

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
31. Januar 2002 (31.01.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/07949 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B29C 49/00, 44/34
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/08510
- (22) Internationales Anmeldedatum:
23. Juli 2001 (23.07.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
100 36 101.3 25. Juli 2000 (25.07.2000) DE
- (71) Anmelder und
(72) Erfinder: **HEPERT, Volker** [DE/DE]; Alte Murnauer Strasse 12, 82439 Grossweil (DE). **FANCE, Rudi** [DE/DE]; Hohenheimer Strasse 72, 70184 Stuttgart (DE). **KEILERT, Jürgen** [DE/FR]; c/o Plastron, Zae Heiden Est, 68310 Wittelsheim (FR).
- (74) **Anwalt: RICKER, Mathias**; Bardehle, Pagenberg, Dost, Altenburg, Geissler, Isenbruck, Galileiplatz 1, 81679 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CII, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
mit internationalem Recherchenbericht
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD AND FOAMING AGENT FOR PRODUCING EXPANDED PLASTIC OBJECTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND TREIBMITTEL ZUR HERSTELLUNG VON GESCHÄUMTEN KUNSTSTOFFGEGENSTÄNDEN

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing expanded plastic objects, whereby a thermoplastic material is mixed with a foaming agent which produces CO₂, and the mixture is moulded in a moulding tool. The moulding is carried out in a vacuum in the tool and in the presence of compressed air inside the tool. The invention relates to a CO₂-generating foaming agent comprising at least the following constituents: sodium hydrogen carbonate, monosodium citrate and a solid acting as a nucleation agent, the particle size of the individual constituents being smaller or equal to 40 µm.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von geschäumten Kunststoffgegenständen, wobei ein thermoplastischer Werkstoff mit einem CO₂-generierenden Treibmittel vermischt wird und die Mischung in einem formgebenden Werkzeug ausgeformt wird, wobei das Ausformen im Werkzeug unter Anlegen eines im Werkzeug anliegenden Vakuums und Druckluft im Inneren des Werkzeugs durchgeführt wird, sowie ein CO₂-generierendes Treibmittel, welche wenigstens die Bestandteile Natriumhydrogencarbonat, Mononatriumcitrat und einen als Nukleierungsmittel wirkenden Feststoff umfaßt, wobei die Teilchengröße der einzelnen Bestandteile kleiner oder gleich 40 µm beträgt.

WO 02/07949 A1

VERFAHREN UND TREIBMITTEL ZUR HERSTELLUNG VON GESCHÄUMTEN
KUNSTSTOFFGEGENSTÄNDEN

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von geschäumten Kunststoffgegenständen, wobei ein thermoplastischer Werkstoff mit einem CO₂-generierenden Treibmittel vermischt wird und die Mischung in einem formgebenden Werkzeug ausgeformt wird, sowie die Verwendung dieses Verfahrens zur Herstellung von Kunststoffgegenständen insbesondere in der Automobilbranche, Verpackungsbranche, Elektrogerätebranche.

10

Aufgrund der enormen Vielseitigkeit in Ihren Anwendungsmöglichkeiten haben Kunststoffe seit der Einführung des Celluloid 1868 ihren heutigen gewaltigen und immer weiter anwachsenden Marktanteil erlangt.

15

Die Vielseitigkeit von Kunststoffen als Werkstoffe beruht zum großen Teil auf den mannigfaltigen Vorteilen, welche Kunststoff im Gegensatz zu anderen mit ihm konkurrierenden Werkstoffen wie Glas oder Metall bietet. Beispielhaft sind hier die hohe Beständigkeit gegen Korrosion, hohe Isolierfähigkeit, Wärmeschutz und Dämmwirkung, ebenso wie die problemlose Einfärbbarkeit zu nennen. Aber vor allem das breite Angebot preiswerter Rohstoffe und die wirtschaftliche Verarbeitbarkeit machen Kunststoffe zum idealen Werkstoff, welcher sich auch für die Massenfertigung gut eignet.

25

Insbesondere in der Automobil- und Verpackungsindustrie verdrängt der Kunststoff aufgrund seiner Vorteile immer mehr die sonst in diesen Bereichen üblicherweise eingesetzten Produkte. Beispielsweise ist der Siegeszug der Kunststoffverpackungen, wie z.B. die Kunststoffgetränkeflasche nicht mehr aufzuhalten. Auch in Automobilen werden vermehrt Komponenten aus Kunststoff, wie z.B. Spritzwasserbehälter, Kraftstoff-Kunststofftanks, sowie medienführende Teile einge-

30

setzt. Der Hauptvorteil gegenüber den zu diesem Zweck herkömmlich eingesetzten Produkten, wie z.B. der Glasflasche oder dem Behälter aus Metall liegt in ihrem reduzierten Gewicht.

