



(10) **DE 11 2022 003 181 T5** 2024.05.16

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/032900**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜbkG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 003 181.6**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/032375**  
(86) PCT-Anmeldetag: **29.08.2022**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **09.03.2023**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **16.05.2024**

(51) Int Cl.: **C08L 101/02** (2006.01)

**C08L 23/26** (2006.01)  
**C08K 5/07** (2006.01)  
**C08K 5/56** (2006.01)  
**C08J 3/24** (2006.01)  
**H01B 7/02** (2006.01)  
**H01B 7/08** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**2021-139745**      **30.08.2021**      **JP**

(71) Anmelder:  
**AUTONETWORKS TECHNOLOGIES, LTD.,**  
**Yokkaichi-shi, Mie, JP; KYUSHU UNIVERSITY,**  
**NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION,**  
**Fukuoka-shi, Fukuoka, JP; SUMITOMO ELECTRIC**  
**INDUSTRIES, LTD., Osaka, JP; SUMITOMO**  
**WIRING SYSTEMS, LTD., Yokkaichi-shi, Mie, JP**

(74) Vertreter:  
**Müller-Boré & Partner Patentanwälte PartG mbB,**  
**80639 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Sato, Masashi, Yokkaichi-shi, Mie, JP; Hosokawa,**  
**Takehiro, Yokkaichi-shi, Mie, JP; Shimada,**  
**Tatsuya, Yokkaichi-shi, Mie, JP; Mizoguchi,**  
**Makoto, Fukuoka-shi, Fukuoka, JP**

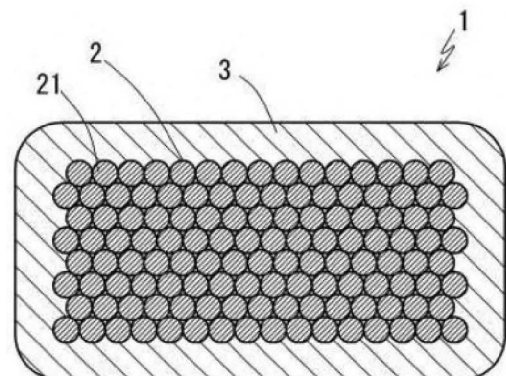
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Vernetzbare Polymerzusammensetzung, vernetztes Polymermaterial, isolierter Draht und Kabelbaum**

(57) Zusammenfassung: Es werden eine vernetzbare Polymerzusammensetzung, die ein vernetztes Produkt liefert, das sowohl Hitzebeständigkeit als auch Umformbarkeit aufweisen kann, ein vernetztes Polymermaterial, das sowohl Hitzebeständigkeit als auch Umformbarkeit aufweisen kann, sowie ein isolierter Draht und ein Kabelbaum, die das vernetzte Polymermaterial enthalten, bereitgestellt.

Eine vernetzbare Polymerzusammensetzung enthält: Bestandteil A, aus dem durch Hitze ein Metallion freigesetzt wird; und Bestandteil B, enthaltend ein organisches Polymer mit einer Seitenkette, wobei Bestandteil B in der Seitenkette eine elektronenziehende Substituentengruppe enthält, die in der Lage ist, eine ionische Bindung mit dem aus Bestandteil A freigesetzten Metallion zu bilden, und wenn Bestandteil B über das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion vernetzt wird, um ein vernetztes Produkt zu bilden, weist das vernetzte Produkt eine Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger auf. Das vernetzte Polymermaterial enthält das vernetzte Produkt der vernetzbaren Polymerzusammensetzung. Der isolierte Draht enthält einen Drahtleiter und eine Isolierbeschichtung, die das vernetzte Polymermaterial enthält, das den Drahtleiter bedeckt, und der Kabelbaum enthält den isolierten Draht.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine vernetzbare Polymerzusammensetzung, ein vernetztes Polymermaterial, einen isolierten Draht und einen Kabelbaum.

## Technischer Hintergrund

**[0002]** In einem isolierten Draht und einem Kabelbaum wird häufig eine thermoplastische Polymerzusammensetzung als Isolierbauteil einer Isolierbeschichtung verwendet, die den Außenumfang eines Drahtleiters bedeckt. Im Hinblick auf die Kostensteuerung und die chemische Beständigkeit wird häufig insbesondere Polyolefin verwendet. Wenn die thermoplastische Polymerzusammensetzung in eine gewünschte Form gebracht werden soll, wird Hitze zugeführt, um sie fließfähig zu machen, und dann wird eine Formgebungstechnik wie das Strangpressen angewendet. Um die Formgebung durch Erhitzen zu vereinfachen, wird eine Polymerzusammensetzung vorzugsweise ohne Erhitzen auf eine extrem hohe Temperatur fließfähig gemacht.

**[0003]** Indes wird in dem isolierten Draht und dem Kabelbaum ein Temperaturanstieg durch die Stromzufuhr verursacht und daher ist eine hohe Hitzebeständigkeit für eine Polymerzusammensetzung wie die Isolierbeschichtung erforderlich, die in der Nähe einer unter Strom stehenden Stelle angebracht ist. Mit anderen Worten, die Polymerzusammensetzung darf keine irreversible Verformung durch die bei der Stromzufuhr entstehende Hitze verursachen. So ist es beispielsweise wünschenswert, dass die Isolierbeschichtung des elektrischen Drahts für ein Automobil bei Temperaturen unter 190°C keine irreversible Verformung verursacht. Insbesondere bei dem elektrischen Draht für ein Elektrofahrzeug ist eine hohe Hitzebeständigkeit der Polymerzusammensetzung, aus der die Isolierbeschichtung aufgebaut ist, erforderlich, da ein großer Strom durch den Drahtleiter fließen muss und die bei Erregung erzeugte Hitzemenge groß wird.

**[0004]** Daher muss die für den isolierten Draht und den Kabelbaum verwendete Polymerzusammensetzung sowohl relativ leicht durch Erhitzen formbar als auch nach dem Formen hoch hitzebeständig sein. Ein Verfahren, um diese beiden Eigenschaften zu erreichen, besteht darin, die Fließstarttemperatur des zu verwendenden thermoplastischen Polymermaterials einzustellen. Dieses Verfahren hat jedoch eine Einschränkung, da ein Polymermaterial mit einer hohen Fließstarttemperatur während des Formens auf eine hohe Temperatur erhitzt werden muss, während ein Polymermaterial mit einer niedrigen Fließstarttemperatur wahrscheinlich keine hohe Hitzebeständigkeit aufweist. Daher wird auch ein Verfahren verwendet, bei dem das Polymermaterial vernetzt wird, d.h. das Verfahren besteht darin, eine unvernetzte Polymerzusammensetzung durch Strangpressen oder dergleichen in eine gewünschte Form zu bringen und dann eine Molekülkette zu vernetzen, um die Hitzebeständigkeit zu verbessern. Zu den Vernetzungsverfahren gehören die Elektronenstrahlvernetzung (z.B. Patentdokument 1), bei der ein aus Polyolefin geformtes Material mit Elektronenstrahlen bestrahlt wird, um die Molekülkette des Polymers in einer dreidimensionalen netzartigen Formation zu vernetzen, und die Silanvernetzung (z.B. Patentdokument 2), bei der ein thermoplastisches Harz, in das eine aktive Silangruppe eingeführt wurde, geformt und dann durch Kontakt mit Feuchtigkeit oder dergleichen vernetzt wird (z.B. Patentliteratur 2). Wenn ein Kautschuk als Polymermaterial verwendet wird, kann die Vernetzung durch Vulkanisation erfolgen.

## Literatur zum Stand der Technik

## Patentliteratur

PTL1: JP 2020-176257

PTL2: JP 2020-161398

PTL3: WO 2014/57858

PTL4: JP 7-41636

PTL5: JP 2011-162673

PTL6: JP 2010-96416

PTL7: JP 5-239292

PTL8: JP 2001-342305

PTL9: JP 2021-8613

PTL10: JP 2000-164837

## Kurzdarstellung der Erfindung

## Technisches Problem

**[0005]** Wie vorstehend beschrieben, erhält eine Polymerzusammensetzung eine hohe Hitzebeständigkeit durch Vernetzung mittels Elektronenstrahlvernetzung, Silanvernetzung oder Vulkanisation, nachdem sie in eine gewünschte Form gebracht wurde, aber eine Schwierigkeit besteht darin, das Material in eine andere Form umzuformen, nachdem es in eine vorbestimmte Form gebracht wurde. Dies liegt daran, dass die Vernetzung irreversibel eine starke kovalente Bindung bildet und die Bindung durch die Vernetzung die Hitzebeständigkeit verbessert, während eine Molekülkette daran gehindert wird, durch Erhöhung der Fließfähigkeit wieder umformbar zu sein.

**[0006]** Bei einem isolierten Draht und einem Kabelbaum ist jedoch in einigen Fällen eine Umformung des einmal in eine vorbestimmte Form gebrachten Polymermaterials erwünscht. Zum Beispiel kann der isolierte Draht aufgrund von Platzbeschränkungen bei der Verlegung in seiner Querschnittsform in eine Form verformt werden, die sich von einer kreisähnlichen Querschnittsform unterscheidet, wie eine flache Form in dem isolierten Draht mit einer Isolierbeschichtung, die an einem Außenumfang eines elektrischen Drahtleiters aus miteinander verdrehten elektrischen Drähten gebildet wird. Umgekehrt kann der isolierte Draht, der eine von der Kreisform abweichende Querschnittsform, wie eine flache Form, aufweist, in eine kreisähnliche Querschnittsform verformt werden. Wenn die Isolierbeschichtung durch Erhitzung verformbar ist, kann die Isolierbeschichtung in diesen Fällen auch umgeformt werden, indem man der Verformung des elektrischen Leiters folgt.

**[0007]** Darüber hinaus ist für das Polymermaterial häufig eine mechanische Festigkeit wie Abriebfestigkeit erforderlich. Bei dem isolierten Draht und dem Kabelbaum weist die Isolierbeschichtung beispielsweise vorzugsweise eine hohe Abriebfestigkeit auf, wenn ein Kontakt mit anderen Bauteilen zu erwarten ist, z.B. mit nahegelegener Ausrüstung oder mit benachbarten elektrischen Drähten. Wenn jedoch ein organisches Polymer durch die Elektronenstrahlvernetzung vernetzt wird, kann die Elektronenstrahlbestrahlung eine Qualitätsverschlechterung des organischen Polymers verursachen, was zu einer Abnahme der mechanischen Festigkeit führt. Insbesondere wenn das organische Polymer Polypropylen enthält, kann die Elektronenbestrahlung zu einer Abnahme der Oberflächenhärte führen. Wenn die Silanvernetzung zur Vernetzung des organischen Polymers verwendet wird, ist es außerdem notwendig, zuvor die aktive Silangruppe in das organische Polymer einzuführen, und die Einführung der aktiven Silangruppe kann die mechanischen Eigenschaften des organischen Polymers verändern.

**[0008]** In Anbetracht des Vorstehenden ist es eine Aufgabe, eine vernetzbare Polymerzusammensetzung, die ein vernetztes Produkt bereitstellt, das sowohl Hitzebeständigkeit als auch Umformbarkeit mit hoher Abriebfestigkeit aufweisen kann, ein vernetztes Polymermaterial, das sowohl Hitzebeständigkeit als auch Umformbarkeit mit hoher Abriebfestigkeit aufweisen kann, und einen isolierten Draht und einen Kabelbaum, die ein solches vernetztes Polymermaterial enthalten, bereitzustellen.

## Lösung des Problems

**[0009]** Eine vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält: Bestandteil A, aus dem durch Hitze ein Metallion freigesetzt wird; und Bestandteil B, der ein organisches Polymer mit einer Seitenkette mit einer Shore-D-Härte von 50 oder höher enthält, wobei Bestandteil B in der Seitenkette eine elektronenziehende Substituentengruppe enthält, die in der Lage ist, eine ionische Bindung mit dem aus Bestandteil A freigesetzten Metallion zu bilden, und wenn Bestandteil B über das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion vernetzt wird, um ein vernetztes Produkt zu bilden, weist das vernetzte Produkt eine Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger auf.

**[0010]** Ein vernetztes Polymermaterial gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält das vernetzte Produkt der vernetzbaren Polymerzusammensetzung, die so zusammengesetzt ist, dass sie Bestandteil B über das aus dem Bestandteil A freigesetzte Metallion vernetzt.

**[0011]** Ein isolierter Draht gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält: einen Drahtleiter, und eine Isolierbeschichtung, die das vernetzte Polymermaterial enthält und den Drahtleiter bedeckt.

**[0012]** Ein Kabelbaum gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält den isolierten Draht.

#### Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

**[0013]** Eine vernetzbare Polymerzusammensetzung der vorliegenden Offenbarung stellt ein vernetztes Produkt bereit, das sowohl Hitzebeständigkeit als auch Umformbarkeit mit hoher Abriebfestigkeit aufweisen kann. Ein vernetztes Polymermaterial der vorliegenden Offenbarung kann sowohl Hitzebeständigkeit als auch Umformbarkeit mit hoher Abriebfestigkeit aufweisen. Darüber hinaus enthalten ein isolierter Draht und ein Kabelbaum der vorliegenden Offenbarung ein solches vernetztes Polymermaterial.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[Fig. 1]** Fig. 1A bis 1C veranschaulichen das Verhalten eines vernetzten Polymermaterials in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wenn ein vernetztes Produkt erhitzt wird, wobei der Zustand bei höheren Temperaturen von Fig. 1A, Fig. 1B bis Fig. 1C in dieser Reihenfolge angegeben wird. M<sup>2+</sup> steht für ein Metallion und R für eine Seitenkette.

**[Fig. 2]** Fig. 2 veranschaulicht eine Querschnittsansicht der Struktur eines isolierten Drahtes gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Beschreibung von Ausführungsformen

#### Beschreibung der Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung

**[0014]** Die Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden nun aufgeführt und beschrieben.

**[0015]** Eine vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält: Bestandteil A, aus dem durch Hitze ein Metallion freigesetzt wird; und Bestandteil B, der ein organisches Polymer mit einer Seitenkette mit einer Shore-D-Härte von 50 oder höher enthält, wobei Bestandteil B in der Seitenkette eine elektronenziehende Substituentengruppe enthält, die in der Lage ist, eine ionische Bindung mit dem aus Bestandteil A freigesetzten Metallion zu bilden, und wenn Bestandteil B über das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion vernetzt wird, um ein vernetztes Produkt zu bilden, weist das vernetzte Produkt eine Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger auf.

