



Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) H 01 B 13/06
C 23 C 26/00
C 09 D 5/25

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD H 01 B / 316 840 0	(22)	16.06.88	(44)	21.11.90
(31)	P3720217.0	(32)	17.06.87	(33)	DE

(71) siehe (73)
(72) Domes, Heribert, DE
(73) Stahlwerke Bochum Aktiengesellschaft, Bochum, DE
(74) Internationales Patentbüro Berlin, Wallstraße 23/24, Berlin, 1020, DD

(54) Verfahren zur Erzeugung elektrisch isolierender Überzüge auf Metalloberflächen

(55) Überzug, elektrisch, isolierend; Metalloberfläche; Kunstharz, verdünnbar; Substanz, wachsartig; Pigment, organisch, anorganisch; Alkalihydroxid; Ammoniak; Amin, organisch

(57) Bei einem Verfahren zur Erzeugung elektrisch isolierender Überzüge auf Metalloberflächen, insbesondere von siliziumhaltigem Stahl, trägt man auf die Metalloberfläche eine wässrige Zubereitung, die mit Wasser verdünnbares Kunstharz, dispergierte, wachsartige Substanz mit einer Partikelgröße von 0,1 bis 20 µm und einem Schmelzpunkt von 80 bis 250 °C, anorganisches und/oder organisches Pigment, Borat, Alkalihydroxid und/oder Ammoniak und/oder organisches Amin zur Einstellung eines pH-Wertes von 7 bis 9 enthält und frei von Fluorid ist, in einer Menge von 0,5 bis 20 g/m² (ber. als Trockensubstanz) auf und trocknet den feuchten Film anschließend bei 120 bis 350 °C (Objekttemperatur) 1 Stunde bis 5 s auf.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Erzeugung elektrisch isolierender Überzüge auf Metalloberflächen, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung, die
 - a) mit Wasser verdünnbare Kunstharz
 - b) dispergierte, wachsartige Substanz mit einer Partikelgröße von 0,1 bis 20 µm und einem Schmelzpunkt von 80 bis 250°C
 - c) anorganisches und/oder organisches Pigment
 - d) Borat
 - e) Alkalihydroxid und/oder Ammoniak und/oder organisches Amin zur Einstellung eines pH-Wertes von 7 bis 9
 enthält und frei von Fluorid ist, in einer Menge von 0,5 bis 20 g/m² (ber. als Trockensubstanz) aufträgt und den feuchten Film anschließend bei 120 bis 350°C (Objekttemperatur) 1 Stunde bis 5 sec aufdrocknet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung aufträgt, die als Kunstharz Polyester-, Polyamid-, Epoxy-, Phenol-, Melaminharz und/oder Latices auf Basis Acrylsäure, Maleinsäureester, Styrol, Butadien, Ethylen- und/oder Vinylacetat enthält.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung aufträgt, die als Kunstharz ein Alkylphenol modifiziertes Polyesterharz mit einer Säurezahl von 90 bis 110 und einem Molekulargewicht von 7 000 bis 15 000 enthält.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung aufträgt, die als dispergierte wachsartige Substanz Polyethylen, Polypropylen, Polytetrafluorethylen und/oder Polyamid enthält.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung aufträgt, die als dispergierte wachsartige Substanz mikronisiertes Polyethylenwachs enthält.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung aufträgt, die als Pigment Silikate, Talkum, aus Vinylgruppen bzw. substituierten Vinylgruppen gebildete Polymere und/oder Copolymerisate von Polyvinylidenchlorid bzw. Methylmethacrylat mit Acrylnitril in einer Teilchengröße von 0,1 bis 50 µm, vorzugsweise 2 bis 15 µm, enthält.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung aufträgt, die als Pigment organische Polymere, die bei erhöhter Temperatur zu Partikelgrößen von 5 bis 40 µm expandieren, enthält.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung aufträgt, die als organisches Amin ein oder mehrere Alkanolamine, z. B. Dimethylaminoethanol, und/oder Dimethylamin enthält.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung aufträgt, die die Komponenten in folgenden Mengen, bezogen auf 100 Gew.-Teile Kunstharz, enthält:

0,1 bis 40 Gew.-Teile	dispergierte wachsartige Substanz
1 bis 60 Gew.-Teile	anorganisches und/oder organisches Pigment
0,1 bis 40 Gew.-Teile	Borat und
0,1 bis 20 Gew.-Teile	organisches Amin.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung aufträgt, die pyrogene Kieselsäure, vorzugsweise in Mengen von 0,1 bis 40 Gew.-Teilen, bezogen auf 100 Gew.-Teile Kunstharz, enthält.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung aufträgt, die Tensid, vorzugsweise Ethinverbindungen, in Mengen von vorzugsweise 0,1 bis 10 Gew.-Teilen, bezogen auf 100 Gew.-Teile Kunstharz, enthält.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung aufträgt, die Entschäumer, vorzugsweise Mischungen aus Kohlenwasserstoffen, oxethylierten Verbindungen und siliziumhaltigen Komponenten, vorzugsweise in Mengen von 0,1 bis 10 Gew.-Teilen, bezogen auf 100 Gew.-Teile Kunstharz, enthält.
14. Anwendung des Verfahrens zur Erzeugung von elektrisch isolierenden Überzügen auf Metalloberflächen, **dadurch gekennzeichnet**, daß es für Überzüge auf siliziumhaltigem Stahl Verwendung findet.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von elektrisch isolierenden Überzügen auf Metalloberflächen sowie dessen Anwendung auf die Erzeugung von elektrisch isolierenden Überzügen auf Metalloberflächen aus siliziumhaltigem Stahl.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es ist bekannt, bei der Herstellung von Magnetkernen für z. B. Elektromotoren, Transformatoren und dergleichen Elektroblech mit Isolierüberzügen zu versehen, anschließend zu stanzen, die Stanzabschnitte zu stapeln und gegebenenfalls an den Schnittkanten miteinander zu verschweißen.

Derartige Isolierschichten können anorganischer sowie organischer Natur sein und beispielsweise mittels Chromsäure und/oder Phosphorsäure bzw. Phosphat enthaltender Behandlungsflüssigkeiten gebildet werden. Obgleich deren Isolierwirkung meist von zufriedenstellender Qualität ist, ist der Verschleiß der Stanzwerkzeuge im allgemeinen vergleichsweise hoch. Chromsäure ist zudem unter dem Aspekt der Arbeitsplatzhygiene und des Umweltschutzes unerwünscht.

Eine andere Kategorie von Isolierüberzügen, die durch Applikation von Behandlungsflüssigkeiten auf Basis organischer Harze, gegebenenfalls mit anorganischen Zusätzen, erzeugt werden, verlängert zwar häufig die Werkzeugstandzeit, jedoch sind ihre Haftfestigkeit nach der Entspannungsglühung und ihr Einfluß auf die Ausbildung der Schweißnaht in der Regel unbefriedigend. Eine weitere Art von Isolierschichten, die durch Applikation von Behandlungsflüssigkeiten auf Basis organischer Harze mit Fluoriden von mehrwertigen Metallen, insbesondere Aluminiumfluorid, gebildet werden, ist in der Isolationsdicke bezüglich ihrer befriedigenden Schweißbarkeit sehr begrenzt. Weiterhin ist nicht auszuschließen, daß Kombinationen von organischen Harzen mit Fluoriden mehrwertiger Metalle durch Verbrennen der Isolationschicht, wie dies beim Schweißvorgang üblich ist, umweltschädigende Stoffe freisetzen (EP-A-209940).

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, diese Mängel zu überwinden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Erzeugung von elektrisch isolierenden Überzügen auf Metalloberflächen, insbesondere von siliziumhaltigem Stahl, bereitzustellen, das die Nachteile der vorgenannten Verfahren des Standes der Technik nicht aufweist.

Die Aufgabe wird gelöst, indem das Verfahren der eingangs genannten Art entsprechend der Erfindung derart ausgestaltet wird, daß man auf die Metalloberfläche eine wäßrige Zubereitung, die

- a) mit Wasser verdünnbares Kunstharz
- b) dispergierte, wachsartige Substanz mit einer Partikelgröße von 0,1 bis 10 µm und einem Schmelzpunkt von 80 bis 250°C
- c) anorganisches und/oder organisches Pigment
- d) Borat

e) Alkalihydroxid und/oder Ammoniak und/oder organisches Amin zur Einstellung eines pH-Wertes von 7 bis 9 enthält und frei von Fluorid ist, in einer Menge von 0,5 bis 20 g/m² (ber. als Trockensubstanz) aufträgt und den feuchten Film anschließend bei 120 bis 350°C (Objekttemperatur) 1 Stunde bis 5 sec aufdrocknet.

