

Verfahren zur Herstellung von beschichteten Formkörpern

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von beschichteten Formkörpern mit ganz oder teilweise strukturierten Oberflächen. Des Weiteren

5 beschreibt die vorliegende Erfindung eine Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens.

Thermoplastische Kunststoff-Formmassen, die beispielsweise auf Polymethylmethacrylat (PMMA) basieren können, werden
10 für verschiedenste Anwendungen eingesetzt. Hierzu werden die Massen zu Formteilen extrudiert oder spritzgegossen.

Die Formteile werden heutzutage vielfach zur Herstellung von stark beanspruchten Teilen eingesetzt, wie
15 beispielsweise verschiebbare Teile (Automobil im Innen- und Außenbereich, Abdeckungen von elektronischen Geräten wie Handy-, Computer-, Organizer, MP3 - Player- oder Fernseher-abdeckungen), gedeckt eingefärbte Anbauteile (z.B. in der Automobilindustrie: Außenspiegel, Säulenverkleidungen,
20 Spiegeldreiecke) oder gedeckt eingefärbte Gebrauchsgegenstände. Die Oberfläche der so eingesetzten Formteile neigt aufgrund der hohen Beanspruchung zur Ausbildung von Kratzern, die optisch vielfach nicht akzeptabel sind. Hierbei sind Formkörper, die über
25 Spritzguss hergestellt wurden, besonders kratzempfindlich. Darüber hinaus können weitere Eigenschaften der Formkörper durch eine Modifikation der Oberfläche verändert werden. Beispielsweise kann ein Formkörper mit einer hydrophoben oder hydrophilen Beschichtung versehen werden, um
30 beispielsweise die Benetzbarkeit mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten zu verändern. Weiterhin kann die Oberfläche eines Formkörpers verspiegelt oder reflexionsmindernd

ausgestaltet werden. Darüber hinaus können diese Formkörper auch schmutzabweisende oder antibakterielle Eigenschaften aufweisen, die vielfach durch eine Modifikation der Oberfläche erzielt werden.

5

Zur Verbesserung der Kratzfestigkeit, zur Modifikation der Hydrophobie/Hydrophilie der Oberfläche, der Reflexionseigenschaften sowie zur Ausstattung der Oberflächen mit antimikrobiellen und/oder

10

schmutzabweisenden Eigenschaften können die zuvor dargelegten Formkörper mit Lackschichten versehen werden. Allerdings ist das klassische Aufbringen von Reaktivlacken relativ aufwendig und somit teuer.

15

Aus diesem Grund wurden bereits Verfahren entwickelt, durch die eine Kratzfestschicht relativ kostengünstig mittels Spritzgussverfahren auf die Formkörper aufgebracht werden kann. Beispielsweise beschreiben die Druckschriften JP 11300776 und JP 2005074896 Spritzgussverfahren, bei

20

welchen ein Formkörper mit einer Kratzfestschicht erhalten wird.

Die Druckschrift JP 11300776 (Dainippon Toryo, 1998) beschreibt einen zweistufigen RIM-Prozess. Zuerst wird durch Metathese-RIM von Dicyclopentadien ein Formkörper erhalten. Nach dem Aushärten wird der bewegliche Teil des RIM-Werkzeugs zurück gefahren, so dass ein definierter Spalt zwischen Formkörper und Form entsteht. In diesen Spalt wird in einem zweiten RIM-Prozess ein Coating-

25

30

Material eingespritzt, das aus acrylfunktionalisierten Urethanoligomeren, Styrol, Diacrylatvernetzern sowie ggf. Füllstoffen und Pigmenten (TiO_2 , Talkum) besteht und bei 95°C für 2min radikalisch ausgehärtet wird.

- Das Dokument JP 2005074896 (Toyota Motor Corp.; Dainippon Toryo Co.) beschreibt ebenfalls einen RIM-Prozess. In einem ersten konventionellen Spritzgusschritt wird ein
- 5 Kunststoff, insbesondere Polycarbonat (PC) zu einem flächigen Formteil verarbeitet. Das Werkzeug öffnet sich anschließend um einen geringen Spalt und binnen weniger Sekunden wird eine Reaktivlösung aus
- 10 acrylatfunktionalisierten Urethanoligomeren, Acrylatvernetzern, Inhibitoren und einem organischen Peroxidinitiator eingespritzt und ausgehärtet. Bei 95°C ist die Aushärtung nach wenigen Sekunden vollständig und nach 90s wird der Verbundkörper entformt. Er weist eine gute Kratzfestigkeit, Verbundhaftung, Temperaturwechsel- und
- 15 Warmwasserwechselbeständigkeit auf. Zwingend in allen Ansprüchen ist die Anwesenheit eines Urethanoligomers, das aus Isophorondiisocyanat- oder Bis(isocyanocyclohexyl)methan-Bausteinen aufgebaut ist.
- 20 Die zuvor dargelegten Formkörper weisen bereits gute Eigenschaften auf. Allerdings ist die Herstellung zeitintensiv, so dass das Verfahren insgesamt teuer ist. Eine vorzeitige Polymerisation des Reaktivgemischs in der Spritzgussvorrichtung stellt ein weiteres Problem des in
- 25 den Druckschriften JP 11300776 und JP 2005074896 beschriebenen Spritzgussverfahrens dar, so dass kurze Taktzeiten durch diese Verfahren in einer Massenproduktion kaum zu erzielen sind.
- 30 Darüber hinaus treten vielfach Probleme mit den Standzeiten der Anlage auf, da die Spritzgussformen vielfach nicht ausreichend dicht gegenüber den Reaktivgemischen sind, so

dass diese mit beweglichen Teilen der Anlage in Berührung kommen können.

Die zuvor dargelegten langen Taktzeiten können weiterhin zu
5 Qualitätsproblemen der hergestellten Formkörper führen.
Hierzu ist festzuhalten, dass die Formmassen in den
Spritzgussvorrichtungen einer thermischen Belastung
unterliegen, die zu einem Abbau der Polymere führen kann.
Hierdurch können sich beispielsweise die mechanischen und
10 optischen Eigenschaften der Formmassen, wie z.B. die Farbe,
und hierdurch auch die der Formkörper ändern.

Für bestimmte Anwendungen ist es von Vorteil, wenn die
Oberfläche strukturiert ist. Die Herstellung von
15 strukturierten Oberflächen mittels Spritzgusstechnik ist
bekannt. Hierbei wird in der Spritz-Prägetechnik von einem
Werkzeug, das mit der entsprechenden Struktur versehen ist,
die Struktur im polymeren Trägermaterial abgebildet.
Nachteilig ist die Abnutzung der im Polymermaterial
20 eingepprägten Strukturen während des Gebrauchs, bzw. durch
Reinigungsvorgänge.

Wie oben beschrieben können diese strukturierten Formkörper
nachträglich beispielsweise mit einer Kratzfestbeschichtung
25 versehen werden. Die nachträglich aufgebrachte Beschichtung
führt jedoch zum Verlust der Struktur.

Um dem entgegen zu wirken, kann in einem nachgeschalteten
Prägeschritt die Struktur in die Kratzfestbeschichtung
geprägt werden.

