



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 11 802 T2 2004.07.29**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 121 234 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 11 802.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/SE99/01858**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 970 352.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/21728**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.10.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **20.04.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **08.08.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **01.10.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.07.2004**

(51) Int Cl.⁷: **B29C 33/38**
B29C 33/42

(30) Unionspriorität:

9803507 14.10.1998 SE

9804621 30.12.1998 SE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

Gyros AB, Uppsala, SE

(72) Erfinder:

**ÖHMAN, Ove, Per, S-755 91 Uppsala, SE;
LUNDBLADH, Rune, Lars, S-187 51 Täby, SE**

(74) Vertreter:

**TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR
Patentanwälte, 81679 München**

(54) Bezeichnung: **FORM UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Matrix, welche in einer Kompressionsform-, Präge- bzw. Reliefdruck-, Spritzguss- und/oder einer anderen Kunststoffelement erzeugenden Maschine verwendet werden kann. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Matrix mit einer Oberfläche oder einem Teil der Oberfläche, welche mit einer negativen Mikrostruktur versehen ist, die als positive Mikrostruktur auf einer Oberfläche eines Kunststoffelements, wie einer Compact disc (CD), die in einer solchen Maschine erzeugt wird, repliziert werden kann.

[0002] Die Erfindung betrifft ebenfalls eine durch das Verfahren hergestellte Matrix, die Verwendung der Matrix zur Bildung eines Kunststoffelements und das so gebildete Kunststoffelement.

Definitionen:

[0003] Im Folgenden bedeutet der Ausdruck "positive Oberflächenstruktur" die Oberflächenstruktur (einschließlich topografischer Oberflächenmerkmale, wie Mikrostrukturen oder ebener Oberflächen oder Teilen von Oberflächen), die auf einem in einer Kunststoffelement erzeugenden Maschine hergestellten Kunststoffelement vorliegt, und mit "negativer Oberflächenstruktur" ist das Umgekehrte der positiven Oberflächenstruktur, d. h. die Oberflächenstruktur, welche durch eine in einer solchen Maschine verwendete Matrix gezeigt ist, gemeint.

[0004] Mit Kunststoffkomposit ist eine härtbare Mischung von polymerem Material und einem Füllmaterial gemeint, wobei der Füllstoff normalerweise im Überschuss vorhanden ist.

[0005] In der folgenden Beschreibung ist eine erste Matrix-Verschleißoberfläche definiert, welche auf einer ersten Verschleißschicht gebildet wird, und eine zweite Matrix-Verschleißoberfläche, die auf einer zweiten Verschleißschicht gebildet ist.

[0006] Die erste Verschleißoberfläche ist die Oberfläche der Matrix, die eine Mikrostruktur trägt und die dem hergestellten Kunststoffelement zugewandt ist, während die zweite Verschleißoberfläche die Oberfläche der Matrix ist, die auch als die Rückseite bezeichnet wird, welche vorzugsweise planar ist und welche an die korrespondierende planare Trägeroberfläche einer Formhälfte anliegend positioniert ist. Es versteht sich, dass diese letzteren zwei Oberflächen nicht notwendigerweise planar sein müssen, sondern dass sie miteinander verbunden sein müssen, um während des Form- oder Gießvorgangs erzeugte Kräfte aufnehmen zu können, z. B. können diese komplementäre Gestalten aufweisen.

Beschreibung des Stands der Technik

[0007] Bezuglich der Replikation von Mikrostrukturen auf Kunststoffelementen, die in einer Maschine der in der Einleitung definierten Art hergestellt werden, ist bekannt, dass zuerst eine originale Urform bzw. Modell auf irgend eine geeignete Weise hergestellt wird und danach eine Matrix für die Verwendung in der Maschine auf Basis dieser 5er-Urform hergestellt wird. Matrices dieser Art können hergestellt werden durch Beschichten einer Urform oder eines Originals erzeugt werden, welches eine positive Mikrostruktur auf einer Oberfläche mit einer Metallschicht oder einem metallischen Überzug aufweist, und durch Entfernen der Metallschicht mit einer negativen Mikrostruktur von der Urform, um dadurch eine Metallplatte zu erhalten, die als Matrix beim Kompressionsformen, Prägen bzw. Reliefdruck und/oder Spritzgießen dienen kann. Normalerweise kann jede Formhälfte ihre eigene Matrix aufweisen, und eine fließende heiße Kunststoffmasse (ungefähr 400°C) wird unter hohem Druck in eine begrenzte Formhöhlung gepresst, die durch Höhlungen in zusammengebrachten Formhälften gebildet wird. Die fließende heiße Kunststoffmasse wird danach erstarren gelassen (bei ungefähr 140°C) zwischen den zusammengebrachten Hälften, bevor die Formhälften geöffnet werden und das erstarrte bzw. verfestigte Element herausgedrückt werden kann. Siehe zum Beispiel die EP 400 762.

[0008] 5 lithographische Verfahren, insbesondere lithographische Verfahren, die in erster Linie für die Verwendung auf dem Gebiet der Mikroelektrik entwickelt wurden, sind ein Beispiel für bekannte Verfahren zur Herstellung einer Urform. Eines dieser Verfahren basiert auf dem Verätzen einer Halbleiteroberfläche und/oder dem Abscheiden eines Materials darauf. Andere Verfahren basieren auf der Entfernung von Teilen des Materials mit Hilfe eines Lasers, einer so genannten Laserabtragung, mit Hilfe von herkömmlichen NC-Maschinen, mit Hilfe von präzisionsgesteuerten Hochgeschwindigkeits-Diamant-Fräsmaschinen, mit Hilfe einer mechanischen maschinellen Bearbeitung unter elektrischer Entladung (EDM), der Draht-EDM und/oder irgend einem anderen geeigneten Verfahren.

[0009] Solche Originale oder Urformen werden normalerweise aus einem Material hergestellt, das so gewählt ist, um bezüglich eines bestimmten mechanischen bzw. spanabhebenden Bearbeitungsverfahrens geeignet zu sein.

[0010] Im Falle von lithographischen Verfahren ist das Material am häufigsten eine Lage aus Silicium, Glas oder Quarz, wohingegen im Falle der Laserabtragung das am häufigsten verwendete Material eine Lage aus Kunststoffkomposit und/oder ein polymeres Material ist.

[0011] Im Falle von Metallverarbeitungsverfahren können sowohl Kunststoffe als auch Weichmetalle geeignet sein.

[0012] Es ist allgemein bekannt, dass die Anforderungen eines bestimmten Replikationsverfahrens an ein bestimmtes Material in der Matrix und in dem Kunststoffelement nicht die gleichen sind wie die Anforderungen, die bezüglich des Originals oder der Urform erfüllt sein müssen. Zum Beispiel müssen bezüglich des Spritzgießens solcher Kunststoffelemente, bei denen ein oder mehrere Oberflächenteile eine Mikrostruktur aufweisen sollen, eine oder beide Formhälften der Maschine und die darin verwendete Matrix aus einem stabilen Material bestehen, das die hohen Drücke aushalten kann, die im Verlauf der Herstellung auftreten und das nicht unnötig schnell durch thermische und mechanische Abnutzung und Verschleiß verschlissen wird, welchen die Formhälften und die Matrix während des Gieß- oder Formvorgangs ausgesetzt sind.

[0013] Es ist die Herstellung solcher Matrices, und hauptsächlich von Matrices für die Verwendung mit einer Mikrostruktur durch Übertragen der Gestalt und Oberflächenstruktur einer Urform auf eine Metallplatte bekannt, die danach als Matrix dienen kann. Siehe zum Beispiel die EP 400 762.

[0014] Ein Herstellungsverfahren basiert zunächst auf der Erzeugung einer Urform auf einer Oberfläche einer Glasplatte, einer Halbleiterplatte oder einer Metallplatte, dem Beschichten der Oberfläche mit einer lichtempfindlichen Schicht und dem Aussetzen gewählter Oberflächenabschnitte dieser lichtempfindlichen Schicht mittels eines Lasers oder dergleichen und dem Waschen und Reinigen der ausgewählten Oberflächenabschnitte. Eine Metallschicht wird auf die exponierte und gereinigte Oberfläche der Urform mittels eines Sputterverfahrens, eines Dampfabscheidungsverfahrens und/oder durch ein elektrolytisches Auftragungsverfahren oder Plattierungsverfahren über einen Zeitraum, der für die Bildung einer Metallplatte erforderlich ist, aufgebracht. Die Metallplatte kann danach von der Urform entfernt werden. Die Metallplatte besitzt eine erste Oberfläche, die eine negative Mikrostruktur aufweist, die der Innenseite einer Formhöhlung zugewandt sein soll. Die Metallplatte kann nach einer weiteren mechanischen Bearbeitung, d. h. einem Glätten, einer zweiten Oberfläche, die der Formhälfte in der Maschine zugewandt ist, verwendet werden.

[0015] Genau dieses Verfahren wird gegenwärtig bei der Herstellung einer Matrix angewandt, die in einer Spritzgusspresse für die Herstellung optischer Scheiben, z. B. von CDs, verwendet wird.

[0016] Andere Wege zur Herstellung einer Matrix oder einer Urform schließen ein:
eine elektrisch isolierende, mikrostrukturierte Scheibe, welche als Urform oder Matrix dient, kann mit einer dünnen Metallschicht mittels eines Sputterverfahrens und/oder durch Dampfabscheidung beschichtet werden;

eine elektrisch leitende mikrostrukturierte Scheibe oder Schicht, die als Urform oder Matrix fungiert, kann mit einer viel dickeren Metallschicht mittels eines

elektrolytischen Metallauftragungsverfahrens oder Plattierungsverfahrens beschichtet werden; eine Scheibe, die als Matrix fungieren soll, kann mit einer dünnen, elektrisch leitenden Schicht, wie einer Nickel-, Silber- oder Goldschicht oder irgend einer ähnlichen Metallschicht durch ein elektrolytisches Metallauftragungsverfahren oder Plattierungsverfahren beschichtet werden.

[0017] Es ist ebenfalls bekannt, eine Metallschicht elektrisch zu verbinden und eine Scheibe in einer Lösung einzutauchen, die u. a. Metallionen beinhaltet, und einen elektrischen Strom durch die Lösung auf die Scheibe oder Urform einheit zu leiten und damit das Präzipitieren von Metallionen als reines Metall auf die Oberfläche der Scheibe herbeizuführen. Auf diese Weise kann eine Struktur in Metall erzeugt werden, welche die umgekehrte Funktion der Mikrostruktur auf der Urform aufweist.

[0018] Es wurde festgestellt, dass das oben stehende Verfahren leicht bezüglich flacherer Strukturen, insbesondere wenn die Tiefe der Mikrostruktur auf oder weniger als etwa 0,2 µm begrenzt ist, angewandt werden kann.

[0019] Man fand heraus, dass beim Bilden einer Matrix der Metallaufbau auf der die Mikrostruktur tragenden Oberfläche einer Urform zu kleineren Fehlern oder Irregularitäten auf der Rückseite der Matrix führt, wobei die Irregularitäten durch die Mikrostruktur erzeugt werden, und dass es erforderlich ist, im Anschluss die Rückseite zu glätten, damit diese wirksam, d. h. flach auf einer flachen Oberfläche auf der Formhälfte, die diese in der eingesetzten Pressmaschine trägt, anliegt.

[0020] Praktische Anwendungen zeigten, dass im Falle von tieferen Strukturen bei der Urform-Mikrostruktur das Urformuster auf die Rückseite der Matrix oder Metallplatte eingeprägt ist.

[0021] Es sind verschiedene Verfahrensweisen für die Verminderung oder Beseitigung dieses Problems bekannt.

[0022] Eine erste Maßnahme ist die Auftragung einer extrem dicken Schicht aus Metall durch ein elektrolytisches Auftrageverfahren oder irgendein entsprechendes Verfahren. Die daraus resultierende Platte, die als Matrix dienen soll, ist fest und stabil. Die Platte kann dann in einer Gerätschaft eingesetzt werden, bei welcher die metallische Rückseite der Platte mechanisch geglättet oder einnivelliert werden kann, wie durch ein Schleif-, Polier- und/oder Läppverfahren, wobei diese immer noch eine ausreichende Festigkeit beibehält, um als Matrix zu dienen.

