruchung von spritzgegossenem
Standard-Polystyrol**

**Bildung von Fließzonen, Einschnürung und Bruch
Variation der Spritztemperatur**

Mit 1 Abbildung

GÖTTINGEN 1976

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

**Zugbeanspruchung von spritzgegossenem
Standard-Polystyrol**

Bildung von Fließzonen, Einschnürung und Bruch

Variation der Spritztemperatur

K. P. GROSSKURTH, Stuttgart

Allgemeine Vorbemerkungen¹

Amorph erstarrte, transparente Polymere zeigen unter Zugbeanspruchung beim Überschreiten kritischer Dehnwerte in Mikrobereichen Deformationserscheinungen, die bei entsprechendem Lichteinfall aufgrund von Lichtbrechungseffekten mit bloßem Auge deutlich sichtbar sind. Hierbei handelt es sich um Fließzonen, die im angelsächsischen Sprachraum crazes genannt werden.

Zunächst hielt man diese Zonen für echte Gefügetrennungen und gab ihnen deshalb die unzutreffende Bezeichnung „Spannungsrisse“. Zahlreiche elektronenmikroskopische Untersuchungen erbrachten jedoch unabhängig von dem verwendeten Präparationsverfahren den Nachweis, daß Fließzonen örtlich eng begrenzte Bereiche darstellen, in denen die Makromoleküle in Belastungsrichtung gereckt sind (GROSSKURTH [2], KAMBOUR [4], SPURR et al. [6]). Bei Polystyrol ergaben Lichtbrechungsindexmessungen (KAMBOUR [5]) und rasterelektronenmikroskopische Betrachtungen sauerstoffionengeätzter Probenoberflächen (GROSSKURTH [3]), daß das Fließzonenmaterial eine wesentlich geringere Dichte als die umgebende, unversehrte Polymermatrix besitzt. Folglich geht das Fließzonenwachstum und die damit verbundene Volumenvergrößerung mit einer Auflockerung des Werkstoffs einher. Während die Fließzonen zunächst weiterhin lastübertragungsfähig sind, entsteht in ihnen bei zunehmender Belastung durch Vereinigung mikroskopischer Hohlräume ein makroskopischer Riß, der sich schnell zum Bruch vergrößert.

¹ Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 11—13

Molekulare Orientierungen üben einen wesentlichen Einfluß auf das Verformungs- und Bruchverhalten amorpher Thermoplaste aus. Technisches Interesse besitzen in der Praxis die als Folge zahlreicher Verarbeitungsprozesse entstehenden ortsvariablen Orientierungszustände.

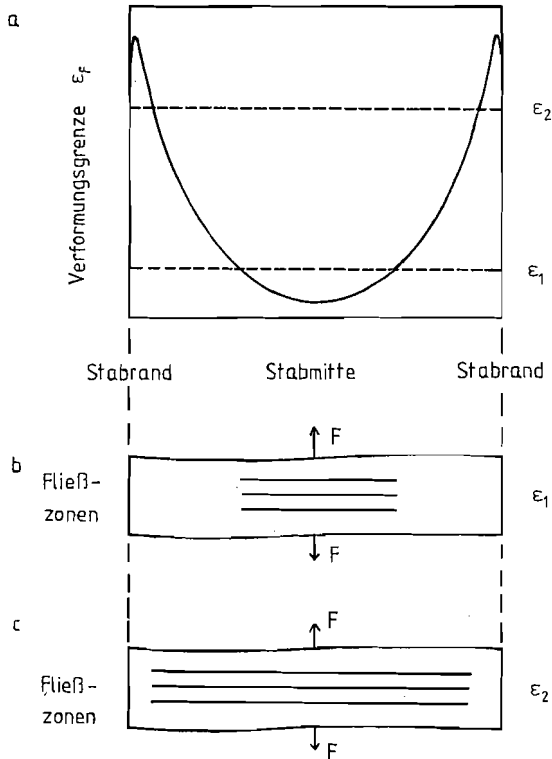


Abb. 1. Einfluß der Verformungsgrenze ϵ_F auf die Ausbreitung von Fließzonen in spritzgegossenem Polystyrol