**[0016]** Die vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Offenbarung kann den Bestandteil B über das aus dem Bestandteil A durch Erhitzen freigesetzte Metallion vernetzen. Daher wird in einer unvernetzten Zusammensetzung eine hohe Formbarkeit erzielt, wenn sie durch Strangpressen oder dergleichen in eine gewünschte Form gebracht wird, während eine hohe Hitzebeständigkeit in einem Polymermaterial durch die Zusammensetzung des vernetzten Produkts durch Erhitzen erreicht wird. Insbesondere, wenn die Fließstarttemperatur des vernetzten Produkts 190°C oder höher ist, wird sichergestellt, dass das vernetzte Polymermaterial eine hohe Hitzebeständigkeit aufweist. Ein hoch hitzebeständiges Material mit einer Fließstarttemperatur von 190°C oder höher kann besonders gut für die Herstellung einer Isolierschichtung für einen Automobil draht verwendet werden.

**[0017]** Weiterhin wird in dem vernetzten Produkt, das aus der vernetzbaren Polymerzusammensetzung der vorliegenden Offenbarung besteht, eine vernetzte Struktur über die ionische Bindung zwischen der Substituentengruppe und dem Metallion des organischen Polymers von Bestandteil B gebildet, und daher kann das vernetzte Polymermaterial durch Nutzung der Reversibilität der ionischen Bindung umgeformt werden. Denn wenn das bereits gebildete vernetzte Produkt erneut erhitzt wird, verschiebt sich ein Vernetzungspunkt durch die ionische Bindung, wodurch das Material fließfähig wird. Wenn die in das organische Polymer von Bestandteil B eingeführte Substituentengruppe eine elektronenziehende Gruppe ist, wird die vernetzte Struktur stabil gebildet und das vernetzte Produkt weist eine hohe Hitzebeständigkeit auf. Da die Substituentengruppe in die Seitenkette des organischen Polymers eingeführt wird, erhöht sich indes der Freiheitsgrad der thermischen Bewegung an einer Vernetzungsstelle und es ist wahrscheinlich, dass sich der Vernetzungspunkt während des Erhitzens verschiebt, und sich eine ausgezeichnete Umformbarkeit ergibt. Insbesondere wird die Fließstarttemperatur des vernetzten Produkts auf 300°C oder niedriger gehalten, was die Umformbarkeit durch Erhitzen auf eine Temperatur von 300°C oder niedriger gewährleistet.

**[0018]** Darüber hinaus weist der in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Offenbarung enthaltene Bestandteil B eine hohe Shore-D-Härte von 50 oder höher auf, wodurch das vernetzte Produkt eine ausgezeichnete mechanische Festigkeit und eine hohe Abriebfestigkeit aufweist. Der Bestandteil B bildet, während er durch die ionische Bindung über das Metallion vernetzt wird, die ionische Bindung, die die Eigenschaften des organischen Polymers wahrscheinlich nicht wesentlich beeinträchtigt,

und die aufgrund der hohen Härte von Bestandteil B erhaltenen Eigenschaften werden mit größerer Wahrscheinlichkeit als Eigenschaften des vernetzten Produkts übernommen, als wenn die Vernetzung durch Elektronenstrahlvernetzung oder Silanvernetzung erfolgt.

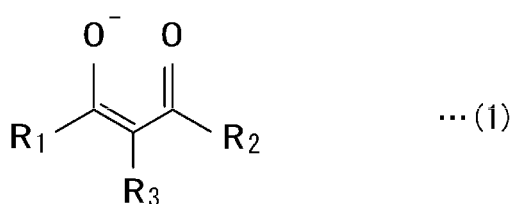
**[0019]** In diesem Fall weist der Bestandteil B vorzugsweise eine Hauptkette auf, die Polypropylen enthält. Polypropylen ist hochkristallin und daher weist der Bestandteil B wahrscheinlich hohe mechanische Eigenschaften mit einer Shore-D-Härte von 50 oder höher auf. Außerdem weist das vernetzte Produkt wahrscheinlich eine Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger auf. Infolgedessen erhält das vernetzte Produkt einen hohen Grad an Umformbarkeit und Hitzebeständigkeit sowie eine hohe Abriebfestigkeit.

**[0020]** Hier weist der Bestandteil B vorzugsweise eine Fließstarttemperatur im Bereich von 50°C oder höher und 190°C oder niedriger auf. Dann ist es durch die Vernetzung durch das Metallion, das von Bestandteil A stammt, einfach, ein vernetztes Produkt mit einer Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger, wie vorstehend beschrieben, zu erhalten. Darüber hinaus kann eine hohe Formbarkeit erzielt werden, wenn die unvernetzte vernetzbare Polymerzusammensetzung durch Strangpressen oder dergleichen in eine gewünschte Form gebracht wird.

**[0021]** Der Bestandteil A weist vorzugsweise eine Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur von 50°C oder höher und 300°C oder niedriger auf. Dadurch wird verhindert, dass das Metallion während der Herstellung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung oder vor der Verwendung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung aus Bestandteil A freigesetzt wird, wodurch das Fortschreiten der Vernetzung unterdrückt werden kann, was zu einer hohen Lagerstabilität der vernetzbaren Polymerzusammensetzung führt, einschließlich der Unterdrückung einer Qualitätsänderung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung bei einer niedrigen Temperatur, wie Raumtemperatur. Indes zersetzt sich Bestandteil A oder durchläuft einen Phasenübergang bei einer moderaten Temperatur und das Metallion wird leicht aus Bestandteil A freigesetzt, so dass eine Vernetzungsreaktion bei einer Temperatur ablaufen kann, die keine Qualitätsveränderung von Bestandteil B verursacht.

**[0022]** Der Bestandteil A hat vorzugsweise eine Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur, die höher als die Fließstarttemperatur von Bestandteil B ist. Dann wird das Metallion aus dem Bestandteil A freigesetzt und die damit verbundene Vernetzung von Bestandteil B tritt ein, wenn der Bestandteil B bereits fließfähig erreicht hat. Daher kann Bestandteil A die Dispergierbarkeit in Bestandteil B verbessern, indem die Fließfähigkeit von Bestandteil B genutzt wird, wodurch ein vernetztes Produkt mit einem Vernetzungspunkt mit hoher räumlicher Gleichmäßigkeit erhalten wird. Darüber hinaus ist eine unbeabsichtigte Freisetzung des Metallions aus Bestandteil A und der damit verbundene Vernetzungsfortschritt von Bestandteil B während der Herstellung und Formung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung unwahrscheinlich.

**[0023]** Bestandteil A kann ein Metallkomplex sein, der einen Liganden mit der durch die nachstehende Formel (1) dargestellten Struktur enthält.



wobei  $\text{R}_1$  und  $\text{R}_2$  jeweils unabhängig eine Kohlenwasserstoffgruppe mit 1 bis 8 Kohlenstoffatomen darstellen und  $\text{R}_3$  ein Kohlenwasserstoffatom oder eine Kohlenwasserstoffgruppe mit 1 bis 8 Kohlenstoffatomen darstellt, einschließlich des Falles, in dem mindestens zwei der Kohlenwasserstoffgruppen  $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$  und  $\text{R}_3$  durch eine Ringstruktur miteinander verbunden sind.

**[0024]** Ein  $\beta$ -Diketonatoligand, der durch die Formel (1) dargestellt wird, ist ein zweizähniger Ligand, der das Metallion wirksamer stabilisiert als ein einzähniger Ligand oder ein Ligand, der eine verbrückende Ligandenkoordinationsstruktur bildet, und daher wird Bestandteil A daran gehindert, das Metallion während der Herstellung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung und vor der Verwendung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung freizusetzen, wodurch eine besonders hohe Lagerstabilität erreicht wird.

**[0025]** Das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion ist vorzugsweise mindestens eines, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Erdalkali-, Aluminium-, Zink-, Titan- und Zirkoniumionen. Jedes der vorstehend genannten Metallionen weist eine Wertigkeit von zwei oder mehr und eine Tendenz zur Bildung einer stabilen vernetzten Struktur mit der Polymerkette von Bestandteil B auf. Außerdem wird entsprechend der Tatsache, dass jedes Metallion zu einer harten Säure in der HSAB-Regel gehört und eine hohe Ionisierungstendenz aufweist, eine stabile Bindung mit der Substituentengruppe von Bestandteil B gebildet. Aus diesem Grund ist jedes Metall zur Bildung des vernetzten Produkts geeignet.

**[0026]** Bei dem aus Bestandteil A freigesetzten Metallion kann es sich um mindestens eines handeln, das aus der Gruppe, bestehend aus Aluminium- und Zirkoniumionen, ausgewählt wird. Wenn das Metallion aus Bestandteil A freigesetzt wird, bildet sich wahrscheinlich eine besonders stabile vernetzte Struktur mit Bestandteil B. Darüber hinaus kann eine hohe Lagerstabilität bei relativ niedriger Temperatur vor der Vernetzung erreicht werden.

**[0027]** Die Substituentengruppe von Bestandteil B kann mindestens eine sein, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einer Carbonsäuregruppe, einer Säureanhydridgruppe und einer Phosphorsäuregruppe. Jede der Substituentengruppen neigt dazu, die ionische Bindung mit dem aus Bestandteil A freigesetzten Metallion zu bilden. Da es sich um eine saure Gruppe mit relativ geringer Polarität handelt, ist es außerdem weniger wahrscheinlich, dass sie eine Phasentrennung in Bezug auf die Haupt- und Seitenketten von Bestandteil B verursachen, und sie können eine vernetzte Struktur mit hoher räumlicher Gleichmäßigkeit bilden.

**[0028]** Die Substituentengruppe von Bestandteil B ist vorzugsweise über eine Alkyl- oder eine Alkylengruppe mit einem oder mehreren Kohlenstoffatomen an die Hauptkette gebunden. Dann ist der Freiheitsgrad der thermischen Bewegung an der Vernetzungsstelle besonders groß und der Vernetzungspunkt kann sich beim Erhitzen eher bewegen und daher kann eine besonders hohe Umformbarkeit erzielt werden.

**[0029]** Bestandteil B enthält vorzugsweise keine elektronenziehende Gruppe in der Hauptkette. Dann wird die Substituentengruppe der Seitenkette daran gehindert, die ionische Bindung mit dem aus Bestandteil A freigesetzten Metallion aufgrund einer Konkurrenz mit der elektronenziehenden Gruppe in der Hauptkette zu bilden. Aufgrund der sterischen Hinderung hat die Substituentengruppe in der Hauptkette Schwierigkeiten, die stabile vernetzte Struktur mit dem Metallion zu bilden, und selbst wenn die vernetzte Struktur gebildet wird, ist der Freiheitsgrad der Bewegung an einem Vernetzungsabschnitt vermindert und eine hohe Umformbarkeit ist in dem vernetzten Produkt nicht mehr leicht zu erhalten.

**[0030]** In der vernetzbaren Polymerzusammensetzung kann Bestandteil A in einer Menge von 0,1 Masseteilen oder größer und 30 Masseteilen oder kleiner, bezogen auf 100 Masseteile der Summe der Bestandteile A und B, in der Zusammensetzung enthalten sein. Dann erlaubt eine ausreichende Menge von Bestandteil A eine erhöhte Vernetzungsdichte und macht, dass die vernetzbare Polymerzusammensetzung eine ausgezeichnete Vernetzungseigenschaft aufweist. Indes kann eine Beeinflussung durch die Zugabe einer großen Menge von Bestandteil A im Material vor und nach der Vernetzung leicht vermieden werden.

**[0031]** Das vernetzte Polymermaterial gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält das vernetzte Produkt der vernetzbaren Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Offenbarung, wobei Bestandteil B über das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion vernetzt wird. Da das vernetzte Produkt, das durch Vernetzung von Bestandteil B über das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion gebildet wird, den Vernetzungspunkt an einer Position der in die Seitenkette von Bestandteil B eingeführten elektronenziehenden Substituentengruppe und die Fließstarttemperatur im Bereich von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger aufweist, weist das vernetzte Polymermaterial sowohl eine hohe Hitzebeständigkeit als auch eine Umformbarkeit durch Erhitzen auf. Da der Bestandteil B eine hohe Shore-D-Härte von 50 oder höher aufweist, weist das vernetzte Polymermaterial außerdem eine hohe Abriebfestigkeit auf.

**[0032]** Der isolierte Draht gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält einen Drahtleiter und die Isolierbeschichtung, die den Drahtleiter bedeckt. In dem isolierten Draht ist die Isolierbeschichtung aus dem vernetzten Polymermaterial gemäß der vorstehend erwähnten Offenbarung aufgebaut, und daher wird eine hohe Hitzebeständigkeit gezeigt, und es ist unwahrscheinlich, dass eine irreversible Verformung auftritt, selbst wenn der Drahtleiter durch Energiezufuhr erhitzt wird. Indes kann die Isolierbeschichtung durch Erhitzen auf eine ausreichende Temperatur umgeformt werden, um wieder fließfähig zu werden, und die Form der Isolierbeschichtung kann geändert werden. Wenn beispielsweise der Drahtleiter verformt wird, kann auch die Isolierbeschichtung leicht verformt werden, indem sie der Form des Drahtleiters folgt. Darüber hinaus weist die Iso-

Isolierbeschichtung eine hohe Abriebfestigkeit auf und so kann der isolierte Draht auch an einer Stelle verwendet werden, die mit anderen Bauteilen in Berührung kommt.

**[0033]** Hier enthält der Drahtleiter vorzugsweise eine Vielzahl von verdrehten Elementardrähten und der isolierte Draht weist vorzugsweise einen flachen Abschnitt auf, in dem ein Querschnitt des Drahtleiters senkrecht zu einer axialen Richtung eine flache Form aufweist. Der elektrische Draht mit dem flachen Abschnitt ist unter dem Gesichtspunkt der Platzersparnis erforderlich. Der flache Abschnitt wird leicht zu einem gewöhnlichen isolierten Draht mit kreisähnlichem Querschnitt geformt, indem eine Kompressionskraft aufgebracht wird, um die Isolierbeschichtung in eine flache Form zu pressen, wobei die Isolierbeschichtung erwärmt wird, um die Vorteile der Umformbarkeit der Isolierbeschichtung zu nutzen. Umgekehrt kann der isolierte Draht verformt werden, um eine andere Querschnittsform zu erhalten, wie eine kreisähnliche Querschnittsform, indem eine Kraft in der Richtung der Beseitigung der flachen Form auf den elektrischen Draht mit dem flachen Abschnitt ausgeübt wird, wobei die Isolierbeschichtung erhitzt wird. Somit wird durch die Verwendung des isolierten Drahtes, der den Drahtleiter mit einer Vielzahl von miteinander verdrehten Elementardrähten, die durch Kraftanwendung verformt werden können, und die Isolierbeschichtung, die durch Erhitzung reversibel in einen umformbaren Zustand übergeht, eine leichtere Verformung in zwei Richtungen zwischen einem Zustand mit geringer Flachheit, wie einer kreisähnlichen Querschnittsform, und einem flachen Zustand erreicht. So können beispielsweise mit einem gewöhnlichen isolierten Draht verschiedene isolierte Drähte hergestellt werden, indem ein gewünschtes Teil in eine gewünschte Form, wie eine flache Form, verformt wird, abhängig von einem Routingteil oder einer beabsichtigten Verwendung.