5 Dadurch wird einerseits das Eigengewicht der Nutzfahrzeuge verringert, die mit Motorraumteilen aus Kunststoff ausgestattet sind. Dadurch kann die Zulast bei festgelegtem Gesamtgewicht erhöht werden. Andererseits bedeutet das geringere Gewicht von Verpackungen z.B. Getränke in Kunststoffflaschen, daß dadurch der Treibstoffverbrauch bei ihrem Transport gesenkt werden kann. Um diesen Vorteil
10 noch weiter auszubauen ist vor allem die Industrie daran interessiert, das Gewicht der einsetzbaren Kunststoffprodukte noch weiter zu reduzieren.

Ein weiterer Anstoß für eine Gewichtsreduzierung bei Kunststoffprodukten stellen die aus der Gewichtsreduzierung resultierenden Einsparungen an Wiederverwer-
15 tungskosten dar. Heutzutage muß der größte Teil der Kunststoffprodukte wiederverwertet werden. Da jedoch die Kosten für die Wiederverwertung anhand des Einsatzgewichtes des Kunststoffprodukts errechnet werden, wird vermehrt an einer weiteren Reduzierung des Massengehalts an Kunststoff im Produkt gearbeitet, jedoch unter gleichbleibenden Eigenschaften.

20

Eine Möglichkeit das Gewicht der Kunststoffprodukte zu verringern stellt eine simple Reduzierung der eingesetzten Kunststoffmenge bei der Herstellung eines Produkts dar.

25 Gerade aber unter Verwendung der herkömmlichen Herstellungsmethoden für diese Produkte wirkt sich diese Art der Reduzierung der eingesetzten Masse nachteilig auf z.B. die mechanische Belastbarkeit der Produkte aus; die gefertigten Kunststoffbehälter werden z.B. dünnwandiger und brechen damit häufig schon bei geringer mechanischer Belastung.

30

Eine weitere Möglichkeit der Gewichtsreduzierung kann durch den Einsatz von geschäumten Kunststoffen für die Fertigung dieser Produkte erreicht werden.

Diese Möglichkeit macht zum einen den Zusatz von Treibmitteln zur Schäumung der Kunststoff notwendig. Zum anderen führt die Verarbeitung von geschäumten Kunststoffmassen in den ursprünglich verwendeten Produktionsanlagen häufig zu bisher noch nicht behobenen technischen Problemen.

So wird beispielweise der zuerst aufgeschäumte Kunststoff in vielen Verfahren in einem späteren Verfahrensschritt durch die Verwendung zu hoher Drücke, beispielsweise bei der Formgebung, unter weitgehender Zerstörung seiner Zellstruktur wieder in eine kompakte Form zurückgewandelt. Damit nimmt seine Wandstärke und gleichzeitig seine mechanische Belastbarkeit wieder ab.

Ein weiterer bisher nur unbefriedigend gelöster Nachteil stellt die Wahl des geeigneten Treibmittels zum Aufschäumen des Kunststoffs dar. In den letzten Jahrzehnten wurden aus fertigungstechnischen Gründen immer noch ein großer Teil Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs) als Treibmittel zur Herstellung von Kunststoffschäumen eingesetzt.

20

Da sich jedoch der Verdacht, daß sie zur Vergrößerung des Ozonlochs beitragen in den letzten Jahren erhärtet hat, ist es aus Gründen des Umweltschutzes geboten Treibmittel einzusetzen, deren Beitrag zum Treibhauseffekt möglichst gering ist. Jedoch wirft schon der weitgehende Ersatz von chlorhaltigen Treibmitteln technische Probleme auf. Beispielsweise ist es notwendig, beim Einsatz von Cyclopentan oder Cyclohexan oder Gemischen aus beiden als Treibmittel auch ihre erhöhte Brennbarkeit zu berücksichtigen. Nicht zuletzt ist der im Gegensatz zu FCKWs meist erhöhte Preis für ein geeignetes "umweltfreundlicheres" Treibmittel ein weiterer Punkt, welcher den Bedarf an FCKW-freien Treibmitteln bei der Herstellung von Kunststoffschäumen weiter erhöht.