30 Mit diesen zusätzlichen Verfahrensschritten werden die
Fertigungskosten erheblich erhöht.

Weiterhin besteht ein dauerhaftes Bestreben, die Kratzfestigkeit und die Witterungsstabilität der so erhaltenen Formkörper zu verbessern. Darüber hinaus besteht das Bedürfnis ein Verfahren zur Oberflächenmodifikation von Formkörpern anzugeben, durch welches die Oberflächeneigenschaften von Formkörpern an unterschiedlichste Vorgaben angepasst werden kann. So sollte das Verfahren insbesondere die Herstellung von hydrophoben oder hydrophilen Beschichtung ermöglichen, um beispielsweise die Benetzbarkeit mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten zu verändern. Darüber hinaus sollte das Verfahren eine Verspiegelung oder eine Reflexionsminderung der Oberfläche ermöglichen. Des Weiteren sollte der Formkörper mit schmutzabweisenden oder antibakteriellen Eigenschaften ausgestaltet werden können.

Aufgabe

In Anbetracht des Standes der Technik war es nun Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung von beschichteten Formkörpern zur Verfügung zu stellen, das einfach und kostengünstig durchgeführt werden kann. Hierbei sollte der Formkörper mit möglichst kurzen Taktzeiten und, insgesamt gesehen, unter relativ geringem Energieverbrauch erhalten werden.

Darüber hinaus war es Aufgabe, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem die Formkörperoberfläche sowohl in Hinblick auf technische Aspekte, wie auch in Hinblick auf das optische Erscheinungsbild sehr variabel gestaltet werden kann.

- Weiterhin sollten durch das Verfahren Formkörpern mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften erhalten werden können. Insbesondere sollten die Formkörper eine hohe Kratzfestigkeit und Härte zeigen. Darüber hinaus sollten
- 5 die beschichteten Formkörper eine hohe Witterungs- und Chemikalienbeständigkeit aufweisen. Darüber hinaus sollte das Verfahren Formkörper mit einer hohen Präzision und gleich bleibend hoher Qualität herstellen können.
- 10 Darüber hinaus sollte das Verfahren eine möglichst hohe Standzeit einer Spritzgussanlage ermöglichen.

Lösung

- 15 Die Aufgaben wurden gelöst durch ein neuartiges Verfahren, mittels dessen beschichtete Formkörper mit strukturierten und multifunktionalen Oberflächen neben Hochganzoberflächen hergestellt werden können. Insbesondere können Formkörper hergestellt werden, die
- 20 multifunktionale nanostrukturierte Oberflächen und multifunktionale Hochganzoberflächen aufweisen. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass es in nur einem geschlossenen Werkzeug durchgeführt wird. Das Herstellungsverfahren ist u.a. die Kombination
- 25 eines Spritzgussverfahrensschritts und eines anschließenden Expansions-Flutungs-Prägeprozessschritts. Besonders an dem erfindungsgemäßen Verfahren ist, dass es ohne Werkzeugwechsel durchgeführt wird.
- 30 Unter multifunktionalen Oberflächen wird im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung die vielfach variable Ausgestaltung der Beschichtung, z.B. mit Additiven,

umschrieben. Erfindungsgemäß werden Formkörpern mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften durch das erfindungsgemäße Verfahren erhalten. Insbesondere können die Formkörper durch die erfindungsgemäß aufgebraachte

- 5 Beschichtung eine hohe Kratzfestigkeit und Härte zeigen. Darüber hinaus können die Oberflächeneigenschaften von Formkörpern durch auf eine Vielzahl unterschiedlicher Anforderungen angepasst werden. So kann das Verfahren insbesondere zur Herstellung von hydrophoben oder
- 10 hydrophilen Beschichtung dienen, um beispielsweise die Benetzbarkeit mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten zu verändern. Darüber hinaus kann eine Verspiegelung oder eine Reflexionsminderung der Oberfläche erzielt werden. Des Weiteren kann ein Formkörper durch das erfindungsgemäße
- 15 Verfahren mit schmutzabweisenden oder antibakteriellen Eigenschaften ausgestaltet werden. Darüber hinaus weisen die beschichteten Formkörper eine hohe Witterungs- und Chemikalienbeständigkeit auf. Weiterhin können durch das Verfahren Formkörper mit einer hohen Präzision und gleich
- 20 bleibend hoher Qualität hergestellt werden. So zeigen Formkörper, die gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlich sind, im Wesentlichen keine Risse oder ähnliche Mängel. Weiterhin zeigen diese Formkörper eine hohe Oberflächengüte.

25

Im Einzelnen umfasst das erfindungsgemäße Verfahren folgende Prozessschritte:

- 1.) Eine Formmasse wird bei einer Temperatur zwischen 220 und 330 °C in eine an der Innenoberfläche ganz
- 30 oder teilweise strukturierten Spritzgussform gespritzt und unter Erhalt eines Formkörpers auf die Entformungstemperatur der Formmasse, bevorzugt auf 70 bis 90 °C abkühlt.

2.) Die Spritzgussform wird so verändert, dass ein Zwischenraum mit einer Dicke zwischen 2 und 500 μm , bevorzugt zwischen 5 und 80 μm , zwischen zu
5 beschichtender Oberfläche des Formkörpers und der Innenoberfläche der Spritzgussform entsteht.

3.) Der entstandene Zwischenraum wird durch
10 Liquideinspritzung ganz oder teilweise mit einem Reaktivgemisch gefüllt.

4.) Die Form wird wieder geschlossen und innerhalb von maximal 20 Sekunden, bevorzugt in einem Zeitraum zwischen 5 und 8 Sekunden auf eine Temperatur zwischen
15 80 und 140 °C, bevorzugt zwischen 100 und 140 °C, aufgeheizt.

5.) Die Form wird abschließend wieder abgekühlt,
20 geöffnet und der beschichtete Formkörper entnommen.

In einer optionalen Ausführungsform wird vor der Liquideinspritzung des Prozessschrittes 3.) die Kavität durch eine andere ersetzt. Das heißt, dass die
25 Liquidspitzung des Formkörpers in Prozessschritt 1.) und der Beschichtung des Prozessschrittes 3.) mit unterschiedlichen Kavitäten durchgeführt werden. Bevorzugt werden die dazu benötigten Maschinenteile durch einen Schiebetisch ersetzt.

30

Bei dem Reaktivgemisch des Prozessschrittes 3.) handelt es sich um eine Formulierung, enthaltend mindestens 40 Gew-% eines Di(meth)acrylats, mindestens 10 Gew-% eines Tri-,

Tetra- oder Penta(meth)acrylats, und 0,01 Gew-% bis 3,0 Gew-% eines thermischen Initiators.

Optional können auch 0,05 Gew-% bis 0,2 Gew-% eines Gleitmittels enthalten sein. Bevorzugt wird das

- 5 erfindungsgemäße Verfahren jedoch ohne Gleitmittel durchgeführt. Überraschend wurde gefunden, dass die Wandhaftung nach der Vernetzung auch ohne in der Reaktivmischung enthaltende Gleitmittel und ohne Formtrennmittel ausreichend gering ist. Damit kann der
- 10 Formkörper rückstandsfrei entnommen kann.