[0023] Das Verfahren zur Auftragung einer wirklich dicken Schicht aus Metall wie im Falle von tieferen Mikrostrukturen beansprucht relativ viel Zeit und beansprucht zum Beispiel 10 bis 20 Stunden, um eine Nickelplattierung aufzubringen, die wenige Millimeter dick ist.

[0024] Darüber hinaus wird viel Zeit benötigt für das Abschleifen und/oder Polieren der metallischen Rückseite zu einer glatten Oberfläche. Ferner muss

die Haftung zwischen der Urform-Mikrostruktur und der leitenden Metallschicht bei der Matrix die Spannungen aushalten können, die an der Grenzfläche zwischen diesen erzeugt werden.

[0025] Der Einsatz von verfügbarer Schleif- und/oder Poliergerätschaft zum Glätten der metallischen Rückseite zu einer flachen Oberfläche erfordert ebenfalls, dass das Urform sehr stabil ist.

[0026] Es sind verschiedene Verfahren bekannt, um dem aus einer fehlerhaften oder irregulären und unebenen Rückseite resultierenden Problem entgegenzuwirken durch Anwenden verschiedener elektrolytischer Auftrageverfahren, um in der Lage zu sein, das Wachstum der Metallschicht gegen eine planare metallische Rückseite einzunivellieren.

[0027] Ein bekanntes Verfahren in dieser Hinsicht verwendet ein gepulstes Feld an Stelle eines Gleichstroms mit einem konstanten Feld. Jedoch dauert im Prinzip das Wachstum einer metallischen Schicht mit einem gepulsten Feld länger als mit einem Gleichstrom. Mit Hilfe von in geeigneter Weise angepassten Parametern und chemischen Zusammensetzungen ermöglicht dieses Verfahren die Beschichtung von Teilen mit tiefer Mikrostruktur und einen rascheren Aufbau als die flacheren Mikrostrukturteile, was bedeutet, dass die tiefen Strukturen überwachsen werden und die metallische Rückseite relativ flach wird.

[0028] Praktische Erfahrungen haben allerdings gezeigt, dass die metallische Rückseite immer noch geglättet werden muss durch Schleifen, Polieren und/oder Läppen der Oberfläche.

[0029] Bezuglich des Zeitaufwands der zwei Verfahren, die ein gepulstes Feld und ein konstantes Feld beinhalten, ist die Beschichtungszeit in dem ersten Verfahren länger als die Beschichtungszeit in dem letztgenannten Verfahren, wohingegen die zum Glätten der Oberfläche benötigte Zeit in dem ersten Verfahren kürzer ist, als in dem zweiten Verfahren.

[0030] Bei der Herstellung von Kunststoffelementen mit einer Mikrostruktur in Verbindung mit einer positiven Oberfläche sind verschiedene Mittel und Anordnungen bekannt, um die den Formhälften zugehörigen Matrices und folglich die Matrices im Allgemeinen unter abwechselnder Erwärmung und Abkühlung zuzuführen.

[0031] Wärme wird angewandt, um dadurch das verwendete Kunststoffkomposit oder das Kunststoffmaterial leichter fließend gegenüber der Oberfläche der Matrix zu machen, um auf diese Weise die Replikation der Mikrostruktur verbessern zu können.

[0032] Es ist ebenfalls die Anwendung des Kühlers, wie eines kalten Fluids, in der Form von Öl, oder Wasser oder von Gas in der Form von Luft auf die Formhälften der Matrix bekannt, um dadurch unmittelbar nach Beendigung des Herstellungsverfahrens in der Maschine über die Matrix das Kunststoffelement auf die Erstarrungstemperatur abzukühlen, so dass die zu dem Kunststoffelement gehörende positive Oberflächenstruktur intakt bleibt.

[0033] Es wird hiermit offensichtlich, dass aufgrund

der großen Wärmespeicherkapazität der Matrices und der Formhälften ein großes Wärme- und Kühltransportsystem erforderlich ist, welches zu einer in der Konsequenz langsamen Herstellungsgeschwindigkeit führt.

[0034] Da die Herstellungsgeschwindigkeit extrem von der Zeit abhängt, die zum Aufwärmen der Matrixoberfläche durch eine Wärmezufuhr zu den Formhälften während des Spritzgießverfahrens erforderlich ist, und der Zeit für ein nachfolgendes Kühlen des Gusselements über die Matrixoberfläche und die Formhälften wurden verschiedene Maßnahmen vorgeschlagen.

[0035] Daher wurde vorgeschlagen, Kanäle in den Formhälften zu bilden und heißes Wasser respektive kaltes Wasser durch diese zuzuführen, doch aufgrund des hohen Drucks, welcher innerhalb der Formhöhlung existiert, ist es technisch schwierig, diese optimal in der Nähe der Matrix zu positionieren.

[0036] Mit der Absicht einer weiteren Verkürzung der Zykluszeit ist bislang die Verwendung einer Wärmeisolierungsschicht zwischen der Matrix und den Formhälften bekannt (siehe "Optimizing Pit Replication Through Managed Heat Transfer" von Thomas Hovatter, Matthew Niemeyer und James Gallo, veröffentlicht von GE Plastics, Mass., USA.)

Zusammenfassung der vorliegenden Erfindung:

Technische Probleme:

[0037] Unter Berücksichtigung der technischen Überlegungen, die ein Fachmann in diesem Spezialfachgebiet anstellen muss, um eine Lösung für ein oder mehrere technische Probleme zu liefern, auf die er/sie stößt, ist ersichtlich, dass es auf der einen Seite anfänglich erforderlich ist, die Maßnahmen und/oder die Abfolge von Maßnahmen zu realisieren, die zu diesem Zweck unternommen werden müssen, und auf der anderen Seite zu erkennen, welches) Mittel bei der Lösung eines oder mehrerer dieser Probleme erforderlich ist/sind. Auf dieser Grundlage wird deutlich, dass die unten stehend aufgeführten Probleme höchst relevant sind für die Entwicklung der vorliegenden Erfindung.

[0038] Bei Betrachtung des derzeitigen Stands der Technik wie oben stehend beschrieben wird offensichtlich, dass ein technisches Problem in der Bereitstellung eines einfachen Verfahrens zur Herstellung einer Matrix bestellt, die für die Verwendung in einer Kompressionsform-, Präge- bzw. Reliefdruck- und/oder Spritzgusspresse angepasst werden kann, wo die Matrix auf einer Oberfläche mit einer negativen Mikrostruktur versehen ist, die in der Maschine als positive Mikrostruktur auf einem Oberflächenteil eines hergestellten Kunststoffelements durch ein Kunststoffkomposit oder ein Kunststoffmaterial repliziert werden kann, und um damit eine kostengünstige Matrix zu erhalten, die eine scharf definierte Mikrostruktur besitzt.

[0039] Ein weiteres technisches Problem die Bereitstellung von Bedingungen mit einfachen Mitteln, die es ermöglichen, dass die Matrix eine mikrostrukturverbundene erste verschleißbeständige Oberfläche, die auf einer ersten verschleißbeständigen Schicht gebildet ist, die eine anpassbare und relativ hohe Abriebbeständigkeit besitzt, verliehen bekommt.

[0040] Ein weiteres technisches Problem die Bereitstellung von Bedingungen mit einfachen Mitteln und Maßnahmen, die es ermöglichen, dass die Matrix aus mindestens zwei Schichten aufgebaut ist, einer dünnen ersten verschleißbeständigen Schicht, welche die mikrostrukturverbundene Oberfläche liefert, und eine Schicht, welche die dünne verschleißbeständige Schicht verstift oder verstärkt, wobei letztere Schicht eine dicke Schicht ist und die hierin als Trägerelement bezeichnet wird.

[0041] Noch ein weiteres technisches Problem ist die Vorsehung von Bedingungen mit einfachen Maßnahmen, welche eine Auswahl des in der ersten dünnen Schicht verwendeten Materials und des in der dicken Schicht oder dem Trägerelement verwendeten Materials mit solchen Eigenschaften und/oder Dicken ermöglicht, um die vorbestimmten Anforderungen und Bedingungen zu erfüllen.

[0042] Ein weiteres technisches Problem ist die Realisierung der Bedeutung und der Vorteile, die damit gewonnen werden, die Erzeugung der Matrix durch Metallbeschichtung mit Hilfe eines Metallbeschichtungsverfahrens, einer Urform, die auf einer Oberfläche eine positive Mikrostruktur aufweist, und durch Beschichtung dieser dünnen Metallschicht mit einem Kunststoffkomposit zu ermöglichen, um so das Trägerelement zu bilden.

[0043] Ein weiteres technisches Problem ist die Herstellung einer Matrix durch einfache Mittel und Maßnahmen, die im Wesentlichen oder ausschließlich aus einem Kunststoffkomposit gebildet wird und die in einer Maschine eingesetzt werden kann, wo die für die Herstellung der Matrix aus einer Urform benötigte Zeit wesentlich verkürzt wurde, u. a. dadurch, dass die Zeit für die Bildung des Kunststoffkomposit eliminiert oder zumindest wesentlich reduziert werden kann, um auf dem Kunststoffkomposit eine flache Rückseite der Matrix für ein enges Anliegen der Rückseite mit einer der zwei Formhälften der Maschine zu bilden.

[0044] Noch ein weiteres technisches Problem liegt in der Realisierung der Bedeutung der Herstellung der Matrix aus einer Urform und im Aufbringen einer dünnen Metallschicht auf die von der Oberfläche getragene positive Mikrostruktur und im Ermöglichen, dass die Metallschicht auf der Rückseite der Mikrostruktur Irregularitäten zeigt, die im Wesentlichen zu der Mikrostruktur korrespondieren, und in der Realisierung der Vorteile des Ausfüllens der Irregularitäten mit einem stützenden Kunststoffkomposit, welches im gehärteten Zustand ein tragendes schichtartiges Trägerelement bildet, an Stelle des Aufbaus der gesamten Matrix mit einer dicken Metallschicht.

[0045] Ein weiteres technisches Problem ist die Realisierung der Bedeutung des Ausfüllens der Irregularitäten mit einem gewählten Kunststoffkomposit und des Bildens des Trägerelements in einer speziellen Formhöhlung.

[0046] Noch ein weiteres technisches Problem ist die Realisierung der Bedeutung und der Vorteile, die durch Bilden des Kunststoffkomposit gewonnen werden, und damit des Trägerelements aus einer Mischung von Kunststoffmaterial oder polymerem Material und einem Füllmaterial, wie einem quarzgefüllten oder metallgefüllten Epoxy- oder Siliconpolymer.

[0047] Ein weiteres technisches Problem ist die Realisierung der Bedeutung und der Vorteile, die durch die Verwendung eines Kunststoffkomposit und damit eines Trägerelements gewonnen werden, das einen linearen Ausdehnungskoeffizienten und/oder eine Wärmeleitfähigkeit und/oder eine Wärmeenergie besitzt, die für ein bestimmtes, in der Maschine durchgeführtes Verfahren und auch die Bauart der Maschine angepasst ist.

[0048] Bezuglich dieser Anwendung besteht ein technisches Problem in der Nutzung eines speziell ausgewählten Härtungsverfahrens, um dem gewählten Kunststoffkomposit eine Härte und/oder Härtungszeit zu verleihen, die von der betreffenden Anwendung abhängt, durch Anwendung von Wärme auf gewählte Teile des Kunststoffkomposit oder der Kunststoffmasse und/oder Bestrahlen des Kunststoffkomposit oder der Masse mit UV-Licht oder durch Verwendung eines Zweikomponenten-Kunststoffkomposit.

[0049] Noch ein weiteres technisches Problem ist die Realisierung der Bedeutung des Vorsehens einer ersten verschleißbeständigen Schicht und/oder einer dünnen Metallschicht und die Wahl eines Kunststoffkomposit und damit eines Trägerelements, das eine geringe Wärmeübertragungskapazität besitzt, so dass die durch die Maschine und zwischen das Formteil gepresste Kunststoffmasse warm gehalten werden.

[0050] Ein weiteres technisches Problem ist die Realisierung der Bedeutung und der Vorteile, die erzielt werden, und der Dimensionierungsvorschriften, die erforderlich sind bezüglich der Aufbringung einer zweiten verschleißbeständigen Schicht auf der Trägerelementoberfläche distal von der mikrostrukturierter Oberfläche der besagten Metallschicht.