30

Demgemäß liegt der vorliegenden Erfindung zum einen die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von geschäumten Kunststoffprodukten bereitzustellen, welche durch ihr verringertes Gewicht im Gegensatz zu kompakten Kunststoffprodukten alle oben genannten Vorteil bezüglich der gewichtsreduzierten Kunststoffe auf sich vereinen.

Zum anderen soll durch die vorliegende Erfindung ein Treibmittel für die Herstellung von geschäumten Kunststoffen bereitgestellt werden, welches keine mit den Fluorchlorkohlenwasserstoffen vergleichbare Umweltbelastung darstellt.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung liegt in der Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung von Kunststoffbehältern.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung liegt in der Verwendung des erfindungsgemäßen Treibmittels bei der Herstellung von Kunststoffschäumen.

Überraschenderweise wurde gefunden, daß sich unter Verwendung eines CO₂-generierenden Treibmittels in einem Verfahren zur Herstellung geschäumter Kunststoffprodukte, gewichtsreduzierte Kunststoffgegenstände, beispielsweise Kunststoffhohlkörper, unter weitgehender Beibehaltung ihrer gewünschten Eigenschaften produzieren lassen.

Demgemäß betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von geschäumten Kunststoffgegenständen, wobei ein thermoplastischer Werkstoff mit einem CO₂-generierenden Treibmittel vermischt wird und die Mischung in einem formgebenden Werkzeug ausgeformt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausformen im Werkzeug unter Anlegen eines im Werkzeug anliegenden Vakuums und Druckluft im Inneren des Werkzeugs durchgeführt wird,

sowie ein CO₂-generierendes Treibmittel dadurch gekennzeichnet, daß es wenigstens die Bestandteile Natriumhydrogencarbonat, Mononatriumcitrat und einen als Nuklei-

erungsmittel wirkenden Feststoff umfaßt, wobei die Teilchengröße der einzelnen Bestandteile kleiner oder gleich 40 µm beträgt.

Die erfindungsgemäße Herstellung der geschäumten Kunststoffgegenstände, beispielsweise Kunststoffhohlkörpern geht von einem Kunststoff aus, welcher zusammen mit einem Treibmittel in einem Extruder vermischt und nachfolgend in einem formgebenden Werkzeug durch Anlegen eines äußeren Vakuums und Druckluft im Inneren zum gewünschten Gegenstand ausgeformt wird.

Demgemäß betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung besagter Kunststoffgegenstände, wobei das Vermischen des thermoplastischen Werkstoffs mit dem CO₂-generierenden Treibmittel in einem Extruder erfolgt.

Geschäumte Kunststoffgegenstände sind in der Regel teilweise oder vollständig aus geschäumten Kunststoff hergestellt. Ihre Materialbeschaffenheit ist dadurch gekennzeichnet, daß durch ihren Herstellungsprozess der Kunststoff in einer Art Zellstruktur vorliegt. Dadurch kann sein Gewicht bis zu 20 %, vorzugsweise bis zu 30 % und insbesondere bis zu 50 % gegenüber den gleichen, aber aus kompakten Strukturen aufgebauten Kunststoffgegenständen bei häufig gleichbleibender Steifheit reduziert werden.

Bezüglich der zur Herstellung der geschäumten Kunststoffgegenstände eingesetzte Kunststoffe existieren im Rahmen der Erfindung keine besonderen Beschränkungen. Grundsätzlich sind alle blasfähigen Kunststoffe, die schäumbar sind, insbesondere Thermoplaste einsetzbar.

Als thermoplastische Werkstoffe im erfindungsgemäß beanspruchten Verfahren können u.a. Low Density Polyethylen (LDPE), High Density Polyethylen (HDPE), Linear Low Density Polyethylen (LLDPE), Polyisobutylene (PIB), Polybutadien, Polyethylenterephthalat (PET), PE-Copolymere, Polypropylen (PP), Polyamid (PA), Low Density Polyamid (LDPA), Polystyrol (PS), Styrol-

Copolymere, Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere (ABS), Styrol-Acrylnitril-Copolymere, aber auch Polyvinylchlorid (PVC) hart oder weich, Polyurethane (PUR) oder Polyisocyanurate, Polycarbodiimide, Polymethacrylimide, sowie auch Phenol- u. Harnstoffharze eingesetzt werden.

5 Die im Rahmen der Erfindung bevorzugt eingesetzten thermoplastischen Werkstoffe gehören der Gruppe der Polyolefine, der Polyester und der Polyamide an.