Besondere Vorteile werden insbesondere mit

Reaktivgemischen erzielt, die mindestens 40 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 60 Gew.-% an vernetzenden

- 15 (Meth)acrylaten mit zwei Doppelbindungen, bezogen auf das Gesamtgewicht des Reaktivgemischs, aufweisen. Der Begriff „Doppelbindung“ bezeichnet insbesondere Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen, die radikalisch polymerisierbar sind. Zu diesen gehören insbesondere
- 20 (Meth)acrylate, die sich von ungesättigten Alkoholen ableiten, wie z. B. 2-Propinyl(meth)acrylat, Allyl(meth)acrylat, Vinyl(meth)acrylat, sowie (Meth)acrylate, die sich von Diolen oder höherwertigen Alkoholen ableiten, wie z.B. Glycoldi(meth)acrylate, wie
- 25 Ethylenglycoldi(meth)acrylat, Diethylenglycoldi(meth)acrylat, Triethylenglycoldi(meth)acrylat, Tetra- und Polyethylenglycoldi(meth)acrylat, 1,3-Butandiol(meth)acrylat, 1,4-Butandiol(meth)acrylat, 1,6-
- 30 Hexandiol(meth)acrylat, Glycerindi(meth)acrylat und Diurethandimethacrylat.

Besonders bevorzugte (Meth)acrylate mit mindestens zwei Doppelbindungen sind insbesondere 1,6-Hexandioldiacrylat, Trimethylolpropantriacrylat, Pentaerythrittetraacrylat und Dipentaerythritpentaacrylat.

5

Zusätzlich enthält das Reaktivgemisch mindestens ein (Meth)acrylat mit drei oder mehr Doppelbindungen.

Vorzugsweise beträgt der Anteil an (Meth)acrylaten mit drei oder mehr Doppelbindungen mindestens 10 Gew.-%, besonders

10 bevorzugt mindestens 25 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht des Reaktivgemischs.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform umfasst das Reaktivgemisch vorzugsweise 1,6-Hexandioldiacrylat,

15 Trimethylolpropantriacrylat und/oder

Pentaerythrittetraacrylat. Von besonderem Interesse sind insbesondere Reaktivgemische, die

Trimethylolpropantriacrylat und Pentaerythrittetraacrylat umfassen, wobei das Gewichtsverhältnis von

20 Trimethylolpropantriacrylat zu Pentaerythrittetraacrylat vorzugsweise im Bereich von 10:1 bis 1:10, bevorzugt im Bereich von 5:1 bis 1:5, insbesondere bevorzugt im Bereich von 3:1 bis 1:3 und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 2:1 bis 1:2 liegen kann.

25

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung umfasst das Reaktivgemisch vorzugsweise Trimethylolpropantriacrylat und 1,6-Hexandioldiacrylat, wobei das Gewichtsverhältnis von Trimethylolpropantriacrylat zu 1,6-Hexandioldiacrylat

30 vorzugsweise im Bereich von 10:1 bis 1:10, bevorzugt im Bereich von 5:1 bis 1:5, insbesondere bevorzugt im Bereich von 3:1 bis 1:3 und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 2:1 bis 1:2 liegen kann.

Von besonderem Interesse sind weiterhin Reaktivgemische, die vorzugsweise Pentaerythrittetraacrylat und 1,6-Hexandioldiacrylat umfassen. Zweckmäßig kann das

- 5 Gewichtsverhältnis von Pentaerythrittetraacrylat zu 1,6-Hexandioldiacrylat im Bereich von 10:1 bis 1:10, bevorzugt im Bereich von 5:1 bis 1:5, insbesondere bevorzugt im Bereich von 3:1 bis 1:3 und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 2:1 bis 1:2 liegen.

10

Reaktivgemische, die Pentaerythrittetraacrylat und/oder Trimethylolpropantriacyrat umfassen, zeigen überraschend eine besonders hohe Kratzfestigkeit, die insbesondere mit dem Anteil an Pentaerythrittetraacrylat zunimmt.

- 15 Reaktivgemische, die 1,6-Hexandioldiacrylat und/oder Trimethylolpropantriacyrat umfassen, zeigen eine besonders hohe UV-Stabilität, die insbesondere durch den Xenontest bestimmt werden kann. So behalten Mischungen mit einem hohen Anteil an 1,6-Hexandioldiacrylat auch nach einer
- 20 Xenonbestrahlung eine hohe Kratzfestigkeit gemäß dem Reibradtest bei.

Die Kratzfestigkeit der Beschichtung ist unter anderem abhängig von der Anzahl an polymerisierbaren

- 25 Doppelbindungen, bezogen auf das Gewicht des Gemischs. Je höher dieser Anteil, desto höher die Kratzfestigkeit, die die Beschichtung erzielen kann. Vorzugsweise kann das Reaktivgemisch dementsprechend mindestens 1 Mol an Doppelbindung pro 120 g Reaktivgemisch, besonders bevorzugt
- 30 mindestens 1 Mol an Doppelbindung pro 105 g Reaktivgemisch aufweisen. Hierbei kann die Kratzfestigkeit insbesondere durch die Verwendung von (Meth)acrylaten mit drei oder mehr Doppelbindungen gesteigert werden.

Zur Härtung umfasst das Reaktivgemisch mindestens einen Initiator, durch den die Monomere radikalisch polymerisiert werden können. Hierbei werden thermische Initiatoren
5 eingesetzt, die durch Wärmeeinwirkung Radikale bilden.

Geeignete thermische Initiatoren sind unter anderem Azoverbindungen, Peroxyverbindungen, Persulfatverbindungen oder Azoamidine. Nicht limitierende Beispiele sind
10 Dibenzoylperoxid, Dicumolperoxid, Cumolhydroperoxid, Diisopropylperoxidicarbonat, Bis(4-tert-butylcyclohexyl)peroxidicarbonat, Dikaliumpersulfat, Ammoniumperoxidisulfat, 2,2'-Azobis(2-methylpropionitril) (AIBN), 2,2'-Azobis-(isobuttersäureamidin)hydrochlorid,
15 Benzpinakol, Dibenzylderivate, Methylethylenketonperoxid, 1,1-Azobiscyclohexancarbonitril, Methylethylketonperoxid, Acetylacetanperoxid, Dilaurylperoxid, Didecanoylperoxid, tert.-Butylper-2-ethylhexanoat, Ketonperoxid, Methylisobutylketonperoxid, Cyclohexanonperoxid,
20 Dibenzoylperoxid, tert.-Butylperoxybenzoat, tert.-Butylperoxyisopropylcarbonat, 2,5-Bis(2-ethylhexanoylperoxy)-2,5-dimethylhexan, tert.-Butylperoxy-2-ethylhexanoat, tert.-Butylperoxy-3,5,5-trimethylhexanoat, tert.-Butylperoxyisobutytrat, tert.-Butylperoxyacetat,
25 Dicumylperoxid, 1,1-Bis(tert.-butylperoxy)cyclohexan, 1,1-Bis(tert.-butylperoxy)3,3,5-trimethylcyclohexan, Cumylhydroperoxid, tert.-Butylhydroperoxid, Bis(4-tert.-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat, sowie die von der Firma DuPont unter dem Namen Vazo®, beispielsweise
30 ®Vazo V50 und ®Vazo WS erhältlichen Radikalbildner.

Zweckmäßig kann das Reaktivgemisch 0,01 Gew.-% bis 3 Gew.-%, vorzugsweise 0,1 Gew.-% bis 2,5 Gew.-% und besonders bevorzugt 0,5 Gew.-% bis 1,5 Gew.-% thermischen
5 Initiator, bezogen auf das Gewicht des Reaktivgemischs, umfassen.

