



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

(19) DD (11) 273 603 A1

4(51) B 32 B 27/04
 B 32 B 15/08
 C 08 L 61/10
 B 32 B 27/42

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP B 32 B / 31 / 290 4	(22)	30.06.88	(44)	22.11.89
(71)	VEB Sprella-Werke Spremberg, Betriebsteil Plasta Erkner, Berliner Straße 3-8, Erkner, 1250, DD				
(72)	Döhring, Dieter, Dr. rer. nat.; Raubach, Heinz, Prof. Dr. sc. nat.; Lubisch, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.; Jäkel, Evelyn, Dipl.-Chem.; Quast, Otto; Grünberg, Wolf, Dipl.-Ing., DD				
(54)	Kaltstanzbare, schwerbrennbare, dimensionsstabile, geruchsverbesserte PF-Leiterplattenbasismaterialien				

(55) kaltstanzbare, schwerbrennbare, PF-Leiterplattenbasismaterialien, hohe Dimensionsstabilität, angenehmer Geruch, verbesserte dielektrische Eigenschaften, niedrige Wasseraufnahme, cellulosehaltige Trägermaterialien, Elektrotechnik/Elektronik, Dicyclopentadien, Dicyclopentadien-Konzentrat, ungesättigte Öle, Alkylierung des phenolischen Rohstoffes, Harzkondensation, regelmäßige polymere Netzwerkstruktur

(57) Die Erfindung betrifft kaltstanzbare, schwerbrennbare, dimensionsstabile, geruchsverbesserte PF-Leiterplattenbasismaterialien, die in der Elektrotechnik/Elektronik als Trägermaterial für gedruckte Schaltungen angewendet werden können. Ziel der Erfindung ist ein PF-Leiterplattenbasismaterial, das bei hohen Gebrauchseigenschaften, wie gute Stanzbarkeit bei Raumtemperatur, hohe Dimensionsstabilität (für SMD-Technik geeignet), verbesserte dielektrische Eigenschaften, niedrige Wasseraufnahme und angenehmem Geruch kostengünstig und in vorhandenen Anlagen herstellbar ist. Aufgabe der Erfindung ist die Entwicklung hochwertiger PF-Leiterplattenbasismaterialien, bei denen zur Imprägnierung des Trägermaterials PF-Harze verwendet werden, die dadurch gekennzeichnet sind, daß durch Zusatz von Dicyclopentadien bzw. eines technischen Dicyclopentadien-Konzentrats und eines ungesättigten Öles zum phenolischen Rohstoff dieser bis zu einem Anteil von 10-60% alkyliert wird. Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zur Schichtpreßstoffherstellung ein modifiziertes PF-Harz zur Imprägnierung verwendet wird, das durch säurekatalysierte Reaktion von Phenol und Dicyclopentadien oder Dicyclopentadien-Konzentrat und einem ungesättigten Öl, das partiell bromiert sein kann, anschließende Zugabe von Formaldehyd und Harzkondensation hergestellt wird.

Patentansprüche:

1. Kaltstanzbare, schwerbrennbare, dimensionsstabile, geruchsverbesserte PF-Leiterplattenbasismaterialien, bestehend aus cellulosehaltigen Trägermaterialien, die mit ölmodifizierten, flammenschutzmittelhaltigen PF-Harzen imprägniert sind, anschließend getrocknet und lagenweise unter Druck und Temperatur ausgehärtet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Imprägnierung des Trägermaterials ein DCPD- und ölmodifiziertes PF-Harz, bei welchem der phenolische Rohstoff mit DCPD und einem ungesättigten Öl mit einer Jodzahl von 50 bis 350 in einem Temperaturbereich von 313 bis 403 K alkyliert wird, wobei der Anteil Phenol:DCPD:ungesättigtem Öl mit einem Bromanteil von 0 bis 25% gleich 1:0,1 bis 1,0:0,1 bis 0,8 beträgt und anschließend das Produkt mit Formaldehyd sowie einem basischen Katalysator kondensiert wird und der Anteil des PF-Harzes 90 bis 150 Ma.-%, bezogen auf das Trägermaterial, beträgt und die Aushärtung des imprägnierten Trägermaterials bei 420 bis 460 K in bekannter Weise erfolgt.
2. PF-Leiterplattenbasismaterial nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß zur Herstellung des modifizierten PF-Harzes DCPD oder ein DCPD-Konzentrat mit etwa 85% verharzbaren Bestandteilen sowie als ungesättigte Öle natürliche Öle, wie Tungöl, Leinöl, Rapsöl, Oiticicaöl und/oder analoge Syntheseprodukte mit einer Jodzahl von 50 bis 350 und/oder partiell bromierte, noch Doppelbindungen enthaltende Öle oder Gemische dieser Verbindungen und als phenolische Rohstoffe neben Phenol weitere zur Herstellung von PF-Harzen übliche Verbindungen einschließlich Cresole, Alkyl- und Alkenylphenoie, Cashewnußschalenöl sowie Gemische dieser Verbindungen eingesetzt werden.
3. PF-Leiterplattenbasismaterial nach Anspruch 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß der zur Imprägnierung verwendeten Mischung 0 bis 30 Ma.-% anorganische Füllstoffe, wie z. B. Antimontrioxid und/oder Aluminiumhydroxid und/oder Titandioxid und/oder roter Phosphor zugesetzt werden.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf kostengünstige PF-Schichtpreßstoffe für die Elektrotechnik und Elektronik, die als Trägermaterial für gedruckte Schaltungen angewendet werden und die sich durch besonders hohe Gebrauchswerteigenschaften auszeichnen, insbesondere durch eine hohe Dimensionsstabilität bei gleichzeitig gutem Stanzverhalten bei Raumtemperatur, durch Schwerbrennbarkeit (VO nach UL94) sowie durch eine deutliche Geruchsverbesserung. Darüber hinaus werden alle für den jeweiligen Verwendungszweck in Normblättern festgelegten Eigenschaftskennwerte erfüllt.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Leiterplatten sind als Montage- und Verbindungselement der Halbleiterbausteine das wichtigste passive Bauelement der Elektronik/Mikroelektronik. Verbundwerkstoffe aus Phenolharz und Cellulosepapier (PF-Hartpapier) gehören zu den ältesten Basismaterialien für die Leiterplattenherstellung, sie dominieren auch heute noch auf Grund des günstigen Gebrauchswert/Kostenverhältnisses.

Die Anordnung an das Eigenschaftsniveau der Schichtpreßstoffe sind jedoch enorm gestiegen; die Entwicklungstrends bei der Herstellung und Verarbeitung von PF-Hartpapier werden bestimmt durch:

- Miniaturisierung elektronischer Bauelemente, dabei Zunahme der Verdichtungsdichte auf der Leiterplatte,
- Rationalisierung der Fertigungstechnologie bei der Basismaterial- und Leiterplattenherstellung, z. B. Einstufenimprägnierung sowie Formatschneiden und Lochstanzen bei Raumtemperatur,
- Rationalisierung bei der Leiterplattenverarbeitung, z. B. automatische Leiterplattenbestückung, SMD-Technik,
- Verschärfung der Forderungen hinsichtlich der Schwerbrennbarkeit (VO nach UL94), wobei Fragestellungen des Umweltschutzes zu beachten sind.

Aus diesen Trends resultieren hohe Kennwertanforderungen an die Eigenschaften des Basismaterials; insbesondere steigen die Anforderungen an die Dimensionsstabilität sprunghaft, bei gleichzeitiger Forderung nach gutem Stanzverhalten bei Raumtemperatur.

Zur Herstellung von PF-Leiterplattenbasismaterialien werden Papierbahnen oder Baumwollgewebe mit wärmehärtbaren PF-Harzlösungen getränkt, bei erhöhten Temperaturen getrocknet und nach erfolgter Schichtung gemeinsam mit klebstoffbeschichteter Kupferfolie unter Druck und Hitze verpreßt. Hohe Verbundeigenschaften können nur dann erreicht werden, wenn die zur Imprägnierung verwendeten PF-Harze modifiziert werden. Die Kaltstanzbarkeit der PF-Hartpapiere wird vorwiegend durch Modifizierung mit trocknenden Ölen, insbesondere Holzöl (Tungöl) und Zusatz äußerer Weichmacher, (z. B. Arylphosphate), erreicht. Die Einführung von Tungöl und die damit verbundene chemische Veränderung der Harzmatrix bewirkt jedoch eine starke Zunahme der Brennbarkeit des PF-Hartpapiers, die durch Zugabe von Flammenschutzmitteln herabgesetzt werden muß. Die Reduzierung der Brennbarkeit wird durch Zusatz halogen-, stickstoff- und phosphorhaltiger Flammenschutzmittel realisiert.