**[0034]** Ein Kabelbaum gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält den isolierten Draht gemäß der vorstehend erwähnten Offenbarung. Da der isolierte Draht der vorliegenden Offenbarung die Isolierbeschichtung mit ausgezeichneter Hitzebeständigkeit und Umformbarkeit mit Abriebfestigkeit wie vorstehend beschrieben aufweist, können diese Eigenschaften auch in dem Kabelbaum verwendet werden.

#### Einzelheiten der Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung

**[0035]** Eine vernetzbare Polymerzusammensetzung, ein vernetztes Polymermaterial, ein isolierter Draht und ein Kabelbaum gemäß der Offenbarung werden nun unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Die Offenbarung sollte nicht auf diese Beispiele beschränkt sein.

#### [1] Vernetzbare Polymerzusammensetzung und vernetztes Polymermaterial

**[0036]** Die vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält: Bestandteil A, aus dem durch Hitze ein Metallion freigesetzt wird; und Bestandteil B, der ein organisches Polymer mit einer Seitenkette mit einer Shore-D-Härte von 50 oder höher enthält, wobei Bestandteil B in der Seitenkette eine elektronenziehende Substituentengruppe enthält, die in der Lage ist, eine ionische Bindung mit dem aus Bestandteil A freigesetzten Metallion zu bilden. In der vernetzbaren Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das vernetzte Polymermaterial gemäß der vorliegenden Ausführungsform aus einem vernetzten Produkt aufgebaut, das durch Vernetzung von Bestandteil B über das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion durch Erhitzen gebildet wird. Das vernetzte Produkt weist eine Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger auf.

#### (1) Eigenschaften der vernetzbaren Polymerzusammensetzung und des vernetzten Polymermaterials

**[0037]** Bevor die einzelnen Bestandteile der vernetzbaren Polymerzusammensetzung im Einzelnen beschrieben werden, werden die Eigenschaften der vernetzbaren Polymerzusammensetzung und des vernetzten Polymermaterials beschrieben. Das vernetzte Polymermaterial gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthält Bestandteil A, aus dem das Metallion durch Hitze freigesetzt wird, und Bestandteil B, der eine Substituentengruppe enthält, die in der Lage ist, die ionische Bindung mit dem Metallion zu bilden. In der vernetzbaren Polymerzusammensetzung, die diese Bestandteile enthält, wird das Metallion durch Erhitzen aus Bestandteil A freigesetzt. Dann bildet das freigesetzte Metallion, wie in **Fig. 1A** dargestellt, die ionische Bindung mit der Substituentengruppe von Bestandteil B und die organische Polymerkette von Bestandteil B wird durch die ionische Bindung vernetzt. In **Fig. 1A** und den später dargestellten **Fig. 1B** bis **1C** wird ein zweiwertiges Metallion  $M^{2+}$  als Metallion und eine Carbonsäuregruppe ( $COO^-$ ) in anionischem Zustand als Substituentengruppe von Bestandteil B angenommen. Die Polymerkette von Bestandteil B wird durch eine Strichlinie gekennzeichnet.

**[0038]** Der Bestandteil A setzt das Metallion durch Hitze frei und bis zum Erreichen der Temperatur, bei der Bestandteil A das Metallion durch Zersetzung oder Phasenübergang freisetzt, wird das Metallion nicht aus dem Bestandteil A freigesetzt, und es wird kein Fortschritt bei der Vernetzung des organischen Polymers von Bestandteil B durch Bildung der ionischen Bindung gezeigt. Daher kann die vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform leicht in eine gewünschte Form durch Strangpressen oder dergleichen geformt werden, wenn sie eine relativ hohe Fließfähigkeit bei einer niedrigen Temperatur aufweist, bei der die Freisetzung des Metallions aus dem Bestandteil A und die damit verbundene Vernetzung von Bestandteil B nicht auftreten. Nach dem Formen der vernetzbaren Polymerzusammensetzung in eine gewünschte Form setzt Bestandteil A das Metallion durch Erhitzen frei und Bestandteil B wird vernetzt und das vernetzte Produkt wird gebildet. Das vernetzte Produkt weist im Vergleich zu einem Zustand vor der Vernetzung eine verbesserte Hitzebeständigkeit auf, da benachbarte Polymerketten von Bestandteil B vernetzt sind. In dem vernetzten Produkt ist die organische Polymerkette von Bestandteil B durch die ionische Bindung vernetzt und die Bindungskraft ist stärker als die Van-der-Waals-Kraft, so dass die Hitzebeständigkeit und die mechanische Festigkeit des vernetzten Produkts effektiv verbessert werden können.

**[0039]** Insbesondere bildet die vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform das vernetzte Polymermaterial mit hoher Hitzebeständigkeit, wenn die Fließstarttemperatur des zu bildenden vernetzten Produkts 190°C oder höher ist. Mit anderen Worten, bei einer Temperatur von 190°C oder niedriger ist es weniger wahrscheinlich, dass das vernetzte Polymermaterial, das durch Vernetzung gebildet wird, die Fließfähigkeit erhöht und die begleitende irreversible Verformung verursacht. Hier ist eine Hitzebeständigkeitstemperatur von 190°C für eine Isolierbeschichtung des isolierten Drahtes für ein Automobil im Allgemeinen erwünscht, und die vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann in geeigneter Weise für die Zusammensetzung der Isolierbeschichtung des isolierten Drahtes für ein Automobil verwendet werden, wie später im Einzelnen beschrieben wird. Unter dem Gesichtspunkt einer effektiven Erhöhung der Hitzebeständigkeit des vernetzten Polymermaterials beträgt die Fließstarttemperatur des vernetzten Produkts vorzugsweise 200°C oder höher, und bevorzugter 220°C oder höher. Die später erläuterten Fließstarttemperaturen des vernetzten Produkts und von Bestandteil B beziehen sich jeweils auf Temperaturen, bei denen ein Material zu fließen beginnt, wenn ein festes Material erhitzt wird, und können als Temperatur gemessen werden, bei der ein Eindringkörper in ein Plattenmaterial eindringen kann, wie zum Beispiel in den nachstehenden Beispielen gezeigt. Alternativ kann auch ein Schmelzpunkt oder ein Fließpunkt des Materials (oder der niedrigere von beiden, falls beide vorhanden sind) als Fließstarttemperatur angesehen werden.

**[0040]** Darüber hinaus wird in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung der vorliegenden Ausführungsform eine vernetzte Struktur mit der Polymerkette von Bestandteil B durch die ionische Bindung mit dem Metallion gebildet, bei der es sich um eine reversible Bindung und nicht um eine irreversible kovalente Bindung handelt, wie sie bei der Elektronenstrahlvernetzung oder der Silanvernetzung gebildet wird, und daher ist das gebildete vernetzte Polymermaterial umformbar. Mit anderen Worten, durch Erhitzen des vernetzten Polymermaterials, das einmal durch Vernetzung gebildet wurde, wird das vernetzte Polymermaterial wieder fließfähig und kann durch Aufbringen einer äußeren Kraft in eine andere Form als vor dem Erhitzen gebracht werden.

**[0041]** Die Umformbarkeit des vernetzten Polymermaterials lässt sich durch den folgenden Mechanismus erklären:

Ein Vernetzungspunkt über das Metallion ist an einer bestimmten Position in einer Kette von Bestandteil B lokalisiert, wie in **Fig. 1A** gezeigt, in einem Zustand, in dem das vernetzte Produkt durch Vernetzung der Polymerkette von Bestandteil B über das Metallion nicht erhitzt und bei oder nahe Raumtemperatur gehalten wird. Wenn das vernetzte Produkt jedoch erwärmt wird, wird die Molekularbewegung von Bestandteil B durch Hitze aktiv, und eine aktive thermische Bewegung tritt an und in der Nähe der Vernetzungsstelle auf, an der die ionische Bindung durch die Substituentengruppe von Bestandteil B und das Metallion gebildet wird, wie in **Fig. 1B** gezeigt. Wenn das vernetzte Produkt auf eine höhere Temperatur erhitzt wird, wird die Molekularbewegung von Bestandteil B weiter aktiv, und der Vernetzungspunkt kann sich über das Metallion zu einer anderen Stelle (Position einer anderen Substituentengruppe) in der Nähe bewegen, was zu einer Delokalisierung des Vernetzungspunkts führt. Die Delokalisierung des Vernetzungspunktes führt zu einem Zustand, in dem mehrere Substituentengruppen in derselben Molekülkette von Bestandteil B gleichzeitig mit einem Metallion koordiniert sind (d.h. mehrzählig), wie in **Fig. 1C** dargestellt. Diese Aktivierung der thermischen Bewegung im Bestandteil B und die anschließende Bewegung des Vernetzungspunktes ermöglichen die Fließfähigkeit des vernetzten Produkts. In diesen Zuständen kann das vernetzte Polymermaterial durch geeignete Anwendung einer äußeren Kraft auf das Material umgeformt werden. Die Aktivierung der thermischen Bewegung an der Vernet-

zungsstelle und die Delokalisierung des Vernetzungspunktes sind reversible Phänomene und wenn das umgeformte vernetzte Polymermaterial abgekühlt wird, kehrt der Vernetzungspunkt in einen lokalisierten Zustand zurück und das vernetzte Produkt ist wieder thermisch stabil. Durch wiederholtes Erhitzen und Abkühlen kann das vernetzte Polymermaterial auch wiederholt umgeformt werden. Die Aktivierung der thermischen Bewegung an der Vernetzungsstelle und die Delokalisierung des Vernetzungspunktes durch Erhitzen kann beispielsweise durch Infrarotabsorptionsspektren bestätigt werden. Typischerweise erscheint die Aktivierung der thermischen Bewegung an der Vernetzungsstelle im Spektrum als verbreiteter Absorptionspeak der Substituentengruppe, die die vernetzte Struktur bildet, während die Delokalisierung des Vernetzungspunktes im Spektrum als Wachstum eines neuen Peaks erscheint, der dem Multidentat entspricht.

**[0042]** Darüber hinaus ist in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Substituentengruppe, die in der Lage ist, die ionische Bindung mit dem Metallion zu bilden, nicht in der Hauptkette, sondern in der Seitenkette eines Polymers im Bestandteil B enthalten, und daher erhält die Vernetzungsstelle einen hohen Bewegungsfreiheitsgrad, wenn eine vernetzte Struktur über das Metallion gebildet wird. Daher ist es im vernetzten Produkt besonders wahrscheinlich, dass die thermische Bewegung der Vernetzungsstelle und die Bewegung des Vernetzungspunktes aktiv erfolgen. Daher weist das vernetzte Polymermaterial bei Erhitzung eine hohe Umformbarkeit auf.

**[0043]** Insbesondere kann in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform das vernetzte Polymermaterial durch Erhitzen auf eine Temperatur von höchstens 300°C umgeformt werden und die Umformung kann leicht durchgeführt werden, da die Fließstarttemperatur des zu bildenden vernetzten Produkts auf 300°C oder niedriger herabgesetzt ist. Unter dem Gesichtspunkt der effektiven Verbesserung der Umformbarkeit ist die Fließstarttemperatur des vernetzten Produkts vorzugsweise 280°C oder niedriger und bevorzugter 250°C oder niedriger.

**[0044]** Wie vorstehend beschrieben, enthält die vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform Bestandteil A, aus dem das Metallion durch Hitze freigesetzt wird, und Bestandteil B, der die Seitenkette mit der Substituentengruppe enthält, die in der Lage ist, die ionische Bindung mit dem Metallion zu bilden, und wenn Bestandteil B über das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion vernetzt wird, um das vernetzte Produkt zu bilden, weist das vernetzte Produkt eine Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger auf, wodurch das vernetzte Polymermaterial sowohl eine hohe Hitzebeständigkeit als auch eine gute Umformbarkeit aufweist. Daher kann durch Vernetzung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung nach dem Formen in eine gewünschte Form durch Strangpressen oder dergleichen das vernetzte Polymermaterial mit hoher Hitzebeständigkeit erhalten werden, während die Umformbarkeit des vernetzten Polymermaterials durch Wiedererhitzung genutzt werden kann. Die vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform, die die vorstehend erwähnten Eigenschaften aufweist, kann in geeigneter Weise verwendet werden, um eine Komponente wie die Isolierbeschichtung des isolierten Drahtes zusammenzusetzen, die eine hohe Hitzebeständigkeit erfordert und vorteilhaft ist, wenn sie umformbar ist. Als weiterer Indikator für die Bestätigung eines ausreichenden Effekts der Verbesserung der Hitzebeständigkeit durch Vernetzung weist das vernetzte Polymermaterial vorzugsweise eine Fließstarttemperatur auf, die um mindestens 5°C höher und bevorzugter um mindestens 10°C höher als die Fließstarttemperatur von Bestandteil B allein ist.

**[0045]** Weiterhin weist in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform Bestandteil B eine hohe Shore-D-Härte von 50 oder höher auf. Daher wird das vernetzte Produkt, das durch die Vernetzung von Bestandteil B über das Metallion erhalten wird, eine hohe Materialfestigkeit aufweisen und eine hohe Abriebfestigkeit zeigen. Anders als bei der Elektronenstrahlvernetzung oder der Silanvernetzung, bei der die Silangruppe eingeführt werden muss, beeinträchtigt die Vernetzung durch die ionische Bindung mit dem Metallion die mechanischen Eigenschaften von Bestandteil B nicht wesentlich, und die hohe mechanische Festigkeit von Bestandteil B wird als Eigenschaft des vernetzten Produkts vollständig nachgewiesen. Darüber hinaus verbessert die Vernetzung über das Metallion die Abriebfestigkeit im Vergleich zum unvernetzten Bestandteil B. Bei Verwendung von Bestandteil B mit einer Shore-D-Härte von 50 oder höher weist das durch Vernetzung von Bestandteil B erhaltene vernetzte Polymermaterial tendenziell eine hohe mechanische Festigkeit auf, wie eine Shore-D-Härte von 50 oder höher, sogar 55 oder höher, und einen Zugmodul von 800 MPa oder höher. Obwohl die Obergrenze der Härte und der Zugelastizität des vernetzten Polymermaterials nicht spezifiziert ist, beträgt die Shore-D-Härte vorzugsweise 90 oder weniger und der Zugmodul vorzugsweise 1600 MPa oder niedriger im Hinblick auf die Sicherstellung der Flexibilität, die in Bauteilen gewünscht wird, die aus dem Polymermaterial aufgebaut sind, wie die Isolierbeschichtung des isolierten Drahtes. Darüber hinaus ist es, wie vorstehend beschrieben, bevorzugt, dass die Härte und der Zug-

modul des vernetzten Polymermaterials nicht um 30 % oder mehr oder sogar 20 % oder mehr in Bezug auf die Härte und den Zugmodul von unvernetztem Bestandteil B ansteigen.