Wie bereits erläutert kann das Reaktivgemisch optional ein Gleitmittel umfassen. Hierdurch gelingt es je nach
10 Zusammensetzung die Entformbarkeit des beschichteten Formkörpers zu verbessern, ohne dass die Haftfestigkeit auf kritische Werte herabgesetzt werden würde. Als Hilfsstoffe können demnach Gleitmittel, z. B. ausgewählt aus der Gruppe der Polysiloxane, der gesättigten Fettsäuren mit weniger
15 als C₂₀, bevorzugt C₁₆ bis C₁₈ Kohlenstoffatomen oder der gesättigten Fettalkohole mit weniger als C₂₀, bevorzugt C₁₆ bis C₁₈ Kohlenstoffatomen enthalten sein. Bevorzugt sind geringe Mengenanteile von höchstens 0,25, z. B. 0,05 bis 0,2 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht des Reaktivgemischs
20 enthalten. Geeignet sind z. B. Stearinsäure, Palmitinsäure, technische Gemische aus Stearin- und Palmitinsäure. Zweckmäßig sind darüber hinaus Polysiloxane, die acryliert sind, wie zum Beispiel 13/6/ ω 2-Hexylacrylsiloxan, wobei diese Verbindung beispielsweise unter der
25 Handelsbezeichnung RC 725 von der Fa. Goldschmidt GmbH erhalten werden kann. Polysiloxane können auch in höheren Mengen eingesetzt werden. Zweckmäßig sind beispielsweise Anteile von höchstens 10 Gew.-%, bevorzugt von höchstens 1 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt von höchstens 0,5
30 Gew.-%. Weiterhin geeignet sind z. B. n-Hexadecanol, n-Octadecanol, sowie technische Gemische aus n-Hexadecanol und n-Octadecanol. Ein besonders bevorzugtes Gleitmittel ist Stearylalkohol.

Weiterhin kann das Reaktivgemisch übliche Additive, wie Farbmittel, Pigmente, beispielsweise Metallic-Pigmente, UV-Stabilisatoren, Füllstoffe oder Nanomaterialien,

5 insbesondere ITO-Nanopartikel umfassen. Der Anteil dieser Additive ist von der beabsichtigten Anwendung abhängig und kann daher in weiten Bereichen liegen. Vorzugsweise kann dieser Anteil, falls Additive enthalten sind, 0 bis 30 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,1 bis 5 Gew.-% betragen.

10

Darüber hinaus ermöglicht das Verfahren eine hohe Standzeit einer Spritzgussanlage. Überraschend gelingt es insbesondere durch die Temperaturerhöhung zum Härten des Reaktivgemischs eine höhere Dichtigkeit der Anlage zu

15 Erzielen. Wesentlich ist hierbei, dass die beweglichen Teile der Spritzgussanlage nicht durch das Härten des Reaktivgemischs beeinträchtigt werden. Dies ist

insbesondere deshalb überraschend, weil die Viskosität der Reaktivmischung beim Erwärmen üblich abnimmt, so dass das
20 Reaktivgemisch bei höheren Temperaturen üblich fließfähiger ist. Weiterhin kann durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung ein thermischer Abbau der Formmassen in der Spritzgussanlage minimiert werden, so dass Formkörper mit einer hohen, gleich bleibenden Qualität erhalten werden.

25

Spritzgussverfahren sind seit langem bekannt und werden weithin eingesetzt. Im Allgemeinen wird hierbei eine Formmasse in eine Spritzgussform gespritzt und unter Erhalt eines Formkörpers abgekühlt.

30

Erfindungsgemäß erfolgt das Beschichten mit Vorteil durch eine Veränderung der Spritzgussform, wobei ein Zwischenraum zwischen zu beschichtender Oberfläche des Formkörpers und

der Innenoberfläche der Spritzgussform entsteht. Der entstandene Zwischenraum kann durch Spritzguss mit einem Reaktivgemisch gefüllt werden.

- 5 Die zuvor dargelegten Schritte sind unter anderem in den Druckschriften JP 11300776 und JP 2005074896 ausführlicher dargelegt, die zu Zwecken der Offenbarung in die Anmeldung eingefügt werden.
- 10 Durch das erfindungsgemäße Verfahren gelingt es auf nicht vorhersehbare Weise ein Verfahren zur Herstellung von beschichteten Formkörpern zur Verfügung zu stellen, das einfach und kostengünstig durchgeführt werden kann. Hierbei kann der Formkörper mit sehr kurzen Taktzeiten und,
- 15 insgesamt gesehen, unter relativ geringem Energieverbrauch erhalten werden.

- Überraschend wurde gefunden, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ganz oder teilweise strukturierte Formteile mit
- 20 funktionalen Beschichtungen zur Verfügung gestellt werden können. Erstmals können in einem Verfahren Strukturen beliebiger Ausgestaltung in einer Funktionsschicht abgebildet werden.

- Es wurde gefunden, dass strukturierte kratzfest
- 25 beschichtete Formteile hergestellt werden können. Die erfindungsgemäß hergestellten Formkörper weisen bevorzugt nach der Beschichtung kratzfest beschichtete glänzende Oberflächenbereiche und/oder kratzfest beschichtete strukturierte, nicht glänzende Oberflächenbereiche auf.
- 30 Bevorzugt weist der beschichtete Formkörper sowohl glänzende als auch strukturierte Bereiche an der Oberfläche auf. Die Dicke der Beschichtungen liegt im Bereich von 1 µm bis 200 µm, bevorzugt zwischen 5 µm und 80 µm.

- In einer besonderen Ausführung können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Formteile mit einer Funktionsschicht mit strukturierten und angrenzenden nicht strukturierten (glatten) Bereichen hergestellt werden.
- 5 Insbesondere werden hochglänzende, kratzfeste, partiell strukturierte Formteile mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugt.
- 10 Bei der Oberflächenstrukturierung der beschichteten Formkörper handelt es sich bevorzugt um eine Mikro- oder Nanostrukturierung. Insbesondere bevorzugt sind Struktureinheiten deren Flankenwinkel größer 95° und kleiner 160° ist. Unter dem Flankenwinkel wird der Winkel
- 15 verstanden, der zwischen der Formkörperoberfläche und einem Punkt der Struktureinheit, der auf 5% Höhe der Gesamthöhe der Struktureinheit angelegt ist, gebildet wird. Der Flankenwinkel ist bei unsymmetrischen Struktureinheiten als Durchschnittswert zu verstehen. Dabei können einzelne Werte
- 20 durchaus außerhalb des Bereiches zwischen 95° und 160° liegen. Die Struktureinheiten können dabei beispielsweise trapezförmig, rund, elliptisch, oder dreieckig sein oder eine andere, z.B. vollständig asymmetrische Form aufweisen. Die Struktureinheiten können darüber hinaus keine, eine
- 25 oder mehr als eine Spiegelebene aufweisen.

- Unter einer Nanostruktur wird erfindungsgemäß eine Struktur mit einer Höhe zwischen einem Nanometer und einem Mikrometer verstanden. Unter einer Mikrostruktur wird eine
- 30 Struktur mit einer Dicke zwischen einem Mikrometer und einem Millimeter verstanden.