ϵ_1, ϵ_2 : im Zugversuch aufgebraachte Gleichmaßdehnungen;
 F : Zugkraft

Ihre Auswirkungen auf die durch zügige Zugbeanspruchung bei Raumtemperatur hervorgerufenen Fließzonen werden am Beispiel spritzgegossener glasklarer Polystyrolprobekörper besonders deutlich. Die Fließzonenbildung setzt in den Bereichen ein, deren Fließzonen auslösende, kritische Dehnung — auch Verformungsgrenze genannt — überschritten wird. Als Ursachen hierfür kommen einerseits Spannungsspitzen

in der Umgebung von Fehlstellen, andererseits ein durch ortsvariable Orientierungszustände lokal unterschiedliches Verformungsverhalten in Frage. Infolgedessen gehen Fließzonen in thermisch entspannten, orientierungsfreien Proben bevorzugt von der Probenoberfläche aus, die naturgemäß eine besonders hohe Fehlstellenkonzentration aufweist.

Beim Spritzgießen von Probestäben in kalten Formen hingegen führt die Scherung der Schmelze vor allem in Formwandnähe zur Ausrichtung der Makromoleküle. Durch rasche Abkühlung werden daher in der äußeren Schicht starke Orientierungen eingefroren. Sie nehmen beim Spritzgießen mit geringem Spritznachdruck zur Probenmitte hin ab. Einerseits verringert sich dort die Scherung der Schmelze, d. h. es entstehen von vornherein weniger Orientierungen als in Formwandnähe. Andererseits erhöht sich die für Desorientierungsvorgänge verbleibende Zeit mit wachsendem Abstand von der Formwand. WIEGAND und VETTER [7] sowie WINTERGERST [8] haben über diese Zusammenhänge ausführlich berichtet.

Die Verformungsgrenze ε_F steigt bei amorphen Polymeren mit dem Orientierungsgrad an. Entsprechend dem in Abb. 1 schematisch dargestellten Verlauf liegt sie also in der äußeren Schicht spritzgegossener Proben höher als in dem nur mäßig orientierten Probeninneren. Ferner sind in der äußeren Schicht Druckspannungen, im Inneren Zugspannungen vorhanden. Daher beginnt die Fließzonenbildung bei Spritzgußteilen aus amorphen Thermoplasten im Probeninneren. Die ebenfalls an den Oberflächen existierenden Fehlstellen tragen somit in diesem Fall nicht zur Initiierung von Fließvorgängen bei. Die laterale Ausdehnung der Fließzonen, die sich stets orthogonal zur Zugbeanspruchung ausbreiten, resultiert gemäß Abb. 1 aus den Schnittpunkten des Verlaufs der tatsächlichen Dehnung (ε_1 bzw. ε_2 in Abb. 1) mit dem der Verformungsgrenze ε_F .

Entstehung und Wachstum der Fließzonen, ihre geometrische Lage und Verteilung in kompakten transparenten Proben sowie bruchauslösende Verformungsprozesse lassen sich in ihrem zeitlichen Ablauf auf kinematographischem Wege erfassen. Mit Hilfe der Kinematographie können Zusammenhänge zwischen Veränderungen der Deformationserscheinungen und dem Spannungs-Dehnungs-Verhalten qualitativ beurteilt werden. Eine gezielte Auswertung der Filmaufnahmen eröffnet ferner die Möglichkeit, die ermittelten Zusammenhänge zu bewerten.

Zur Entstehung des Films

Versuchswerkstoff:

Für die Untersuchungen wurde ein handelsübliches, glasklares Standard-Polystyrol verwendet. Dabei handelt es sich um ein ataktisch polymerisiertes Styrol, d. h. die Phenylsubstituenten sind längs der Molekül-

ketten räumlich unregelmäßig angeordnet. Mit Hilfe der Gel-Permeations-Chromatographie wurde das Zahlenmittel des Molekulargewichts mit $\bar{M}_n = 115000$ ermittelt. Das Verhältnis zwischen Gewichts- und Zahlenmittel beträgt $\bar{M}_w/\bar{M}_n = 3,1$.