Die Schwierigkeit besteht nun darin, das PF-Harzsystem so zu modifizieren, daß alle geforderten Eigenschaften gleichzeitig erfüllt werden; dieser Forderung kommen die bekannten technischen Lösungen nicht nach. So bewirken additive Modifizierungskomponenten, die chemisch nicht in die PF-Harz-Matrix eingebaut werden, eine Minderung der Lagenhaftung, verbunden mit einer unzureichenden Dimensionsstabilität. Außerdem können additive Flammenschutzmittel im Laufe der Zeit auswandern.

Im DD-WP 223 284 ist beispielsweise ein kaltstanzbarer, schwerentflammbarer Elektroisolierschichtpreßstoffe beschrieben, der neben stickstoff- und phosphorhaltigen Flammschutzmitteln bromierte Diphenylether enthält. Des weiteren ist in DD-WP 226 417 ein kaltstanzbares, schwerentflammbares PF-Leiterplattenbasismaterial ausgewiesen, bei dem zur Imprägnierung ein modifiziertes PF-Resol verwendet wird, das organische Phosphorsäureester, bromhaltige Flammschutzmittel, insbesondere bromierte Diphenylether und synthetischen Weichmacher enthält. Die genannten Verfahren besitzen die Nachteile, daß die Verbunde auf Grund ihres strukturellen Aufbaues eine ungenügende Dimensionsstabilität aufweisen und daß die Herstellung sehr kostenaufwendig ist.

Im DD-WP 230 709 wird versucht, diese Nachteile zu beseitigen, indem die zur Flexibilisierung verwendeten ungesättigten Öle partiell bromiert werden, wodurch bereits bei niedrigen Bromgehalten kaltstanzbare, schwerentflammbare Elektroisolierschichtpreßstoffe (VO nach UL 94) erhalten werden, ohne daß äußere Flammenschutzmittel verwendet werden müssen. Dabei wird so verfahren, daß die partiell bromierten Öle in einer der Harzkondensation vorgelagerten Verfahrensstufe unter sauren Bedingungen mit dem phenolischen Rohstoff zur Reaktion gebracht werden (Alkylierungsreaktion). Diese Verfahrensweise ist jedoch mit einem ungünstigen Effekt verbunden, die so hergestellten Harze führen zu Schichtpreßstoffen mit unangenehmem Geruch. Bedingt durch das Alkylierungsverfahren erfolgt ein vollständiger Einbau der ungesättigten Öle. Diese PF-Harze führen deshalb beim Aushärten zwar zu einer regelmäßigen Netzwerkstruktur und damit zu einer guten Dimensionsstabilität, aber durch den vollständigen Einbau der ungesättigten Öle tritt der Geruch nach phenolischem Rohstoff hervor, der sonst durch die Ölkomponente überdeckt wird. Das wird von den Anwendern als Geruchsbelästigung empfunden; das sonst in seinen Eigenschaften gute Basismaterial stößt auf Ablehnung. Es sind zahlreiche Untersuchungen unternommen worden, diese Geruchsbelästigung zu beseitigen, u. a. durch Zusatz von Riechstoffen. Tatsächlich brachte ein geringfügiger Zusatz von Vanillin eine spürbare Verbesserung. Verfügbarkeit und Preis schließen eine großtechnische Anwendung jedoch aus. Weiterhin sei erwähnt, daß es eine Reihe älterer Verfahrensbeschreibungen gibt, nach denen Schichtpreßstoffharze auf Phenol/Formaldehyd-Basis mit DCPD modifiziert werden (u. a. US-PS 3.703.494), wobei das Ziel einer Hydrophobierung verfolgt wird. Diese Harze führen jedoch zu Schichtpreßstoffen mit völlig unzureichenden Eigenschaften (nicht kaltstanzbar, brennbar, unzureichende Dimensionsstabilität). Von Nachteil bei diesen Verfahren ist ferner, daß bei der Alkylierungsreaktion des Phenols das DCPD auf Grund einer starken Exothermie nur sehr langsam zugetropft werden kann. Das stellt erhöhte Anforderungen an die apparative Ausstattung der PF-Harzherstellungsanlagen und führt zur Verlängerung der Harzherstellungszeit. Beides ist mit Kostenerhöhungen verbunden.