- Formmassen zur Herstellung der zu beschichtenden Formkörper sind an sich bekannt, wobei diese Formmassen als obligatorische Komponente thermoplastisch verarbeitbare Polymere enthalten. Zu den bevorzugten Polymeren gehören
- 5 beispielsweise Poly(meth)acrylate, insbesondere Polymethylmethacrylat (PMMA), Poly(meth)acrylimide, Polyacrylnitrile, Polystyrole, Polyether, Polyester, Polycarbonate, Polyvinylchloride. Hierbei sind Poly(meth)acrylate und Poly(meth)acrylimide bevorzugt.
- 10 Diese Polymere können einzeln sowie als Mischung eingesetzt werden. Des Weiteren können diese Polymere auch in Form von Copolymeren vorliegen. Bevorzugte Copolymere sind unter anderem Styrol-Acrylnitril-Copolymere, Styrol-Maleinsäure-Copolymere und Polymethylmethacrylat-Copolymere,
- 15 insbesondere Polymethylmethacrylat-Poly(meth)acrylimid-Copolymere.

- Die erfindungsgemäßen Formmassen enthalten mindestens 50 Gew.-% Polymethylmethacrylat, Polymethacrylmethylimid
- 20 und/oder Polymethylmethacrylat-Copolymere.

- Die Formmassen können übliche Additiven und Zuschlagsstoffe enthalten. Insbesondere können die Formmassen zur Verbesserung der Schlagzähigkeitswerte den Formmassen
- 25 Siliconkautschuk-Pfropfcopolymerisate oder Acrylatkautschuk-Modifizier enthalten. Zu diesen Additiven gehören darüber hinaus unter anderem Molekulargewichtsregler, Trennmittel, Antistatika, Antioxidantien, Entformungsmittel, Flammschutzmittel,
- 30 Schmiermittel, Farbstoffe, Fließverbesserungsmittel, Füllstoffe, Lichtstabilisatoren, Pigmente, Verwitterungsschutzmittel und Weichmacher. Die Zusatzstoffe werden in üblicher Menge, d. h. bis zu 80 Gew.-%,

vorzugsweise bis zu 30 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse eingesetzt. Ist die Menge größer als 80 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse, so können Eigenschaften der Kunststoffe wie beispielsweise die Verarbeitbarkeit gestört werden.

5

Reaktivgemische bezeichnen im Rahmen der vorliegenden Erfindung Zusammensetzungen, die durch radikalische Polymerisation gehärtet werden können. Unter Bedingungen des Spritzgusses können diese Zusammensetzungen in die

10

Spritzgussform gespritzt werden, so dass diese Zusammensetzungen bei diesen Bedingungen zumindest zeitweise fließfähig sind. Reaktivgemische, die zur Beschichtung eingesetzt werden können, werden unter anderem in den Druckschriften JP 11300776 und JP 2005074896

15

dargelegt. Auf diese Druckschriften wird zu Zwecken der Offenbarung Bezug genommen, wobei die in diesen Druckschriften beschriebenen Zusammensetzungen in die vorliegende Anmeldung aufgenommen werden. Besonders geeignet sind Reaktivmischungen, die in der DE

20

102007028601 offenbart sind.

Das Reaktivgemisch kann insbesondere in Reaktivspritzgussverfahren eingesetzt werden.

25

Dementsprechend weist das Gemisch eine Viskosität auf, die einen derartigen Einsatz ermöglicht. Vorzugsweise liegt die dynamische Viskosität des Reaktivgemischs im Bereich von 1 bis 200 mPa*s bei 25°C, besonders bevorzugt im Bereich von 5 bis 50 mPa*s bei 25°C, wobei die dynamische Viskosität gemäß Brookfield (mit UL-Adapter) bestimmt werden kann.

30

Die Temperatur des ersten Prozessschrittes, bei der die Formmasse in die Spritzgussform gespritzt wird, hängt insbesondere von der Art des Polymeren sowie der Additive

ab. Diese Verarbeitungstemperaturen sind dem Fachmann bekannt. Im Allgemeinen wird die Formmasse bei einer Temperatur im Bereich von 150 bis 350°C, bevorzugt 220 bis 330°C in die Spritzgussform gespritzt.

5

Die darauf folgende Abkühltemperatur des Werkzeugs im ersten Prozessschritt kann ebenfalls auf die für die jeweilige Formmasse übliche Temperatur eingestellt werden. Vorzugsweise kann die Formmasse auf eine Temperatur im

10 Bereich von 40 bis 160°C, besonders bevorzugt 60 bis 120°C und ganz besonders bevorzugt 70 bis 90°C abgekühlt werden, bevor das Reaktivgemisch in den Zwischenraum einspritzt wird.

15 Die Temperatur bei der die thermische Härtung des Reaktivgemischs im Prozessschritt 4 erfolgt, ist von der Art des thermischen Initiators abhängig. Von besonderem Interesse sind insbesondere Verfahren, bei denen die thermische Härtung vorzugsweise bei einer Temperatur im

20 Bereich von 60 bis 180°C, bevorzugt 70 bis 160°C und ganz besonders bevorzugt im Bereich 80 bis 140°C in der Spritzgussform erfolgt. Falls die Temperatur bei der thermischen Härtung zu hoch ist, kann eine Bildung von Rissen eintreten. Bei zu geringen Temperaturen zeigt die

25 Beschichtung vielfach eine zu hohe Haftung an dem Metall des Spritzgusswerkzeugs, wobei teilweise auch die Kratzfestigkeit durch eine höhere Temperatur bei der thermischen Härtung verbessert werden kann.

30 Erfindungsgemäß wird zur Härtung des Reaktivgemischs die Temperatur mindestens eines Teiles der Spritzgussform erhöht. Überraschend gelingt hierdurch eine Härtung der Beschichtung, ohne dass der zunächst erhalten Formkörper

nachteilig beeinflusst wird. Besonders vorteilhaft wird die Spritzgussform zur Härtung der Beschichtung nur teilweise erwärmt. Gemäß einer zweckmäßigen Abwandlung wird vorteilhaft ein Teil der Spritzgussform erwärmt, der mit
5 der Reaktivmischung in Berührung steht, und ein Teil der Spritzgussform, der nicht mit der Reaktivmischung in Berührung steht, nicht erwärmt.

In diesem Zusammenhang ist festzuhalten, dass der hierin
10 gebrauchte Begriff „Spritzgussform“ in der Fachwelt bekannt ist. Hierunter wird im Allgemeinen das Teil einer Spritzgussanlage verstanden, welches zur Formgebung notwendig ist. Dieses Teil bildet eine Kavität, welche mit Formmasse gefüllt werden kann. Nach dem Abkühlen der
15 Formmasse kann die Spritzgussform zerstörungsfrei geöffnet werden, so dass der erhaltene Formkörper aus der Spritzgussform entnommen werden kann. Daher umfasst die Spritzgussform üblich bewegliche Teile, die ein derartiges Öffnen ermöglichen. Zur Formgebung weist die Spritzgussform
20 üblich ein Metallteil auf, welches mit der Formmasse in Berührung kommt, so dass dieses Teil bzw. die Oberfläche dieses Teils für die Formgebung von entscheidender Bedeutung ist. Für die erfindungsgemäßen Zwecke wird unter dem Begriff der Spritzgussform insbesondere das formgebende
25 Teil verstanden, wobei dieses aus mehreren Teilen zusammengesetzt sein kann. Die zuvor dargelegte Erwärmung bedeutet, dass das mit dem Reaktivgemisch in Berührung stehende Teil der Spritzgussform möglichst selektiv aktiv erwärmt wird. Dies kann insbesondere durch Induktion, durch
30 Stromfluss oder durch Heizelemente erfolgen, die mit diesem Teil der Spritzgussform in Kontakt stehen. Dass weitere Teile der Spritzgussform durch dieses Erhitzen durch Wärmeübertragung ebenfalls aufgeheizt werden können, ist

hierfür nicht von Belang, da im Allgemeinen ein Wärmegradient erzeugt wird, wobei die mit dem Reaktivgemisch in Kontakt stehende Oberfläche der Spritzgussform eine höhere Temperatur aufweist als die
5 Oberfläche der Spritzgussform, die nicht in Kontakt mit dem Reaktivgemisch steht.