Als Proben dienten 3 mm dicke, spritzgegossene Schulterstäbe, die die Form des Probekörpers Nr. 3 nach DIN 53 455 [1] besaßen. Die Spritzrichtung stimmte mit der Stablängsachse überein.

Um in den Proben unterschiedliche Orientierungszustände zu erzeugen, wurden beim Spritzgießen Massetemperaturen von 180, 200, 220 und 240° C verwendet.

Versuchs- und Aufnahmetechnik:

Die Versuchseinrichtung bestand aus einer Horizontalspindelzugprüfmaschine. Bei Raumtemperatur wurden die Probekörper mit jeweils gleichbleibender Prüfgeschwindigkeit bis zum Bruch gedehnt. Da bei Standard-Polystyrol nur geringe Dehnungen auftreten, kann die Dehngeschwindigkeit als konstant angesehen werden. Bei der Untersuchung des Einflusses der beim Spritzgießen verwendeten Massetemperaturen auf das Verformungsverhalten werden Dehngeschwindigkeiten von 0,5 und 3,0%/min einander gegenübergestellt. Über die Auswirkungen unterschiedlicher Dehngeschwindigkeiten berichtet ein weiterer Film ausführlich (GROSSKURTH [9]).

Neben der kinematographischen Dokumentation der verformungsbedingten Deformationserscheinungen ist auch die jeweils herrschende Zugspannung von Interesse. Aus diesem Grund wurde eine Anzeigevorrichtung geeigneter Größe unterhalb des Probestabes angebracht und mit der Kraftmeßeinrichtung der Zugprüfmaschine verbunden. So konnten Schulterstab und Spannungsanzeige mit einer einzigen Kamera erfasst werden.

Die Probenbreite wurde nahe der angußernen Schulter im schräg einfallenden Durchlicht aufgenommen. Dabei stand die Kamera in gleicher Höhe mit der Probe, jedoch bildete ihre optische Achse seitlich einen Winkel von etwa 30° zur Senkrechten der Probenoberfläche. Die Kameransicht aus dieser Einstellung ist in der 2. Übersichtsaufnahme des Films nach dem Zwischentitel:

„Schrägaufsicht — Probenrückseite mattiert“

wiedergegeben.

Diese schräg seitliche Aufnahmerichtung war erforderlich, um die Bildung von Fließzonen im Polystyrolstab besser sichtbar zu machen. Die Mattierung der Probenrückseite erfolgte mit feinem Quarzsand. Bei den in dieser Weise mattierten Proben war die Beobachtung der Fließzonen weit besser möglich als bei den Originalproben mit formblanker Oberfläche. Eine Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften durch das Sandstrahlen wurde nicht festgestellt.

Für die zeitgleichen Aufnahmen mit 24 B/s wurde als Kamera eine ARRIFLEX 16 ST eingesetzt, während die Zeitdehneraufnahmen zwischen 2500 und 3200 B/s mit einer FASTAX 6000/16 mm (mit 2-Flächen-Prisma) hergestellt wurden.

Als Filmmaterial wurden GEVAPAN 30 und GEVAPAN 36 verwendet.

Filmbeschreibung¹

Der Film gibt den Einfluß unterschiedlicher Verarbeitungsbedingungen und Dehngeschwindigkeiten auf das Deformationsverhalten spritzgegosener Schulterstäbe wieder, die aus einem glasklaren Standard-Polystyrol bestehen. Die Proben werden bei Raumtemperatur im zügigen Zugversuch bis zum Bruch belastet.

Bei einer Dehngeschwindigkeit von 3%/min werden am Ende der zeitgleichen Einstellungen zeitgedehnte Aufnahmen zur besseren Anschaulichkeit der dem Bruch unmittelbar vorausgehenden Verformungsprozesse gezeigt.