Der Begriff „Aufdrocknen“ bedeutet dabei zunächst Verdampfung des Lösungsmittels der Zubereitung und schließt nicht aus, daß parallel hierzu z. B. chemische Reaktionen innerhalb der Komponenten oder zwischen den Komponenten der Zubereitung, wie z. B. Vernetzungs-, Aushärtungsreaktionen und dergl., sowie zwischen den Komponenten und der Metalloberfläche stattfinden.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich für die Behandlung von Oberflächen unterschiedlichster Metalle. Besondere Bedeutung hat es jedoch für die Erzeugung von Überzügen auf Eisen und Eisenlegierungen, insbesondere solchen mit Silizium als Legierungsbestandteil, und anderen als Magnetwerkstoffe bekannten Substraten. Üblicherweise liegt das zu isolierende Material als Blech in Form von Band oder Tafeln vor. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch auch auf anders geformte Werkstücke anwendbar.

Wesentlicher Bestandteil der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren anzuwendenden wäßrigen Zubereitung ist ein mit Wasser verdünnbares Kunstharz. Geeignete Harze sind Polyester-, Polyamid-, Epoxy-, Phenol-, Melaminharz und/oder Latices auf Basis Acrylsäure, Maleinsäureester, Styrol, Butadien, Ethylen- und/oder Vinylacetat. Die Verdünnbarkeit mit Wasser wird

durch das Vorhandensein neutralisierbarer saurer Gruppen und/oder durch die Gegenwart geeigneter Emulgatoren erreicht. Besonders vorteilhaft hat sich ein Alkylphenol modifiziertes Polyesterharz mit einer Säurezahl von 90 bis 110 und einem Molekulargewicht von 7000 bis 15000 erwiesen.

Als dispergierte, wachsartige Substanz können Polyethylen, Polypropylen, Polytetrafluorethylen und/oder Polyamid verwendet werden. Besonders günstige Überzugeigenschaften werden mit mikronisiertem Polyethylenwachs erzielt. Der Schmelzpunkt des Wachses wird bevorzugt so ausgewählt, daß sich zumindest ein Teil des Wachses während der Erhitzungsphase verflüssigt. Die Wachskomponente liefert einen wesentlichen Beitrag zur guten Stanzbarkeit von mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschichtetem Blech.

Aufgaben des anorganischen und/oder organischen Pigmentes sind, die elektrischen Isoliereigenschaften zu erhöhen und das Verschweißen von ausgestanzten Blechpaketen in der Weise, daß eine Schweißbraupe über die aufeinanderliegenden Schnittkanten gelegt wird, zu verbessern. So kann die Schweißgeschwindigkeit zum Teil bis über 1500 mm/min gesteigert werden, ohne daß es zu Poren und Lunkern in der Schweißnaht und zu störenden Rußablagerungen zu beiden Seiten der Schweißnaht kommt. Ferner wird die Standzeit der Schweißelektroden erheblich verlängert.

Als Pigmente für das erfindungsgemäße Verfahren werden vorzugsweise Silikate, Talkum, aus Vinylgruppen bzw. substituierten Vinylgruppen gebildete Polymere und/oder Copolymerisate von Polyvinylidenchlorid bzw. Methylmethacrylat mit Acrylnitril verwendet. Die Teilchengröße liegt zwischen 0,1 und 50 µm, vorzugsweise zwischen 2 und 15 µm. Besonders vorteilhaft verhalten sich organische Polypigmente, die während des Erhitzens zu Partikelgrößen von 2 bis 40 µm expandieren.

Das in der erfindungsgemäßen Zubereitung verwendete Borat kann in Form von Borsäure oder ihres Alkalisalzes eingebracht werden. Die Bemessung erfolgt vorzugsweise so, daß 0,1 bis 20 Gew.-Teile Borat-Komponente, gerechnet als Borax, auf 100 Gew.-Teile Kunstharz entfallen. Bei dem Einbringen in Form von Alkaliborat erübrigt sich üblicherweise die Mitverwendung von Alkalihydroxid zur Herstellung der Zubereitung. Der Boratanteil hat einen günstigen Einfluß auf die Haftung des Überzuges nach thermischen Belastungen im Bereich von 500 bis 850 °C.

Als organisches Amin werden vorzugsweise ein oder mehrere Alkanolamine, z. B. Dimethylaminoethanol, und/oder Dimethylamin verwendet.

Die vorstehend genannten Komponenten liegen in der erfindungsgemäßen Zubereitung, bezogen auf 100 Gew.-Teile Kunstharz, vorzugsweise in folgenden Mengen vor:

0,1 bis 40 Gew.-Teile	dispergierte wachsartige Substanz
1 bis 60 Gew.-Teile	anorganisches und/oder organisches Pigment
0,1 bis 40 Gew.-Teile	Borat und
0,1 bis 20 Gew.-Teile	organisches Amin.

Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung enthält die wäßrige Zubereitung pyrogene Kieselsäure, die vorzugsweise in Mengen von 0,1 bis 40 Gew.-Teilen, bezogen auf 100 Gew.-Teile Kunstharz, angewendet wird. Diese Komponente verbessert die Überzugeigenschaften nach vorausgegangenen Glühoperationen und ermöglicht andererseits, das rheologische Verhalten der Zubereitung und des feuchten Films zu beeinflussen.

Zur Optimierung der Netz- und Verlaufseigenschaften der Zubereitung werden in ihr vorzugsweise Tenside mitverwendet.

Hierbei hat sich die Dosiervorschrift 0,1 bis 10, insbesondere 0,2 bis 3 Gew.-Teile Tensid auf 100 Gew.-Teile Kunstharz als günstig erwiesen. Mit besonderem Vorteil werden hierfür oberflächenaktive Ethinverbindungen, z. B. tertiärer Ethinglykol, eingesetzt, da sie eine günstige Kombination von Netz-, Dispergier- und Antischaumeigenschaften bieten.

Schließlich hat es sich als vorteilhaft erwiesen, den Zubereitungen Entschäumer, z. B. in Mengen von 0,1 bis 10, vorzugsweise 0,2 bis 4 Gew.-Teilen, bezogen auf 100 Gew.-Teile Kunstharz, zuzusetzen. Wäßrige Behandlungsflüssigkeiten besitzen oft die Eigenschaft, unter Einwirkung von Scherkräften Luftblasen einzuemulgieren. Diesem Effekt kann durch die Mitverwendung von Entschäumern, vorzugsweise auf Basis von Kohlenwasserstoffen, oxethylierten Verbindungen und siliziumhaltigen Komponenten, entgegengewirkt werden.

Die erfindungsgemäße Zubereitung wird üblicherweise mit einem Trockenrückstand von 10 bis 80 Gew.-%, Rest Wasser, eingesetzt. Ihr Auftrag auf die Metalloberfläche kann mit allen aus der Lackiertechnik bekannten Methoden, z. B. Tauchen, Spritzen, Fluten, Gießen, Streichen und Walzen, erfolgen. Bei der Beschichtung von Blech in Band- und Tafelform findet jedoch bevorzugt der Walzenauftrag Anwendung.

Das Erhitzen des feuchten Films zu seiner Trocknung und Formierung erfolgt ebenfalls in den aus der Lackiertechnik bekannten Einrichtungen.

Wegen der großen Bedeutung des erfindungsgemäßen Verfahrens für die Isolation von Band wird auf dieses Anwendungsgebiet im folgenden ausführlicher eingegangen:

Die Schichtdicke des auf das Band applizierten feuchten Filmes der Behandlungsflüssigkeit und die daraus nach der Trocknung resultierende Schichtdicke der Isolationsschicht hängen insbesondere von dem in der Behandlungsflüssigkeit enthaltenen Trockenrückstand, der quantitativen Förderung der Behandlungsflüssigkeit durch die Walzenkombination des Lackierstuhles, insbesondere von dem Anpreßdruck der einzelnen Walzen gegeneinander, der Drehgeschwindigkeit der Applikationswalze im Verhältnis zur Geschwindigkeit der Stahlbänder, ab.

Bei Bandbeschichtungsverfahren kann beispielsweise die Beschichtung bei einer Bandgeschwindigkeit bis etwa 120 m/min und mehr erfolgen. Die anschließende Auftrocknung der Schicht geschieht bei 120 bis 350 °C (Objekttemperatur) zweckmäßigerweise im Durchlaufofen während 1 Stunde bis 5 sec. Dabei gilt für niedrige Temperaturen die längere und für höhere Temperaturen die kürzere Zeit. Als Richtwert gilt etwa eine Verweilzeit im Ofen von 20 sec bei 300 °C. Die Bänder können einseitig und/oder beidseitig mit Hilfe des vorgenannten Beschichtungssystems mit der genannten Behandlungsflüssigkeit in Kontakt gebracht werden.

Je nach Anwendungsfall werden die isolierten Bänder als Breitband und/oder mit Hilfe von Spaltanlagen, in Längsrichtung zerteilt, weiterverarbeitet. Bei der Herstellung von Spaltbändern bzw. Schmalbändern sind die besonders gute Haftfestigkeit sowie die Elastizität der aus der beschriebenen Behandlungsflüssigkeit resultierenden Isolationsschicht von Vorteil. Ein Ablättern der Isolierschicht würde zur Beschädigung der noch verbleibenden isolierten Fläche der Bänder führen. Weiterhin ist die besonders gute Resistenz der beschriebenen Isolationsschicht gegen Korrosion während der Lagerung in Räumen mit besonders hoher Luftfeuchtigkeit vorteilhaft. Die Isolationsschicht verleiht dem Blech einen ausgezeichneten Schutz gegen Korrosion.