Vorzugsweise wird die Temperatur mindestens eines Teiles der Spritzgussform um mindestens 5 °C, besonders bevorzugt
10 um mindestens 10°C und ganz besonders bevorzugt um mindestens 30°C erhöht. Bei einer Erwärmung mittels eines indirekten Heizelements beziehen sich diese Angaben insbesondere auf die Temperatur, die ein Heizelement aufweist, welches mit mindestens einem Teil der
15 Spritzgussform in Kontakt steht und dieses erwärmt. Bei Erwärmung mittels Induktion oder einem durch die Spritzgussform geleiteten Stromes beziehen sich diese Angaben auf die maximale Temperatur, die die Spritzgussform aufweist.

20

Diese Temperaturerhöhung kann bevorzugt innerhalb einer kurzen Zeitspanne erzielt werden. Bevorzugt kann diese Temperaturerhöhung innerhalb von 1 Minute, besonders
bevorzugt innerhalb von 30 Sekunden und ganz besonders
25 bevorzugt innerhalb von 5 Sekunden erfolgen. Hierbei sind besonders kurze Zeiten erwünscht, wobei diese jedoch von den technischen Gegebenheiten begrenzt werden.

In der besonders bevorzugten Ausführungsform wird die
30 Temperatur zumindest eines Teiles der Spritzgussform innerhalb von 1 Minute um mehr als 10°C verändert.

Die erfindungsgemäß hergestellten beschichteten Formkörper weisen gegenüber dem Stand der Technik neuartige, verbesserte Eigenschaften auf. Erfindungsgemäß hat zum Zeitpunkt der Einspritzung des Reaktivgemischs der

5 Formkörper eine Temperatur von mindestens 70 °C. Das Reaktivgemisch wird maximal 1 min, besonders bevorzugt 5 s nach dem Einspritzen bei einer Temperatur von mindestens 100 °C ausgehärtet. Diese hohen Temperaturen, vor allem des zu beschichteten Formkörpers, führen zu einer besonders

10 starken Haftung der Beschichtung auf dem Formkörper. Verstärkt wird dieser Effekt durch die Tatsache, dass der Formkörper nach seiner Herstellung aus der Formmasse zu keinem Zeitpunkt unter eine Temperatur von 70 °C abgekühlt wurde und somit - je nach Formmasse - eine Ausbildung von

15 Nahstrukturen, wie Kristalliten, unterbunden oder verzögert wird. Durch diese Effekte ergibt sich die Möglichkeit an der Grenzfläche zwischen Formkörper und Beschichtung eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Haftung zu realisieren. Überraschend wurde gefunden, dass diese

20 besondere Eigenschaft der erfindungsgemäß hergestellten Formkörper nur durch das erfindungsgemäße Verfahren ohne Maschinenwechsel realisierbar ist.

Die Spritzgussform, bzw. die Oberfläche der Spritzgussform,

25 kann vor, während oder nach dem Einspritzen des Reaktivgemischs erhitzt werden. Besondere Vorteile können insbesondere dadurch erzielt werden, dass mit der Erwärmung der Spritzgussform bereits vor oder während dem Einspritzen des Reaktivgemischs begonnen wird. Vorzugsweise kann das

30 Maximum der Heizleistung, durch die die zum Formteil ausgerichtete Oberfläche der Spritzgussform erwärmt wird, vorzugsweise innerhalb eines Bereichs liegen der zum Zeitpunkt der minimalen Temperatur des unbeschichteten

Formkörpers beginnt und weniger als 3 Sekunden, vorzugsweise weniger als 1 Sekunde nach dem Einspritzen des Reaktivgemischs endet. Gemäß einem besonderen Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das Maximum der Heizleistung, durch die die zum Formteil ausgerichtete Oberfläche der Spritzgussform erwärmt wird, vor oder während dem Einspritzen des Reaktivgemischs erreicht werden. Durch diese Ausgestaltung gelingt es überraschend besonders rissarme Oberflächen auf den Formteilen zu erhalten, die sich besonders leicht entformen lassen.

Weiterhin können der Beginn und die Geschwindigkeit der Polymerisation (Härtung) des Reaktivgemischs durch die Wahl der Art und des Anteils des thermischen Initiators sowie durch die Wahl der Werkzeugtemperatur eingestellt werden. Darüber hinaus kann der Beginn der Härtung durch die Wahl der in der Reaktionsmischung enthaltenen multifunktionalen (Meth)acrylate gesteuert werden.

Anlagen, die im Prinzip eine Beschichtung mit einem Reaktivgemisch ermöglichen, sind unter anderem in den zuvor beschriebenen Dokumenten JP 11300776 und JP 2005074896 dargelegt. Zu Offenbarungszwecken werden diese Druckschriften in diese Anmeldung eingefügt. Allerdings werden in diesen Druckschriften keine dieser Anlagen beschrieben, bei denen die Temperatur zumindest eines Teiles der Spritzgussform innerhalb von 1 Minute um mehr als 10°C verändert werden kann. Derartige Anlagen werden in der DE 102007051482 offenbart. Bevorzugt ermöglicht die Anlage eine Änderung der Temperatur zumindest eines Teiles der Spritzgussform innerhalb von 5 Sekunden um mehr als 10°C, besonders bevorzugt mehr als 20°C.

Diese Ausgestaltungen werden unter anderem dadurch erzielt, dass mindestens ein Teil der Spritzgussform durch elektrischen Strom erwärmt werden kann. Spritzgussanlagen mit einer elektrisch beheizbaren Spritzgussform sind unter
5 anderem in EP-A-1 065 037, WO96/29188 und US 5,234,627 dargelegt, welche zu Offenbarungszwecken eingefügt werden. Das Erwärmen kann hierbei direkt durch Aufheizen der Oberfläche mit Strom erfolgen oder indirekt durch Induktion oder ein Heizelement, welches mit der formgebenden
10 Oberfläche der Spritzgussform verbunden ist. Hierbei sind indirekte Verfahren bevorzugt. Geeignet ist insbesondere ein keramische Heizelement oder ein Peltierelement. Hierbei kann die Spritzgussform durch ein oder mehrere der zuvor dargelegten Verfahren erhitzt werden.

15

Die Erwärmung einer Spritzgussform durch Induktion ist unter anderem in der Druckschrift DE 201 21 777 U1 dargelegt. Zu Zwecken der Offenbarung wird diese Druckschrift in die vorliegende Anmeldung eingefügt.

20

Peltierelemente sind elektrothermische Wandler, welche bei Stromdurchfluss eine Temperaturdifferenz oder bei Temperaturdifferenz einen Stromfluss erzeugen. Eine übliche Abkürzung für Peltierelemente und Peltier-Kühler ist TEC
25 (von engl. Thermoelectric Cooler). Diese Elemente können kommerziell erhalten werden.