Zugstäbe Nr. 3 nach DIN 53 455

Probenbreite 10 mm

Probendicke 3 mm

Molekulargewicht $\bar{M}_n = 115000$

1. Die Übersichtsaufnahme zeigt die verwendete Versuchseinrichtung. Auf einer Horizontalspindelzugprüfmaschine werden die 3 mm dicken und im Bereich der Meßlänge 10 mm breiten DIN-Schulterstäbe zerrissen. Die mit der rechten Einspannbacke verbundene Kraftmeßeinrichtung arbeitet nach dem Prinzip der Pendelwaage. Dies bedingt im Bild eine Wanderung der Probe von rechts nach links.

Bei Verwendung der glasklaren Zugstäbe im Originalzustand hebt sich die Probe nur schlecht vom Hintergrund ab. Selbst geringfügige Oberflächenfehler machen sich durch helles Aufleuchten störend bemerkbar. Das Auftreten der Fließzonen ist aufgrund von intensiven Lichtreflexionen mit starken Überstrahlungserscheinungen verbunden.

Schrägaufsicht

Probenrückseite mattiert

2. Die Einstellung zeigt in einer Übersichtsaufnahme den Polystyrolstab mit beiden Einspannbacken aus der Kamerasisicht in schräg seitlicher Versetzung. Infolge der mattierten Probenrückseite hebt sich der Schulterstab nunmehr bei schräg einfallendem Durchlicht gut gegen den

¹ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

dunklen Hintergrund ab. Diese 20 s dauernde Einstellung dient lediglich zur Demonstration der Versuchs- und Aufnahmesituation; eine Beanspruchung der Probe findet nicht statt.

*Dehngeschwindigkeit 0,5%/min
Spritztemperatur 180° C*

3. Das zur Erfüllung der Reflexionsbedingungen an den Fließzonen notwendige, schräg einfallende Durchlicht führt zwangsläufig zu einer ungleichmäßigen Bildausleuchtung. Dieser Effekt wird zusätzlich durch die ebenfalls schräge Aufnahmerichtung verstärkt. Sie führt zwar zu einer geringen geometrischen Verzeichnung, vermittelt aber einen räumlichen Eindruck von den Fließzonen. Bei dieser und bei den folgenden Einstellungen wurde eine unterhalb der Probe angebrachte Kraftmeßeinrichtung direkt mit aufgenommen. Ein Pfeil gibt auf der Skala synchron die jeweils herrschende Zugspannung an.

Bei einer Spannung von 540 kp/cm² bildet sich nahe der Bildmitte die erste Fließzone; weitere folgen in kurzen zeitlichen Abständen. Die maximale Wachstumsgeschwindigkeit nimmt exponentiell mit der jeweils auslösenden Zugspannung zu. Die Fließzonenenden laufen bei geringen Spannungen zunächst elliptisch aus, erhalten jedoch oberhalb von 650 kp/cm² rechteckige Formen. Die stark orientierte Spritzhaut bleibt aufgrund ihrer hohen Dehnbarkeit fließzonenfrei. Der Bruch kündigt sich durch eine spontane Zunahme der Fließzonenkonzentration an, die mit einer Verminderung der Lichtdurchlässigkeit einhergeht. Er erfolgt bei einer Spannung von 720 kp/cm² und zeigt im Bereich der Spritzhaut ausgeprägte plastische Verformungen. Im mäßig orientierten Probeninneren liegt dagegen ein glatter Trennbruch vor. Teile der hier entstandenen Spiegelfläche sind deutlich zu erkennen.

Spritztemperatur 200° C

4. Eine Erhöhung der Spritztemperatur auf 200° C führt bei gleichbleibender Dehngeschwindigkeit zu einer Herabsetzung der Fließzonen auslösenden Zugspannung. Bei 490 kp/cm² entstehen an mehreren Stabstellen nahezu gleichzeitig Fließzonen. Ihre Enden verbreitern sich nach Erreichen der hochorientierten Spritzhaut schulterförmig. Sie selbst wird wiederum nicht von den Fließzonen erfaßt. Die Fließzonenkonzentration verringert sich gegenüber der vorhergehenden Einstellung.