[0051] Ein weiteres technisches Problem ist die Realisierung der Bedeutung der Bildung der zweiten verschleißbeständigen Schicht aus einem Material, das niedrige Reibungsqualitäten gegen die flache Oberfläche der Formhälfte und eine hohe Abtragungsbeständigkeit besitzt, wie Titanitrid oder diamantähnlicher Kohlenstoff (DLC).

[0052] Noch ein weiteres technisches Problem ist die Realisierung der Bedeutung des Aufbringens der dünnen Metallschicht auf die Urform oder das Original, wenn das Original aus einem elektrisch nichtleitenden Material besteht, mittels eines Sputterverfah-

rens und/oder mittels Dampfabscheidung und Auftragen der dünnen Metallschicht mittels eines elektrolytischen Auftrageverfahrens, wenn das Material elektrisch leitend ist.

[0053] Ein weiteres technisches Problem ist die Wahl der Dicke der Metallschicht innerhalb vorbestimmter Grenzen auf Basis der in der Spritzgusspresse durchgeführten Auftragung.

[0054] Noch ein weiteres technisches Problem ist die Realisierung der Bedeutung und der Vorteile, die erzielt werden sollen durch Schaffung von Bedingungen, um das Glätten der Rückseite der Matrix und des Trägerelements beträchtlich zu vereinfachen, und/oder durch völliges Eliminieren des Erfordernisses eines solchen Glättens.

[0055] Es gibt ein technisches Problem bei einer Maschine für die Herstellung von Kunststoffelementen, die zur Bildung einer Anordnung fähig sind, die mit der geringst möglichen Anwendung von Energie fähig sein soll, die negative Oberflächenstruktur der Matrix während des Formverfahrens heiß zu halten und dadurch ein vollständiges Ausfüllen der Formhöhlung vor dem Abkühlen des Kunststoffelements sicherzustellen.

[0056] Es gibt weiterhin das technische Problem, wie mit Hilfe einfacher Mittel und Maßnahmen die Zykluszeit für die Herstellung eines Elements in einer Maschine des in der Einführung genannten Typs verkürzt werden kann.

[0057] Es gibt ebenfalls ein technisches Problem innerhalb einer Maschine für die Herstellung eines Kunststoffelements, um in der Lage zu sein, eine Anordnung zu bilden, die mit der geringstmöglichen Anwendung von Energie in der Lage ist, die negative Außenstruktur der Matrix rasch auf eine Temperatur abzukühlen, welche der Erstarrungstemperatur für die Kunststoffmasse entspricht und etwas darunter liegt.

[0058] Es ist ein technisches Problem, mit einfachen Maßnahmen solche Bedingungen innerhalb der Matrix erzeugen zu können, dass eine gewünschte Erwärmung während der Formungsabfolge innerhalb der Matrix eintritt und dass die erwärmte Matrix als Barriere gegen eine kalte Formhälfte dient und dass die gewünschte Kühlung lediglich durch einfaches Unterbrechen der Erwärmungsabfolge eintritt.

[0059] Es sollte darüber hinaus als ein technisches Problem angesehen werden, in der Lage zu sein, Bedingungen zu schaffen, um eine elektrisch geregelte Erwärmung der negativen Oberflächenstruktur der Matrix zu erzielen.

[0060] In diesem Zusammenhang gibt es ein weiteres technisches Problem mit einfachen Maßnahmen und mit der Verwendung von einer oder mehreren zu der Matrix gehörenden Schichten, welche eine einfache und erforderlichenfalls sogar eine lokal wirkende Erwärmung leisten können, um auf diese Weise die Replikationsfähigkeit erhöhen zu können.

[0061] Es ist außerdem ein technisches Problem, mittels einer matrixgebundenen Anordnung zur Er-

zeugung einer lokal wirkenden intensiven Erwärmung fähig zu sein, um innerhalb der ausgewählten, der Formhöhlung zugehörigen Stellen eine bessere Ausfüllleistung vorsehen zu können.

[0062] Es gibt ebenfalls ein technisches Problem, um für diesen Zweck in der Lage zu sein, einfache Mittel und Wirkungsweisen vorzusehen, wodurch die Anwendung von elektrischer Wärmeenergie auf die gesamte Matrixoberflächenstruktur geleistet werden kann und darüber hinaus erforderlichenfalls eine lokal wirkende verstärkte Anwendung von elektrischer Wärmeenergie geleistet werden kann.

[0063] Es gibt ein technisches Problem damit, mit einfachen Mitteln in der Lage zu sein, solche Bedingungen vorzusehen, dass die elektrische Wärmeenergie durch, oder unmittelbar neben der zu der Matrix gehörenden negativen Oberflächenstruktur angewandt werden kann durch Anlegen einer Spannung an ein und dieselbe Schicht für eine angepasste Stromverteilung innerhalb der Schicht, die leitend oder halbleitend sein kann.

[0064] Es gibt ein technisches Problem damit, mit einfachen Mitteln in der Lage zu sein, solche Bedingungen vorzusehen, dass eine variable Wärmeerzeugung geleistet werden kann, und dies nur durch Auswahl der Dicke für eine leitende oder halbleitende Schicht mit einer dünneren Schicht für eine höhere Wärmeerzeugung und umgekehrt.

[0065] Dann gibt es ein technisches Problem damit, mit einfachen Mitteln in der Lage zu sein, solche Bedingungen zu schaffen, dass die elektrische Wärmeenergie und ihre lokale Verteilung durch die, oder unmittelbar neben der zu der Matrix gehörenden negativen Oberflächenstruktur durch Anlegen einer Spannung an zwei benachbarte leitende Schichten für eine Stromverteilung innerhalb einer dazwischen liegenden, elektrisch halbleitenden Schicht angewandt werden können.

[0066] Es sollte als ein technisches Problem angesehen werden, mit einfachen Mitteln in der Lage zu sein, Bedingungen zu schaffen für eine variable Wärmeerzeugung durch die Wahl einer dünneren Dicke und/oder eines geringeren Leitungsvermögens in abgegrenzten Oberflächenregionen, wo eine höhere Temperatur erwünscht ist, und umgekehrt.

[0067] Es ist ebenfalls ein technisches Problem, die Bedeutung und die Vorteile in Verbindung mit der Verwendung der Schicht mit einer negativen Oberflächenstruktur und/oder einer diese Schicht stützenden Schicht, wenn Letztere aus einem elektrisch leitenden oder elektrisch halbleitenden Material besteht, realisieren zu können.

[0068] Es gibt ebenfalls ein technisches Problem, die Bedeutung der Wahl der zu der Matrix gehörenden Schicht mit der negativen Oberflächenstruktur aus einem Material, normalerweise einem Metallmaterial, mit einer Resistivität zwischen 0,025 und 0,12 (Ohm × mm²/m) realisieren zu können.

[0069] Es gibt ebenfalls ein technisches Problem, die Bedeutung und die Vorteile in Bezug darauf zu

realisieren, dass zugelassen wird, dass die zu der Matrix gehörende Schicht mit der negativen Oberflächenstruktur durch eine Schicht mit einer Resistivität von 0,03 und weniger gestützt wird.

[0070] Es gibt ebenfalls ein technisches Problem, die Bedeutung und die Vorteile in Zusammenhang damit zu realisieren, dass eine oder mehrere Stützschichten aus einer wärmeerzeugenden Schicht, wie einem elektrisch leitenden Polymer, gebildet werden können.

[0071] Es sollte insbesondere als ein technisches Problem angesehen werden, die Bedeutung der Vorteile in Bezug darauf zu realisieren, dass mindestens eine Schicht aus einer Vielzahl an verfügbaren Schichten so gewählt ist, dass sie unterschiedliche Dicken besitzt, und zwar dicker an einem Abschnitt, welcher eine geringere Wärmeenergie erfordert, und dünner an einem Abschnitt, welcher eine höhere Wärmeenergie erfordert.

[0072] Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere eine Anwendung, in welcher die Schicht mit der negativen Oberflächenstruktur bezüglich der Matrix in der Form einer Mikrostruktur ausgebildet ist, und wodurch man fähig wird, die Bedeutung davon zu realisieren, dass man zulässt, dass die Wärmeerzeugung an ausgewählten Querschnitten höher eingestellt werden kann als an anderen Oberflächenabschnitten, um so auf ähnliche Weise die Replikationsgenauigkeit und die Formfüllung zu erhöhen.

[0073] Es gibt ebenfalls ein technisches Problem, die Bedeutung und die Vorteile in Zusammenhang damit zu realisieren, dass es ermöglicht wird, die Wärmeenergie auf eine kreisförmige Scheibe durch Anlegen einer Spannung zwischen einem peripheren Oberflächenteil einer ausgewählten Schicht und einem zentralen Loch anzuwenden.

[0074] Darüberhinaus sollte es als ein technisches Problem angesehen werden, die Bedeutung und die Vorteile in Bezug darauf zu realisieren, dass die Anwendung der elektrischen Wärmeenergie auf eine kreisförmige Scheibe durch Anlegen von Spannung an einen peripheren Oberflächenteil für verschiedene Schichten mit einer geringen Resistivität und durch Wärmeerzeugung innerhalb einer dazwischen positionierten Schicht mit hoher Resistivität ermöglicht werden kann.

Lösung

[0075] In der Absicht, eines oder mehrere der oben genannten technischen Probleme zu lösen, geht die vorliegende Erfindung von einem Verfahren zur Herstellung einer Matrix, die auf einer Oberfläche eine negative Mikrostruktur einschließt, welche in einer Spritzgusspresse als positive Mikrostruktur auf einem hergestellten Kunststoffelement repliziert werden kann, aus einem Kunststoffkomposit oder einem Kunststoffmaterial aus.

[0076] Die Erfindung basiert auf der Idee, dass die Herstellung der Matrix durch Überziehen einer Ur-

form oder eines Originals, das eine positive Mikrostruktur auf einer Seite davon besitzt, mit einer Schicht aus einem Beschichtungsmaterial ermöglicht wird.

[0077] Gemäß der Erfindung wird nunmehr vorgeschlagen, dass auf die positive Mikrostruktur auf der Oberfläche der Urform eine dünne verschleißbeständige Oberfläche aufgebracht wird, die als erste verschleißbeständige Oberfläche fungiert, wobei die Schicht Irregularitäten aufweist, welche im Wesentlichen zu der Mikrostruktur korrespondieren, und anschließend die Irregularitäten mit einem Kunststoffkomposit zu füllen, um so ein Trägerelement oder ein Stützelement für die erste verschleißbeständige Schicht zu bilden.

[0078] Durch vorgeschlagene Ausführungsformen, die innerhalb des Umfangs des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen, wird vorgeschlagen, dass das Kunststoffkomposit aufgebracht wird, um die Irregularitäten in einer Formhöhlung einzunivellieren.

[0079] Es wird ebenfalls vorgeschlagen, dass das Kunststoffkomposit, und damit das Trägerelement, aus einem polymeren Material und einem Füllmaterial, wie einem quarzgefüllten oder metallgefüllten oder mit Kohlenstofffaser gefüllten oder einem anderen faser- oder teilchengefüllten Epoxypolymer oder Siliconpolymer aufgebaut ist.

[0080] Es wird ebenfalls vorgeschlagen, dass das Kunststoffkomposit, und damit das Trägerelement, einen linearen Ausdehnungskoeffizienten und/oder eine Wärmeleitfähigkeit und/oder eine Wärmekapazität besitzen, die für ein bestimmtes in einer Maschine durchgeführtes Verfahren und auch den Aufbau der Maschine angepasst sind.

[0081] Es wird ebenfalls vorgeschlagen, dass das Kunststoffkomposit in einer Weise gehärtet wird, die in geeigneter Weise für das Spritzgießen, etwa durch Anwenden von Wärme und/oder Bestrahlung mit UV-Licht, angepasst ist.

[0082] Das Kunststoffkomposit kann auch ein Zwei-komponentenkomposit sein.

[0083] Es wird ebenfalls gemäß der Erfindung vorgeschlagen, dass ein Kunststoffkomposit, und damit das Trägerelement, das unter einer harten verschleißbeständigen Schicht angeordnet ist, die als erste verschleißbeständige Oberfläche dient, eine angepasste Wärmeleitfähigkeit und/oder eine angepasste Wärmekapazität besitzt, so dass die in der Maschine nach vorne gepresste Kunststoffmasse warm gehalten werden kann, wobei gleichzeitig kurze Zykluszeiten erzielt werden.