Besonders bevorzugt werden daher die thermoplastischen Werkstoffe High Density Polyethylen (HDPE), Polypropylen (PP), Polyamid (PA), termoplastische
10 Elastomere (TPE), wie z.B. Polyester, besonders bevorzugt werden Polyamid 6 (PA 6), Polyamid 11 (PA 11), Polyamid 12 (PA 12) sowie termoplastische Elastomere (TPE) eingesetzt.

Zur Erzeugung der Zellstruktur des Kunststoffes ist ein Treibmittel erforderlich.
15 Als Treibmittel findet im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine CO₂-generierende Mischung ihren Einsatz, welche wenigstens die Bestandteile Natriumhydrogencarbonat, Mononatriumcitrat und einem als Nucleierungsmittel wirkenden Feststoffe umfaßt, wobei die Teilchengröße der einzelnen Bestandteile vorzugsweise $\leq 40 \mu\text{m}$, weiter bevorzugt $\leq 30 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt $\leq 25 \mu\text{m}$
20 beträgt.

Demgemäß betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von geschäumten Kunststoffgegenständen, wobei das CO₂-generierende Treibmittel wenigstens die Bestandteile Natriumhydrogencarbonat, Mononatriumcitrat und
25 einem als Nucleierungsmittel wirkenden Feststoffe umfaßt, wobei die Teilchengröße der einzelnen Bestandteile kleiner oder gleich $40 \mu\text{m}$ beträgt.

Als Nucleierungsmittel können im Prinzip alle die Feststoffe, welche die Eigenschaft eines Keimbildners erfüllenden verwendet werden.

30

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird die jeweils zu verarbeitende Kunststoffmasse zusammen mit dem CO₂-generierenden Treibmittel in einem Extruder einem Schmelzmischprozess unterworfen.

5

Unter einem Extruder im Rahmen dieser Erfindung wird eine kontinuierlich, fortlaufend arbeitende Fördermaschine, welche unter Druck und Wärme Kunststoffformmassen nicht nur fördern und aufschmelzen, sondern auch verdichten und homogenisieren kann.

10

Ein Extruder besteht in der Regel u.a. aus einer oder mehreren parallel angeordneten Schneckenspindeln ("Schnecken"), welche in einem meist horizontal angeordneten zylindrischen, 8-förmigen oder andersartig an die Schneckenanzahl angepassten Gehäuse umlaufen.

15

Schematisch ist er aus einer Einzugszone in der ein Kunststoff und gegebenenfalls weitere Zusätze wie ein Treibmittel aufgenommen werden, einer Umwandlungszone, in welcher der eingesetzte Kunststoff u.a. aufgeschmolzen wird und einer Austragszone in welcher u.a. die Homogenisierung der Ausgangsmischung vollständig, diese gegebenenfalls verdichtet und mit der richtigen Temperatur
20 ausgestoßen wird, aufgebaut. Alle drei Bereiche können sowohl einzeln als auch zusammen oder auch nur streckenweise durch die üblichen dazu bekannten Methoden sowohl geheizt als auch bei Bedarf gekühlt werden.

25

Um den Mischvorgang im Extruder zu optimieren, enthält er in der Regel zusätzlich zu seinen oben genannten Bestandteilen sogenannte Scher- und Mischteile, welche u.a. Agglomerate und gegebenenfalls noch nicht vollständig aufgeschmolzene Kunststoffreste zerteilen und die Komponenten gleichmäßig verteilen um so die Homogenisierung der Mischung zu verbessern.

30

Im Rahmen einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden diese Scher- und Mischteile so gewählt und angeordnet, daß die Entstehung einer zu hohen Friktionswärme weitgehend vermieden wird. Somit wird der Zersetzung CO₂-generierenden Treibmittels in dieser Verarbeitungsstufe entgegengewirkt und
5 ein weitgehend einwandfreier Schäumungsgrad in der nachfolgenden Verarbeitungsstufe gefördert.

Weiterhin kann ein Extruder der hier in Rede stehenden Art alle dem Fachmann auf diesem Gebiet bekannten und üblichen Zusätze wie z.B. weitere Heiz- und
10 Kühlaggregate, Einspeisöffnungen, Entgasungsschächte, Schmelzfilter usw. bei Bedarf enthalten.