Bei Kunststoffen ist eine Abnahme der molekularen Orientierungen, die im vorliegenden Fall aus der Erhöhung der Spritztemperatur resultiert, mit einem Absinken der Reißfestigkeit in Orientierungsrichtung verbunden. Aus diesem Grund findet der spröde Trennbruch schon bei 665 kp/cm² statt.

Spritztemperatur 220° C

5. Wegen der erneuten Erhöhung der Spritztemperatur und der hierdurch bewirkten Verringerung der molekularen Orientierungen setzt das Fließzonenwachstum bereits bei einer Spannung von 485 kp/cm² ein. Die Fließzonenkonzentration erhöht sich rasch. Nach Überschreiten einer Zugspannung von 615 kp/cm² beginnen die Fließzonen die Spritzhaut partiell zu erfassen. Offensichtlich wurde das Maximum der Verformungsgrenze infolge der Verarbeitungsbedingungen soweit erniedrigt, daß nunmehr die Reißdehnung höher liegt. Die Probe bricht nach einer vorausgegangenen Verdichtung der Fließzonen bei einer Spannung von 660 kp/cm². Das Bruchbild ist im Gebiet der Spritzhaut durch zum Teil stärkere plastische Verformungen, im Probeninneren durch eine deutlich sichtbare Spiegelfläche gekennzeichnet.

Spritztemperatur 240° C

6. Beträgt die Massetemperatur beim Spritzgießen 240° C, so ermäßigt sich die Fließzonen auslösende Spannung auf 475 kp/cm². Schon bei nur wenig höheren Belastungen setzt eine ausgeprägte schulterförmige Verbreiterung der Fließzonenenden ein. Aufgrund der äußerst geringen Anzahl der Fließzonen wird die bereits erwähnte Beobachtung, daß die maximale Wachstumsgeschwindigkeit der Fließzonen exponentiell mit der jeweils auslösenden Spannung ansteigt, besonders deutlich sichtbar. Oberhalb einer Spannung von 560 kp/cm² wachsen die Fließzonenenden auf der dem Betrachter zugekehrten und abgewandten Seite in die Spritzhaut hinein und durchstoßen sie zur Probenschmalseite hin. Die Ausweitung der Fließzonen im Gebiet der Spritzhaut von Polystyrolschulterstäben wurde bereits bei unterschiedlichen Dehngeschwindigkeiten und einer Spritztemperatur von 200° C mit Hilfe von Lupenaufnahmen kinematographisch untersucht (GROSSKURTH [9]). Bei einer Reißspannung von 595 kp/cm² bricht die Probe ohne Vorankündigung ausgesprochen spröde.

Dehngeschwindigkeit 3,0%/min

Spritztemperatur 180° C

24 und 2600 B/s

7. Die Erhöhung der Dehngeschwindigkeit um den Faktor 6 führt einerseits zu einer Anhebung der Fließzonen auslösenden Spannung, andererseits zu hohen Fließzonenkonzentrationen. Die gleichzeitige Erhöhung der Reißdehnung hat zur Folge, daß die Fließzonen bei Spannungen oberhalb von 730 kp/cm² trotz hoher vorhandener molekularer Orientierungen in die Spritzhaut hineinwachsen. Der Bruch kündigt sich durch eine starke Verdichtung der Fließzonen an und zeigt im Gebiet der Spritzhaut starke plastische Verformungen.

8. Die zeitgedehnte Aufnahme dokumentiert das Deformationsverhalten des Schulterstabes unmittelbar vor dem Bruch. Der mit einer Verringerung der Lichtdurchlässigkeit verbundene Anstieg der Fließzonenkonzentration hat eine zwar geringfügige, aber dennoch deutlich wahrnehmbare Einschnürung der Probe zur Folge. Die Probe bricht im Bereich der Spritzhaut duktil, im Inneren dagegen spröde. Einige abgesprengte Polystyrolteilchen wirbeln dabei umher. Die elastische Dehnung wird durch das spontane Rückfedern der beiden Probenhälften abgebaut. Eine zeitliche Auflösung des Bruchfortschritts ermöglichen die mit einem 16-mm-Laufbildfilm maximal erreichbaren Zeitdehnungsmaßstäbe nicht. Es ist daher beabsichtigt, Bruchvorgänge in Polystyrol mit Hilfe der Hochfrequenzkinematographie zu untersuchen.