[0084] Es wird ebenfalls gemäß der Erfindung vorgeschlagen, dass das Kunststoffkomposit, und damit das Trägerelement, mit einer zweiten verschleißbeständigen Schicht auf der Oberfläche, welche distal von der ersten verschleißbeständigen Oberfläche liegt, überzogen werden kann, um so die Matrixkonstruktion gegen Verschleiß durch Abrieb zu verstärken.

[0085] Diese zweite verschleißbeständige Schicht

kann aus Titanitrat oder DLC aufgebaut sein.

[0086] Es wird ebenfalls gemäß der Erfindung vorgeschlagen, dass die dünne erste, verschleißbeständige Schicht aus einer Metallschicht aufgebaut ist und dass die Metallschicht durch ein Sputterverfahren und/oder ein Dampfabscheidungsverfahren oder ein Metallauftrageverfahren aufgebracht werden soll. [0087] Es wird ebenfalls vorgeschlagen, dass die Dicke der ersten verschleißbeständigen Schicht, wie der Metallschicht, sorgfältig hinsichtlich der Aufbringung und hinsichtlich des Aufbaus der Spritzgusspresse gewählt wird.

[0088] Die Erfindung sieht ebenfalls eine Matrix vor, welche für die Verwendung in einer Kompressionsformmaschine, einer Präge- bzw. Reliefdruckmaschine und/oder Spritzgussformpresse ausgelegt ist.

[0089] Es wird besonders gemäß der Erfindung vorgeschlagen, dass die mikrostrukturierte Oberfläche der Matrix aus einer dünnen ersten verschleißbeständigen Schicht, wie einer Metallschicht, aufgebaut werden soll und dass die erste verschleißbeständige Schicht vorzugsweise von einem Trägerelement getragen wird.

[0090] Gemäß den vorgeschlagenen Ausführungsformen, die innerhalb des Umfangs des Erfindungsgedankens liegen, ist das Trägerelement zweckmäßigerweise aus einer dicken Kunststoffkompositsschicht aufgebaut.

[0091] In dieser Hinsicht wird vorgeschlagen, dass das Trägerelement aus einem Kunststoffkomposit aufgebaut ist, das aus einem mit einem Füllstoffmaterial, wie quarzgefülltem oder metallgefülltem oder anderem faser- oder teilchengefülltem Epoxypolymer oder Siliconpolymer vermischten polymeren Material, aufgebaut ist.

[0092] Es wird ebenfalls vorgeschlagen, dass das Trägerelement aus einem Kunststoffkomposit aufgebaut ist, das einen linearen Ausdehnungskoeffizienten und/oder eine Wärmeleitfähigkeit und/oder eine Wärmekapazität besitzt, die für ein gewähltes Verfahren und eine gewählte Bauart der Spritzgusspresse angepasst sind.

[0093] Es wird insbesondere vorgeschlagen, dass das Trägerelement aus einem Kunststoffkomposit aufgebaut ist, das durch Anwenden von Wärme und/oder Bestrahlung des Komposit mit UV-Licht gehärtet werden kann. Alternativ kann das Kunststoffkomposit ein Zweikomponentenkomposit sein.

[0094] Das Trägerelement und die dicke Kunststoffkompositsschicht können ebenfalls aus einem Kunststoffkomposit aufgebaut sein, das eine ausgeprägt niedrige Wärmeleitfähigkeit z. B. von weniger als 2 W/m/K besitzt.

[0095] Es wird insbesondere vorgeschlagen, dass das Trägerelement in erster Linie vom Abriebgesichtspunkt betrachtet z. B. mit Hilfe einer zweiten verschleißbeständigen Schicht auf der Oberfläche distal von der Metallschichtoberfläche verstärkt werden kann. Diese verstärkende zweite verschleißbeständige Schicht kann aus Titanitrid oder DLC in

diesem Fall aufgebaut sein.

[0096] Es wird weiter vorgeschlagen, dass ein Erhitzungsmittel für die Zufuhr von Wärmeenergie zu der Matrix vorgesehen wird.

[0097] Es wird ebenfalls vorgeschlagen, dass das Erhitzungsmittel durch Zuführen von elektrischer Wärmeenergie zu der gesamten oder zu Teilen lediglich der Matrix gebildet werden sollte, dass die elektrische Wärmeenergie durch oder unmittelbar neben der zu der Matrix gehörenden äußeren Schicht zugeführt wird und dass die Schicht und/oder die Stützschicht einem elektrisch leitenden und/oder elektrisch halbleitenden Material besteht(en).

[0098] Als eine vorgeschlagene Ausführungsform, die in den Umfang des Erfindungsgedankens fällt, wird gelehrt, dass die zu der Matrix gehörende Schicht aus einem Material mit einer Resistivität zwischen 0,025 und 0,12 Ohm × mm²/m gewählt wird.

[0099] Es wird weiter gelehrt, dass die zu der Matrix gehörende Schicht von einer weiteren Schicht mit einer Resistivität von 0,3 Ohm × mm²/m oder weniger getragen wird.

[0100] Es wird weiter vorgeschlagen, dass eine solche Stützschicht aus einer wärmeerzeugenden Schicht gebildet werden sollte.

[0101] Diese Stützschicht kann auch aus einem Material mit einer höheren Resistivität bestehen und zwischen zwei Schichten mit einer niedrigen Resistivität positioniert sein.

[0102] Die Erfindung zeigt weiter, dass eine solche dazwischen angeordnete Schicht so gewählt werden kann, dass sie unterschiedliche Dicken aufweist, die an den Oberflächenabschnitten dicker sind, welche eine geringe Wärmeenergie erfordern, und dünner an Oberflächenabschnitten, die eine hohe Wärmeenergie erfordern.

[0103] Die Erfindung lehrt insbesondere die Anwendung, dass die Schicht mit der zu der Matrix gehörenden negativen Oberflächenstruktur die Form einer Mikrostruktur aufweisen kann und damit erfordert, dass die Wärmeerzeugung so angepasst werden sollte, dass sie an ausgewählten Oberflächenabschnitten größer ist an an anderen Oberflächenabschnitten, um dadurch die Replikationsgenauigkeit und Formausfüllung zu erhöhen.

[0104] Die elektrische Wärmeenergie kann durch Anlegen einer Spannung an periphere Oberflächenteile für eine ausgewählte Schicht zugeführt werden.

[0105] Alternativ kann die elektrische Wärmeenergie durch Anlegen einer Spannung an periphere Oberflächenteile von unterschiedlichen Schichten mit einer niedrigen Resistivität zugeführt werden, um Wärme innerhalb einer dazwischen angeordneten Schicht mit einer hohen Resistivität zu erzeugen.

Vorteile

[0106] Diese Vorteile, die hauptsächlich durch ein Verfahren zur Herstellung einer Matrix vorgesehen werden, welche für die Verwendung in einer Kom-

pressionsformmaschine und/oder einer Spritzgusspresse gemäß der vorliegenden Erfindung angepasst ist, beruhen in der Schaffung von Bedingungen, welche eine einfachere Herstellung der Matrix ermöglichen. Insbesondere kann dies durch Aufbringen einer dünnen ersten verschleißbeständigen Schicht auf die positive Mikrostruktur auf einer Seite einer Urform und danach durch Aufbringen eines Kunststoffkomposit erreicht werden, um Irregularitäten in der verschleißbeständigen Schicht auszufüllen und ein Trägerelement zu bilden.

[0107] Dies eliminiert, oder reduziert zumindest wesentlich das Erfordernis, die rückwärtige Kunststoffoberfläche der Matrix zu glätten, um eine flache Kunststoffoberfläche zu erhalten, die an eine flache Trägeroberfläche eines Formkörpers in der eingesetzten Maschine anstoßen kann.

[0108] Die Wärmeübertragungskapazität und/oder die Wärmekapazität der Matrix kann ebenfalls so angepasst werden, dass das Replikationsvermögen in dem Herstellungsverfahren, wie dem Prägeverfahren und/oder dem Spritzgussverfahren verstärkt wird durch die Tatsache, dass das Form-Kunststoffmaterial nicht erstarrt, sobald es mit der mikrostrukturierten Oberfläche der Matrix in Kontakt kommt, sondern so lange flüssig bleiben kann, wie eine wirksame Replikation der Matrix-Mikrostruktur auf dem gebildeten Kunststoffelement in Anspruch nimmt.

[0109] Die Matrix gemäß der vorliegenden Erfindung lässt eine beträchtliche Reduzierung der Dicke einer aufgebrachten ersten verschleißbeständigen Schicht, wie einer Metallschicht, zu, wodurch die Herstellungszeit verkürzt wird. Weiterhin kann durch die Wahl eines stützenden Kunststoffkomposit zur Bildung eines Trägerelements eine angepasste Trägeroberfläche gebildet werden, wahlweise mit einer Verschleißoberflächenverstärkung, die auch als ein Wärmeisolator und/oder ein Wärmespeicher zwischen einer heißgepressten Kunststoffmasse und dem mit der Matrix verbundenen Kunststoffteil fungieren kann.

[0110] Weitere Vorteile, wie mit einfachen Maßnahmen fähig zu sein, eine höhere Replikationsgenauigkeit als zuvor und eine einfachere Formausfüllung einer zu einem Kunststoffelement gehörenden äußeren Struktur zu erzielen, können durch Zuführen von elektrischer Wärmeenergie zu der gesamten oder Teilen der Matrix erhalten werden.

[0111] Die Anwendung von Wärmeenergie auf die äußere Struktur der Matrix erfolgt an erster Stelle, um den Kühlungswirkungen der Matrix und der Formhälfte auf die erwärmte Kunststoffmasse entgegenzuwirken oder diese zu eliminieren, wenn sie zwischen Formhälften in der Maschine für die Herstellung von Kunststoffelementen eingepresst wird.

[0112] Durch die verwendete zugeführte elektrische Wärmeenergie, die auf die äußere Schicht der Matrix oder in der Nähe davon konzentriert ist, kann der Matrix und den Formhälften eine Temperatur verliehen werden, die für ein rasches Abkühlen des Kunststoff-

teils durch Unterbrechen dieser Zufuhr von Wärmeenergie angepasst ist.

[0113] Die wesentlichen charakteristischen Merkmale eines erfindungsgemäßen Verfahrens sind in der charakterisierenden Bedingung des beigefügten Anspruchs 1 dargelegt, während die wesentlichen charakteristischen Merkmale einer erfindungsgemäßen Matrix in der charakterisierenden Bedingung des beigefügten Anspruchs 13 dargelegt sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0114] Die Erfindung wird nunmehr unter Bezugnahme auf eine Ausführungsform einer derzeit bevorzugten Spritzgusspresse und in welcher eine erfindungsgemäße Matrix verwendet werden kann, und mit Bezug auf ein Verfahren zur Herstellung der Matrix und eine durch das Verfahren hergestellte Matrix, die für die vorliegende Erfindung signifikante Merkmale besitzt, unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in welchen:

[0115] **Fig. 1** eine schematische Seitenansicht eines Teils einer Spritzgusspresse ist und zwei Formhälften an wechselseitig zusammenwirkenden Positionen zeigt;

[0116] **Fig. 2** die Maschine von **Fig. 1** in einer Betriebsstufe veranschaulicht, in welcher eine erwärmte Kunststoffmasse in der Form eines Kunststoffkomposit durch eine feste Formhälfte und in einen zwischen zwei Formhälften gebildeten Hohlraum zum Druckguss oder Formguss eines flachen Kunststoffelements gepresst wird;

[0117] **Fig. 3** die Spritzgusspresse veranschaulicht, bei welcher eine bewegliche Formhälfte von einer festen Formhälfte weg bewegt wurde und das geformte flache Kunststoffelement aus der beweglichen Formhälfte ausgeworfen wurde;

[0118] **Fig. 4** perspektivisch eine mikrostrukturierte Matrix veranschaulicht, die in der beweglichen Formhälfte platziert werden kann, wobei eine vereinfachte vergrößerte Ansicht eines Teils der Mikrostruktur ebenfalls in **Fig. 4** gezeigt ist, allerdings nicht maßstabsgetreu;

[0119] **Fig. 5** eine Seitenschnittansicht ist, welche ein Beispiel eines Verfahrens zur Herstellung einer Matrix des Stands der Technik erläutert;

[0120] **Fig. 6** eine Seitenschnittansicht ist, welche ein Beispiel eines Verfahrens zur Herstellung einer Matrix gemäß der erfindungsgemäßen Matrix erläutert;

[0121] **Fig. 7** eine Schnittansicht eines Teils einer ersten Ausführungsform einer gemäß der Erfindung hergestellten Matrix ist;

[0122] **Fig. 8** eine Schnittansicht eines Teils einer zweiten Ausführungsform einer Matrix gemäß der Erfindung ist; und

[0123] **Fig. 9** die Verwendung einer Formhöhlung zur Herstellung einer Matrix, die eine flache rückseitige Oberfläche besitzt, veranschaulicht;

[0124] **Fig. 10** in einer perspektivischen Ansicht das

durch Spritzgießen gebildete ebene Kunststoffelement in der Form einer CD-Disk in einem Abstand außerhalb der mit einer Matrix ausgestatteten beweglichen Formhälften zeigt;

[0125] **Fig. 11** einen Querschnitt einer ersten Ausführungsform einer negativen Oberflächenstruktur einer Matrix zeigt;

[0126] **Fig. 12** einen Querschnitt einer zweiten Ausführungsform einer negativen Oberflächenstruktur einer Matrix zeigt;

[0127] **Fig. 13** einen Querschnitt einer dritten Ausführungsform einer negativen Oberflächenstruktur einer Matrix zeigt; und

[0128] **Fig. 14** einen Querschnitt einer vierten Ausführungsform einer negativen Oberfläche einer Matrix zeigt.