30

Keramische Heizelemente umfassen eine Keramik, die durch Strom erwärmt werden kann. Keramik bezeichnet hierin anorganische Materialien, die unter anderem Oxide, Nitride und ähnliche Stoffe umfassen können. Beispiele für
derartige Materialien sind unter anderem in WO 00/34205, DE 35 12 483, DE 35 19 437 und DE 37 34 274. Diese

Druckschriften werden zu Zwecken der Offenbarung in diese Anmeldung eingefügt.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform kann die
5 Einspritzdüse, über die das Reaktivgemisch in die
Spritzgussform gespritzt wird, mit einem Peltierelement
ausgerüstet werden. Hierdurch werden überraschende Vorteile
hinsichtlich der Standzeiten der Anlage erzielt. Diese
lassen sich insbesondere dadurch erzielen, dass die zur
10 Spritzgussform hingewandte Seite der Düse erwärmt und die
von der Spritzgussform abgewandte Seite der Düse gekühlt
wird.

Eine bevorzugte Anlage zur Durchführung des
15 erfindungsgemäßen Verfahrens weist eine Kühlung auf, über
die zumindest ein Teil der Spritzgussform gekühlt werden
kann. Die Kühlung kann insbesondere durch bekannte
Kühlmittel, beispielsweise Luft, Wasser oder ähnliche
Medien erfolgen. Bevorzugt wird das Kühlmittel durch Kanäle
20 geleitet, die in der Nähe der erwärmten Spritzgussform
verläuft. Bei einer Heizung der Spritzgussform durch
Induktion können die Kühlkanäle unmittelbar durch die
Spritzgussform verlaufen oder an der Oberfläche vorgesehen
sein, die gegenüber der Oberfläche der Spritzgussform
25 angeordnet ist, mit der das Kunststoffformteil geformt
wird. Bei einer indirekten Heizung der Spritzgussform,
beispielsweise durch keramische Elemente oder durch
Peltierelemente können Kühlmittelkanäle zwischen dem
Heizelement und der Oberfläche der Spritzgussform
30 vorgesehen sein, mit der das Kunststoffformteil geformt
wird. Falls die Spritzgussform unmittelbar durch Strom
erhitzt wird, können die Kühlmittelkanäle unmittelbar durch
die Spritzgussform verlaufen oder an der Oberfläche

vorgesehen sein, die gegenüber der Oberfläche der Spritzgussform angeordnet ist, mit der das Kunststoffformteil geformt wird.

- 5 Nach dem Befüllen des Zwischenraums zwischen der Innenoberfläche der Spritzgussform und der Oberfläche des Formkörpers mit einem Reaktivgemisch wird das Werkzeug mit vermindertem Druck geschlossen, um die ganz oder teilweise strukturierte Oberfläche der Innenoberfläche der
- 10 Spritzgussform auf der entstehenden Beschichtung abzuformen. Der verminderte Druck liegt normalerweise unterhalb der maschinenbedingten Schließkraft. Bevorzugt wird die Beschichtung aus dem Reaktivgemisch mit einem Druck zwischen 20 und 100 bar, besonders bevorzugt zwischen
- 15 20 und 80 bar, geprägt.

- Der Formkörper zeichnet sich insbesondere durch eine hohe Kratzfestigkeit aus, die beispielsweise mit einem
- 20 Reibradtest bestimmt werden kann. Von besonderem Interesse sind insbesondere beschichtete, transparente Formkörper, deren Haze-Wert für die nicht strukturierten Bereiche nach einem Kratzfestigkeitstest gemäß ASTM 1044 (12/05) (Auflage 500g, Anzahl der Zyklen = 100) um höchstens 10%, besonders
- 25 bevorzugt um höchstens 6% und ganz besonders bevorzugt um höchstens 3% zunimmt. Die Kratzfestigkeit gemäß ASTM 1044 (12/05) (Auflage 500g, Anzahl der Zyklen = 100) kann darüber hinaus durch die Abnahme des Glanzes bei 20° gemessen werden. Hierbei zeigen bevorzugte beschichtete
- 30 Formkörper eine Abnahme des Glanzes bei 20° nach einem Kratzfestigkeitstest gemäß ASTM 1044 (12/05), (Auflage 500g, Anzahl der Zyklen = 100) von höchstens 10%, besonders bevorzugt um höchstens 6% und ganz besonders bevorzugt um

höchstens 3%. Die Abnahme des Glanzes bei 20° kann nach DIN EN ISO 2813 bestimmt werden. Durch die Bestimmung einer Glanzänderung kann beispielsweise die Kratzfestigkeit von eingefärbten Formkörpern oder von eingefärbten

5 Beschichtungen gemessen werden.

Darüber hinaus zeigen die erfindungsgemäßen Formkörper eine hervorragende Haftfestigkeit der Beschichtung, die gemäß dem Gitterschnitttest untersucht werden kann. Hierzu wird

10 die Beschichtung kreuzweise angeritzt und dadurch in schachbrettartige Einzelsegmente unterteilt. Im Allgemeinen werden hierbei mindestens 20 Einzelsegmente, bevorzugt mindestens 25 Einzelsegmente gebildet. Der Abstand der Linien beträgt hierbei in etwa 1 mm. Dann wird ein 25 mm
15 breites Klebeband aufgeklebt und wieder abgezogen. Die Ablösekraft des Klebebandes pro cm², gemessen gemäß DIN EN ISO 2409 beträgt ca. 10N je 25mm Breite. Zur Durchführung des Versuchs kann beispielsweise ein Klebeband verwendet werden, das unter der Handelsbezeichnung Typ 4104 von der
20 Firma Tesa erhältlich ist. Bevorzugt erzielen die beschichteten Formkörper eine Bewertung gemäß dem Gitterschnitttest von höchstens 1, besonders bevorzugt von 0. Eine Bewertung von 1 erzielen die beschichteten Formkörper falls nicht wesentlich mehr als 5% der
25 Einzelsegmente abgelöst werden. Falls keines der Einzelsegmente (0%) abgelöst werden, erzielen die beschichteten Formkörper eine Bewertung von 0.

Darüber hinaus sind bevorzugte Beschichtungen frei von

30 Rissen und zeigen eine hohe Chemikalienbeständigkeit. So widerstehen die Beschichtungen insbesondere Ethanol, Ethanol / Wasser (70/30), Benzin, Pankreatin, Schwefelsäure

(1%ig), wobei durch Kontakt mit diesen Verbindungen keine Spannungsrisse gebildet werden.

- Bevorzugte Formkörper können ein E-Modul größer oder gleich 1200 MPa, vorzugsweise größer oder gleich 1600 MPa gemäß ISO 527 (bei 1 mm/min) aufweisen. Des Weiteren können erfindungsgemäße Formkörper eine Schlagzähigkeit nach Charpy größer oder gleich 10 kJ / m², vorzugsweise größer oder gleich 15 kJ / m² gemäß ISO179 zeigen.
- Darüber hinaus können Kunststoffe mit Zugfestigkeiten größer oder gleich 55, vorzugsweise größer oder gleich 60 gemäß DIN 53 455-1-3 (bei 1 mm/min) erzeugt werden, die eine ausgezeichnete Kratzfestigkeit aufweisen.
- Des Weiteren können die Formkörper der vorliegenden Erfindung eine ausgezeichnete Bewitterungsstabilität zeigen. So beträgt die Bewitterungsstabilität gemäß dem Xenon-Test bevorzugt mindestens 1.000 Stunden, besonders bevorzugt mindestens 2.000 Stunden. Diese Stabilität kann beispielsweise durch eine geringe Abnahme der Transmission oder durch eine geringe Abnahme der Kratzfestigkeit bestimmt werden. Von besonderem Interesse sind insbesondere beschichtete Formkörper, deren Transmission nach 2000 Stunden Xenon-Bestrahlung höchstens um 10%, besonders bevorzugt um höchstens 5% abnimmt, bezogen auf den Transmissionswert zu Beginn der Bestrahlung. Darüber hinaus können bevorzugte Formkörper eine Zunahme des Haze-Wertes nach einem Kratzfestigkeitstest gemäß ASTM 1044 (12/05) (Auflage 500g, Anzahl der Zyklen = 100) auf höchstens 25%, besonders bevorzugt auf höchstens 15% nach einer Xenon-Bestrahlung von 2000 Stunden zeigen. Des Weiteren ist die Bestimmung der Kratzfestigkeit nach einer Xenonbestrahlung