Spritztemperatur 200° C

24 und 2500 B/s

9. und 10. Das Verformungsverhalten der mit einer Massetemperatur von 180 und 200° C spritzgegossenen Schulterstäbe ist weitgehend miteinander vergleichbar. Die höhere Spritztemperatur führt lediglich dazu, daß die einzelnen verformungsbedingten Veränderungen in den Proben jeweils bei um etwa 20 kp/cm² verringerten Spannungen auftreten. Daher kann im wesentlichen auf die Erläuterungen zu den beiden vorausgegangenen Einstellungen verwiesen werden.

Spritztemperatur 220° C

24 und 3200 B/s

11. Bei einer Spritztemperatur von 220° C bewirkt die Erhöhung der Dehngeschwindigkeit ein jeweils um 25 kp/cm² zu größeren Spannungen hin verschobenes Auftreten der einzelnen Deformationserscheinungsformen. Ebenso nimmt die Fließzonenkonzentration geringfügig zu.

12. Wie die zeitgedehnte Aufnahme zeigt, kommt es im Verlauf der brucheinleitenden Verformungsprozesse an mehreren Stellen des Zugstabes zu starken Fließzonenverdichtungen. Eine nennenswerte Einschnürung ist nicht zu beobachten.

Spritztemperatur 240° C

24 und 2500 B/s

13. Die größere Prüfgeschwindigkeit beeinflusst am auffälligsten das Verformungsverhalten der nur mäßig orientierten Proben, die bei einer Temperatur von 240° C spritzgegossen wurden. Sowohl die Fließzonen als auch die bruchauslösenden Spannungen nehmen erheblich zu. Nach der schulterförmigen Verbreiterung der Fließzonenenden durchstoßen

diese wiederum partiell die Spritzhaut. Noch bevor der Bruch eingeleitet wird, hat sich die Fließzonenkonzentration gegenüber dem in Einstellung 6 dargestellten Versuch vervierfacht.

14. Obwohl stärkere Verdichtungen der Fließzonen deutlich erkennbar sind, erfolgt ein glatter Trennbruch. Er zeigt auch im Gebiet der Spritzhaut keine nennenswerten plastischen Verformungsanteile.

Literatur und Filmveröffentlichung

- [1] DIN 53455: Prüfung von Kunststoffen; Zugversuch. Beuth-Vertrieb, Berlin, April 1968.
 - [2] GROSSKURTH, K. P.: Elektronenmikroskopische Untersuchung der Struktur von Fließzonen (Spannungsrissen) in Polystyrol. Kautschuk, Gummi, Kunststoffe **26** (1973), 43—45.
 - [3] GROSSKURTH, K. P.: Deformationserscheinungen in zugbeanspruchten Thermoplasten. Gummi, Asbest, Kunststoffe **27** (1974), 703—708.
 - [4] KAMBOUR, R. P.: Structure and Properties of Crazes in Polycarbonate and Other Glassy Polymers. Polymer **5** (1964), 143—155.
 - [5] KAMBOUR, R. P.: Refractive Indices and Compositions of Crazes in Several Glassy Polymers. J. Polymer Sci. A **2** (1964), 4159—4163.
 - [6] SPURR, O. K., and W. D. NIEGISCHE: Stress Crazing of Some Amorphous Thermoplastics. J. Appl. Polymer Sci. **6** (1962), 585—599.
 - [7] WIEGAND, H., und H. VETTER: Molekulare Orientierung in Spritzgußteilen als Folge der Verarbeitung. Kunststoffe **56** (1966), 761—769.
 - [8] WINTERGERST, S.: Orientierungen und Spannungen in Spritzgußteilen. Kunststoffe **63** (1973), 636—642.
-
- [9] GROSSKURTH, K. P.: Zugbeanspruchung von spritzgegossenem Standard-Polystyrol — Bildung von Fließzonen, Einschnürung und Bruch — Variation der Dehngeschwindigkeit. Film E 2247 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1976.