Ziel der Erfindung

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, der elektrotechnischen/elektronischen Industrie ein PF-Leiterplattenbasismaterial zur Verfügung zu stellen, das bei guter Stanzbarkeit bei Raumtemperatur eine hohe Dimensionsstabilität aufweist und so für die SMD-Technik geeignet ist, schwerbrennbar VO nach dem UL 94-Test ist, einen angenehmen Geruch besitzt und das bei deutlich verbesserten dielektrischen Eigenschaften alle für den Verwendungszweck in Normblättern festgelegten Eigenschaftskennwerte erfüllt. Auf Grund der kostengünstigeren und gut verfügbaren Rohstoffe ist die Herstellung und der Einsatz des PF-Leiterplattenbasismaterials ökonomisch vorteilhaft. Die Herstellung ist im Rahmen der vorhandenen Anlagen der Schichtpreßstoffhersteller realisierbar.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Entwicklung kaltstanzbarer, dimensionsstabiler, geruchsverbesserter PF-Leiterplattenbasismaterialien, bei denen zur Imprägnierung des Trägermaterials PF-Harze verwendet werden, die dadurch gekennzeichnet sind, daß durch Zusatz von Dicyclopentadien (DCPD) bzw. eines technischen DCPD-Konzentrats und eines ungesättigten Öles zum phenolischen Rohstoff dieser bis zu einem Anteil von 10–60% alkyliert wird. Die Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, daß zur Schichtpreßstoffherstellung cellulosehaltige Trägermaterialien in einem Ein- oder Zweistufenimprägnierprozeß mit niedrigmolekularen PF-Harzen und mit PF-Harzen imprägniert werden, in denen DCPD bzw. DCPD-Konzentrat und ein als innerer Weichmacher dienendes ungesättigtes Öl, das partiell bromiert sein kann, durch eine der Harzkondensation vorgelagerte Produktbildung mit phenolischem Rohstoff unter Verwendung saurer Katalysatoren chemisch eingebunden werden. DCPD liegt in Form eines Konzentrats mit etwa 85% verharzbaren Bestandteilen und mindestens 65% DCPD als ein aus der Petrochemie gut verfügbarer und kostengünstiger Rohstoff, der als Nebenprodukt bei der Isoprenengewinnung anfällt, vor. Überaschend war, daß bei Verwendung DCPD- und ölmodifizierter Harze Schichtpreßstoffe mit angenehmen, fruchtigem Geruch hergestellt werden können, obwohl das aus der Petrochemie kommende DCPD-Konzentrat einen sehr unangenehmen Geruch besitzt. Das Masseverhältnis Phenol:DCPD:ungesättigtes Öl beträgt bei der modifizierten PF-Harzen 1:0,1 bis 1,0:0,1 bis 0,8, vorzugsweise 1,0:3:0,2. Als ungesättigte Öle sind alle natürlichen Triglyceride mit Jodzahlen von 50 bis 250 sowie entsprechende ungesättigte Syntheseprodukte geeignet. Um gleichzeitig mit der Flexibilisierung auch die erforderliche Schwerbrennbarkeit zu erreichen, ist es vorteilhaft, Öle zu verwenden, an die partiell Brom addiert wurde. Als phenolische Rohstoffe können vorzugsweise Phenol, aber auch alle weiteren zur Herstellung von PF-Harzen üblichen Verbindungen einschließlich Cresole, Alkyl- und Alkenylphenol, Cashewnußschalenöl sowie Gemische dieser Verbindungen eingesetzt werden. Die gemäß der Erfindung modifizierten PF-Harze können mit weiteren bekannten Modifizierungskomponenten, wie Weichmacher, Flammenschutzmittel und Füllstoffe, z. B. Arylphosphate, roter Phosphor, Tetrabromdian, Antimontrioxid oder auch mit niedrigmolekularen PF-Harzen und/oder Aminoharzen versetzt werden. Diese Imprägniermischungen können zur

Imprägnierung flächiger Trägermaterialien, wie Baumwollinterspapier, Natronkraftpapier, Baumwollgewebe oder Glasvlies verwendet werden. Das erhaltene Prepregmaterial wird in üblicher Weise zugeschnitten und die entsprechend der Dicke notwendige Anzahl der Lagen unter Druck und bei erhöhter Temperatur verpreßt. Die so erhaltenen Schichtpreßstoffe zeichnen sich durch eine hohe Dimensionsstabilität, gute Stanzbarkeit, Schwerbrennbarkeit und angenehmen Geruch sowie durch deutlich verbesserte dielektrische Eigenschaften und eine niedrige Wasseraufnahme aus.