Beschreibung von derzeit bevorzugten Ausführungsformen

[0129] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Matrix **2**, insbesondere einer Matrix **2**, die an die Verwendung in einer Kompressionsform-, Präge- bzw. Reliefdruck-, Spritzguss- und/oder ein anderes Kunststoffelement erzeugenden Presse angepasst ist.

[0130] Eine Oberfläche der Matrix **2** erhält eine negative Mikrostruktur **2a**, die als positive Mikrostruktur **3a** auf einem Kunststoffelement **3** in der Spritzgusspresse **1** repliziert werden kann.

[0131] Das Verfahren, durch welches die Matrix **2** hergestellt wird, wird unten stehend ausführlicher unter Bezugnahme auf die **Fig. 6** beschrieben.

[0132] Der Einfachheit halber geht die nachfolgende Beschreibung von der Annahme aus, dass lediglich die bewegliche Formhälften mit einer Matrix **2** versehen ist, die eine Mikrostruktur **2a** aufweist, obwohl ein Fachmann auf dem Gebiet erkennen wird, dass die feste Formhälften ebenfalls mit einer solchen Matrix ausgestattet sein kann.

[0133] Somit erläutern die **Fig. 1-3** schematisch eine Spritzgusspresse **1**, die einen Ejektor- bzw. Ausstoßvorrichtungsstab **1a**, eine Anzahl (**3**) von Ejektor- bzw. Ausstoßstiften **1b**, eine bewegliche Form **1c** und eine feste Form **1d** einschließen.

[0134] Die bewegliche Formhälften **1c** und die feste Formhälften **1d** definieren dazwischen einen Hohlraum **1d**, dessen Gestalt sich der Gestalt eines flachen spritzgegossenen Kunststoffelements **3** anpasst, wobei der Hohlraum einen Hohlraumeinlass in der Gestalt einer Einlassöffnung einschließt.

[0135] Die **Fig. 1** erläutert ebenfalls die Verwendung eines „Bikonus“ bzw. „Pineapple“ **1g**, einer zylindrischen Wand **1h**, eines Erhitzungselementes **11**, eines Spritzgusstempels **1j** und eines Fülltrichters oder Hoppers **1k** für granuliertes oder Pulvermaterial **1m**.

[0136] Die **Fig. 2** zeigt, wie eine erhitze, fließende Kunststoffmasse oder Kunststoffmaterial **1p** den „Bikonus“ **1g** umschließt und durch den Hohlraumein-

lass durch den Plunger bzw. Kolben **1g** und in den Hohlraum **1e** gepresst wird, wobei die Formhälften **1c, 1d** in der in **Fig. 1** gezeigten Position zusammen gebracht werden.

[0137] Die **Fig. 3** zeigt, dass die bewegliche Formhälften **1c** von der Formhälften **1d** zu einer bestimmten Position weg bewegt wird, an welcher das flache Kunststoffelement **3** von der beweglichen Form **1c** mit Hilfe des Ejektorstabs **1a** und der Ejektorstifte **1b** abgetrennt wird, um aus der Formhälften **1c** herauszufallen.

[0138] Die **Fig. 4** ist eine sehr vereinfachte, perspektivische Ansicht einer plattenförmigen Matrix **2**, die eine noch oben gerichtete Mikrostruktur **2a** auf einer Seite davon aufweist.

[0139] Diese Mikrostruktur ist normalerweise eine sehr komplexe Struktur. Der einfachen Erläuterung der vorliegenden Erfindung wegen jedoch ist auch eine stark vereinfachte und vergrößerte Ausführungsform dieser Mikrostruktur in **Fig. 4** gezeigt, allerdings nicht maßstabsgetreu.

[0140] Der Einfachheit und Klarheit halber ist die folgende Beschreibung lediglich mit einer Mikrostruktur befasst, welche einen ersten erhöhten Teil **21**, einen dazwischen liegenden Hohlraum oder eine Höhlung **22** und einen zweiten erhöhten Teil **23** einschließt.

[0141] Die Matrix **2** ist somit mit einer negativen Mikrostruktur **2a** auf einer Oberfläche davon versehen.

[0142] Die Matrix **2** hat die Form einer Scheibe oder einer Platte, die einen flachen oberflächennahen Bereich **2b**, normalerweise eine flache, mechanisch bearbeitete Oberfläche **2b** besitzt, welche auf einer flachen Trägeroberfläche **1c'** in der beweglichen Formhälften **1c** ruht.

[0143] Es ist in dieser Hinsicht von Bedeutung, dass die Matrix eine flache (oder gekrümmte) Oberfläche **2b** besitzt, welche gegen eine Oberfläche **1c'** (oder eine komplementäre gekrümmte Oberfläche) auf der Formhälften **1c** anliegen kann, so dass die Matrix **2** die Druckkräfte aushalten kann, welche während des Herstellungsverfahrens erzeugt werden, z. B. während eines Spritzgussformverfahrens.

[0144] Die **Fig. 5** ist eine Querschnittsansicht eines Teils einer bekannten Matrix **2** durch die erhöhten Teile **21** und **23** und den Hohlraum **22** hindurch.

[0145] In dem in **Fig. 5** veranschaulichten bekannten Verfahren kann die Matrix **2** durch Beschichten einer Oberfläche mit Metall beispielsweise durch ein elektrolytisches Metallauflageverfahren hergestellt werden, um eine Urform vorzusehen, die eine positive Mikrostruktur auf einer Seite aufweist.

[0146] Mittels dieses elektrolytischen Auftrageverfahrens oder eines korrespondierenden Verfahrens wird Metallschicht auf Metallschicht auf dem Mikrostruktur-Oberflächenteil **5a** der Urform aufgebaut, so dass eine erste Metallschicht sogar den untersten Punkt in der Mikrostruktur auf dem Oberflächenteil **5a** bedeckt.

[0147] Weil ein derartiges elektrolytisches Auftrageverfahren zu einer Metallschicht führt, deren obere

Oberfläche aufgrund der darunter liegenden Oberflächenstruktur **5a** irregulär ist, ist es erforderlich, das elektrolytische Auftrageverfahren fortzuführen und Metallschicht auf Metallschicht zu bilden, bis eine Gesamtdicke erreicht ist, welche über die gesamte Oberfläche über einen vorbestimmten Wert oder eine Ebene hinausgeht, angegeben durch **6** in **Fig. 5**.

[0148] Im Falle des früher bekannten Verfahrens ist es erforderlich, das gesamte, über die Oberfläche **6** aufgebrachte Metallmaterial **6a** in irgendeiner Weise abzuschleifen.

[0149] Elektrolytische Auftrageverfahren zum Aufbringen von Schichten der in diesem Zusammenhang gefragten Dicke sind sehr zeitraubend. Das Abschleifen des überschüssigen Metallmaterials **6a** zu der Ebene **6** ist ebenfalls sehr zeitraubend.

[0150] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Matrix **2** mit Hilfe einer Urform **5**, die in derselben Weise wie die in **Fig. 5** gezeigte Urform **5** hergestellt werden kann, hergestellt.

[0151] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die von der Oberfläche getragene positive Mikrostruktur **5a** mit einer dünnen verschleißbeständigen ersten Schicht **7**, wie in **Fig. 6** gezeigt, überzogen. Diese dünne, verschleißbeständige erste Schicht **7** soll eine äußere erste verschleißbeständige Oberfläche **7a** darstellen. Der Ausdruck "verschleißbeständige Oberfläche" soll eine Oberfläche bedeuten, gegen welche das heiße fließende Kunststoffmaterial gepresst werden soll und gegen welche das Kunststoffelement **3** gebildet werden soll, bevor es aus den Formhälften **1c**, **1d** entfernt wird.

[0152] Die verschleißbeständige Schicht **7**, welche die erste verschleißbeständige Schicht **7a** bildet, ist ausreichend dünn, zum Beispiel mit einer Dicke von 2 µm, um eine äußere negative Mikrostruktur **2a** aufzuweisen, die genau zu der positiven Mikrostruktur **5a** für die Urform **5** korrespondiert.

[0153] Ein Fachmann auf dem Gebiet ist sich der Tatsache bewusst, dass die angewandten Verfahren und Verfahrensweisen in diesem Zusammenhang unterschiedliche Schichtdicken ergeben und dass es notwendig ist, eine Dicke und ein Verfahren zu wählen, die sicherstellen, dass der Bereich zwischen den erhöhten Teilen offen gehalten wird.

[0154] Die erste verschleißbeständige Schicht **7** kann aus einem Kunststoffkomposit und einem anderen harten Material aufgebaut sein, obwohl in der nachstehenden Beschreibung zur Erläuterung angenommen wird, dass diese dünne erste verschleißbeständige Schicht **7** aus Metall aufgebaut ist.

[0155] Die Metallschicht **7** kann mit Hilfe von herkömmlichen Techniken aufgebracht werden, zum Beispiel durch Sputter- oder Dampfabscheidung gegen eine nichtleitende Urformplatte **5**.

[0156] Die **Fig. 5** soll zeigen, dass diese dünne Metallschicht **7** aufgebracht werden kann, um präzise die gesamte Oberfläche **5a**, welche der Mikrostruktur zugehört, mit einer dünnen Schicht aus Metall zu bedecken.

[0157] Entsprechend den Anforderungen der Erfindung sieht die innere oder obere Oberfläche der dünnen Metallschicht **7** in **Fig. 6** Irregularitäten **7b** vor, die im Wesentlichen zu der Mikrostruktur **5a** korrespondieren.

[0158] Gemäß der Erfindung werden diese Irregularitäten **7b** in einer zweiten Stufe mit einem ausgewählten Kunststoffkomposit **8'** gefüllt. Die für dieses Kunststoffkomposit **8'** verwendete Kunststoffmasse sollte heiß sein und ist flüssig genug, um alle Hohlräume oder Höhlungen **22** zu füllen und alle erhöhten Teile **21**, **23** zu bedecken und damit eine flache obere Oberfläche **8a** vorzusehen.

[0159] Die **Fig. 6** soll eine Ausführungsform erläutern, in welcher ein Kunststoffkomposit **8'** aufgebracht wird zur Bildung eines Trägerelements **8** in einer Weise, dass ein kleiner Anteil **8a'** des Kunststoffkomposit über der Ebene **6** und einer erwogenen flachen Oberfläche **8a** platziert ist, womit das überschüssige Kunststoffmaterial **8a'** nun leicht durch ein mechanisches Glättungsverfahren entfernt werden kann.

[0160] Die Matrix **2**, in der Form eines Trägerelements **8** und einer dünnen ersten verschleißbeständigen Oberfläche **7a**, wird aus der Urformeinheit **5** herausgehoben oder von dieser weg angehoben und in der beweglichen Formhälfte **1c** mit der Oberfläche **2b** (**6**) an die Oberfläche **1c'** anliegend montiert.

[0161] Gemäß der Erfindung kann das Kunststoffkomposit **8'**, das zur Bildung eines Trägerelements **8** verwendet wird, zweckmäßiger Weise unter Druck in einer Formhöhlung in einer Weise aufgebracht werden, dass das Erfordernis einer maschinellen Bearbeitung oder einer mechanischen Bearbeitung der Rückseite des Trägerelements umgangen wird.

