

Projektziel

Ziel des Projektes ist es, Methoden für eine zuverlässige und dauerhaft dichte Umspritzung zu entwickeln. Im Vordergrund steht die Umspritzung der Metall- bzw. Schirmhülse. Ferner sollen prozessintegrierte Methoden entwickelt werden, die die zeitversetzte Schwindung und das Ausschwitzen von niedermolekularen Stoffen aus dem Rundleiter (Ursache für Undichtigkeiten) nach dem Umspritzprozess vorwegnehmen.

Projektleistungen

Dichte Umspritzungen einer Metall- bzw. Schirmhülse

- Erstellung eines Versuchswerkzeugs zum Umspritzen von Metallhülsen mit Rundleitern
- Recherche von Möglichkeiten zur dauerhaften Verbindung zwischen Metallhülse und Umspritzmaterial
 - Dichtigkeitssteigerung durch gezielte Hinterschnitte in der Metallhülse, eingebracht durch Lasergravur, Rändeln etc.
 - Einsatz von Haftvermittlern
 - Haftungsmodifizierte Kunststoffe

Zeitversetzte Schwindung und Ausschwitzung von niedermolekularen Stoffen nach dem Umspritzen von Rundleitern

- Ursachenfindung
- Nachstellungsmöglichkeiten im Labor
- Recherche einer prozessintegrierten Methode zur Vorwegnahme der Schwindung und Ausschwitzung der Rundleiter
- Herstellung von optimierten Probekörpern
- Mehrwöchige Dauerversuche durch Klimawechseltests mit anschließender Dichtigkeitsprüfung
 - Einbinden von Kundenteilen möglich

Allgemeines

- ca. fünf Projektmeetings im Projektverlauf
- Wissensvorsprung durch Erlangung von Kenntnissen im Bereich der Umspritzung von Rundleitern und Metallgehäusen
- Ergebnisse aus dem Vorgängerprojekt können erworben werden

Projektdaten

Projektname: Umspritzen von Rundleitern 3
Projektstart: November 2013
Projektlaufzeit: 2 Jahre
Projektkosten: 6.780 €/Jahr*

Die Rechnungsstellung erfolgt in Teilbeträgen jeweils zum Start des Projektes und nach einer Laufzeit von einem Jahr.

*Mitgliedsfirmen der Trägergesellschaft des Kunststoff-Instituts Lüdenschied zahlen einen um zehn Prozent ermäßigten Projektbeitrag.

Quereinstieg möglich

Auch wenn Sie sich nicht zu Projektbeginn für eine Teilnahme entscheiden, ist ein Quereinstieg jederzeit möglich.

Information

Weitere Auskünfte zum Projektinhalt und -ablauf erhalten Sie über unsere Internetseite oder durch einen direkten Kontakt:

B. Eng. Andreas Wortmann

+49 (0) 23 51.10 64-181
wortmann@kunststoff-institut.de

Dipl.-Ing. Marius Fedler

+49 (0) 23 51.10 64-170
fedler@kunststoff-institut.de

Kunststoff-Institut

für die mittelständische Wirtschaft NRW GmbH
(K.I.M.W.)

Karolinenstraße 8 | 58507 Lüdenschied

Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-191

Fax: +49 (0) 23 51.10 64-190

www.kunststoff-institut.de | mail@kunststoff-institut.de

Verbund-
projekt



3. Projekt

Umspritzen von Rundleitern

Prozessstabile Haftung zu Metall-,
Schirmhülse und Rundleiter

Einleitung**Umspritzen von Rundleitern**

Das Umspritzen von Rundleitern ist seit vielen Jahren etabliert und wurde bereits in zwei Verbundprojekten des Kunststoff-Instituts behandelt. Vorteile der Umspritzung von Rundleitern zur Realisierung von Steckern, Y-Verteilern etc. sind die gegenüber dem Montageprozess geringere Teilevielfalt, die Herstellung in einem einzigen Prozessschritt, die Realisierung manipulationssicherer Gehäuse usw.

Stand der Technik

Das Umspritzen von Rundleitern und Kabeln wird in unzähligen Geschäftsbereichen angewendet. Entsprechende Umspritzungen werden als Kabelverzweiger, zur Realisierung von Steckerkontakten etc. eingesetzt. An den Verbund werden jedoch immer größere Anforderungen hinsichtlich der Dichtigkeit der Verbundhaftung (auch bei chemisch inkompatiblen Materialien bei gleichzeitig hoher Prozessstabilität) gestellt.