Um eine weitgehend zufriedenstellende Homogenisierung der Masse zu erreichen, wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung bevorzugt mit ≥ 20 -D Extrudern,
15 besonders bevorzugt jedoch mit 24-D Extruder gearbeitet.

Bei der Extrusion der Kunststoffmasse kann der Kunststoff dem Extruder in geschmolzener Form, aber auch als Feststoff zugeführt werden. Als Feststoff kann er als Granulat, Pulver, Krümel oder Mahlgut vorliegen.
20

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Kunststoff bevorzugt als Granulat oder Mahlgut, einzeln oder als eine Mischung aus beiden eingesetzt, besonders bevorzugt wird er jedoch als Granulat eingesetzt.

25 Das Treibmittel kann gleichzeitig mit der Kunststoffmasse zugeführt werden oder im weiteren Verlauf durch geeignete Eintragsöffnungen im Extruder der Kunststoffmasse zudosiert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Treibmittel gleich-
30 zeitig mit dem Kunststoff zugeführt.

Zur Dosierung des Treibmittels wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung mit einer gravimetrischen oder volumetrischen Dosiertechnik gearbeitet. Die gravimetrische Dosiertechnik wird bevorzugt bei der Herstellung dünnwandiger Gegenstände eingesetzt. Die im Rahmen der Erfindung angesetzte Genauigkeit bei der Dosierung des Treibmittels liegt in einem Bereich zwischen 1 und 3 %, bevorzugt zwischen 1, 5 und 3%.

Der Einzug der Kunststoffmasse und gegebenenfalls des zugesetzten Treibmittels ist meist nach wenigen Schneckengängen abgeschlossen. Dann tritt der Kunststoff, wenn er als Feststoff eingesetzt wurde in die Aufschmelz- und Mischzone ein.

Die Temperatur der zuzugebenden Kunststoffmasse, bzw. die Temperatur welche im Extruder vorliegt ist weitgehend abhängig von dem eingesetzte Kunststoff und der Reaktionstemperatur des Treibmittels.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegt die Temperatur der dem Extruder zugeführten Masse, bzw. die im Extruder vorliegende Temperatur der eingesetzten Kunststoffmasse bei einem Wert im Bereich von 180 bis 250°C, bevorzugt im Bereich von 200 bis 230°C, besonders bevorzugt im Bereich von 210 bis 220°C. Dabei wird die Temperatur materialabhängig eingestellt. Bei Verwendung von PA werden beispielsweise Temperaturen bis 250°C, bei PP typischerweise 210 bis 225°C und bei HDPE 180 bis 215°C gefahren. Die jeweils gewählte Temperatur wird mit einer Abweichung von $\pm 2^\circ\text{C}$ über die gesamte Strecke durch den Extruder bis hin zur Austragszone beibehalten.

Das im Rahmen der Erfindung eingesetzte Treibmittel wirkt folgerichtig bei einer Massetemperatur des geschmolzenen Kunststoffmaterials von etwa 180 bis 250°C.

Eine im Rahmen der Erfindung bevorzugte Massetemperatur des geschmolzenen Kunststoffmaterials, bei welcher nach Austritt aus dem Extruder die weitgehend optimale Zersetzung des eingesetzten Treibmittels erreicht wird, liegt im Bereich von 200 bis 220 °C, besonders bevorzugt ist der Bereich von 206 bis 212 °C

5 Diese Temperatur wird von der Masse unmittelbar beim Austritt aus dem Extruder erreicht, so daß das aus dem Extruder über eine Auslassdüse eines Blaskopfes austretende schlauchförmige Material aufschäumt und in diesem Zustand in das formgebende Werkzeug eingeführt wird.

10 Die Konstruktion der Auslassdüsenöffnung kann dem jeweilig durchzuführenden Material und den gewünschten Formerfordernissen angepaßt werden. Sie unterscheiden sich durch die Gestalt ihres Fließkanals. Beispielhaft sind hier zu nennen PWDS-Düsen (Partielle-Wanddicken-Steuerungs-Düsen), ovalisierende oder run-

15 de Düsen.

Die Extruderauslassöffnung und das formgebende Werkzeug können über ein Verbindungselement verbunden sein. Die Extruderauslassöffnung ist weitgehend so gestaltet, daß es den Aufschäumvorgang nicht behindert. Der Aufschäumvor-

20 gang kann bei Eintritt der extrudierten schlauchförmigen Masse in ein formgebendes Werkzeug schon weitgehend, bevorzugter Weise schon vollständig abgeschlossen sein.