[0162] Diese dritte Stufe in dem Herstellungsverfahren wird unten stehend ausführlicher unter Bezugnahme auf die **Fig. 9** beschrieben.

[0163] Die Verwendung eines Kunststoffkomposit **8'** und eines damit gebildeten Trägerelements **8** liefert viele Anpassungsmöglichkeiten. Es ist allgemein bekannt, dass unterschiedliche polymere Materialien und Mischungen davon, vermischt mit verschiedenen Füllstoffen und Mischungen davon, verschiedene Eigenschaften ergeben und dass die ausgewählten Härtungsverfahren und Härtungszeiten die Endeigenschaften des Kunststoffkomposit beeinflussen. Diese Erkenntnis bietet zahlreiche verschiedene Möglichkeiten bezüglich ihrer Anwendung mit einer Matrix in Übereinstimmung mit der Erfindung. Zum Beispiel kann ein Kunststoffkomposit **8'** aus einem polymeren Material gewählt werden, das mit einem Füllmaterial, wie einem quarzgefüllten, metallgefüllten oder mit Kohlenstofffaser gefüllten oder anderen faser- oder teilchengefüllten Epoxy- oder Siliconpolymeren, vermischt worden ist.

[0164] Es wird ebenfalls gemäß der Erfindung vorgeschlagen, dass das Kunststoffkomposit **8'** und ein daraus gebildetes Trägerelement **8** so gewählt sein können, dass man einen linearen Ausdehnungskoeffi-

fizienten oder eine Wärmeleitfähigkeit und/oder eine Wärmekapazität hat, die an ein gewähltes Verfahren und/oder an die Beschaffenheit der verwendeten Maschine angepasst sind.

[0165] Das Kunststoffkomposit **8'** kann so gewählt werden, dass es als Reaktion auf die Wärme und/oder durch Bestrahlung mit UV-Licht härtet. Diese Härtungsmöglichkeiten können in zweckmäßiger Weise angewandt werden, um eine Anpassung des Kunststoffkomposit für den Erhalt der erforderlichen Härte und Steifigkeit zu ermöglichen.

[0166] Das verwendete Kunststoffkomposit kann ein Zweikomponenten-Typ sein.

[0167] Die **Fig. 7** und **8** sollen veranschaulichen, dass, wenn ein Kunststoffkomposit **8'**, das zur Bildung eines Trägerelements **8**, das unter der eine erste verschleißbeständige Oberfläche **7a** bildenden harten Metallschicht positioniert ist, gewählt wird, eine angepasste niedrige Wärmeleitfähigkeit (z. B. unter $2 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$) und/oder eine angepasste hohe Wärmekapazität (erhalten durch eine vorzugsweise hohe spezifische Wärmekalazität und/oder eine große Masse) besitzt, das Kunststoffkomposit **8'** und das Trägerelement **8** als Wärmeisolierung gegen die Formhälfte **1c** fungieren, so dass das in der Maschine vorwärts gepresste Kunststoffmaterial über den Zeitraum heiß gehalten werden kann, den es benötigt, um zu den entferntesten Teilen der Form zu fließen und diese zu füllen, um das Mikrostrukturmuster **3a** in dem Kunststoffelement **3** zu bilden.

[0168] Um eine genaue mikrostrukturbezogene Übertragung zu erzielen, erfordern zahlreiche Anwendungen, dass die Wärme und die Temperatur des in die Form gepressten Kunststoffmaterials in dem Material ohne eine zu rasche Wärmeübertragung zu der Formhälfte **1c** aufrecht erhalten werden.

[0169] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die in den **Fig. 7** und **8** gezeigte Matrix **2** mit einer zweiten verschleißbeständigen Oberfläche **9** bedeckt oder hat diese aufgebracht, welche eine zweite verschleißbeständige Oberfläche **9a** vorsieht. Diese Schicht **9** wird auf die Oberfläche **8a** des Trägerelements **8** aufgebracht, das der Metallschicht **7** angewandt ist und aus einer verschleißbeständigen Schicht und/oder einer wärmeisolierenden Schicht bestehen kann.

[0170] Die zweite verschleißbeständige Schicht **9** soll bei der Oberfläche **1c'** der Formhälfte **1c** eine Verschleißoberfläche **9a** mit geringer Reibung mit hoher Abriebbeständigkeit vorsehen, da der Druck zwischen der Matrix **2** und der Formhälfte **1c** während des Gieß- oder Formungsverfahrens hoch ist und thermische Spannungen tendenziell die Matrix **2** im Verhältnis zu der Formhälfte **1c** verschieben.

[0171] Die zweite Verschleißoberfläche **4** kann in diesem Fall zweckmäßiger Weise Titanitrid oder diamantähnlichen Kohlenstoff (DLC) umfassen.

[0172] In bestimmten Anwendungen kann das zur Bildung der zweiten Verschleißschicht **9** verwendete Material dasselbe Material sein wie dasjenige zur Bil-

dung der dünnen ersten verschleißbeständigen Schicht **7a** mit einem dazwischen angeordneten Kunststoffträgerelement **8**.

[0173] Die dünne Metallschicht **7** kann durch ein Sputterverfahren und/oder durch Dampfabscheidung oder durch ein elektrolytisches Auftrageverfahren oder Plattierungsverfahren aufgebracht werden.

[0174] Die **Fig. 8** veranschaulicht eine alternative Ausführungsform, welche eine abriebbeständige zweite Verschleißschicht **9**, ein durch ein Kunststoffkomposit **8'** gebildetes Trägerelement **8** und eine dünne erste verschleißbeständige Schicht in der Form einer Metallschicht **7** einschließt, wobei ein Hohlraum oder eine Höhlung **22** die in **Fig. 4** gezeigten Dimensionen aufweist, wohingegen ein benachbarter Hohlraum oder eine Höhlung **24** viel tiefer ist als der Hohlraum **22**. Ein Trägerelement **8** mit einer Trägeroberfläche **8b** für die dünne erste verschleißbeständige Schicht **7** und/oder die Schicht **7** kann ein Kunststoffkomposit **8'** mit einem linearen Ausdehnungskoeffizienten und/oder eine Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität, die an das gewählte Verfahren und/oder an den Aufbau der verwendeten Formmaschine angepasst sind, umfassen. Vorzugsweise ist der lineare Expansionskoeffizient niedriger als $1 \times 10^{-5} /^{\circ}\text{K}$, so dass die geformte Struktur ihre Gestalt nicht zu sehr verändert, wenn sie an extreme Temperaturen ausgesetzt wird, wie sie in Kunststoffelement-Herstellungsverfahren anzutreffen sind.

[0175] Das Trägerelement **8** kann ebenfalls aus einem Kunststoffkomposit aufgebaut sein, das unterschiedliche Härtegrade erhalten kann durch Anwendung unterschiedlicher Erhitzungsgrade und/oder durch Bestrahlung mit UV-Licht.

[0176] Das Trägerelement **8** kann ebenfalls aus einem Material aufgebaut sein, das ein geringes Wärmeleitvermögen und ein hohes Wärmeisoliervermögen und eine hohe Wärmekapazität besitzt, um zu verhindern, dass es zuviel Wärmeenergie von der heißen Kunststoffmasse absorbiert.

[0177] Das Trägerelement **8** kann ebenfalls mit bekannten Mitteln verstärkt werden. Zum Beispiel kann das Trägerelement **8** mit einer weiteren verschleißbeständigen Schicht **9** auf der Oberfläche davon verstärkt werden, welche distal von der metallisierten Oberfläche **7** liegt.

[0178] Obwohl die Erfindung oben stehend unter Bezugnahme auf eine Ausführungsform beschrieben wurde, in welcher eine dünne verschleißbeständige Schicht **7** von einer dickeren Kunststoffschicht oder einem Trägerelement **8** gestützt wird, ist es in bestimmten Fällen machbar, diese zwei verschleißbeständigen Schichten aus ein und demselben Kunststoffmaterial zu bilden.

[0179] Es gibt nichts, um zu verhindern, dass die verschleißbeständige Schicht **7** zuerst härtet, bevorzugt zu einem hohen Härtegrad, und dass die stützende Kunststoffschicht oder das Trägerelement **5** zu einem späteren Zeitpunkt auf einen geringeren Härtungsgrad härtet.

[0180] Wie in **Fig. 9** erläutert, kann das Kunststoffkomposit **8'** auf eine Formhöhlung **90** in der Form einer Gussmatrix oder -form **91** mit Hilfe eines durch einen Plunger **92** ausgeübten Überdrucks aufgebracht werden, so dass die Oberfläche **8a** des Trägerelements durch den Oberflächenabschnitt **91a** der Form **91** flach gemacht wird.

[0181] Diese flache Oberfläche **8a** kann nun direkt auf die Trägeroberfläche **1c'** der Formhälfte **1c** aufgebracht werden.

[0182] Bezuglich der Dicke der Schicht **7** besteht die Grundregel, dass die Dicke ausreichend sein soll, um das Auftreten eines Zusammenbruchs oder von Rissbildung während einer gewählten Anzahl an Gieß- oder Formungsvorgängen zu vermeiden. Dies bedeutet in der Praxis eine Dicke von 1–5 µm.

[0183] Allgemeiner gesagt, kann die Dicke im Bereich zwischen 1 und 50 µm liegen und beträgt vorzugsweise weniger als 20 µm.

[0184] Bei bestimmten Anwendungen jedoch kann die Schicht eine Dünne von etwa 0,1 µm haben, je nach dem, aus welchem Material u. a. das Trägerelement **8** gebildet ist.

[0185] Die Dicke der Verschleißschicht **9** kann zwischen 1 und 50 µm liegen, vorzugsweise weniger als 20 µm betragen.

[0186] Die Tiefenvariation der Mikrostruktur **1a** kann zwischen 0,1 und 1000 µm schwanken und liegt vorzugsweise über 100 µm.

[0187] In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Matrix **2** mit Mitteln zur Verbesserung der Replikation ihrer Mikrostruktur **2a** auf dem Kunststoffelement **3** versehen. Wie oben stehend erwähnt, ist die Matrix **2** in einer bekannten Weise auf einer Oberfläche mit einer Schicht **7** mit einer negativen Oberflächenstruktur **2a** versehen, und gegen diese negative Oberflächenstruktur **2a** ist eine zu einem Kunststoffelement **3** gehörende positive Oberflächenstruktur **3a** gebildet.

[0188] Die Herstellung des Kunststoffelements **3** erfolgt hauptsächlich durch die Formhälften **1c** und **1d**, die aneinandergefügt angeordnet sind und dadurch die Formhöhlung **1e** bilden. Vor der Formungsabfolge werden die Formhälften **1c** und **1d** erhitzt, um die Verteilung und die Ausfüllung der Formhöhlung **1e** durch eine erhitze Kunststoffmasse (ungefähr 400°C) zu erleichtern.

[0189] Normalerweise erhalten die Formhälften **1c** und **1d** und die Matrix **2** eine wesentlich niedrigere Temperatur als die Kunststoffmasse, und es besteht das Risiko, dass eine heiße (beispielsweise etwa 400°C) Kunststoffmasse die Formhöhlung **1e** nicht ausfüllen kann und zu den Rändern ausfließen kann, bevor die Kunststoffmasse gegen die Oberfläche **2a** der Matrix **2** sich verfestigt. Im Anschluss wird die Kunststoffmasse gekühlt, so dass zumindest die Oberflächenstruktur **3a** des Kunststoffelements fest ist (zum Beispiel etwa 140°C), und danach werden die Formhälften **1c** und **1d** geöffnet und das Kunststoffelement ausgeworfen (gemäß der **Fig. 3**). In der

Praxis erfordert das Verfahren eine rasche Temperaturveränderung, und die Zykluszeiten für die Herstellung der Kunststoffelemente **3** hängen stark von der Geschwindigkeit und der Effizienz dieser Temperaturveränderung ab.

[0190] Die vorliegende Erfindung basiert auf der Tatsache, dass eine erforderliche Erhitzung in der der Schicht **7** zugehörigen Oberflächenstruktur der Matrix **2** oder in einer nahe bei dieser Schicht liegenden Schicht erfolgen soll und insbesondere dass die erforderliche Erhitzung auf die Teile konzentriert werden sollte, wo das Risiko einer unvollständigen Füllung besonders bei einer erhöhten Herstellungsgeschwindigkeit droht.