Es war nicht zu erwarten, daß erfindungsgemäß hergestelltes PF-Leiterplattenbasismaterial unter Verwendung der beschriebenen Harze hohe Gebrauchswerteigenschaften zeigt. Entsprechend den Regeln der electrophilen Substitution am Aromaten erfolgt die Alkylierung des Phenols mit DCPD und dem ungesättigten Öl in o- und p-Position zur phenolischen Hydroxylgruppe, oder aber die Reaktion erfolgt an der phenolischen Hydroxylgruppe. In o- und p-Position substituierte Phenole sind gegenüber Formaldehyd nur noch bifunktionell und können nicht mehr zur Vernetzung beitragen. Phenolether sind in ihrer Reaktivität so herabsetzbar, daß sie bei der Harzherstellung nicht mit Formaldehyd reagieren und deshalb in der Imprägnierlösung als „Additiv“ vorliegen. Deshalb war zu erwarten, daß Schichtpreßstoffe auf Basis dieser Harze eine völlig unzureichende Dimensionsstabilität aufweisen. Da die Dimensionsstabilität (Schrumpfung und Wölbung nach Wärmelagerung) jedoch auffallend gut ist, wird angenommen, daß unter Imprägnier- und Preßbedingungen die zweite Doppelbindung des DCPD (die Alkylierung des Phenols erfolgt mit der reaktiven Norbornenringdoppelbindung) mit noch vorhandenen Hydroxymethylgruppen des PF-Harzes in Reaktion tritt und daß auf diese Weise eine zusätzliche Vernetzung erfolgt, die zum Aufbau einer regelmäßigen Netzstruktur beiträgt. Darüber hinaus zeichnen sich Schichtpreßstoffe auf Basis der DCPD- und ölmodifizierten PF-Harze durch einen niedrigen Herstellungspreis gegenüber üblichen FR2-VO-Materialien aus. Die Modifizierung mit DCPD führt zu einer beachtlichen Einsparung an phenolischem Rohstoff, der teurer und schwerer verfügbar ist als DCPD.

Ausführungsbeispiele

Das erfindungsgemäße Verfahren soll anhand von drei Ausführungsbeispielen näher erläutert werden:

Beispiel 1

Baumwollinterspapier mit einer Flächenmasse von 90g/cm² wird zunächst mit einem niedrigmolekularen PF-Resol vorimprägniert, wobei das Vorimprägnierharz durch folgende Parameter charakterisiert wird:

Wasserverdünnbarkeit:	1:10
B-Zeit:	5 min
Festkörpergehalt:	42 %
Viskosität bei 20 °C:	18 mPa · s
Gehalt an freiem Phenol:	12 %
Gehalt an freiem Formaldehyd:	3 %

Die Vorimprägnierung erfolgt unter folgenden Bedingungen:

Imprägniergeschwindigkeit:	10 m/min
Trocknungstemperatur:	423–433 K
Trocknungszeit:	10 min
Harzauftrag:	15 %
Flüchtige Anteile:	6 %

Das zur Hauptimprägnierung verwendete Harz wurde durch säurekatalysierte Reaktion von 470 kg Phenol, 150 kg DCPD-Konzentrat, 160 kg bromierte Tungöl (15 m% Brom) und 2,2 kg conc. Schwefelsäure 40 Minuten bei 393 K, anschließende Zugabe von 415 kg Formalin (37%ig), 34 kg Ammoniak (25%ige wäßrige Lösung) und Kondensation 80 min unter Rückfluß, nachfolgende Zugabe von 190 kg Tricresylphosphat. Entwässerung durch Vakuumdestillation sowie Zusatz von Methanol und Toluol hergestellt.

Es weist folgende Kennwerte auf:

B-Zeit	7,8 min
Viskosität bei 20 °C	1,94 mPa · s
Festkörpergehalt	64 %
freies Phenol (Festharz)	12,9 %
freier Formaldehyd (Festharz)	1,8 %

Die Hauptimprägnierung erfolgte unter folgenden Bedingungen:

Imprägniergeschwindigkeit	5 m/min
Trocknungstemperatur	433–453 K
Trocknungszeit	20 min
Harzaufgabe	128 %
flüchtige Anteile	3 %
Auspressung	4 %

In bekannter Weise werden die Prepregs unter den folgenden Bedingungen zu Schichtpreßstoffen verpreßt:

Anzahl Prepregs	8
Preßzeit	25 min
Preßtemperatur	423 K
Preßdruck	8 MPa

Die erhaltenen Schichtpreßstoffe erfüllen alle in Normblättern festgelegten Kennwerte (Tabelle).