Aus den isolierten Bändern werden durch Stanzvorgänge Teile der unterschiedlichsten Geometrien gefertigt. Bei diesem Vorgang wirkt die beschriebene Isolationsschicht besonders vorteilhaft auf die Gleitfähigkeit der Stanzwerkzeuge. Dadurch wird der Verschleiß der Werkzeuge in erheblichem Maße verringert. Das bedeutet, die Zeiträume, nach denen ein Nachschärfen der Werkzeuge unumgänglich ist, werden entscheidend verlängert.

Während des Stanzvorganges sind die gute Haftfestigkeit der Isolationsschicht zum Blech sowie die gute Flexibilität von besonderem Vorteil, damit kein Ablättern sowie Stauben der Isolationsschicht diesen Arbeitsgang stört und die isolierende Eigenschaft durch die genannten Vorgänge vermindert wird.

Nach dem Stanzvorgang werden die Stanzteile gestapelt und vielfach an deren Seite verschweißt. Hierbei ist es von besonderem Vorteil, daß dieser Schweißvorgang durch die besondere Zusammensetzung der Isolationsschicht eine Schweißgeschwindigkeit von mehr als 1500 mm/min ohne Poren und/oder Lunkerbildung ermöglicht.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet u. a.

- eine hervorragende Isolation der Metalloberflächen gegen den Durchtritt elektrischer Ströme
- eine gute Stanzbarkeit der isolierten Bleche
- einen reduzierten Verschleiß der Stanzwerkzeuge
- eine gute Haftung der Überzüge während und nach mechanischer Beanspruchung
- eine hervorragende Schweißfähigkeit der mit dem Überzug versehenen und gestapelten Stanzabschnitte
- eine ausgezeichnete Haftung der nach einer Temperaturbeanspruchung zwischen 500 und 850°C verbleibenden Überzüge
- Abwesenheit toxischer Bestandteile.

Weiterhin wird, bedingt durch die besondere Zusammensetzung der Isolationsschicht, eine mögliche Rußbildung, wie sie beim Verbrennen von organischen Isolationsanteilen entstehen kann, verhindert. Durch die speziellen Eigenschaften der Isolationsschicht wird ferner

Gew.-Teilen Copolymerisat von Methylmethacrylat/Acrylnitril in Kugelform (mittlerer Teilchendurchmesser 10 µm), 7 Gew.-Teilen Natriumborat (berechnet als $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 8,0 Gew.-Teilen eines Alkanolamins, 6,5 Gew.-Teilen pyrogener Kieselsäure, 2,5 Gew.-Teilen eines Gemisches aus Stoffen mit grenzflächenaktiven Eigenschaften, bestehend aus Ethinglykol, Kohlenwasserstoffen, oxethylierten Verbindungen und siliciumhaltigen Komponenten, und 170 Gew.-Teilen vollentsalztem Wasser gemischt.

Diese Zubereitung wurde auf die Oberfläche eines Si-legierten Elektro-Stahlbleches mit einer Nenndicke von 0,5 mm (Sorte V 700-50A nach DIN 46400 Teil 1) mit Hilfe einer Gummiwalze beidseitig aufgetragen. Zur Auftrocknung der Beschichtung erfolgte anschließend eine Behandlung der beschichteten Bleche bei einer Temperatur von 300°C innerhalb eines Zeitraumes von 20s Die durchschnittliche Trockenschichtdicke betrug $1 \mu\text{m} \pm 0,5 \mu\text{m}$.

Die Qualität der erzeugten Isolierschicht ergibt sich aus der nachfolgenden Tabelle.

Beispiel 2

Es wurde die gleiche Behandlungsflüssigkeit wie im Beispiel 1 mit einem Si-legierten Elektro-Stahlblech in Kontakt gebracht. Die Verarbeitung erfolgte ebenfalls unter den Bedingungen des Beispiels 1. Die durchschnittliche Trockenschichtdicke betrug $4 \mu\text{m} \pm 0,5 \mu\text{m}$.

Die Qualität der erzeugten Isolierschicht ergibt sich aus der nachfolgenden Tabelle.