**[0046]** Wie vorstehend beschrieben, ist es bei der vernetzbaren Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform wichtig, dass die Fließstarttemperatur des vernetzten Produkts in einem vorbestimmten Bereich liegt, um ein vernetztes Polymermaterial zu erhalten, das sowohl hitzebeständig als auch umformbar ist. Die Fließstarttemperatur des vernetzten Produkts wird in Abhängigkeit von der Art des aus Bestandteil A freigesetzten Metallions, der Art oder der Struktur der Haupt- und Seitenkette des Polymers und der Substituentengruppe von Bestandteil B sowie dem Verhältnis der Bestandteile A und B bestimmt. Damit das durch die Vernetzung erhaltene vernetzte Polymermaterial eine hohe Abriebfestigkeit aufweist, ist es außerdem wichtig, dass der in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung enthaltene Bestandteil B eine höhere Härte als angegeben aufweist. Die Härte von Bestandteil B wird auch durch die Struktur von Bestandteil B bestimmt. Eine bevorzugte Struktur und die Eigenschaften von jedem Bestandteil werden im Folgenden nacheinander beschrieben.

## (2) Bestandteil A

**[0047]** Bestandteil A ist ein Bestandteil, aus dem das Metallion durch Hitze freigesetzt wird. Der Begriff „durch Hitze“ bezieht sich auf „Erhitzen“, wobei eine höhere Temperatur als Raumtemperatur vorausgesetzt wird. Der Begriff „das Metallion wird freigesetzt“ bezieht sich darauf, dass das Metallion aus dem Bestandteil A durch Zersetzung oder Phasenübergang von Bestandteil A freigesetzt wird. Das aus dem Bestandteil A freigesetzte Metallion bewirkt die Vernetzung von Bestandteil B.

**[0048]** Bestandteil A weist vorzugsweise eine Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur von 50°C oder höher auf. Dann wird während der Herstellung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung oder vor der Verwendung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung (d.h. vor der Vernetzung) die Freisetzung des Metallions aus Bestandteil A und die fortschreitende Vernetzung von Bestandteil B unterdrückt und daher erhält die vernetzbare Polymerzusammensetzung eine ausgezeichnete Lagerstabilität. Mit anderen Worten, es ist weniger wahrscheinlich, dass eine Qualitätsverschlechterung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung aufgrund einer unbeabsichtigten Freisetzung des Metallions aus Bestandteil A und der damit verbundenen Vernetzung von Bestandteil B auftritt, wenn die vernetzbare Polymerzusammensetzung durch Mischen der Bestandteile A und B bei einer niedrigen Temperatur, wie unter 50°C, hergestellt wird, wenn die so hergestellte vernetzbare Polymerzusammensetzung gelagert wird, oder wenn die vernetzbare Polymerzusammensetzung durch Strangpressen oder dergleichen in eine gewünschte Form gebracht wird. Wenn Bestandteil A eine Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur von 60°C oder höher oder sogar 70°C oder höher aufweist, wird der Effekt der verbesserten Lagerstabilität noch verstärkt.

**[0049]** Indes weist Bestandteil A vorzugsweise eine Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur von 300°C oder niedriger auf. Dann ist es weniger wahrscheinlich, dass sich Bestandteil B bei einer Temperatur verschlechtert, die niedriger ist als die, bei der das Metallion aus Bestandteil A freigesetzt wird, und daher kann der unverschlechterte Bestandteil B leicht über das Metallion vernetzt werden. Außerdem wird die Freisetzung des Metallions aus Bestandteil A erleichtert, wenn sich Bestandteil A bei einer moderaten Temperatur zersetzt oder einen Phasenübergang durchläuft, und daher die vernetzbare Polymerzusammensetzung eine ausgezeichnete Vernetzungsgeschwindigkeit aufweist. Unter diesen Gesichtspunkten weist der Bestandteil A vorzugsweise eine Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur von 200°C oder niedriger oder bevorzugter 150°C oder niedriger oder 120°C oder niedriger auf.

**[0050]** Weiterhin weist Bestandteil A vorzugsweise eine Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur auf, die höher als die später beschriebene Fließstarttemperatur von Bestandteil B ist. Dann kann die Vernetzung von Bestandteil B über das aus dem Bestandteil A freigesetzte Metallion bei der Temperatur, bei der Bestandteil A das Metallion freisetzt, vorangetrieben werden, wobei Bestandteil B seine Fließfähigkeit erlangt hat. Aus diesem Grund kann die Vernetzung unter Verwendung des Flusses von Bestandteil B mit dem in Bestandteil B gut dispergierten Metallion vorangetrieben werden, um so auf einfache Weise das vernetzte Polymermaterial mit sehr gleichmäßiger Struktur zu erhalten, in dem der Vernetzungspunkt durch das Metallion räumlich mit einem hohen Maß an Gleichförmigkeit verteilt ist. Darüber hinaus sind eine unbeabsichtigte Freisetzung des Metallions aus Bestandteil A und ein daraus resultierender Vernetzungsfortschritt von Bestandteil B während der Herstellung oder Bildung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung unwahrscheinlich. Bevorzugter weist Bestandteil A den Zersetzungs- oder Phasenübergangspunkt bei einer Temperatur auf, die höher als die Fließstarttemperatur von Bestandteil B ist, und weiter bevorzugt weist Bestandteil A den Zersetzungs- oder Phasenübergangspunkt bei einer Temperatur auf, die mindestens 10°C höher als

die Fließstarttemperatur von Bestandteil B ist. Die Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur von Bestandteil A wird als Temperatur ausgedrückt, bei der eine Basislinienänderung in der Dynamischen Differenzkalorimetrie (DSC) beginnt (Messtemperaturbereich: 25°C bis 200°C, Messung an Luft). Der vorstehend genannte Phasenübergangspunkt schließt keinen Schmelzpunkt ein und der vorstehend genannte Phasenübergang schließt kein Schmelzen ein. Wenn Bestandteil A sowohl den Phasenübergangspunkt als auch den Zersetzungspunkt oder eine Vielzahl von Phasenübergangspunkten aufweist, ist der niedrigere (der niedrigste) als „Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur“ zu behandeln.

**[0051]** Der Metalltyp des aus Bestandteil A freigesetzten Metallions ist nicht beschränkt, doch können vorzugsweise Erdalkali, Aluminium, Zink, Titan, Zirkonium verwendet werden. Vorzugsweise kann das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion mindestens eines dieser Metalle sein. Das Ion jedes Metalls ist mehr als zweiwertig und eine stabile vernetzte Struktur kann leicht mit der Polymerkette von Bestandteil B gebildet werden, indem die ionische Bindung mit der Substituentengruppe von Bestandteil B gebildet wird. Darüber hinaus gehört jedes der vorstehend aufgeführten Metalle zu einer harten Säure im HSAB-Prinzip und weist eine relativ hohe Ionisierungstendenz auf, was darauf hindeutet, dass jedes Metall als Metall für die Zusammensetzung des vernetzten Produkts geeignet ist, indem es eine stabile Bindung mit der Substituentengruppe in Bestandteil B bildet.

**[0052]** Von den vorstehend genannten Metalltypen eignen sich Aluminium und Zirkonium besonders gut als Metalle zur Bildung des vernetzten Produkts. Daher ist das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion vorzugsweise mindestens eines, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Aluminium- oder Zirkoniumionen. Bestandteil A, der Aluminium oder Zirkonium enthält, weist einen gewissen Grad an hoher Stabilität auf und wenn er mit Bestandteil B gemischt wird, verläuft die Bildung der vernetzten Struktur nicht so leicht und daher weist die vernetzbare Polymerzusammensetzung eine hohe Lagerstabilität auf. Wenn Bestandteil A erhitzt wird, wird das Metallion indes relativ leicht freigesetzt, und das vernetzte Produkt wird gebildet. Wie in einer später beschriebenen Ausführungsform beschrieben, beträgt beispielsweise die Phasenübergangstempertemperatur von Zirkonium(IV)-acetylacetonat (Zr-AA) 180°C, was unter den verschiedenen Acetylacetonat-Komplexen höher ist. Bei Aluminium(III)-acetylacetonat liegt die Phasenübergangstempertemperatur (Starttemperatur für die Basislinienänderung, gemessen durch DSC) indes bei 112°C, was nicht so hoch ist, aber diese Verbindung weist die Eigenschaft auf, dass sie eine allmähliche Änderung des Heizwerts ab Beginn des Phasenübergangs aufweist, und eine bemerkenswerte Änderung des Heizwerts tritt bei etwa 170°C auf. Mit anderen Worten, der Phasenübergang schreitet bei einer relativ hohen Temperatur nahe 170°C deutlich voran.

**[0053]** Wenn mindestens eines von Aluminium- und Zirkoniumion als Metallion verwendet wird, das aus Bestandteil A freigesetzt wird, ist die Fließstarttemperatur des vernetzten Produkts höher als beispielsweise bei Verwendung von Titan, so dass das vernetzte Polymermaterial eine ausgezeichnete Hitzebeständigkeit aufweist. Aluminium und Zirkonium oxidieren nicht so leicht wie Titan und so kann das Vorhandensein eines Oxidationsweges die Effizienz der Vernetzungsreaktion weniger beeinträchtigen. Außerdem sind Aluminium und Zirkonium im Vergleich zu Erdalkalien wie Calcium nicht so hart wie Erdalkalien als Säure und lassen sich leicht und gleichmäßig in Bestandteil B dispergieren. Darüber hinaus neigen Aluminium und Zirkonium im Vergleich zu Zink dazu, Bestandteil A in Form des Metallkomplexes eine höhere Zersetzungstemperatur zu ermöglichen und somit eine höhere Lagerstabilität zu bieten.

**[0054]** Wenn ein Bauteil, das mit einem Metallbauteil in Kontakt steht, aus der vernetzbaren Polymerzusammensetzung der vorliegenden Ausführungsform aufgebaut ist, und wenn der in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung enthaltene Metalltyp derselbe wie die Hauptkomponente des Metallelements ist, wird ein Einfluss aufgrund des Vorhandenseins des Metallbauteils bei der Bildung sowie der Stabilität der vernetzten Struktur an einer Grenzfläche zwischen dem Metallbauteil und dem Polymermaterial tendenziell minimiert. Wenn zum Beispiel in einem isolierten Draht die vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform verwendet wird, um die Isolierbeschichtung zu bilden, die den aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung bestehenden Drahtleiter bedeckt, sollte das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion Aluminium sein.

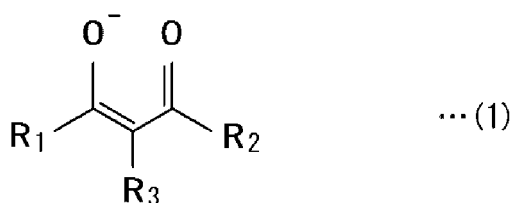
**[0055]** Obwohl nicht auf Aluminium und Zirkonium und andere vorstehend als bevorzugt aufgeführte Metalltypen beschränkt, können Ionen beliebiger Metalle als die von Bestandteil A freigesetzten Ionen verwendet werden, solange die Vernetzung von Bestandteil B durch Bildung der ionischen Bindung mit der Substituentengruppe von Bestandteil B erfolgt und das vernetzte Produkt eine Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger aufweist. Ein Übergangsmetall wie Eisen, Nickel und Kupfer neigt jedoch dazu, das vernetzte Produkt mit einer höheren Fließstarttemperatur als dem vorstehend genannten Bereich

zu liefern. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass sich der Vernetzungspunkt beim Erhitzen weniger stark verschiebt, wenn das vernetzte Produkt aus dem Ion des Metalls, wie dem Übergangsmetall, aufgebaut ist, das eine Vielzahl möglicher Oxidationszahlen oder eine relativ geringe Ionisierungstendenz aufweist (siehe Fig. 1C). Darüber hinaus kann das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion nicht nur ein einatomiges Metallion sein, sondern auch ein mehratomiges Ion (metallhaltiges Ion), das aus einem an andere Atome gebundenen Metallatom aufgebaut ist. Unter dem Gesichtspunkt der Bildung einer stabilen ionischen Bindung mit der Substituentengruppe von Bestandteil B ist jedoch das einatomige Ion eines Metalls bevorzugt.

**[0056]** Bestandteil A kann jeder Typ von Chemikalie sein, solange das Metallion durch Hitze freigesetzt wird, aber der Metallkomplex kann als geeigneter Chemikaliertyp aufgeführt werden. Der Metallkomplex wird so gebildet, dass er einen Liganden mit einem nicht-kovalenten Elektronenpaar aufweist, das koordinativ an ein zentrales Metallion gebunden ist. Wenn der Metallkomplex verwendet wird, übt der Ligand eine ausgezeichnete stabilisierende Wirkung auf das Metallion aus, und die Freisetzung des Metallions aus Bestandteil A wird während der Herstellung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung oder vor der Verwendung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung und zum Zeitpunkt der Formung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung in eine gewünschte Form unterdrückt, und außerdem kann das Metallion durch Hitze aus Bestandteil A freigesetzt werden, wenn die vernetzbare Polymerzusammensetzung vernetzt wird.

**[0057]** Der Ligand, aus dem der Metallkomplex aufgebaut ist, enthält einen einzähnigen Liganden mit einer Koordinationsstelle und einen mehrzähnigen Liganden mit zwei oder mehr Koordinationsstellen. Aufgrund eines Chelat-Effekts ist der Metallkomplex mit dem mehrzähnigen Liganden stabiler als der Metallkomplex mit dem einzähnigen Liganden oder der Metallkomplex mit einem Liganden, der eine vernetzbare Koordinationsstruktur aufweist, die durch einen Alkoxid-Liganden dargestellt wird. Daher ist Bestandteil A vorzugsweise der Metallkomplex mit dem mehrzähnigen Liganden. Die Koordination durch den mehrzähnigen Liganden ist bei der Stabilisierung des Metallions wirksamer als die durch den einzähnigen Liganden oder die durch einen Liganden mit der vernetzbaren Koordinationsstruktur, wodurch das Metallion wirksamer daran gehindert wird, während der Herstellung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung, vor der Verwendung und zum Zeitpunkt der Bildung der vernetzbaren Polymerzusammensetzung aus Bestandteil A freigesetzt zu werden.