Wird die schlauchförmige Masse vollständig von dem formgebenden Werkzeug

25 umschlossen, kann das gefangene Schlauchstück abgequetscht und im Werkzeug weiter ausgeformt werden. Das Abquetschen kann jedoch auch noch während oder nach dem Ausformungsvorgang vorgenommen werden.

Nach Beendigung des Ausformungsvorgangs und Abkühlung des hergestellten

30 Kunststoffgegenstandes kann der sich noch vom Abquetschvorgang vorhanden

Rest (Butzen) am Kunststoffgegenstand mit Hilfe einer Stanzvorrichtung abgetrennt werden.

Die Innenwände des formgebenden Werkzeugs sind entsprechend den Formerfordernissen des Endprodukts ausgeformt. Durch die während des Ausformungsvorgangs im Inneren des Werkzeugs herrschenden Bedingungen wird die eingebrachte geschäumte schlauchförmige Masse durch das Anpressen an die Innenwände des Werkzeugs in die gewünschte Form gebracht.

10 Ist der Formungsvorgang abgeschlossen kann das Werkzeug geöffnet und das fertige Produkt entnommen werden.

In diesem Verfahren können sowohl nur einmal zu benutzende Werkzeugformen als auch Dauerformen genutzt werden.

15 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden bevorzugt Dauerformen, welche häufig keinem nennenswerten Verschleiß unterliegen, eingesetzt, so daß sie sich zur Serienproduktion des gewünschten Gegenstandes eignen.

20 Sie werden aus den dafür üblichen und dem Fachmann auf diesem Gebiet bekannten Materialien hergestellt.

Ebenfalls möglich ist es, daß die Innenwände des formgebenden Werkzeugs vor dem Einbringen der geschäumten schlauchförmigen Masse mit einem Material ausgekleidet werden, welches sich weder mit der Innenwand des formgebenden Werkzeugs, noch mit der eingeführten Produktmasse dauerhaft verbindet, z.B. feinkörniger binderfreier Sand.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird jedoch bevorzugt ohne vorheriges Auskleiden der Werkzeuginnenwand gearbeitet.

Zusätzlich zu der üblichen und dem Fachmann auf diesem Gebiet geläufigen Ausstattung, wie Kühl- oder Heizvorrichtungen ist das formgebende Werkzeug sowohl mit einer Drucklufttechnik als auch mit einer Vakuumtechnik ausgestattet. Im Rahmen der Erfindung werden beide Techniken nebeneinander eingesetzt, 5 wodurch der Ausformungsvorgang weitgehend optimiert wird.

Das Vakuum wird mit den dafür üblichen Vakuumpumpen erzeugt und liegt über die sich an geeigneten Stellen des Werkzeugs befindlichen Vakuumböhrungen am Werkzeug an.

10 Geeignete Stellen befinden sich immer da, wo nach Einbringen der schlauchförmigen geschäumten Masse bzw. beim Anpressen dieser an die ausgeformte Innenwand des Werkzeugs Luftpinschlüsse bleiben, wie beispielsweise im Schulter- oder Bodenbereich einer Flasche. Diese Luftpinschlüsse könnten bei ihrem 15 Verbleib während des Ausformvorgangs zu Fehlstellen, wie Eindellungen in den Begrenzungsflächen des Endprodukts führen. Durch das gezielte Anlegen eines Vakuums an diesen Stellen wird die dort befindliche Luft abgeföhrt. Somit wird die Bildung derartiger Fehlstellen weitgehend vermieden und auch der Anpressdruck der Masse an die Innenwand des Werkzeugs weiter verbessert.

20 Im Rahmen einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung liegt das während des Ausformungsvorgangs im Werkzeug anliegende Vakuum in einem Bereich von - 0,6 bis - 0,8 bar.

25 Demgemäß betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von geschäumten Kunststoffgegenständen, wobei das in dem Werkzeug anliegende Vakuum in einem Bereich von - 0,6 bis - 0,8 bar liegt.

Weiterhin kann der Anpressdruck während des Ausformungsvorgang durch Einpressen von Druckluft über einen entsprechend angebrachten Blaskanal, bei- 30 spielsweise eines Blasdorns, in die Form maßgebend unterstützt.

Der Blasdorn ist so angebracht, daß er den in das formgebende Werkzeug eingeführten Schlauch aus aufgeschäumten Kunststoff von innen aufbläst und so gegen die Innenwände des Werkzeugs presst.