[0191] Die Erfindung schlägt nun vor, dass die verwendeten Formhälften **1e** und **1d** und auch ein Teil der Matrix **2** eine vergleichsweise niedrige Temperatur verliehen bekommen sollen, indem die Anwendung eines Kühlungsmittel mehr oder weniger konstant verläuft, um als verfügbare Kühlungskapazität unmittelbar nach Ende eines Formungsverfahrens vorhanden zu sein. Je niedriger diese Temperatur ist, um so schneller geht das Kühlen vor sich, doch in der Praxis ist eine Temperatur von 80°C bei einer Kunststoffverfestigungstemperatur von 140°C vorzuziehen. In der Praxis sollte eine geeignete Temperaturdifferenz zwischen der Verfestigungstemperatur des Kunststoffmaterials und der Temperatur der Formhälften zwischen 40–100°C, wie etwa 50–70°C, bei einer Anwendung gemäß der vorliegenden Erfindung liegen.

[0192] Die gesamte Schicht **7** der Matrix **2** oder in jedem Fall ein oder mehrere lokale Teile davon sind durch die elektrische Erzeugung von Hitze auf eine passende Formungstemperatur unmittelbar vor Beginn des Formungsverfahrens vorzuerhitzen.

[0193] In der Praxis ist es so, dass die Schicht **7** durch die heiße Kunststoffmasse erwärmt wird, wenn diese Kunststoffmasse in die Formhöhlung eingespritzt wird. In der Region um den Höhlungseinlass **1f** der Region **21a**, hält die eingespritzte Kunststoffmasse **1p** die Schicht **7** heiß, so dass es zu einem vollständigen Ausfüllen trotz der Kühlungswirkung der Matrixschicht **7** kommt. Für mehr peripherie Oberflächenabschnitte, wie die Region **21b**, wird die eingespritzte Kunststoffmasse **1p** durch die Schicht **7** abgekühlt sein, und innerhalb dieser Region kommt es zu einer unvollständigen Ausfüllung aufgrund einer extrem dünnen Kunststoffschicht, einer Hautschicht, welche sich gegen die Schicht **7** der Matrix **2** verfestigt. Um das Auftreten solcher Hautschichten **1s** auszuschließen, betrifft die vorliegende Erfindung eine lokale Erhitzung der Schicht **7** der Matrix **2** zumindest in der Region **21b**.

[0194] Die Schicht **21b** der Matrix muss normalerweise keine sehr hohe Temperatur durch ein lokales Erwärmen aufweisen und die Temperatur um die oder etwas über der tatsächlichen Erstarrungstemperatur ist normalerweise ausreichend. Die Erfindung kann jedoch eine Temperatur für den Bereich **21b** der

Schicht 7 vorsehen, welche bis zu einer extrem hohen Temperatur, zum Beispiel über 200°C, betragen kann.

[0195] Die zu der Matrix gemäß der Erfindung gehörende Anordnung basiert weiter auf der Verwendung eines Heizmittels 4, um zunächst für eine kurze Zeitdauer die Matrix 2 und/oder den gewählten Bereich (21b) mit der erforderlichen Wärmeenergie zu versorgen.

[0196] Die nötige Abkühlung kann dadurch erfolgen, dass die Formhälften 1c und 1d konstant kalt gehalten werden durch ein (nicht gezeigtes) Kühlmittel.

[0197] Die Erfindung kann so betrachtet werden, dass unmittelbar vor, und vorzugsweise während des Formverfahrens die elektrische Wärmeenergie zugeführt werden sollte, um eine dünne Wärmeschicht zwischen der Matrixoberfläche 2a und der Formhälfte 1c zu bilden, um ein gutes Ausfüllen der Form durch die heiße Kunststoffmasse zu erleichtern.

[0198] Wenn die elektrische Wärmeenergie unterbrochen wird, werden die Matrixoberfläche 2a und die Schicht 7 rasch abgekühlt auf eine Temperatur unterhalb des Erstarrungspunkts für die Kunststoffmasse durch die niedrige Temperatur, die so gewählt ist, um auf die durch die Schicht 7 und das heiße Kunststoffelement 3 in der Formhöhlung 1e sich erhebenden Formhälften zu wirken. Auf diese Weise wird die Zykluszeit für die Herstellung eines jeden derartigen Kunststoffelements 3 verkürzt.

[0199] Die Fig. 10 zeigt, dass der eine Verbindungsdräht 4a des Heizmittels 4 mit dem äußeren Peripherierand 2b der Matrix 2 verbunden ist, und die andere Verbindung 4b mit dem zentralen Rand 2c der Matrix als Verbindungspunkte 2b' respektive 2c' verbunden ist.

[0200] Es wird eingenommen, dass diese Verbindungspunkte 2b' und 2c' mit der Schicht 7 verbunden sind, die elektrisch leitend sein kann, oder mit einer oder mehreren darunter liegenden Schichten, wie 31, 41, 42 und 52, die elektrisch leitend oder halbleitend sein können.

[0201] Bezug nehmend auf die Fig. 11–14, werden die spezifischen Charakteristika der vorliegenden Erfindung min näher durch Beschreibung einer Reihe verschiedener Materialien und Bauarten für die negative Oberflächenstruktur 2a der Matrix 2 und der Schicht 7 mit den benachbarten, darunter liegenden Schichten erläutert.

[0202] Die folgende Beschreibung umfasst der Einfachheit halber nur die Schicht 7 und eine Reihe von zu der Matrix gehörenden Schichten, die nahe dieser Schicht angeordnet sind.

[0203] Das gemäß der Erfindung genannte Erhitzungsmittel 4 ist die Zufuhr von elektrischer Wärmeenergie zu der gesamten oder zu ausgewählten Teilen der Matrix 2 und direkt oder indirekt zu der Schicht 7, und durch eine Umschalteinrichtung (nicht gezeigt) wird Wärmeenergie unmittelbar vor und während des Spritzgießverfahrens zugeführt, um die

Wände der Matrix heiß zu halten und dadurch zu erleichtern, dass die heiße Kunststoffmasse herausfließt.

[0204] Die in Fig. 10 gezeigte Verbindung für die Herstellung einer kreisförmigen Scheibe 3 (z. B. einer CD) beinhaltet eine höhere Stromdichte und eine höhere Wärmeemission von dem Oberflächenteil 21a der Schicht 7 angrenzend an den zentralen Rand des Lochs 2c als innerhalb des peripheren Rands 2b und des Oberflächenbereichs 21b.

[0205] Dieser Zustand wirkt in der Tat dem Hauptfordernis entgegen, da eine weitere Erwärmung des Oberflächenteils 21a kaum als notwendig angesehen werden kann.

[0206] Die Erwärmung des Teils der Oberfläche 21b ist andererseits notwendig. Eine erste Möglichkeit hierfür wird durch das Überhitzen des Oberflächenabschnitts 21a mit Hilfe einer angepassten Wärmezufuhr zu dem Oberflächenabschnitt 21b vorgesehen, wenn die Schicht 7 im Wesentlichen eine gleichmäßige Dicke besitzt.

[0207] Eine weitere Möglichkeit ist die Zuweisung unterschiedlicher Dicken zu der Schicht 7 mit einer dünneren Schicht über die Richtung des Stroms in dem Oberflächenabschnitt 21b als in dem Oberflächenabschnitt 21a und mit einer dafür garantierten Wärmeentwicklung im Oberflächenabschnitt 21b.

[0208] Vorzugsweise wird die elektrische Wärmeenergie über oder unmittelbar in der Nähe der Schicht 7 der zu der Matrix gehörenden negativen Oberflächenstruktur 2a angewandt, und die Fig. 11 erläutert eine Ausführungsform, in welcher die elektrische Wärmeenergie nur durch die dünne Schicht 7 der Oberflächenstruktur 2a zugeführt werden kann.

[0209] Die optimale Dicke der Schicht 7 hängt von dem gewählten Herstellungsverfahren, dem gewählten Kunststoffmaterial, dem Aufbau der Matrix, der gewählten konzentrierten Wärmeerzeugung innerhalb der gewählten Teilbereiche und vielen anderen Kriterien ab. Die praktische Erfahrung zeigt, dass bei vielen Anwendungen die Dicke so gewählt sein sollte, dass sie weniger als 20 µm, zum Beispiel 2–10 µm, oder bis zu 5 µm beträgt.

[0210] Mit den in Fig. 11 gezeigten elektrischen Verbindungen wird, wenn die Schicht 7 aus nur einer Materialart besteht, mehr Wärme in dem zentralen Teil 2c erzeugt, während eine geringere Energieerzeugung in dem peripheren Teil 2b aufgrund der unterschiedlichen Stromdichten auftritt. Eine solche Ausführungsform sollte möglichst besonders geeignet sein, wenn die Mikrostruktur um den zentralen Rand 3c bei dem Element 3 gegenüber den Formungsbedingungen empfindlich ist, und um auf diese Weise ein gutes Replikationsvermögen und Ausfüllen der Form zu erreichen, ist eine höhere Temperatur der Kunststoffmasse und der Matrix erforderlich als im peripheren Bereich.

[0211] Eine geeignete Vorbedingung für die vorliegende Erfindung ist gemäß Fig. 11 weiterhin, dass die Schicht 7 mit der negativen Oberflächenstruktur

2a und/oder eine diese Schicht **7** stützende Schicht **31** aus einem elektrisch leitenden oder elektrisch halbleitenden Material besteht/en.

[0212] Wenn die Verbindungspunkte **2b'** und **2c'** entsprechend wie in **Fig. 10** verbunden sind, können sie lediglich mit der Schicht **7**, lediglich mit der Schicht **31** oder mit beiden Schichten **7** und **31** verbunden werden. Die Schicht **31** kann aus einem elektrisch leitenden Polymer bestehen. Die Schicht **7** mit der zu der Matrix gehörenden negativen Oberflächenstruktur besteht vorzugsweise aus einem Material, wie Nickel, mit einer Resistivität zwischen 0,025 und $0,12 \text{ Ohm} \times \text{mm}^2/\text{m}$.

[0213] Die lokale Wärmeerzeugung über die Richtung des Stromflusses kann durch lokales Verändern der Dicke (und folglich der Querschnittsfläche) der Schicht **7** mit einer dünneren Materialschicht, wo eine höhere Wärmeerzeugung erforderlich ist und einer dickeren Materialschicht, wo eine geringere Wärmeerzeugung notwendig ist, reguliert werden. Beachtet werden sollte die in dem Material auftretende Stromdichte, um dessen Beschädigung zu vermeiden.

[0214] Die Schicht **7** mit der zu der Matrix gehörenden negativen Oberflächenstruktur wird in **Fig. 12** von einer Schicht **41** mit einer Resistivität von $0,03 \text{ Ohm} \times \text{mm}^2/\text{m}$ oder weniger gestützt. Die Dicke der Schicht **41** sollte in Abhängigkeit von den betreffenden Kriterien gewählt werden, in derselben Weise wie für die Schicht **7**. Die praktische Erfahrung zeigt, dass bei zahlreichen Anwendungen die Dicke mit weniger als $20 \mu\text{m}$, vorzugsweise dünner als $10 \mu\text{m}$, und vorteilhafter Weise mit bis zu $5 \mu\text{m}$ gewählt werden sollte. Die Schicht **41** kann vorteilhafter Weise aus Gold, Silber oder dergleichen bestehen.

[0215] Eine weitere Stützschicht **42** kann aus einer wärmeerzeugenden und/oder stützenden Schicht gebildet werden, wobei die Stützschicht **42** aus einem Material mit hoher Resistivität bestehen kann. Ein elektrisch leitendes Polymer kann ebenfalls hier verwendet werden.

[0216] Die **Fig. 13** zeigt eine Schicht **52** mit einer hohen Resistivität, die unmittelbar zwischen zwei dünnen Schichten **41**, **51** positioniert ist, die jeweils eine geringe Resistivität besitzen.

[0217] Die **Fig. 13** zeigt ebenfalls, dass die Schicht **7** die gleiche wie die Schicht **7** gemäß **Fig. 11** sein kann, dass die Schicht **41** dieselbe sein kann wie die Schicht **41** in **Fig. 4** und dass eine Stützschicht **42** aus der weiteren Stützschicht **52** gebildet werden kann. Es ist besonders vorteilhaft, dass die Schicht **52** unterschiedliche Dicken (d. h. schwankende Querschnittsflächen) aufweisen kann, dicker an Abschnitten, die eine geringe Wärmeenergie erfordern, und dünner an Abschnitten, die eine höhere Wärmeenergie erfordern. In dieser Ausführungsform wird die Spannung von dem Erhitzungsmittel **4** mit den Schichten **41** und **51** verbunden.