**[0058]** Unter den mehrzähnigen Liganden kann in geeigneter Weise ein zweizähniger  $\beta$ -Diketonatoligand (1,3-Diketonatoligand) verwendet werden. Der  $\beta$ -Diketonatoligand ist bei der Stabilisierung des Metallions besonders wirksam. Da der Metallkomplex mit dem  $\beta$ -Diketonatoliganden eine gute Dispersion im organischen Polymer ermöglicht, ist er geeignet, den Bestandteil A im Bestandteil B zu dispergieren und den Vernetzungspunkt mit hoher Gleichmäßigkeit zu bilden. Der  $\beta$ -Diketonatoligand wird durch die nachstehende allgemeine Formel (1) dargestellt:



**[0059]** In Formel (1) stellen  $\text{R}_1$  und  $\text{R}_2$  jeweils unabhängig eine Kohlenwasserstoffgruppe dar, und  $\text{R}_3$  stellt ein Wasserstoffatom oder die Kohlenwasserstoffgruppe dar, einschließlich des Falles, in dem mindestens zwei von  $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$  und  $\text{R}_3$  durch eine Ringstruktur miteinander verbunden sind. Der Ligand kann die Struktur der Formel (1) durch eine Resonanzstruktur annehmen.

**[0060]** In der Formel (1) kann jeder der Reste  $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$  und  $\text{R}_3$  eine aliphatische Kohlenwasserstoffgruppe oder eine Kohlenwasserstoffgruppe sein, die einen aromatischen Ring enthält, oder ein Heteroatom wie ein Sauerstoffatom enthalten. Die Kohlenwasserstoffgruppe, aus der sich  $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$  und  $\text{R}_3$  zusammensetzt, kann eine Alkylgruppe, eine Alkoxygruppe, eine aromatische Gruppe und eine kondensierte aromatische Gruppe enthalten. Die Anzahl der Kohlenstoffatome von  $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$  und  $\text{R}_3$  ist nicht besonders begrenzt, beträgt aber vorzugsweise 1 oder mehr bis 8 oder weniger.

**[0061]** Beispiele für den  $\beta$ -Diketonatoliganden sind: ein Acetylacetonatoligand (acac); ein 2,2,6,6-Tetramethyl-3,5-heptandionatoligand (dpm); ein 3-Methyl-2,4-pentadionatoligand; ein 3-Ethyl-2,4-pentandionatoligand; ein 3,5-Heptandionatoligand; ein 2,6-Dimethyl-3,5-heptandionatoligand und ein 1,3-Diphenyl-1,3-propan-2,4-dionatoligand.

pandionatoligand. Unter diesen ist der Acetylacetonatoligand, der das Wasserstoffatom ist, besonders bevorzugt.

**[0062]** Bestandteil A ist in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung vorzugsweise in einer Menge von 0,1 Massenteilen oder größer, bezogen auf 100 Massenteile der Summe von Bestandteil A und Bestandteil B, enthalten. Die Anwesenheit einer ausreichend großen Menge von Bestandteil A im Verhältnis zum Bestandteil B ermöglicht es dem vernetzten Produkt, dass es eine hohe Vernetzungsdichte aufweist, was zu einem hohen Grad an Wirksamkeit bei der Verbesserung der Hitzebeständigkeit und Abriebfestigkeit führt. Unter dem Gesichtspunkt der Erhöhung einer verbesserten Wirkung der Hitzebeständigkeit ist der Gehalt von Bestandteil A vorzugsweise 1,0 Masseteile oder größer und weiter bevorzugt 2,0 Masseteile in Bezug auf 100 Masseteile. Indes beträgt der Gehalt an Bestandteil A vorzugsweise 30 Masseteile oder kleiner in Bezug auf die 100 Masseteile, wodurch ein Einfluss vermieden wird, der durch das Vorhandensein einer großen Menge von Bestandteil A verursacht wird, einschließlich der Abtrennung oder Ausfällung von Bestandteil A vor der Vernetzung und der Versprödung des Polymermaterials nach der Vernetzung. Indem verhindert wird, dass eine übermäßige Menge von Bestandteil A in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung enthalten ist, kann eine hohe mechanische Festigkeit von Bestandteil B als Gesamteigenschaft des vernetzten Polymermaterials leicht nachgewiesen werden. Unter dem Gesichtspunkt der Verstärkung dieser Effekte beträgt der Gehalt an Bestandteil A vorzugsweise 20 Masseteile oder kleiner oder bevorzugt 10 Masseteile oder kleiner, bezogen auf 100 Masseteile.

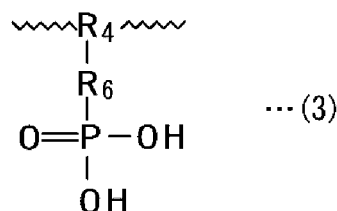
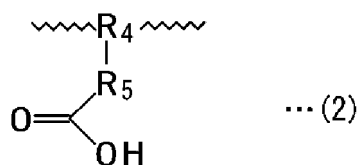
### (3) Bestandteil B

**[0063]** Bestandteil B ist aus dem organischen Polymer mit der Seitenkette mit einer Shore-D-Härte von 50 oder mehr aufgebaut und die Seitenkette enthält die elektronenziehende Substituentengruppe, die in der Lage ist, die ionische Bindung mit dem aus Bestandteil A freigesetzten Metallion zu bilden. Die Substituentengruppe enthält nicht notwendigerweise eine Substituentengruppe der elektronenziehenden Gruppe, um die ionische Bindung mit dem aus Bestandteil A freigesetzten Metallion zu bilden; jedoch kann die elektronenziehende Substituentengruppe mit dem Metallion eine stabile ionische Bindung bilden. Daher wird, wenn Bestandteil B durch das Metallion in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung vernetzt wird, die vernetzte Struktur stabil gebildet und das vernetzte Produkt neigt dazu, eine hohe Hitzebeständigkeit aufzuweisen.

**[0064]** Zu den bevorzugten Beispielen der elektronenziehenden Substituentengruppen, die in der Lage sind, die ionische Bindung mit dem Metallion zu bilden, gehören alle sauren Gruppen wie eine Carbonsäuregruppe, eine Säureanhydridgruppe, eine Phosphorsäuregruppe und eine Sulfonsäuregruppe, ausgenommen Hydroxylgruppen. Die Substituentengruppe kann nur eine oder mindestens zwei der vorstehend aufgeführten Substituentengruppen sein, aber die Substituentengruppe ist vorzugsweise mindestens eine der vorstehend aufgeführten Substituentengruppen. Insbesondere kann die Säureanhydridgruppe, wie eine Maleinsäureanhydridgruppe, in geeigneter Weise verwendet werden. Die vorstehend aufgeführten Substituentengruppen sind bei der leichten Bildung der ionischen Bindung mit dem aus Bestandteil A freigesetzten Metallion ausgezeichnet. Da jede der vorstehend aufgeführten Substituentengruppen eine saure Gruppe mit relativ geringer Polarität ist, ist es weniger wahrscheinlich, dass eine Phasentrennung in Bezug auf die Haupt- und Seitenketten von Bestandteil B auftritt, und die vernetzte Struktur kann in einer Organisation von Bestandteil B mit hoher Gleichförmigkeit gebildet werden. Obwohl eine Sulfonsäuregruppe zum Beispiel auch die elektronenziehende Substituentengruppe ist, die dazu neigt, leicht die ionische Bindung mit dem Metallion zu bilden, ist sie nicht so gut wie die vorstehend als geeignet für die Substituentengruppe von Bestandteil B aufgeführten Gruppen, da wahrscheinlich eine Phasentrennung aufgrund der hohen Polarität auftritt.

**[0065]** In Bestandteil B ist, wie vorstehend beschrieben, die Substituentengruppe, die die ionische Bindung mit dem Metallion bildet, nicht in der Polymerhauptkette, sondern in der Seitenkette enthalten, und daher behält die Vernetzungsstelle einen hohen Bewegungsfreiheitsgrad, wenn die vernetzte Struktur gebildet wird. Infolgedessen erhält das Polymermaterial nach der Vernetzung eine hohe Umformbarkeit. Um diese Effekte zu verstärken, weist die Seitenkette vorzugsweise eine Struktur und eine Länge auf, die eine Bindung der Substituentengruppe an die Hauptkette über die Alkyl- oder Alkylengruppe mit 1 oder mehr Kohlenstoffatomen ermöglicht, obwohl nicht besonders begrenzt. Alternativ kann die Seitenkette diejenige sein, die die Substituentengruppe über das Heteroatom, wie das Sauerstoffatom, an die Hauptkette bindet. Die Substituentengruppe kann an einem Ende der Seitenkette oder in der Mitte eingeführt werden, vorzugsweise jedoch am Ende, um den Bewegungsfreiheitsgrad an der Vernetzungsstelle effektiv zu erhöhen. Obwohl keine bestimmte Obergrenze für die Anzahl der Kohlenstoffatome in der Seitenkette festgelegt ist, beträgt die Anzahl der Kohlenstoffatome, die die Hauptkette und die Substituentengruppe verbinden, vorzugsweise 4 oder weniger, um die Auswirkungen auf die physikalischen Eigenschaften der Hauptkette zu minimieren.

Wenn die Substituentengruppe die Carbonsäuregruppe und die Phosphorsäuregruppe ist, werden besonders bevorzugte Strukturen der Seitenkettenabschnitte durch die Formeln (2) bzw. (3) nachstehend dargestellt:



**[0066]** Hier steht  $\text{R}_4$  für die Hauptkette,  $\text{R}_5$  für das Sauerstoffatom oder die Alkyl- oder Alkylengruppe mit einem oder mehreren Kohlenstoffatomen, und  $\text{R}_6$  für die Alkyl- oder Alkylengruppe mit einem oder mehreren Kohlenstoffatomen. Eine Vielzahl von elektronenziehenden Substituentengruppen kann über ein gemeinsames  $\text{R}_5$  oder  $\text{R}_6$  an die Hauptkette gebunden sein. Außerdem kann die Vielzahl von elektronenziehenden Substituentengruppen miteinander ein Anhydrid bilden.

**[0067]** In Bestandteil B kann die elektronenziehende Substituentengruppe in der Hauptkette enthalten sein oder nicht, solange sie in der Seitenkette enthalten ist. Die elektronenziehende Substituentengruppe soll jedoch vorzugsweise nicht in der Hauptkette enthalten sein. Dies liegt daran, dass das Vorhandensein der elektronenziehenden Gruppe in der Hauptkette die elektronenziehende Gruppe in der Seitenkette daran hindern kann, die vernetzte Struktur durch die ionische Bindung mit dem Metallion zu bilden. Die elektronenziehende Gruppe in der Hauptkette ist anfällig für signifikante sterische Hinderung und kann weniger effektiv zur Vernetzung durch die Bildung der ionischen Bindung mit dem Metallion beitragen, was dazu führt, dass sie eine schlechte Wirkung bei der Verbesserung der Hitzebeständigkeit durch Vernetzung zeigt. Selbst wenn die vernetzte Struktur an einem Abschnitt der elektronenziehenden Gruppe in der Hauptkette gebildet wird, ist der Bewegungsfreiheitsgrad an der Vernetzungsstelle vermindert, wodurch eine hohe Umformbarkeit erschwert wird. Zu den elektronenziehenden Gruppen, die vorzugsweise nicht in der Hauptkette von Bestandteil B enthalten sind, gehören eine Carbonylgruppe, deren Hauptkette aus einem (Meth)acrylsäure-Copolymer aufgebaut ist, eine Hydrolysegruppe, deren Hauptkette eine Esterstruktur wie Vinylacetat enthält, und Halogenatome.

**[0068]** Obwohl nicht besonders begrenzt, beträgt der Gehalt der Substituentengruppe in Bestandteil B vorzugsweise 0,01 Massenprozent oder größer und 10 Massenprozent oder kleiner, bezogen auf die Gesamtmasse von Bestandteil B, unter dem Gesichtspunkt der Sicherstellung physikalischer Eigenschaften durch Vernetzung. Der Gehalt beträgt bevorzugter 0,1 Massenprozent oder größer und 5 Massenprozent oder kleiner und weiter bevorzugt 0,2 Massenprozent oder größer und 3 Massenprozent oder kleiner. Der Gehalt der Substituentengruppe im Bestandteil B kann durch Vergleich der Intensität eines für die Substituentengruppe spezifischen Peaks im Infrarotspektrum mit einem Material, das eine bekannte Menge der Substituentengruppe enthält, bestimmt werden.

**[0069]** Das organische Polymer von Bestandteil B ist ein polymerisiertes organisches Material wie ein Harz, ein Kautschuk oder ein Elastomer. Vorzugsweise ist Bestandteil B aus einem Harz aufgebaut, das unter den Gesichtspunkten der Formbarkeit und der mechanischen Festigkeit thermoplastisch ist. Insbesondere im Hinblick auf die Erzielung einer ausgezeichneten mechanischen Festigkeit, wie einer hohen Härte, wird die Hauptkette von Bestandteil B vorzugsweise in Form eines Olefinpolymers gebildet. Das Olefinpolymer kann ein Monopolymer wie Polyethylen oder Polypropylen oder ein Copolymer wie Ethylen-alpha-Olefin-Copolymer sein. Die Hauptkette von Bestandteil B ist besonders bevorzugt aus Polypropylen aufgebaut. Da Polypropylen hochkristallin ist, weist Bestandteil B in der Regel hohe mechanische Eigenschaften mit einer Shore-D-Härte von 50 oder mehr auf. Zusätzlich zu den hohen mechanischen Eigenschaften, wie der hohen Härte, ist es weniger wahrscheinlich, dass die Hauptkette, die aus dem Olefinpolymer aufgebaut ist, die Bildung des Vernetzungspunktes in der Seitenkette und die Aktivierung der molekularen Bewegung und die Bewegung des Vernetzungspunktes an der Vernetzungsstelle, die durch Erhitzen verursacht wird, beeinflusst, und

daher werden eine hohe Hitzebeständigkeit und Umformbarkeit, die durch diese Phänomene in der Seitenkette hervorgerufen werden, effektiv als die Gesamteigenschaften des vernetzten Produkts in Bestandteil B gezeigt. Diese Wirkungen werden ausreichend gezeigt, wenn die Hauptkette von Bestandteil B aus dem Olefinpolymer aufgebaut ist.