5 Für eine weitgehend vollständige Anpressung der aufgeschäumten Masse an die Innenwand des Werkzeugs, durch welche eine weitgehend fehlerfreie Formung der Masse zum gewünschten Gegenstand erst möglich wird, ist es notwendig, daß die Druckluft während des gesamten Ausformungsvorgang im Inneren des Werkzeuges anliegen.

Um weiterhin auch eine weitgehend gleichmäßige Stärke der einzelnen Begrenzungsflächen im Endprodukts zu erreichen ist es notwendig, das die anliegende Druckluft über den gesamten Ausformungsvorgang im Werkzeug weitgehend konstant ist. Dieses wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung durch den Einsatz einer Proportionalventiltechnik erreicht. Diese ermöglicht es beispielsweise einen auf z.B. 0,7 bar eingestellten Blasdruck über die gesamte Dauer des Ausformungsvorgangs weitgehend konstant zu halten.

20 Demgemäß betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von geschäumten Kunststoffgegenständen, wobei der im Werkzeug durch die Druckluft erzeugte Innendruck unter Verwendung einer Proportionalventiltechnik weitgehend konstant gehalten wird.

25 Die Proportionalventiltechnik unterscheidet sich im Wesentlichen von den bisher üblicher Weise eingesetzten einfachen Pneumatiktechniken dadurch, daß die zum Einsatz kommenden Druckregelventile die stufenlose Verstellung eines pneumatischen Drucks ermöglichen. Ein weiterer Vorteil dieser Technik liegt darin, daß sich mögliche Druckschwankungen im Außenbereich nicht auf den Blasdruck auswirken können, sondern dieser, wie oben beschrieben, weitgehend konstant gehalten werden kann.

30

Die im Rahmen der vorliegenden Erfindung anliegende Druckluft wird je nach verwendeten Kunststoff auf einen Wert, ausgewählt aus dem Bereich von 0,5 bis 2 bar, vorzugsweise von 0,5 bis 1,5 bar eingestellt. In diesem Druckbereich besteht auch weitgehend keine Gefahr, die vorteilhafte Zellstruktur der Begrenzungsflächen des Endprodukts zu zerstören.

Demgemäß betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von geschäumten Kunststoffgegenständen, wobei der im Werkzeug erzeugte Innendruck auf einen Wert, ausgewählt aus dem Bereich von 0,5 bis 1,5 bar, eingeregelt wird.

Nach Beendigung des Ausformungsvorgangs und Erreichen der Formstabilität durch Abkühlen des Produkts kann dieses dem Werkzeug entnommen werden.

Das Abkühlen kann zum einen durch die im Inneren der Form anliegende Druckluft erreicht werden. Zum anderen kann auch durch das anliegende Vakuum das Abführen der Wärme und damit der Abkühlungsvorgang beschleunigt werden. Dadurch kann die Zykluszeit, d.h. die Zeit die zur Herstellung eines Produktes aufgewendet werden muß herabgesetzt werden (siehe auch Tabelle 1). Hierdurch wiederum kann die Anzahl der gefertigten Produkte pro Zeiteinheit erhöht und somit eine weitgehend günstigere Ausnutzung Anlagenkapazitäten erreicht werden.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von geschäumten Kunststoffgegenständen, wobei der im Werkzeug erzeugte Innendruck auf einen Wert, ausgewählt aus dem Bereich von 0,5 bis 1,5 bar, eingeregelt wird. Nach Beendigung des Ausformungsvorgangs und Erreichen der Formstabilität durch Abkühlen des Produkts kann dieses dem Werkzeug entnommen werden. Das Abkühlen kann zum einen durch die im Inneren der Form anliegende Druckluft erreicht werden. Zum anderen kann auch durch das anliegende Vakuum das Abführen der Wärme und damit der Abkühlungsvorgang beschleunigt werden. Dadurch kann die Zykluszeit, d.h. die Zeit die zur Herstellung eines Produktes aufgewendet werden muß herabgesetzt werden (siehe auch Tabelle 1). Hierdurch wiederum kann die Anzahl der gefertigten Produkte pro Zeiteinheit erhöht und somit eine weitgehend günstigere Ausnutzung Anlagenkapazitäten erreicht werden.