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. K. P. GROSSKURTH, Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde der Universität, Pfaffenwaldring 32, D-7000 Stuttgart 80.

Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1976 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stammfilm, 16 mm, schwarzweiß, 105 m, 10 min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden in den Jahren 1973 und 1974. Veröffentlichung aus dem Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde der Universität Stuttgart (Direktor: Prof. Dr.-Ing. S. WINTERGERST), Dr.-Ing. K. P. GROSSKURTH, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. G. WOLF), Ing. G. HUMMEL, Aufnahme und Schnitt: Ing. G. HUMMEL, J. THIENEL.

Inhalt des Films

Der Film gibt Bildung und Wachstum von Fließzonen sowie brucheinleitende Vorgänge in spritzgegossenem, transparentem Standard-Polystyrol unter zügiger Zugbeanspruchung bei Raumtemperatur wieder. Dabei wird der Einfluß unterschiedlicher, beim Spritzgießen verwendeter Massetemperaturen auf das Deformationsverhalten dargestellt.

Die Proben in Form von Schulterstäben werden auf einer Horizontalspindelzugprüfmaschine zerrissen. Der Bruch tritt stets in der Nähe der angußfernen Schulter ein. In diesem Bereich werden verformungsbedingte Veränderungen kinematographisch aufgenommen.

Aufgrund der über dem Schulterstabquerschnitt vorhandenen herstellungsbedingten Eigenspannungs- und Orientierungsverteilungen setzen Fließvorgänge stets im Probeninneren ein. Die hochorientierte Spritzhaut wird nur im Falle niedriger Spritztemperaturen und geringer Dehngeschwindigkeiten nicht von Deformationserscheinungen erfaßt. Die Fließzonenbildung setzt bei um so kleineren Spannungen ein, je geringer die Verformungsgeschwindigkeit und je höher die Spritztemperatur ist. Plastische Verformungen im Gebiet der Spritzhaut zeigen während des Zerreißen in erster Linie die Proben, die bei niedrigen Temperaturen hergestellt wurden.

Summary of the Film

The film shows initiation and propagation of crazes and the nucleation of cracking processes in injection moulded transparent polystyrene subjected to uniaxial tensile load at room temperature. The effect of bulk temperature used by injection moulding on deformation behavior is described.

The standard tension test specimens are strained in a horizontal tensile testing machine. Cracking only happens near the sprue distant shoulder. It is at this region that changes occurring under deformation are cinematographically recorded.

In the course of processing internal stress and molecular orientation distributions exist in the specimen cross section. These effects that tensile bars always craze internally. Near the surface, where molecular orientations are high, the material does not craze in case of low injection temperatures and small elongation speeds. With decreasing elongation speeds and higher bulk temperatures crazing begins at lower tensile stress. Mainly those test specimens injection moulded at lower temperatures show plastic deformation during breaking near the surface.

Résumé du Film

Le film reproduit la formation et la croissance de fissures et les phénomènes précédant le craquelage dans du polystyrène standard transparent moulé par injection, sous l'effet d'une sollicitation de traction continue, à température ambiante. L'influence sur la déformation des différentes températures à la masse employées lors du moulage par injection est exposée.

Les échantillons en forme de barres à épaulements, sont rompus sur une machine d'essai à la traction à tiges horizontales. Le craquelage survient au voisinage des épaulements éloignés de la trace de la carotte. Des modifications dues à la déformation sont filmées dans cette zone.

En raison des répartitions de contraintes propre et d'orientation dues à la fabrication, qui existent au-dessus de la section de la barre à épaulements, les fissurations commencent toujours au cœur des échantillons. La couche proche de la surface orientée vers le haut n'est touchée par les phénomènes de déformation que lorsque les températures d'injection sont basses et les vitesses d'allongement réduites. La fissuration s'amorce à des tensions d'autant plus faibles que la vitesse de déformation est plus réduite et la température d'injection plus élevée. Ce sont en premier lieu les échantillons fabriqués à des températures faibles qui présentent au cours de la rupture des déformations plastiques dans la région de la couche proche de la surface.