**[0070]** Wie vorstehend beschrieben, weist Bestandteil B eine hohe Shore-D-Härte von 50 oder höher auf, was dazu führt, dass das vernetzte Polymermaterial eine ausgezeichnete mechanische Festigkeit, wie Abriebfestigkeit, aufweist, durch Vernetzung über die ionische Bindung mit dem Metallion, das aus dem Bestandteil A stammt. Unter dem Gesichtspunkt der weiteren Erhöhung der mechanischen Festigkeit des vernetzten Polymermaterials weist Bestandteil B weiterhin vorzugsweise eine Shore-D-Härte von 60 oder höher, 70 oder höher und sogar 80 oder höher auf. Unter dem Gesichtspunkt der mechanischen Festigkeit des resultierenden vernetzten Polymermaterials ist die Obergrenze der Härte von Bestandteil B nicht besonders definiert, aber die Shore-D-Härte sollte unter dem Gesichtspunkt der Sicherstellung der Flexibilität, die für Produkte erforderlich ist, die gebogen werden müssen, wie die Isolierbeschichtung des isolierten Drahtes, bei 95 oder niedriger gehalten werden. Die Shore-D-Härte von Bestandteil B und des vernetzten Polymermaterials kann gemäß JIS K 6253 gemessen werden.

**[0071]** Bestandteil B weist vorzugsweise eine Fließstarttemperatur im Bereich von 50°C oder höher und 190°C oder niedriger auf, was durch Vernetzung über das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion die einfache Bereitstellung des vernetzten Produkts mit einer Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger ermöglicht. Darüber hinaus kann eine hohe Formbarkeit erzielt werden, wenn die unvernetzte vernetzbare Polymerzusammensetzung durch Strangpressen oder dergleichen in eine gewünschte Form gebracht wird. Die Fließstarttemperatur von Bestandteil B liegt bevorzugter bei 80°C oder höher und 160°C oder niedriger.

**[0072]** Die vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen Bestandteilen A und B Additive wie Flammenschutzmittel, Kupferschädigungsinhibitoren, Antioxidantien und Farbstoffe enthalten. Obwohl ein anderes Polymer als Bestandteil B als Polymerkomponente enthalten sein kann, wird der Gehalt des Polymers vorzugsweise niedriger als der von Bestandteil B gehalten. Wenn das Polymer, das nicht Bestandteil B ist, als Polymerkomponente enthalten ist, weist die Polymerkomponente als Ganzes vorzugsweise eine Shore-D-Härte von 50 oder höher auf und weiterhin weist die Polymerkomponente, die nicht Bestandteil B ist, vorzugsweise einzeln eine Shore-D-Härte von 50 oder höher auf. Noch bevorzugter enthält die vernetzbare Polymerzusammensetzung vorzugsweise nur Bestandteil B als Polymerkomponente. Darüber hinaus sind Verbindungen der folgenden Gruppen (a) bis (f) vorzugsweise nicht in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung als Bestandteil enthalten, d.h. (a) Silanhaftmittel, (b) Epoxidverbindungen, (c) Isocyanat- und Isothiocyanatverbindungen, (d) Photoradikal- und Thermoradikalgeneratoren, (e) Chlor- und Bromverbindungen und (f) flüchtige organische Lösungsmittel sind vorzugsweise nicht in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung als Bestandteil enthalten. Wenn die Verbindungen der Gruppen (a) bis (d) in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung enthalten sind, besteht die Möglichkeit des Auftretens unbeabsichtigter chemischer Reaktionen, wie die Vernetzung von Bestandteil B aufgrund einer anderen Reaktion als der Vernetzungsreaktion über das Metallion, das beim Erhitzen aus dem Bestandteil A freigesetzt wird, oder die Spaltung der Hauptkette von Bestandteil B. In diesem Fall sind die Hitzebeständigkeit und die Umformbarkeit der vernetzbaren Polymerzusammensetzung möglicherweise nicht ausreichend gegeben. Wenn die Verbindungen der Gruppe (e) in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung enthalten sind, kann es außerdem beim Erhitzen zu einer Färbung oder Bildung korrosiver Gase kommen. Wenn die Verbindungen der Gruppe (f) in der vernetzbaren Polymerzusammensetzung enthalten sind, kann es bei der Bildung einer Zusammensetzung zur Entzündung oder Bildung von Blasen kommen.

**[0073]** Die vernetzbare Polymerzusammensetzung kann durch Mischen der Bestandteile A und B und die Zugabe eines Additivs nach Bedarf hergestellt werden. Das Mischen kann z.B. durch Erhitzen und Kneten jedes Bestandteils oder durch Auflösen jedes Bestandteils in einem organischen Lösungsmittel und Erhitzen und Rühren erfolgen. Darüber hinaus kann die vernetzbare Polymerzusammensetzung in geeigneter Weise erhitzt und dann durch Strangpressen in eine beliebige Form gebracht werden, wenn sie verwendet wird. In diesem Fall ist die Erhitzungstemperatur vorzugsweise höher als die Fließstarttemperatur von Bestandteil B und niedriger als die Temperatur, bei der Bestandteil A das Metallion durch Zersetzung oder Phasenübergang freisetzt. Wenn die vernetzbare Polymerzusammensetzung nach der Bildung auf eine Temperatur erhitzt wird, die höher als die Temperatur ist, bei der Bestandteil A das Metallion durch Zersetzung oder Phasenübergang freisetzt, wird zudem die Vernetzung von Bestandteil B über das aus dem Bestandteil A freigesetzte Metallion fortgesetzt, was zur Bildung des vernetzten Polymermaterials einschließlich des vernetzten Produkts führt. Durch Erhitzen des so gebildeten vernetzten Polymermaterials auf eine Temperatur, die

höher als die Fließstarttemperatur des vernetzten Produkts ist, erhält das vernetzte Polymermaterial seine Fließfähigkeit und wird umformbar. Das Umformen kann in umgekehrter Reihenfolge wiederholt werden. Da die vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform die vernetzte Struktur nur durch Erhitzen bilden kann, kann ein Vernetzungsvorgang mit einfacheren Mitteln durchgeführt werden als bei der Elektronenstrahlvernetzung oder der Silanvernetzung angewendet. Ein Umformungsvorgang kann auch durch Anwendung einer geeigneten äußeren Kraft während des Erhitzens durchgeführt werden, ebenfalls mit einfachen Mitteln.

## [2] Isolierter Draht und Kabelbaum

**[0074]** Das vernetzte Polymermaterial, das durch die vernetzbare Polymerzusammensetzung gemäß der vorliegenden Ausführungsform gebildet wird, kann zur Verwendung bei der Zusammensetzung eines beliebigen Bauteils verwendet werden. Durch die Vorteile der hohen Hitzebeständigkeit, der Umformbarkeit und der hohen Abriebfestigkeit ist es jedoch für die Verwendung als Material für die Zusammensetzung des isolierten Drahtes und des Kabelbaums für ein Automobil geeignet. In dem isolierten Draht und dem Kabelbaum wird leicht Hitze erzeugt, indem das Metallbauteil, einschließlich des Drahtleiters, unter Spannung gesetzt wird, und daher muss das Polymermaterial, das sich in der Nähe des Metallbauteils befindet, ebenfalls eine hohe Hitzebeständigkeit aufweisen, so dass keine irreversible Verformung auftritt, wenn Hitze erzeugt wird. Wenn zu erwarten ist, dass es zu einem Kontakt zwischen dem Polymermaterial, aus dem der isolierte Draht aufgebaut ist, und anderen Elementen kommt, einschließlich Geräten, die um den isolierten Draht herum angeordnet sind, oder anderen isolierten Drähten, die miteinander verbunden sind, weist das Polymermaterial vorzugsweise eine hohe Abriebfestigkeit auf. Indes ist es in einigen Fällen erforderlich, dass das Polymermaterial, nachdem es in eine vorbestimmte Form gebracht wurde, aufgrund der Verformung des isolierten Drahtes oder aufgrund von Änderungen in der Struktur des Kabelbaums umgeformt werden muss.

**[0075]** In dem isolierten Draht und dem Kabelbaum kann das vernetzte Polymermaterial gemäß der vorliegenden Ausführungsform auf die Isolierbeschichtung, die den Außenumfang des Drahtleiters des isolierten Drahtes bedeckt, ein äußeres Material, das eine Vielzahl von isolierten Drähten in dem Kabelbaum verbindet, und ein Drahtschutzmaterial aufgebracht werden, obwohl ein anwendbarer Teil nicht besonders begrenzt ist. Unter diesen besteht die Isolierbeschichtung des isolierten Drahtes vorzugsweise aus dem vernetzten Polymermaterial gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

**[0076]** Fig. 2 zeigt ein Beispiel für einen isolierten Draht gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung in einem Querschnitt senkrecht zu einer axialen Richtung. Ein in Fig. 2 dargestellter isolierter Draht 1 weist einen Drahtleiter 2 und eine Isolierbeschichtung 3 auf, die einen Außenumfang des elektrischen Drahtleiters 2 bedeckt. Der Drahtleiter 2 ist, obwohl er in seiner Konfiguration nicht besonders eingeschränkt ist, als verdrahteter Leiter ausgeführt, bei dem eine Vielzahl von Elementardrähten 21 miteinander verdraht ist. Darüber hinaus ist im dargestellten Beispiel der isolierte Draht 1 so aufgebaut, dass er einen flachen Abschnitt aufweist, und der Querschnitt des Drahtleiters 2 weist eine flache Form (d.h. eine lange Form in Breitenrichtung) auf. Die Isolierbeschichtung 3 ist aus dem vernetzten Polymermaterial gemäß der vorstehend beschriebenen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung aufgebaut. Die Isolierbeschichtung 3 weist ebenfalls eine flache äußere Querschnittsform auf, indem sie der Form des Drahtleiters 2 folgt.

**[0077]** In dem isolierten Draht 1 wird bei Erregung des Drahtleiters 2 Hitze erzeugt, und die Isolierbeschichtung 3 wird ebenfalls erwärmt; die Isolierbeschichtung 3 ist jedoch aus dem vernetzten Polymermaterial gemäß der vorstehend beschriebenen vorliegenden Ausführungsform aufgebaut und weist eine hohe Hitzebeständigkeit auf. Daher ist es unwahrscheinlich, dass thermische Effekte wie die irreversible Verformung auftreten, selbst wenn die Isolierbeschichtung 3 beispielsweise auf eine Temperatur von 190°C oder weniger erhitzt wird. Da das vernetzte Polymermaterial außerdem eine hohe Abriebfestigkeit aufweist, ist die Isolierbeschichtung 3 weniger anfällig für Beschädigungen durch Abrieb, selbst wenn die Isolierbeschichtung 3 mit einem anderen Element in Kontakt ist.

**[0078]** Aufgrund des flachen Abschnitts kann der isolierte Draht 1 eine platzsparende Eigenschaft aufweisen, indem er den für die Verdrahtung erforderlichen Platz vermindert. Durch Ausnutzung der Umformbarkeit des vernetzten Polymermaterials, aus dem die Isolierhülle 3 aufgebaut ist, kann der isolierte Draht 1 mit dem flachen Abschnitt unter Verwendung eines herkömmlichen isolierten Drahtes mit kreisähnlichem Querschnitt (d.h. eines runden elektrischen Drahtes) leicht geformt werden. Zum Beispiel kann der flache Abschnitt leicht geformt werden, indem eine Druckkraft in einer Richtung auf den runden elektrischen Draht ausgeübt wird, der die Isolierhülle 3 enthält, die aus dem vernetzten Polymermaterial gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung aufgebaut ist, wobei die Erhitzung bei einer Temperatur erfolgt, die höher als die

Fließstarttemperatur des vernetzten Produkts ist. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass der Drahtleiter 2 die Form eines verdrehten Leiters aufweist, der sich durch Krafteinwirkung leicht verformen lässt, und dass die Isolierhülle 3 durch Hitze flüssig gemacht wird, die sich leicht verformt, indem sie der Verformung des Drahtleiters 2 folgt. Danach kann das vernetzte Produkt durch Abkühlen der Isolierhülle 3 wieder in einen ursprünglichen und stabilen Zustand gebracht werden. Alternativ kann der bereits geformte flache Abschnitt in die Form des runden elektrischen Drahtes oder in eine Form mit geringerer Ebenheit, die der Form des runden elektrischen Drahtes nahe kommt, zurückgeführt werden, indem von beiden Seiten eine Kraft in Breitenrichtung ausgeübt wird, um die Isolierbeschichtung 3 zusammenzudrücken, während die Isolierbeschichtung 3 auf eine Temperatur erhitzt wird, die höher als die Fließstarttemperatur des vernetzten Produkts ist. Auch in diesem Fall soll die Isolierbeschichtung 3 in eine Form mit geringerer Ebenheit verformt werden, indem sie der Verformung des Drahtleiters 2 folgt.

**[0079]** Wie vorstehend beschrieben, kann der isolierte Draht 1 aufgrund der Tatsache, dass die Isolierbeschichtung 3 aus einem Material mit reversibler Umformbarkeit aufgebaut ist, leicht in eine beliebige Form in beiden Richtungen zwischen der flachen Querschnittsform und einer kreisähnlichen Querschnittsform verformt werden, während die Isolierbeschichtung 3 durch Folgen des Drahtleiters 2 verformt wird. Zum Beispiel kann die Querschnittsform des isolierten Drahtes mit einem hohen Freiheitsgrad geändert werden, indem der flache Abschnitt auf dem runden elektrischen Draht nur an einem Abschnitt geformt wird, an dem eine platzsparende Eigenschaft in einem Verlegepfad erforderlich ist. Dies ermöglicht die Herstellung einer Vielzahl von isolierten Drähten mit dem flachen Abschnitt an verschiedenen Stellen, indem beispielsweise ein gewöhnlicher elektrischer Draht als Rohmaterial verwendet wird. Der isolierte Draht kann allein oder in Form eines Kabelbaums, der den isolierten Draht enthält, verwendet werden, indem ein Element, wie z.B. ein Verbindungsanschluss, angeschlossen oder der isolierte Draht mit einem anderen isolierten Draht verbunden wird.

#### Beispiel

**[0080]** Es wird nun ein Beispiel beschrieben. Die vorliegende Erfindung ist durch dieses Beispiel nicht eingeschränkt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die Proben bei Raumtemperatur an der Luft hergestellt und untersucht.