Beispiel 2

Nach Beispiel 1 erhaltenes vorimprägniertes Cellulosepapier wird mit einem modifizierten PF-Harz imprägniert, das wie folgt hergestellt wird:

470 kg Phenol, 100 kg Tungöl und 2 kg konz. Schwefelsäure läßt man 30 min bei 393 K reagieren, setzt 150 kg DCPD-Konzentrat zu und läßt weitere 30 min bei 393 K reagieren. Nach Zusatz von 415 kg Formalin (37%ig) und 30 kg Triethylamin erfolgt die Harzkondensation 70 min unter Rückfluß. Nach Abdestillieren des Wassers werden 190 kg Triphenylphosphat sowie Methanol und Toluol zugesetzt.

Das Harz wird wie folgt charakterisiert:

B-Zeit	11,7 min
Viskosität bei 293 K	260 mPa · s
Festkörpergehalt	58 %
freies Phenol (Festharz)	11,2 %
freier Formaldehyd (Festharz)	1,3 %

Das Imprägnieren erfolgt unter den in Beispiel 1 angegebenen Bedingungen. Die so erhaltenen Prepregs werden als Deckböden verwendet. Als Füllbögen werden Prepregs nach Beispiel 1 hergestellt. Zwei Deckbögen werden zusammen mit 6 Füllbögen 30 min bei 423 K und 8 MPa zu Schichtpreßstoffen verpreßt. Die Schichtpreßstoffeigenschaften entsprechen den in Normblättern festgelegten Kennwerten (Tabelle).

Beispiel 3

Nach Beispiel 1 erhaltenes vorimprägniertes Cellulosepapier wird mit einem modifizierten PF-Harz imprägniert, das wie folgt hergestellt wird: 3,5 kg p-Toluensulfonsäure, 470 kg Phenol, 150 kg DCPD-Konzentrat läßt man 30 min bei 353 K reagieren, setzt 140 kg Tungöl zu und läßt weitere 30 min bei 353 K reagieren. Nach Zusatz von 415 kg Formalin (37%ig) und 30 kg Triethylamin erfolgt die Harzkondensation 70 min unter Rückfluß. Nach Abdestillieren des Wassers werden 200 kg Diphenylcresylphosphat sowie Methanol, Toluol und Isobutanol und als Flammschutzmittel Tetrabromdian sowie Antimontrioxid (8 bis 7 kg auf 100 kg Harzlösung) zugesetzt.

Das Harz weist folgende Kennwerte auf:

B-Zeit:	12,2 min
Viskosität bei 20 °C:	274 mPa · s
Festkörpergehalt:	60 %
freies Phenol (Festharz):	12,4 %
freier Formaldehyd (Festharz):	1,0 %

Das Imprägnieren und Verpressen erfolgt unter den in Beispiel 1 angegebenen Bedingungen, die Schichtpreßstoffeigenschaften entsprechen den in Normblättern festgelegten Kennwerten (Tabelle).

Verbundeigenschaften

Testmethode	Norm	Kennwerte		
		Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3
UL 94-Test				
(Nachbrenndauer, s/Stufe)	≤ 50/VO	23/VO	18/VO	25/VO
Elementarzusammensetzung Br/P (%)	–	1,5/1,2	1,2/1,2	2,6/1,1
Wölbung (mm)				
(nach 30 min 150 °C)	≤ 1	0,5	0,5	0,8
Schrumpfung (nach 30 min 150 °C)				
(längs/quer × 10 ⁻² %)	5 ± 3/9 ± 4	6/10	5/8	7/10
Stanzverhalten				
(DIN 40 803)	≤ 2,0	1,7	1,8	1,3
Wasseraufnahme				
(DIN 40 802) (%)	≤ 0,7F	0,25	0,23	0,27
dielektrischer Verlust-				
faktor (96/40/93)	≤ 0,05	0,03	0,03	0,03
Oberflächenwiderstand				
(96/40/93) (Ohm)	≥ 5 · 10 ¹⁰	7 · 10 ¹¹	8 · 10 ¹¹	8 · 10 ¹¹
Lötbadbeständigkeit (s)				
(bei 533 K)	≥ 10	45	60	50
Kantenkorrosion A/B	≥ 1,6	1,6	1,4	1,4
Lösungsmittelbeständigkeit				
(CH ₂ Cl ₂)	0 ¹⁾	0	0	0

1 Bemerkung: 0 – keine Veränderungen nach Lagerung in CH₂Cl₂