Beispiel 3

Es wurden 45 Gew.-Teile eines Alkylphenol modifizierten Polyesterharzes (wie im Beispiel 1) mit 25 Gew.-Teilen eines Acrylatharzes, 30 Gew.-Teilen eines teilhydroximethylierten Melaminharzes, 8 Gew.-Teilen eines mikronisierten Polyethylenwachses, 12,0 Gew.-Teilen Copolymerisat von Methylmethacrylat/Acrylnitril in Kugelform (mittlerer Teilchendurchmesser 10 µm), 7,0 Gew.-Teilen Natriumborat (berechnet als $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 8,0 Gew.-Teilen eines Alkanolamins, 6,5 Gew.-Teilen pyrogener Kieselsäure, 2,5 Gew.-Teilen eines Gemisches aus Stoffen mit grenzflächenaktiven Eigenschaften, bestehend aus Ethinglykol, Kohlenwasserstoffen, oxethylierten Verbindungen und siliciumhaltigen Komponenten, und 170 Gew.-Teilen vollentsalztem Wasser gemischt.

Die Verarbeitung erfolgte ebenfalls unter den Bedingungen des Beispiels 1.

Die durchschnittliche Trockenschichtdicke betrug $1,0 \mu\text{m} \pm 0,5 \mu\text{m}$.

Die Qualität der erzeugten Isolierschicht ergibt sich aus der nachfolgenden Tabelle.

Beispiel 4

100 Gew.-Teile eines Alkylphenol modifizierten Polyesterharzes (siehe Beispiel 1) wurden mit 8,0 Gew.-Teilen mikronisierten Polyethylenwachses, 3,0 Gew.-Teilen Copolymerisat von Methylmethacrylat/Acrylnitril in Kugelform (mittlerer Teilchendurchmesser 10 µm), 9,0 Gew.-Teilen eines Schichtsilikates (mittlerer Teilchendurchmesser 10 µm), 7,0 Gew.-Teilen Natriumborat (berechnet als $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 8,0 Gew.-Teilen eines Alkanolamins, 6,5 Gew.-Teilen pyrogener Kieselsäure, 2,5 Gew.-Teilen eines Gemisches aus Stoffen mit grenzflächenaktiven Eigenschaften, bestehend aus Ethinglykol, Kohlenwasserstoffen, oxethylierten Verbindungen und siliciumhaltigen Komponenten, und 170 Gew.-Teilen vollentsalztem Wasser gemischt.

Die Verarbeitung erfolgte ebenfalls unter den Bedingungen des Beispiels 1.

Die durchschnittliche Trockenschichtdicke betrug $1,0 \mu\text{m} \pm 0,5 \mu\text{m}$.

Die Qualität der erzeugten Isolierschicht ergibt sich aus der nachfolgenden Tabelle.

Vergleichsbeispiel 1

100 Gew.-Teile eines Alkylphenol modifizierten Polyesterharzes (wie im Beispiel 1) wurden mit 8 Gew.-Teilen eines mikronisierten Polyesterharzes, 12,0 Gew.-Teilen eines Copolymerisats von Methylmethacrylat/Acrylnitril in Kugelform (mittlerer Teilchendurchmesser 12 µm), 20 Gew.-Teilen Aluminiumfluorid (berechnet als $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), 7 Gew.-Teilen Natriumborat (berechnet als $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 14 Gew.-Teilen Dimethylethanolamin und 115 Gew.-Teilen vollentsalztem Wasser gemischt.

Die Verarbeitung erfolgte unter den Bedingungen des Beispiels 1.

Die durchschnittliche Trockenschichtdicke betrug $1,0\ \mu\text{m} \pm 0,5\ \mu\text{m}$.

Die Qualität der erzeugten Isolierschicht ergibt sich aus der nachfolgenden Tabelle.

Vergleichsbeispiel 2

100 Gew.-Teile eines Alkylphenol modifizierten Polyesterharzes (wie im Beispiel 1) wurden mit 8,0 Gew.-Teilen eines mikronisierten Polyethylenwachses, 7,0 Gew.-Teilen Natriumborat (berechnet als $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 8,0 Gew.-Teilen eines Alkanolamins, 2,5 Gew.-Teilen eines Gemisches aus Stoffen mit grenzflächenaktiven Eigenschaften, bestehend aus Ethinglykol, Kohlenwasserstoffen, oxethylierten Verbindungen und siliciumhaltigen Komponenten, und 170 Gew.-Teilen vollentsalztem Wasser gemischt.

Die Verarbeitung erfolgte ebenfalls unter den Bedingungen des Beispiels 1.

Die durchschnittliche Trockenschichtdicke betrug $1,0\ \mu\text{m} \pm 0,5\ \mu\text{m}$.

Die Qualität der erzeugten Isolierschicht ergibt sich aus der nachfolgenden Tabelle.