auch über die Abnahme des Glanzes möglich. Hierbei zeigen bevorzugte beschichtete Formkörper eine Abnahme des Glanzes bei 20° nach einem Kratzfestigkeitstest gemäß ASTM 1044 (12/05), (Auflage 500g, Anzahl der Zyklen = 100) von

- 5 höchstens 25%, besonders bevorzugt um höchstens 20% und ganz besonders bevorzugt um höchstens 15% nach einer Xenon-Bestrahlung von 2000 Stunden.

- 10 Darüber hinaus zeigen bevorzugte Beschichtungen, die mit einer erfindungsgemäßen Beschichtungsmittel erhalten wurden, eine hohe Beständigkeit in einem Klimawechseltest, wobei nur eine geringe Rissbildung trotz einer Verformung des Grundkörpers auftritt. Vorzugsweise kann zur Durchführung des Klimawechseltests das in dem Dokument „BMW
- 15 PR 303 - Teil d“ dargestellte Belastungsprogramm eingesetzt werden.

- In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden Nanostrukturen mit dem Beschichtungsschritt geprägt. Die
- 20 beispielsweise kratzfesten nanostrukturierten Formteile ergeben für das menschliche Auge eine glänzende Beschichtung, sind aber durch die Nanostrukturierung antiblendend.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von beschichteten
Formkörpern, dadurch gekennzeichnet, dass
5 strukturierte und multifunktionale Oberflächen neben
Hochglanzoberflächen im geschlossenem Werkzeug in
Kombination eines Spritzgussverfahrensschritts und
eines anschließenden Expansions-Flutungs-
Prägeprozessschritts hergestellt werden, und dass das
10 Verfahren ohne Werkzeugwechsel durchgeführt wird.
2. Verfahren, gemäß Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet,
dass die nanostrukturierte Oberfläche und die
Hochglanzoberfläche multifunktional sind.
15
3. Verfahren, gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass das Verfahren folgende Prozessschritte umfasst:
- eine Formmasse wird bei einer Temperatur zwischen
220 und 330 °C in eine an der Innenoberfläche ganz
20 oder teilweise strukturierten Spritzgussform
gespritzt und unter Erhalt eines Formkörpers auf die
Entformungstemperatur der Formmasse, bevorzugt auf
70 bis 90 °C abkühlt,
- die Spritzgussform wird so verändert, dass ein
25 Zwischenraum mit einer Dicke zwischen 2 µm und 500
µm zwischen zu beschichtender Oberfläche des
Formkörpers und der Innenoberfläche der
Spritzgussform entsteht,
- der entstandene Zwischenraum wird durch
30 Liquideinspritzung ganz oder teilweise mit einem
Reaktivgemisch gefüllt,

- die Form wird wieder geschlossen und innerhalb von maximal 20 Sekunden auf eine Temperatur zwischen 80 und 140 °C aufgeheizt,
 - die Form wird abschließend wieder abgekühlt,
 - 5 geöffnet und der beschichtete Formkörper entnommen.
4. Verfahren, gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass nach Füllen mit dem Reaktivgemisch und Schließen der Form innerhalb von 5 bis 8 Sekunden auf die
- 10 Temperatur zwischen 100 und 140 °C aufgeheizt wird.
5. Verfahren gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Liquideinspritzung, die Kavität durch eine andere, bevorzugt durch einen Schiebetisch,
- 15 ersetzt wird.
6. Verfahren gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum zwischen zu beschichtender Oberfläche des Formkörpers und der Innenoberfläche der
- 20 Spritzgussform eine Dicke zwischen 5 µm und 80 µm aufweist.
7. Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem
- 25 Reaktivgemisch um eine Formulierung, enthaltend mindestens 40 Gew-% eines Di(meth)acrylats, mindestens 10 Gew-% eines Tri-, Tetra- oder Penta(meth)acrylats und 0,01 Gew-% bis 3,0 Gew-% eines thermischen
- 30 Initiators handelt.
8. Verfahren gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktivmischung keine Gleitmittel und/oder Formtrennmittel enthält.

9. Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Formmasse mindestens 50 Gew.-% Polymethylmethacrylat, Polymethacrylmethylimid und/oder Polymethylmethacrylat-Copolymere umfasst.
- 5
10. Verfahren gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Reaktivgemisch eine dynamische Viskosität im Bereich von 1 bis 200 mPa*s bei 25°C aufweist.
- 10
11. Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Maximum der Heizleistung, durch die die zum Formteil ausgerichtete Oberfläche der Spritzgussform erwärmt wird, innerhalb eines Zeitraums liegt, der zum Zeitpunkt der minimalen Temperatur des unbeschichteten Formkörpers beginnt und weniger als 1 Sekunden nach dem Einspritzen des Reaktivgemischs endet.
- 15
- 20
12. Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Maximum der Heizleistung, durch die die zum Formteil ausgerichtete Oberfläche der Spritzgussform erwärmt wird, vor oder während dem Einspritzen des Reaktivgemischs erreicht wird.
- 25

13. Anlage zur Durchführung eines Verfahrens gemäß
mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die
Anlage eine veränderbare Spitzgussform aufweist,
5 dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur zumindest
eines Teiles der Spritzgussform innerhalb von 1 Minute
um mehr als 10°C verändert werden kann.
14. Beschichteter Formkörper, dadurch gekennzeichnet, dass
10 dieser nach dem Verfahren gemäß mindestens einem der
Ansprüche 1 bis 13 herstellbar ist, dass der
beschichtete Formkörper nach der Beschichtung
kratzfest beschichtete glänzende Oberflächenbereiche
und/oder kratzfest beschichtete strukturierte, nicht
15 glänzende Oberflächenbereiche aufweist, und dass zum
Zeitpunkt der Einspritzung des Reaktivgemischs der
Formkörper eine Temperatur von mindestens 70 °C
aufweist und das Reaktivgemisch bei einer Temperatur
von mindestens 100 °C ausgehärtet wird.
20
15. Beschichteter Formkörper gemäß Anspruch 14, dadurch
gekennzeichnet, dass der beschichtete Formkörper nach
der Beschichtung kratzfest beschichtete glänzende
Oberflächenbereiche und kratzfest beschichtete
25 strukturierte, nicht glänzende Oberflächenbereiche,
jeweils mit einer Dicke der Beschichtungen zwischen 5
µm und 80 µm, aufweist.

16. Beschichteter Formkörper gemäß mindestens einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Oberflächenstrukturierung um eine Mikro- oder Nanostrukturierung handelt, und dass der Flankenwinkel der Struktureinheiten größer 95° und kleiner 160° ist.