Problemstellung

Wurde in den vergangenen Projekten der Fokus auf die Mediendichtigkeit zwischen Mantel- und Umspritzmaterial gelegt, liegt der neue Schwerpunkt auf der Verbundhaftung des Umspritzmaterials zur eingesetzten metallischen Komponente, wie etwa verzinkten Gehäusen oder auch Schirmhülsen.

Aktuell wird der Verbund zwischen Umspritzmaterial und Metallgehäuse durch die Schwindung des Umspritzmaterials und seltener durch den Einsatz von Haftvermittlern realisiert. Bei der Wahl des geeigneten Haftvermittlers steht der Anwender vor der Notwendigkeit einer zielgerechten Auswahl sowie der Findung geeigneter Ansprechpartner. Verlässt sich der Anwender hingegen lediglich auf die Schwindung des Umspritzmaterials, kommt es bei den Produkten oft zu einer zeitlich versetzten Relaxation, die zur Undichtigkeit des Produktes führen kann.

Umspritzen von Rundleitern**Projektschwerpunkt****Haftung vom Umspritzmaterial zu Metallgehäusen und anderen metallischen Komponenten**

Bei geringen Dichtigkeitsanforderungen kann ein ausschließliches Umspritzen der Schirmhülse zum Erreichen der gewünschten Performance genügen. Steigen diese Anforderungen jedoch, reicht das ausschließliche Umspritzen nicht mehr aus und es muss ein Mehraufwand kalkuliert werden. Zur Dichtigkeitssteigerung sollen formschlüssige Dichtigkeitskonzepte durch Lasergravur, Rändel, Labyrinth o. ä. untersucht werden. Diese formschlüssigen Lösungen bieten die Vorteile einer schnellen Umsetzung, einer Erhöhung der Zugkraft sowie gegenüber dem Einsatz von Haftvermittlern eine unendliche Lagerstabilität. In diesem Zu-

Was ist ein Verbundprojekt?

In den Verbundprojekten entwickelt das Institut für die teilnehmenden Unternehmen ein innovatives Thema. Dieses ist praxisnah, mit hohem technologischem Know-how und wird ausschließlich über Teilnehmer-Beiträge finanziert.

Vorteile eines Verbundprojektes

- Kostensharing = niedrige Projektbeiträge pro Teilnehmer
- Geringe Personaleinbindung der teilnehmenden Firmen
- Technologische Marktführerschaft
- Netzwerkbildung
- Interdisziplinärer Erfahrungsaustausch
- Mitarbeiterweiterbildung/-qualifizierung

Zeit- und kostenintensive Untersuchungen sowie die Projektabwicklung erfolgen ausschließlich durch das Institut. Die Personaleinbindung der Firmen beschränkt sich im Minimum auf die Teilnahme an den Projekttreffen (i. d. R. zwei- bis dreimal im Jahr).

Geheimhaltung

Sämtliche Projektergebnisse unterliegen während der Projektlaufzeit der Geheimhaltung. Ergebnisse von firmenspezifischen Untersuchungen werden vertraulich behandelt.

sammenhang zu klärende Fragen richten sich auf die optimale Geometrie, das wirtschaftlichste Verfahren und die erreichbaren Dichtigkeiten. Sie sollen durch praktische Versuche geprüft und beantwortet werden.

Zeitversetzte Schwindung und Ausschwitzung von niedermolekularen Stoffen nach dem Umspritzen von Rundleitern

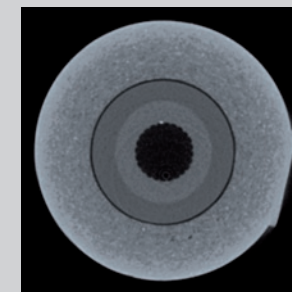
Untersuchungen zeigen, dass viele Rundleiter durch den Umspritzvorgang schwinden, wodurch es zu einer deutlichen Spaltbildung zwischen Gehäuse und Rundleiter kommen kann. Projektziel ist es, Methoden zur Vorwegnahme der Schwindung zu finden und zu erproben. Zudem erschweren Ausschwitzungen niedermolekularer Stoffe (wie Butylstearat oder Weichmacher), die aus dem Rundleiter austreten, einen dauerhaften Verbund. Diese Stoffe und ihr Einfluss auf die Umspritzung sollen beleuchtet und durch geeignete Verfahren vorweggenommen werden.