Vergleichsbeispiel 3

100 Gew.-Teile eines Alkylphenol modifizierten Polyesterharzes (wie im Beispiel 1) wurden mit 8,0 Gew.-Teilen eines mikronisierten Polyethylenwachses, 20 Gew.-Teilen Aluminiumfluorid (berechnet als $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), 7,0 Gew.-Teilen Natriumborat (berechnet als $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 15 Gew.-Teilen eines Alkanolamins, 2,5 Gew.-Teilen eines Gemisches aus Stoffen mit grenzflächenaktiven Eigenschaften, bestehend aus Ethinglykol, Kohlenwasserstoffen, oxethylierten Verbindungen und siliciumhaltigen Komponenten, und 170 Gew.-Teilen vollentsalztem Wasser gemischt.

Die Verarbeitung erfolgte ebenfalls unter den Bedingungen des Beispiels 1.

Die durchschnittliche Trockenschichtdicke betrug $1,0\ \mu\text{m} \pm 0,5\ \mu\text{m}$.

Die Qualität der erzeugten Isolierschicht ergibt sich aus der nachfolgenden Tabelle.

Erklärung der Tabelle

Die nachfolgende Tabelle enthält die mit den einzelnen Beispielen erzielten Ergebnisse.

Zeile 2 gibt die Stabilität der Behandlungsflüssigkeit nach einer Lagerzeit unter Normalbedingungen von mehr als 4 Wochen an. Visuell beurteilt wurde die Homogenität der Behandlungsflüssigkeit. Weiterhin wurde die Viskosität nach DIN 53211, 4 mm B sofort nach der Herstellung bestimmt. Dieser Wert wurde nach einer Lagerzeit der Behandlungsflüssigkeit von mehr als 4 Wochen mit dem danach gemessenen Wert verglichen.

Zeile 3 gibt die Trockenschichtdicke der aus den Behandlungsflüssigkeiten resultierenden Isolationsschichten an, unter denen die Prüfergebnisse ermittelt wurden. Es handelt sich um einen Durchschnittswert von 20 bis 50 Einzelmessungen.

In Zeile 4 ist der interlaminaire Übergangswiderstand in $\text{Ohm} \cdot \text{cm}^2$ bei einem Anpreßdruck von $100\ \text{N}/\text{cm}^2$ einer Elektrodenfläche von 4 cm und einer Spannung von 100 mV für die doppelte, auf dem Elektroblech befindliche Isolierschicht vor dem Glühen angegeben. Die Beurteilung mit R50 bedeutet, das 50% der Meßwerte über dem angegebenen Widerstandswert liegen.

In Zeile 5 ist der Übergangswiderstand wie für Zeile 4 erläutert, jedoch nach dem Glühen der Isolationsschicht während einer Stunde bei 600°C in Luft.

Das Haftvermögen, das gleichzeitig auch eine Aussage über das Dehnvermögen der Schicht beinhaltet, gemäß Zeile 6 wurde durch Biegeversuche um den konischen Dorn ermittelt.

In Zeile 7 ist die Fläche angegeben, die nach der Glühung während einer Stunde bei 600°C in Luft durch Aufbringen und Abreißen von einem Klebeband noch als festhaftende Isolation die Oberfläche des Stahlbleches bedeckt.

In Zeile 8 ist die korrosionsschützende Eigenschaft der Isolationsschicht auf Stahlblechen genannt. Die Bestimmung erfolgte durch den Klimawechseltest gemäß DIN 50017, bei dem das beschichtete Blech zunächst 8 Stunden einer Atmosphäre von 40°C und 100% relativer Luftfeuchtigkeit und anschließend 16 Stunden normalem Raumklima ausgesetzt wurde.

Beim Gitterschnitt gemäß Zeile 9 werden durch bis auf die Metalloberfläche gehende Kreuzschnitte $1\ \text{mm}^2$ große Felder geschaffen. Durch Aufbringen und Abreißen von einem Klebeband werden dann die beschädigten bzw. abgelösten Felder ermittelt. Diese Bestimmung wurde nach DIN 53151 durchgeführt.

Zur Ermittlung der Lösemittelbeständigkeit gemäß Zeile 10 wurden ein mit Methylenchlorid (CH_2Cl_2) getränkter Wattebausch $50\times$ über eine bestimmte Stelle der Isolierschicht geführt und eine eventuelle Veränderung bewertet.

Zeile 11 gibt die zulässige Geschwindigkeit an, mit der bei einem Preßdruck des Blechstapels von $250\ \text{N}/\text{cm}^2$ und einer Stromstärke von 90 bis 120 A unter Argonatmosphäre eine einwandfreie, porenfreie Schweißnaht gezogen werden kann.

Zeile 12 beschreibt den Anteil einer Rußentwicklung, wie sie beim Verbrennen von organischen Stoffen vorkommen kann, der sich an den Rändern der Schweißnähte niederschlägt.