Tabelle1: Verkürzung einiger typischer Zykluszeiten bei der Verarbeitung verschiedener Kunststoffe mit dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Kunststoff	Zykluszeitverkürzung
HDPE	10 bis 25 %
PP	10 bis 25 %
PA	10 bis 30 %
TPE	10 bis 25 %

5

Das Endprodukt verfügt durch den parallelen Einsatz der Vakuum- und Proportionalventiltechnik während des Ausformungsvorgangs über weitgehend optimal geschäumte und gleichmäßig ausgebildete Begrenzungsflächen. Durch deren Zellstruktur ist das fertige Produkt typischerweise nicht nur bis zu 50 % leichter, sondern u.a. auch weitgehend stoßunempfindlicher als die Produkte welche durch die bisher eingesetzte Verfahren hergestellt wurden.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch geschäumte Kunststoffgegenstände, insbesondere Kunststoffhohlkörper, welche durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellt werden, sowie ihre bevorzugte Verwendung in der Automobilbranche, als auch in der Verpackungsbranche und in die Elektrogerätebranche.

Die vorliegende Erfindung betrifft ebenfalls die Verwendung des im Rahmen dieser Patentanmeldung beschriebenen CO₂-generierenden Treibmittels bei der Herstellung von Kunststoffschäumen über andere als das mit dieser Patentanmeldung beanspruchte Herstellungsverfahren.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung die Verwendung des mit dieser Patentanmeldung beanspruchten erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung von Kunststoffbehältern aller Art.

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Herstellung von geschäumten Kunststoffgegenständen, wobei ein thermoplastischer Werkstoff mit einem CO₂-generierenden Treibmittel vermischt wird und die Mischung in einem formgebenden Werkzeug ausgeformt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausformen im Werkzeug unter Anlegen eines im Werkzeug anliegenden Vakuums und
10 Druckluft im Inneren des Werkzeugs durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das CO₂-generierende Treibmittel wenigstens die Bestandteile Natriumhydrogencarbonat, Mononatriumcitrat und einen als Nukleierungsmittel wirkenden
15 Feststoff umfaßt, wobei die Teilchengröße der einzelnen Bestandteile kleiner oder gleich 40 µm beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2 dadurch gekennzeichnet, daß als Nukleierungsmittel wirkender Feststoff Kreide, Talkum, Metalloxide, Siliziumdioxid und Farbpigmente eingesetzt werden.
20
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Vermischen des thermoplastischen Werkstoffs mit dem CO₂-generierenden Treibmittel in einem Extruder erfolgt.
25
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das in dem Werkzeug anliegende Vakuum in einem Bereich von - 0,6 bis - 0,8 bar liegt.
- 30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der im Werkzeug durch die Druckluft erzeugte Innendruck

unter Verwendung einer Proportionalventiltechnik weitgehend konstant gehalten wird.

- 5 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der im Werkzeug erzeugte Innendruck auf einen Wert, ausgewählt aus dem Bereich von 0,5 bis 1,5 bar, eingeregelt wird.
8. Geschäumte Kunststoffgegenstände, dadurch gekennzeichnet, daß sie durch ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 herstellbar sind.
- 10 9. Verwendung der geschäumten Kunststoffgegenstände gemäß Anspruch 8 in der Automobilbranche, Verpackungsbranche, sowie Elektrogerätebranche.
- 15 10. Verwendung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Herstellung von Kunststoffbehältern aller Art.
- 20 11. CO₂-generierendes Treibmittel dadurch gekennzeichnet, daß es wenigstens die Bestandteile Natriumhydrogencarbonat, Mononatriumcitrat und einen als Nukleierungsmittel wirkenden Feststoff umfaßt, wobei die Teilchengröße der einzelnen Bestandteile kleiner oder gleich 40 µm beträgt.
- 25 12. Verwendung des CO₂-generierenden Treibmittels gemäß Anspruch 11 als Treibmittel bei der Herstellung von Kunststoffschäumen.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

EU/EP 01/08510

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 B29C49/00 B29C44/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 B29C A61K C04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 256 021 A (ASAHI DOW LTD) 25 July 1975 (1975-07-25) the whole document	1,7
A	CH 613 399 A (BUEHLER AG GEB) 28 September 1979 (1979-09-28) claim 1	1
A	US 5 895 615 A (HIRATA YUTAKA ET AL) 20 April 1999 (1999-04-20) the whole document	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30 June 1999 (1999-06-30) & JP 11 079809 A (SUMITOMO METAL MINING CO LTD), 23 March 1999 (1999-03-23) abstract	1-3,11
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 November 2001

Date of mailing of the international search report

04/12/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Devillers, E