[0218] Die Erfindung besitzt eine spezielle Anwendungsmöglichkeit, wo die Schicht **7** mit der der Matrix

zugehörigen negativen Oberflächenstruktur **2a** die Form einer Mikrostruktur **2a** hat und diese Mikrostruktur **2a** auf das Kunststoffelement **3** als eine positive mikroverbundene Oberflächenstruktur **3a** übertragen werden soll. In dieser Anwendung ist es besonders wichtig, eine höhere Einstellung der Wärmeerzeugung an einigen gewählten Oberflächenabschnitten, welche der Matrix zugehören, als an anderen Oberflächenabschnitten zu ermöglichen, um dadurch die Replikationsgenauigkeit und den Grad der Formausfüllung oder der Formfüllkapazität zu erhöhen.

[0219] Die **Fig. 14** zeigt eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die praktische Anwendung hier erfordert ebenfalls dimensionale Veränderungen innerhalb weiter Bereiche. Die Dicke der Schicht **7** sollte mit weniger als $10 \mu\text{m}$, zum Beispiel $2-8 \mu\text{m}$, gewählt werden. Als ein Beispiel besteht die Schicht **7** hier aus bis zu $5 \mu\text{m}$ dickem Titanitrid, das eine harte Oberfläche **21a** respektive **21b** gegen das Kunststoffelement **3** ergibt und gute Verschleiß- und Trenncharakteristika besitzt. Die Schicht **41** kann aus einer bis zu $300 \mu\text{m}$ dicken Nickelschicht bestehen, die einen harten Überzug ergibt und eine Stütze und einen Träger für die Schicht **7** bildet. Nickel ist relativ billig, und es kann angenommen werden, dass es eine annehmbare elektrische Leitfähigkeit besitzt. Die Schicht **61** sollte aus einem Material mit guten elektrischen Charakteristika, wie Gold, Silber, Kupfer, bestehen. Die Dicke dieser Schicht sollte dünn sein, beispielsweise weniger als $10 \mu\text{m}$, zum Beispiel $2-8 \mu\text{m}$ und vorzugsweise unter $5 \mu\text{m}$. Die Stützschicht **62** kann aus einem Polymermaterial bestehen, das elektrochemisch beschichtet sein kann und das als Hitzeschild bzw. als Ablationsplatte dient. Diese Schichten können vorteilhafter Weise mit bekannten Techniken, wie Oberflächenabscheidungs-, elektrochemischen Auftragungs-, Gieß-, (Ab-)Schleuder-, Spritzlackier- oder mittels Vakuumabscheidungstechniken, wie Sputtern oder Verdampfung, aufgebracht werden.

[0220] Es versteht sich, dass die Erfindung nicht auf die vorliegenden beschriebenen und veranschaulichten, durch Beispiele belegten Ausführungsformen davon beschränkt ist und dass Modifikationen gemäß der in den beigefügten Ansprüchen definierten Idee der Erfindung vorgenommen werden können. Darüber hinaus können Merkmale, die in den oben stehend beschriebenen einzelnen Ausführungsformen gezeigt sind, mit Merkmalen von anderen Ausführungsformen kombiniert werden, so kann zum Beispiel das Erhitzungsmittel der vorliegenden Erfindung mit beliebigen geeigneten Schichten und Trägerelementen der vorliegenden Erfindung kombiniert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Matrix (**2**), welche Matrix in einer Formhöhlung einer auf Replikation

aus der Matrix basierenden, Kunststoffelement erzeugenden Maschine (1) zu verwenden ist, wobei die Matrix (2) eine negative Mikrostruktur (2a) auf einer Oberfläche besitzt und hergestellt wird durch Beschichten mit einer Schicht aus Material eines Modells (5), das eine positive Mikrostruktur auf einer Seitenoberfläche hiervon besitzt, gekennzeichnet, durch die Schritte:

- Aufbringen auf die positive Mikrostruktur (21, 22, 23) des Modells (5) einer ersten Verschleißschicht (7) mit einer Dicke von etwa 0,1 µm oder zwischen 1 µm und 50 µm, und Vorsehen einer ersten Verschleißoberfläche (7a), gegen welche das Kunststoffelement (3) gebildet werden soll, bevor es aus der Form (1c, 1d) entfernt wird, wobei die Schicht Irregularitäten (7b), welche im wesentlichen zu der Mikrostruktur korrespondieren, aufweist; und
- Füllen der Irregularitäten (7b) mit einem Kunststoffkomposit (8') zur Bildung eines Trägerelements (8).

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch den Schritt des Aufbringens des Kunststoffkomposit (8') in einer Formhöhlung (90), welche das Modell (5) enthält, auf welches die erste Verschleißschicht (7) aufgebracht wurde.

3. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 und 2, gekennzeichnet durch den Schritt des Auswählens des Kunststoffkomposit (8') aus einer Mischung aus einem polymeren Material und Füllmaterial oder einem Zweikomponentenkomposit.

4. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet dass das Kunststoffkomposit (8') ein quarzgefülltes oder metallgefülltes Epoxy- oder Siliconcopolymer ist.

5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1–4, gekennzeichnet durch den Schritt des Auswählens des Kunststoffkomposit (8'), um einen linearen Expansionskoeffizienten aufzuweisen, welcher $< 1 \times 10^{-5}/^\circ\text{K}$ ist und/oder eine Wärmeleitfähigkeit, welche $< 2 \text{ W/m}/^\circ\text{K}$ ist.

6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1–5, gekennzeichnet durch Schritt (ii), umfassend Auswählen eines wärme- oder UV-Licht-härtbaren Kunststoffkomposit (8') und Härtens des Kunststoffkomposit (8') durch Anwenden von Wärme und/oder durch Bestrahlen mit UV-Licht.

7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1–6, gekennzeichnet durch den Schritt des Beschichtens der Matrix (2) mit einer zweiten Verschleißschicht (9) auf deren Oberfläche distal von der ersten Verschleißschicht (7).

8. Verfahren nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch den Schritt des Herstellens der ersten Verschleißschicht (7) und/oder der zweiten Verschleiß-

schicht (9) aus Titanitrid oder diamantähnlichem Kohlenstoff.

9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1–8, gekennzeichnet durch den Schritt des Herstellens der ersten Verschleißschicht (7) als eine Metallschicht, die durch ein Sputterverfahren und/oder ein Dampfabscheidungsverfahren oder durch ein elektrolytisches Metallauflageverfahren oder Plattierungsverfahren aufgebracht wird.

10. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1–9, gekennzeichnet durch den Schritt des Glättens der Oberflächenstruktur des Kunststoffkomposit (8') auf der Oberfläche (6), welche distal von der ersten Verschleißoberfläche (7a) liegt.

11. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch den Schritt des Versehens der Matrix (2) mit einem Erhitzungsmittel (4), um der Matrix (2) Wärmeenergie zuzuführen.

12. Matrix (2), angepaßt zur Verwendung in einer Form (1c, 1d) einer Kunststoffelement erzeugenden Maschine (1), wobei die Matrix (2) eine Oberfläche besitzt, welche eine negative Mikrostruktur zeigt, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrostruktur eine erste Verschleißschicht (7) beinhaltet, welche eine Dicke von etwa 0,1 µm oder zwischen 1 µm und 50 µm besitzt und eine erste Verschleißoberfläche (7b) gegenüber einem Kunststoffelement (3), das in der Form (1c, 1d) hergestellt wird, vorsieht; und dass diese Schicht getragen wird durch eine Trägeroberfläche (8b) eines Trägerelements (8), das ein Kunststoffkomposit (8') umfasst.

13. Matrix (2) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche (7a) der ersten Verschleißschicht (7) eine Metalloberfläche ist.

14. Matrix (2) nach Anspruch 12 und/oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Kunststoffkomposit (8') eine Mischung aus polymerem Material und einem Füllstoff oder ein Zweikomponentenkunststoffmaterial ist.

15. Matrix (2) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Kunststoffkomposit (8') ein quarzgefülltes oder metallgefülltes Epoxy- oder Siliconcopolymer ist.

16. Matrix (2) nach mindestens einem der Ansprüche 12–15, dadurch gekennzeichnet, dass das Kunststoffkomposit (8') ein Material ist, das einen linearen Ausdehnungskoeffizienten besitzt, welcher im Intervall $< 1 \times 10^{-5}/^\circ\text{K}$ liegt und/ oder eine Wärmeleitfähigkeit, welche im Intervall $< 2 \text{ W/m}/^\circ\text{K}$ liegt.

17. Matrix (2) nach mindestens einem der An-

sprüche 12–16, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägerelement (8) ein wärme- oder UV-Licht-gehärtetes Kunststoffkomposit umfasst.

18. Matrix (2) nach mindestens einem der Ansprüche 12–17, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägerelement (8) einzig ein Kunststoffkomposit (8') umfasst, das eine Wärmeleitfähigkeit $< 2 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ besitzt.

19. Matrix (2) nach mindestens einem der Ansprüche 12–18, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägerelement (8) verstärkt ist mit einer zweiten Verschleißschicht (9) auf dessen Oberfläche, welche distal von der ersten Verschleißschicht (7) liegt.

20. Matrix (2) nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Verschleißschicht (7) und/oder die zweite Verschleißschicht (9) Titannitrid oder diamantähnlichen Kohlenstoff umfasst.

21. Matrix (2) nach mindestens einem der Ansprüche 12–20, dadurch gekennzeichnet, dass a) die Matrix (2) mit einem Erhitzungsmittel (4) verbunden ist, um der gesamten oder einem Teil der Matrix Wärmeenergie in Form elektrischer Wärmeenergie zuzuführen über, oder unmittelbar benachbart zu der Oberflächenmikrostruktur (7a), und (b) die Oberflächenschicht (7) mit der Oberflächenmikrostruktur (7a) und/oder eine Schicht (8, 31, 41, 41, 51, 52, 61, 62), welche diese Schicht stützt, aus einen elektrisch leitenden oder elektrisch halbleitenden Material besteht.

22. Matrix (2) nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (7) mit der Oberflächenmikrostruktur (7a) aus einem Material mit einer Resistivität zwischen $0,025$ und $0,12 \text{ Ohm} \times \text{mm}^2/\text{m}$ hergestellt ist.

23. Matrix (2) nach Anspruch 21 und/oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (7) mit der Oberflächenmikrostruktur (7b) gestützt wird durch eine Schicht (8, 31, 41, 41, 51, 52, 61, 62) mit einer Resistivität von $0,03 \text{ Ohm} \times \text{mm}^2/\text{m}$ oder weniger.

24. Matrix (2) nach Anspruch 21 und/oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (7) mit der Oberflächenmikrostruktur (7a) gestützt wird durch eine Schicht (8, 31, 41, 42, 51, 52, 61, 62) mit einer Resistivität von $0,3 \text{ Ohm} \times \text{mm}^2/\text{m}$ oder weniger.

25. Matrix (2) nach mindestens einem der Ansprüche 21–24, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützschicht (52) aus einem Material mit hoher Resistivität besteht und zwischen zwei Schichten (51, 41) mit niedriger Resistivität positioniert ist.

26. Matrix (2) nach mindestens einem der Ansprüche 21–25, dadurch gekennzeichnet, dass die

Stützschicht (8, 31, 41, 42, 51, 52, 61, 62) eine nicht konstante Dicke besitzt, wobei sie an den Abschnitten, welche geringe Wärmeenergie benötigen, dicker ist und an den Abschritten, welche höhere Wärmeenergie benötigen, dünner ist.

27. Matrix nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Wärmeenergie zugeführt wird über eine Spannung, die an periphere Oberflächenteile (21b) der Schichten (51, 41) mit geringer Resistivität angelegt ist, für die Wärmeerzeugung innerhalb der Schicht (52) mit hoher Resistivität, und welche zwischen den Schichten (51, 41) mit geringer Resistivität positioniert ist.

28. Verwendung einer Matrix (2) wie in mindestens einem der vorangehenden Ansprüche definiert, zur Herstellung eines Kunststoffelements (3), umfassend die positive Mikrostruktur der negativen Mikrostruktur durch Replikation in einer Kunststoffelement herstellenden Maschine (1).

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