#### <Probenherstellung >

**[0081]** Zur Herstellung der Proben A1 bis A8 bzw. B1 bis B12 wurden die Bestandteile A und B in einer Menge, die dem Fünffachen des Gesamtgewichts der Bestandteile A und B mit den in den Tabellen 1 und 2 angegebenen Zusammensetzungen entspricht, in Xylol gegeben und 30 Minuten lang bei 80°C kräftig gerührt, um ein dispersives Gemisch zu erzielen. Das Gemisch wurde dann vakuumgetrocknet und 10 Minuten lang bei 250°C gepresst, um eine 2 mm dicke Probenplatte herzustellen. Durch Erhitzen auf 250°C erfolgte die Vernetzung von Bestandteil B über ein Metallion, das aus dem Bestandteil A stammt, zumindest in den Proben A1 bis A10. Der Fortschritt der Vernetzung wurde durch das Infrarotabsorptionsspektrum bestätigt. Insbesondere wurde bestätigt, dass die Absorptionen einer C=O-Streckschwingung von Säureanhydrid (ca. 1790 cm<sup>-1</sup>) und einer C=O-Streckschwingung von Carbonsäure (ca. 1720 cm<sup>-1</sup>), die im Infrarot-Absorptionsspektrum des Bestandteils B vor der Vernetzung vorlagen, mit der Vernetzung verschwinden oder abnehmen.

**[0082]** Es wurden die folgenden Materialien verwendet:

#### (1) Bestandteil A

**[0083]** Die Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur, die durch DSC-Messungen ermittelt wurde, ist unten in Klammern zusammen mit dem Materialtyp angegeben:

Ca-AA: Calcium(II)-acetylacetonat (110°C)

Zn-AA: Zink(II)-acetylacetonat (105°C)

Al-AA: Aluminium(III)-acetylacetonat (112°C)

Zr-AA: Zirkonium(IV)-acetylacetonat (180°C)

Ti-AA: Titan(IV)-acetylacetonat (125°C)

TiO-AA: Titan(IV)-oxyacetylacetonat (158°C)

Cu-AA: Kupfer(II)-acetylacetonat (205°C)

Ni-AA: Nickel(II)-acetylacetonat (200°C)

Li-AA: Lithium-acetylacetonat (225°C)

ZnO: Zinkoxid (II) (keine (>300°C))

Calcium stCa: Calciumstearat (93°C)

## (2) Bestandteil B

**[0084]** Eine Fließstarttemperatur (das Messverfahren ist das gleiche wie im Abschnitt Bewertungsverfahren nachstehend beschrieben) und die Härte (Shore-D-Härte gemessen gemäß JIS K6253) sind nachstehend zusammen mit einem Materialtyp angegeben:

MAH-PP1: Maleinsäuremodifiziertes Polypropylen, „Admar QB550“, hergestellt von Mitsui Chemicals, Fließstarttemperatur 142°C, D-Härte 58

MAH-PP2: Maleinsäuremodifiziertes Polypropylen, „Admar QF500“, hergestellt von Mitsui Chemicals, Fließstarttemperatur 167°C, D-Härte 66

MAH-PE: Maleinsäuremodifiziertes Polyethylen, „Admar NF539“, hergestellt von Mitsui Chemicals, Fließstarttemperatur 110°C, D-Härte 41

EMA: Ethylen-Methacrylsäure-Copolymer, „N035C“, hergestellt von Mitsui Dow Polychemical, Fließstarttemperatur 65°C, D-Härte 41

PP: Polypropylen, „E111G“, hergestellt von Prime Polymer, Fließstarttemperatur 160°C, D-Härte 70

PE: Polyethylen, „LUMITAC 54-1“, hergestellt von Tosoh Corporation, Fließstarttemperatur 113°C, D-Härte 47

## <Evaluierungsverfahren>

### (1) Fließstarttemperatur

**[0085]** Ein 10 mm x 10 mm x 2 mm dicker Probekörper wurde unter Verwendung der Probenplatte hergestellt. Der Probekörper wurde auf eine Heizplatte mit variabler Temperatur gelegt und ein zylindrischer Eindringkörper von 2 mmφ, an dessen Spitze eine Messuhr angebracht war, wurde mit einer Kraft von 1 N gegen die Mitte des Probekörpers gedrückt.

**[0086]** Dann wurde der Abstand, in dem der Eindringkörper in die Probe eindrang, aufgezeichnet, während die Temperatur der Heizplatte mit einer Rate von 5°C/min erhöht wurde.

**[0087]** Die Fließstarttemperatur ist als die Temperatur definiert, bei der die Eindringtiefe des Eindringkörpers 2,0 mm erreicht (wenn er eingedrückt wird). Wenn die Fließstarttemperatur einer Probe mindestens 5°C höher als die von Bestandteil B ist, der keinen Bestandteil A enthält, kann davon ausgegangen werden, dass die Probe durch die Vernetzung durch ein Metallion eine verbesserte Hitzebeständigkeit aufweist.

### (2) Abriebfestigkeit (Abriebverlust in Masse)

**[0088]** Die Abriebfestigkeit wurde gemäß JIS K7204 unter Verwendung des Abriebverlustes in Masse als Index bewertet. Genauer gesagt, wurde die vorstehende Probenplatte in eine vorbestimmte Form für den Test gestanzt, und ein Abriebtest wurde mit einem CS-17 Abriebrad unter den Bedingungen von 9,8N, 72 U/min, 1000 U/min durchgeführt und dann wurde der Abriebverlust in Masse aus dem Betrag der Abnahme der Masse des Teststücks aufgrund des Abriebtests bewertet. Wenn der Abriebverlust 5,0 mg oder weniger beträgt, kann von einer hohen Abriebfestigkeit ausgegangen werden.

### (3) Elastisches Verhältnis

**[0089]** Die vorstehend genannte Probenplatte wurde in einen Streifen von 50 mm Länge x 5 mm Breite x 2 mm Dicke geschnitten und ein Zugtest wurde bei Raumtemperatur in Luft mit einer Geschwindigkeit von 10 mm/min und einer Greifweite von 10 mm durchgeführt. Das elastische Verhältnis (Zugelastizität) wurde durch Umrechnung der Verformung zwischen 1 N und 2N Zugbelastung ermittelt. Für die Proben B6 und B7

wurden aufgrund der geringen Fließfähigkeit während des Pressenformens keine ausreichenden Probenplatten für die Bewertung des elastischen Verhältnisses erhalten.

#### (4) Härte

**[0090]** Die Shore-D-Härte (Durometer D-Härte) wurde an der wie vorstehend beschriebenen Probenplatte gemäß JIS K6523 gemessen.

<Ergebnis der Bewertung>

**[0091]** Die nachstehenden Tabellen 1 und 2 zeigen in der oberen Zeile den Gehalt der einzelnen Bestandteile (Einheit: Masseteile) für die Proben A1 bis A8 und B1 bis B12 und in der unteren Zeile die Ergebnisse der einzelnen Bewertungen.

[Tabelle 1]

|                             |         | Fließstarttemperatur [°C] | Shore-D-Härte | Probe Nr. |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|---------|---------------------------|---------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
|                             |         |                           |               | A1        | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   |
| Bestandteil A               | Ca-AA   | -                         | -             | 5,0       |      |      |      |      |      |      |      |
|                             | Zn-AA   | -                         | -             |           | 5,0  |      |      |      |      |      |      |
|                             | Al-AA   | -                         | -             |           |      | 5,0  |      |      | 5,0  | 0,1  | 25,0 |
|                             | Zr-AA   | -                         | -             |           |      |      | 5,0  |      |      |      |      |
|                             | Ti-AA   | -                         | -             |           |      |      |      | 5,0  |      |      |      |
|                             | TiO-AA  | -                         | -             |           |      |      |      |      |      |      |      |
|                             | Cu-AA   | -                         | -             |           |      |      |      |      |      |      |      |
|                             | Ni-AA   | -                         | -             |           |      |      |      |      |      |      |      |
|                             | Li-AA   | -                         | -             |           |      |      |      |      |      |      |      |
|                             | ZnO     | -                         | -             |           |      |      |      |      |      |      |      |
|                             | stCa    | -                         | -             |           |      |      |      |      |      |      |      |
| Bestandteil B               | MAH-PP1 | 142                       | 58            | 95,0      | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 95,0 |      | 99,9 | 75,0 |
|                             | MAH-PP2 | 167                       | 66            |           |      |      |      |      | 95,0 |      |      |
|                             | MAH-PE  | 110                       | 41            |           |      |      |      |      |      |      |      |
|                             | EMA     | 65                        | 41            |           |      |      |      |      |      |      |      |
|                             | PP      | 160                       | 70            |           |      |      |      |      |      |      |      |
|                             | PE      | 113                       | 47            |           |      |      |      |      |      |      |      |
| Fließstarttemperatur [°C]   |         |                           |               | 233       | 231  | 241  | 245  | 198  | 245  | 193  | 240  |
| Abriebverlust in Masse [mg] |         |                           |               | 2,3       | 3,5  | 2,7  | 1,4  | 3,8  | <1,0 | 4,8  | 4,8  |
| Zugelastizität [MPa]        |         |                           |               | 880       | 870  | 905  | 864  | 840  | 1090 | 885  | 977  |
| Shore-D-Härte               |         |                           |               | 60        | 59   | 62   | 58   | 56   | 75   | 59   | 62   |

[Tabelle 2]

|                             |         | Fließstarttemperatur [°C] | Shore-D-Härte | Probe Nr. |       |      |      |      |                         |                         |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|---------|---------------------------|---------------|-----------|-------|------|------|------|-------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
|                             |         |                           |               | B1        | B2    | B3   | B4   | B5   | B6                      | B7                      | B8   | B9   | B10  | B11  | B12  |
| Bestandteil A               | Ca-AA   | -                         | -             |           |       |      |      |      |                         |                         |      |      |      |      |      |
|                             | Zn-AA   | -                         | -             |           |       |      |      |      |                         |                         |      |      |      |      |      |
|                             | Al-AA   | -                         | -             |           |       | 5,0  | 5,0  |      |                         |                         |      |      |      | 5,0  | 5,0  |
|                             | Zr-AA   | -                         | -             |           |       |      |      |      |                         |                         |      |      |      |      |      |
|                             | Ti-M    | -                         | -             |           |       |      |      |      |                         |                         |      |      |      |      |      |
|                             | TiO-AA  | -                         | -             |           |       |      |      | 5,0  |                         |                         |      |      |      |      |      |
|                             | Cu-AA   | -                         | -             |           |       |      |      |      | 5,0                     |                         |      |      |      |      |      |
|                             | Ni-AA   | -                         | -             |           |       |      |      |      |                         | 5,0                     |      |      |      |      |      |
|                             | Li-AA   | -                         | -             |           |       |      |      |      |                         |                         | 5,0  |      |      |      |      |
|                             | ZnO     | -                         | -             |           |       |      |      |      |                         |                         |      | 5,0  |      |      |      |
|                             | stCa    | -                         | -             |           |       |      |      |      |                         |                         |      |      | 5,0  |      |      |
| Bestandteil B               | MAH-PP1 | 142                       | 58            | 100,0     |       |      |      | 95,0 | 95,0                    | 95,0                    | 95,0 | 95,0 | 95,0 |      |      |
|                             | MAH-PP2 | 167                       | 66            |           | 100,0 |      |      |      |                         |                         |      |      |      |      |      |
|                             | MAH-PE  | 110                       | 41            |           |       |      |      |      |                         |                         |      |      |      | 95,0 |      |
|                             | EMA     | 65                        | 41            |           |       |      |      |      |                         |                         |      |      |      |      | 95,0 |
|                             | PP      | 160                       | 70            |           |       | 95,0 |      |      |                         |                         |      |      |      |      |      |
|                             | PE      | 113                       | 47            |           |       |      | 95,0 |      |                         |                         |      |      |      |      |      |
| Fließstarttemperatur [°C]   |         |                           |               | 142       | 167   | 165  | 115  | 171  | >300                    | >300                    | 155  | 149  | 144  | 224  | 115  |
| Abriebverlust in Masse [mg] |         |                           |               | 19,5      | 25,8  | 18,1 | 78,1 | 3,4  | 3,8                     | 2,7                     | 18,1 | 10,3 | 5,2  | 48,1 | 33,0 |
| Zugelastizität [MPa]        |         |                           |               | 840       | 1010  | 1120 | 100  | 930  | Keine Platte erhältlich | Keine Platte erhältlich | 860  | 970  | 865  | 245  | 191  |
| Shore-D-Härte               |         |                           |               | 58        | 66    | 74   | 45   | 63   | 77                      | 80                      | 56   | 58   | 59   | 47   | 53   |

**[0092]** Gemäß Tabelle 1 enthält jede der Proben A1 bis A8 als Rohmaterialien Bestandteil A, aus dem das Metallion durch Hitze freigesetzt wird, und Bestandteil B, der ein organisches Polymer und in einer Seitenkette eine elektronenziehende Substituentengruppe enthält, die in der Lage ist, eine ionische Bindung mit dem Metallion zu bilden, und die Probenplatte, die durch Vernetzung während des Pressformens erhalten wird, weist eine Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger auf. Jede dieser Proben A1 bis A8 weist eine Fließstarttemperatur auf, die 5°C oder höher als die von Bestandteil B ist, und daher kann man sagen, dass eine hohe Hitzebeständigkeit durch Vernetzung erreicht wird. Außerdem liegt die Verformungstemperatur eines allgemeinen thermoplastischen Harzes bei etwa 300°C und da jede der Proben A1 bis A8 eine Fließstarttemperatur von 300°C oder niedriger aufweist, kann man sagen, dass eine hohe Umformbarkeit erreicht wird. Darüber hinaus weisen alle Proben A1 bis A8, die durch Vernetzung erhalten wurden, entsprechend der Verwendung von Bestandteil B mit einer Shore-D-Härte von 50 oder höher einen Abriebverlust der Masse von 5,0 mg oder weniger auf, was auf eine hohe Abriebfestigkeit hinweist. Darüber hinaus weist jede Probe ein Elastizitätsverhältnis von 800 MPa oder höher und eine Shore-D-Härte von 55 oder höher auf, was auf eine ausgezeichnete mechanische Festigkeit einschließlich Abriebfestigkeit hinweist.

**[0093]** Im Gegensatz dazu enthalten die Proben B1 und B2 keinen Bestandteil A und weisen eine Fließstarttemperatur von 190°C oder niedriger auf, was der Tatsache entspricht, dass die Vernetzung von Bestandteil B über das Metallion nicht stattfinden kann. Entsprechend der Tatsache, dass keine Vernetzung stattfindet, ist der Abriebverlust der Masse größer geworden. In jeder der Proben B3 und B4 weist der Bestandteil B keine Substituentengruppe auf, die in der Lage ist, eine ionische Bindung mit dem Metallion zu bilden, und daher kann in dem Bestandteil B keine vernetzte Struktur durch das Metallion aus dem Bestandteil A gebildet werden. Folglich ist die Fließstarttemperatur kleiner als 190°C. Entsprechend der Tatsache, dass in Bestandteil B keine Vernetzung stattfindet, ist der Abriebverlust der Masse größer geworden.