In Zeile 13 wird die Stabilität der Schweißelektrode beim Verschweißen der isolierten und gestapelten Stanzteile angegeben. Die Angaben enthalten indirekt auch eine Aussage über die mögliche Länge der erzielbaren Schweißstrecke, ohne daß ein Nachschleifen und/oder Nachjustieren der Elektrode notwendig ist.

Wie sich aus der Tabelle ergibt, sind die Ergebnisse bezüglich Übergangswiderstand vor und nach dem Glühen (Zeilen 4 und 5), Haftvermögen vor und nach dem Glühen (Zeilen 6 und 7), Gitterschicht (Zeile 9), Beständigkeit gegen organisches Lösungsmittel (Zeile 10) übereinstimmend gut. Gegenüber den Vergleichsbeispielen 1 und 3 zeigen die Beispiele 1 bis 4 eine hervorragende Stabilität der Behandlungsflüssigkeiten bezüglich Homogenität und Viskosität (Zeile 2) sowie Korrosionsbeständigkeit (Zeile 8).

In Zeile 11 ist durch die Beispiele 1, 3 und 4 eine ausgezeichnete Schweißgeschwindigkeit dokumentiert, bei der porenfreie Schweißnähte gezogen werden können. Das Beispiel 2 zeigt, daß bei einer Dicke der Isolationsschicht von $4\ \mu\text{m} \pm 0,5\ \mu\text{m}$ noch eine hohe Schweißgeschwindigkeit mit porenfreier Schweißnaht resultiert im Vergleich zu den Vergleichsbeispielen 2 und 3. Das Vergleichsbeispiel 1 zeigt vergleichsweise zu Beispiel 2 eine hohe Schweißgeschwindigkeit, jedoch ist diese nur bei sehr dünnen Isolationsschichten von $1\ \mu\text{m} \pm 0,5\ \mu\text{m}$ zu erreichen. Das Vergleichsbeispiel 1 zeigt weiterhin bezüglich Stabilität der Behandlungsflüssigkeit sowie Korrosionsschutz weitere entscheidende Nachteile im Vergleich zu den Beispielen 1 bis 4. Die Rußentwicklung (Zeile 12) ist in den Vergleichsbeispielen 2 und 3 sehr groß gegenüber den Beispielen 1 bis 4. Ebenso ist die Elektrodenstabilität der Vergleichsbeispiele 2 und 3 sehr gering im Vergleich zu den Beispielen 1 bis 4. Bezüglich der Schweißbarkeit zeigt die Tabelle, daß im Vergleich insbesondere gegenüber den Vergleichsbeispielen 2 und 3 die Erfindung einen besonderen Vorteil bietet.

Die Ergebnisse der Beispiele 1 bis 4 zeigen, daß im Unterschied zu den Vergleichsbeispielen 1 bis 3 die Erfindung sämtliche guten Eigenschaften, wie sie für elektrisch isolierende Schichten auf Stahlblechen zur Herstellung von Magnetkernen wünschenswert sind, in sich vereint.

Tabelle

1 Eigenschaften	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3	Beispiel 4	Vergleichsbeispiel 1	Vergleichsbeispiel 2	Vergleichsbeispiel 3
2 Stabilität der Behandlungsflüssigkeit	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	schlecht	sehr gut	schlecht
3 Trockenschichtdicke	$1\ \mu\text{m} \pm 0,5$	$4\ \mu\text{m} \pm 0,5$	$1\ \mu\text{m} \pm 0,5$				
4 Übergangswiderstand vor dem Glühen Ohm · cm ²	$R 50 > 10^2$	$R 50 > 10^6$	$R 50 > 10^2$				
5 Übergangswiderstand nach dem Glühen Ohm · cm ²	$R 50 > 10^2$	$R 50 > 10^6$	$R 50 > 10^2$				
6 Haftvermögen vor dem Glühen	< 3 mm						
7 Nach dem Glühen haftende Fläche	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
8 Korrosionsbeständigkeit, Beurteilung nach DIN 53210	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 0	Ri 4	Ri 0	Ri 4
9 Gitterschnitt DIN 53151	GTO						
10 Beständigkeit gegen org. Lösungsmittel	keine Veränderung						
11 Schweißgeschwindigkeit	> 1500 mm/min	> 1000 mm/min	> 1500 mm/min	> 1500 mm/min	> 1250 mm/min	< 300 mm/min	< 750 mm/min
12 Rußentwicklung	sehr gering	gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering	stark	stark
13 Elektrodenstabilität	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	mittel	schlecht	schlecht