**[0094]** In der Probe B5 ist Bestandteil A in Form eines Metallkomplexes zusammengesetzt, und ein Titanatom befindet sich im Zustand von TiO(II), wobei das Ion  $\text{TiO}^{2+}$  durch Hitze freigesetzt wird. Obwohl die Vernetzung durch die Substituentengruppe in der Seitenkette von Bestandteil B durch die ionische Bindung mit dem metallhaltigen Ion erfolgt, liegt die Fließstarttemperatur des vernetzten Produkts bei 190°C oder niedriger.

ger, was darauf zurückzuführen ist, dass die ionische Bindung nicht so stark ist. Es wird angenommen, dass der Grund für die Nichtbildung einer starken ionischen Bindung darin liegt, dass der vernetzende Abschnitt in einem Koordinationszustand des Metalls eine sperrige sterische Struktur und eine geringe molekulare Aggregationsdichte aufweist.

**[0095]** Bei den Proben B6 und B7 ist die Fließstarttemperatur höher als 300°C. Dies kann auf die Tatsache zurückzuführen sein, dass die Proben B9 und B10 Kupfer und Nickel als Metallbestandteile enthalten, die eine Vielzahl möglicher Oxidationszahlen und eine relativ geringe Ionisierungstendenz aufweisen, so dass das vernetzte Produkt aufgrund der Verschiebung des Vernetzungspunktes beim Erhitzen weniger fließfähig ist. Darüber hinaus wurden bei diesen Proben aufgrund der geringen Fließfähigkeit des vernetzten Produkts keine Probenplatten zur Verwendung bei der Messung des elastischen Verhältnisses durch Pressformen hergestellt. Wird die Temperatur während des Pressformens weiter erhöht, beginnt sich ein Teil von Bestandteil B zu zersetzen, was zu einer erheblichen Verfärbung und Verschlechterung führt. Bei der Probe B8 hingegen liegt die Fließstarttemperatur unter 190°C. Dies liegt daran, dass das in Bestandteil A enthaltene Metall Lithium ein einwertiges Metall ist, das keine stabile vernetzte Struktur in Bestandteil B bilden kann. Entsprechend ist auch der Abriebverlust in der Masse aufgrund der fehlenden Vernetzung in Bestandteil B höher.

**[0096]** In den Proben B9 und B10 wird Zinkoxid bzw. Calciumstearat als Bestandteil A verwendet, anstatt Metallkomplexe einzusetzen. Diese Verbindungen setzen beim Erhitzen keine Metallionen frei und können daher Bestandteil B nicht vernetzen. Dementsprechend sind die Fließstarttemperaturen in den Proben B9 und B10 deutlich niedriger als 190°C, was fast das Gleiche wie in der Probe B1 ist. Der Abriebverlust in der Masse wurde ebenfalls größer.

**[0097]** Die Proben B11 und B12 verwenden Bestandteil B mit einer Shore-D-Härte von weniger als 50. Daher wurde, selbst wenn die Vernetzung durch das Metallion verursacht wird, nur ein Material mit geringer Abriebfestigkeit erhalten, das einen Abriebverlust in der Masse von deutlich mehr als 5,0 mg aufweist. Darüber hinaus wird in der Probe B12 als Bestandteil B EMA verwendet, das eine Carbonsäuregruppe der elektronenziehenden Gruppe in einer Hauptkette eines Polymers einschließt, aber keine elektronenziehende Substituentengruppe in der Seitenkette aufweist. Bei der Carbonsäuregruppe in der Hauptkette verhindert die sterische Hinderung der benachbarten Methacryloylgruppe eine effektive Bildung einer vernetzten Struktur über die ionische Bindung mit dem Metallion. Dementsprechend liegt die Fließstarttemperatur deutlich unter 190°C.

**[0098]** Hier werden die Proben A1 und A8 miteinander verglichen. Die Proben A1 bis A5 unterscheiden sich in der Art des in Bestandteil A enthaltenen Metalls. Vergleicht man die Gruppe dieser Proben A1 bis A4 mit der Probe A5, so ist die Fließstarttemperatur der Probe A5 niedriger als die der anderen Proben. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass ein Titanion, auch wenn es aus Bestandteil A freigesetzt wird, oxidiert werden kann und in einen Zustand geringer Aktivität fällt, was eine Erhöhung der Vernetzungseffizienz verhindert. Indes tragen das in Bestandteil A der Proben A1 bis A4 enthaltene Calcium, Zink, Aluminium und Zirkonium zur Bildung der vernetzten Struktur in Bestandteil B bei, wobei sie einen hochaktiven Zustand beibehalten. Zu diesem Zweck wird eine hohe Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und sogar 200°C oder höher erreicht und es wird eine hohe Hitzebeständigkeit gezeigt. Darüber hinaus weisen von den Proben A1 bis A4 die Proben A3 und A4, die Aluminium und Zirkonium als Bestandteil A enthalten, eine besonders hohe Fließstarttemperatur von 240°C oder höher auf. Das bedeutet, dass das vernetzte Produkt eine besonders hohe Hitzebeständigkeit aufweist, wenn der Bestandteil A etwas enthält, das Aluminium- oder Zirkoniumionen freisetzt. In der Probe A1, die Calcium von Erdalkalimetallen in Bestandteil A enthält, wird während des Knetens der Bestandteile A und B eine leichte Ungleichmäßigkeit beobachtet, was ein Grund dafür sein kann, dass die Fließstarttemperatur nicht so hoch wie bei den Proben A3 und A4 ist. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass die Probe A2, die Zink in Bestandteil A enthält, eine niedrigere Phasenübergangstarttemperatur des Bestandteils A aufweist als die Proben A3 und A4 und dies kann der Grund dafür sein, dass die Fließstarttemperatur nicht so hoch wie die der Proben A3 und A4 ist, wie vorstehend beschrieben.

**[0099]** In dem Paar von Proben A3 und A6 ist der Typ von Bestandteil B unterschiedlich; jedoch wurde in jeder Probe eine hohe Abriebfestigkeit, die einen geringen Abriebverlust in der Masse von 5,0 mg oder weniger, ein hohes Elastizitätsverhältnis höher als 900 MPa und eine hohe Härte höher als die Shore-D-Härte von 60 ergibt, erzielt, was Bestandteil B mit einer Shore-D-Härte von 50 oder höher entspricht. Bei der Probe A6, die Bestandteil B mit höherer Härte verwendet, ist der Abriebverlust in der Masse jedoch gering und das Elastizitätsverhältnis und die Härte sind hoch. Daraus ergibt sich, dass eine höhere mechanische Festigkeit durch eine höhere Härte von Bestandteil B erreicht werden kann.

**[0100]** Die Proben A3, A7 und A8 unterscheiden sich voneinander durch den Gehalt an Bestandteil A im Bereich von 0,1 bis 30 Masseteilen, bezogen auf 100 Masseteile der Summe der Bestandteile A und B. Bei beiden Gehalten wurde die Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger erreicht. Der Abriebverlust in der Masse wurde in jeder Probe unter 5,0 mg gehalten; in Probe A3, die einen Zwischenwert von 5,0 Masseteilen von Bestandteil A enthält, wird jedoch eine hohe Abriebfestigkeit erhalten.

**[0101]** Obwohl einige Ausführungsformen der Offenbarung hierin im Einzelnen beschrieben wurden, ist die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt, und verschiedene Modifizierungen können vorgenommen werden, ohne vom Gedanken der Erfindung abzuweichen.

#### Bezugszeichenliste

- |    |                   |
|----|-------------------|
| 1  | Isolierter Draht  |
| 2  | Drahtleiter       |
| 21 | Elementarer Draht |
| 3  | Isolierhülle      |

## **ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

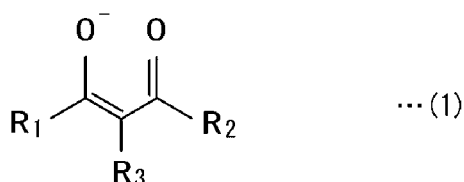
*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### **Zitierte Patentliteratur**

- JP 2020176257 [0004]
- JP 2020161398 [0004]
- WO 201457858 [0004]
- JP 741636 [0004]
- JP 2011162673 [0004]
- JP 201096416 [0004]
- JP 5239292 [0004]
- JP 2001342305 [0004]
- JP 20218613 [0004]
- JP 2000164837 [0004]

### Patentansprüche

1. Vernetzbare Polymerzusammensetzung, umfassend:  
Bestandteil A, aus dem durch Hitze ein Metallion freigesetzt wird; und  
Bestandteil B, umfassend ein organisches Polymer mit einer Seitenkette, mit einer Shore-D-Härte von 50 oder höher,  
wobei Bestandteil B in der Seitenkette eine elektronenziehende Substituentengruppe umfasst, die in der Lage ist, eine ionische Bindung mit dem aus dem Bestandteil A freigesetzten Metallion zu bilden, und  
wenn Bestandteil B über das aus dem Bestandteil A freigesetzte Metallion vernetzt wird, um ein vernetztes Produkt zu bilden, weist das vernetzte Produkt eine Fließstarttemperatur von 190°C oder höher und 300°C oder niedriger auf.
2. Vernetzbare Polymerzusammensetzung nach Anspruch 1, wobei Bestandteil B eine Polypropylen umfassende Hauptkette aufweist.
3. Vernetzbare Polymerzusammensetzung nach Anspruch 1 oder 2, wobei Bestandteil B eine Fließstarttemperatur von 50°C oder höher und 190°C oder niedriger aufweist.
4. Vernetzbare Polymerzusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei Bestandteil A eine Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur von 50°C oder höher und 300°C oder niedriger aufweist.
5. Vernetzbare Polymerzusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei Bestandteil A eine Zersetzungs- oder Phasenübergangstemperatur aufweist, die höher als die Fließstarttemperatur von Bestandteil B ist.
6. Vernetzbare Polymerzusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei Bestandteil A ein Metallkomplex ist, der einen Liganden mit einer durch die nachstehende Formel (1) dargestellten Struktur umfasst:



wobei  $\text{R}_1$  und  $\text{R}_2$  jeweils unabhängig eine Kohlenwasserstoffgruppe mit 1 bis 8 Kohlenstoffatomen darstellen und  $\text{R}_3$  ein Kohlenwasserstoffatom oder eine Kohlenwasserstoffgruppe mit 1 bis 8 Kohlenstoffatomen darstellt, einschließlich eines Falles, in dem mindestens zwei der Kohlenwasserstoffgruppen  $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$  und  $\text{R}_3$  durch eine Ringstruktur miteinander verbunden sind.

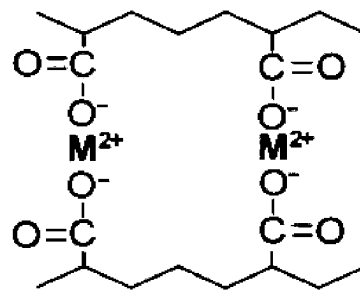
7. Vernetzbare Polymerzusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion mindestens eines ist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Erdalkali-, Aluminium-, Zink-, Titan- und Zirkoniumionen.
8. Vernetzbare Polymerzusammensetzung nach Anspruch 7, wobei das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion mindestens eines ist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Aluminium- und Zirkoniumionen.
9. Vernetzbare Polymerzusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Substituentengruppe von Bestandteil B mindestens eine ist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einer Carbonsäuregruppe, einer Säureanhydridgruppe und einer Phosphorsäuregruppe.
10. Vernetzbare Polymerzusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Substituentengruppe von Bestandteil B über eine Alkylgruppe oder eine Alkylengruppe mit einer Kohlenstoffzahl von 1 oder mehr an eine Hauptkette gebunden ist.

11. Vernetzbare Polymerzusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei Bestandteil B eine Hauptkette aufweist, umfassend keine elektronenziehende Gruppe darin.
12. Vernetzbare Polymerzusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei Bestandteil A in der Zusammensetzung in einer Menge von 0,1 Masseteilen oder größer und 30 Masseteilen oder kleiner, bezogen auf 100 Masseteile der Summe von Bestandteil A und Bestandteil B, enthalten ist.
13. Vernetztes Polymermaterial, umfassend ein vernetztes Produkt der vernetzbaren Polymerzusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei Bestandteil B über das aus Bestandteil A freigesetzte Metallion vernetzt ist.
14. Isolierter Draht, umfassend:  
einen Drahtleiter; und  
eine Isolierbeschichtung, umfassend das vernetzte Polymermaterial nach Anspruch 13, das den Drahtleiter bedeckt.
15. Isolierter Draht nach Anspruch 14, wobei der Drahtleiter eine Vielzahl von miteinander verdrehten Elementardrähten umfasst und der isolierte Draht einen flachen Abschnitt aufweist, in dem der Leiter eine flache Form in einem Querschnitt senkrecht zu einer axialen Richtung des isolierten Drahtes aufweist.
16. Kabelbaum, umfassend den isolierten Draht nach Anspruch 14 oder 15.

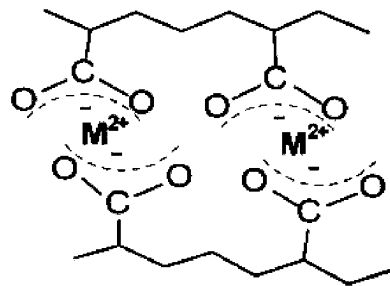
Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

[1A]



[1B]



[1C]

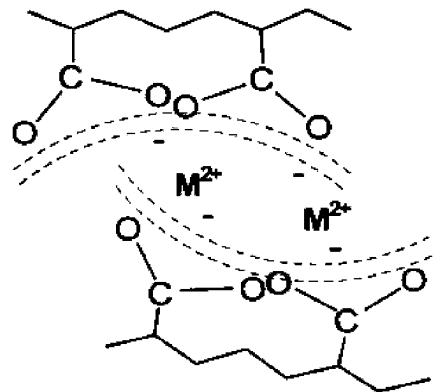


FIG. 1

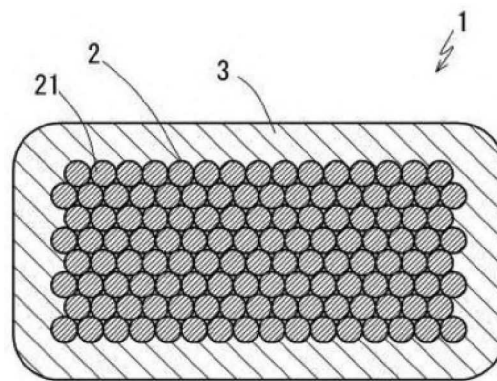


FIG. 2