Dauertests

Mehrwöchige Dauerversuche durch Klimawechseltests mit anschließender Dichtigkeitsprüfung sollen den Einsatz der untersuchten Einheiten garantieren. Das Einbinden von Kundenteilen ist möglich.

Anwendungsgebiete

Umgesetzt werden kann dieses Verfahren überall dort, wo Rundleiter erhöhte Dichtigkeitsanforderungen, kombiniert mit der Umspritztechnik, erreichen sollen.



Umspritzter Rundleiter mit deutlicher Spaltbildung in der Grenzschicht, verursacht durch Nachschwindungseffekte des Mantels

 KUNSTSTOFF
INSTITUT
LÜDENSCHELD



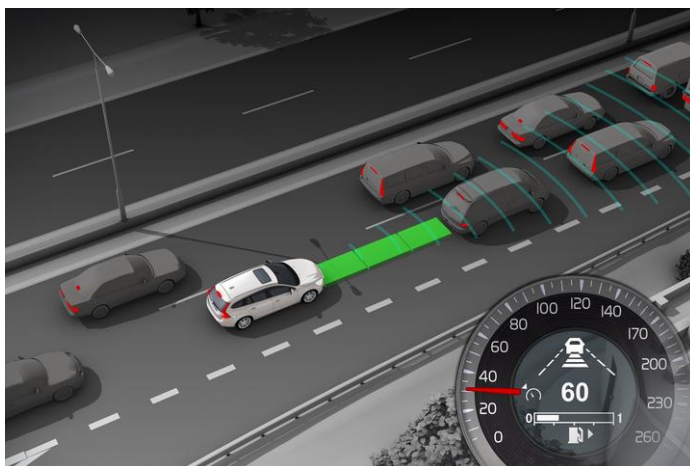
Umspritzen von Rundleitern 3

Prozessstabile Haftung zu Metall-, Schirmhülse und Rundleiter

Warum Dichtigkeit?



Was passiert wenn die Sensorik versagt?



Quelle: www.motorvision.de

Warum Dichtigkeit?



Was passiert wenn die Module oder die Verkabelung versagen?



Photovoltaikmodule

Quelle: selendi-extra.at

© Kunststoff-Institut Lüdenscheld

I Verbundprojekt "Umspritzen von Rundleitern 3"

I

I 3

Warum Dichtigkeit?



- Einfluss auf die Übertragungsqualität und die übertragbaren Ströme?



© Kunststoff-Institut Lüdenscheld

I Verbundprojekt "Umspritzen von Rundleitern 3"

I

I 4

Was bedeutet „dicht“ eigentlich?



- „Dicht“ ist Definitionssache!
- Generell: Gemessene Leckrate < Zulässige Leckrate
- Beispiele für formulierte Anforderungen
 - Absolut dicht!
=> Nicht möglich
 - Dicht gegenüber Wasser oder Öl!
=> Unter welchen Bedingungen? Mit welchen Medien (Viskosität, Druck, Temperatur, Bauteilzustand,...)
 - So dicht, dass Wasser nicht in schädlichem Maße eintritt!
=> Welche Menge an Wasser ist schädlich?
- ...

Umspritzen von Rundleitern 3

PROBLEMSTELLUNG SCHWINDUNG VON RUNDLEITERN



Vorteile der Kabelumspritzung

- Geringer Montageaufwand
- Reduzierung der Herstellkosten
- Bauteile fallen „fertig“ aus der Maschine
- Individuelles Design
- geringere Teilevielfalt zur Konfektionierung
- vor Fremdzugriff geschützte Verbindung
- ...



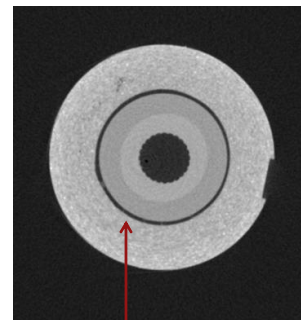
Quelle: Amphenol-Tuchel Electronics GmbH



Quelle: Seco Contact

Problemstellungen beim Umspritzen von Rundleitern

- Fixierungen im Werkzeug
- Automatisierung
- Undichtigkeiten / Fehlende Anbindung
- Litzen und Kabelverwerfung
- Kabelverquetschungen vs. Gratbildung
- Aufplatzen des Mantels / Eindringen des Umspritzmaterials in den Mantel
- Isolationswirkung des Mantels
- Thermisch ausgelöste Reaktionen des Mantels
 - Schwindung
 - Ausschwitzungen



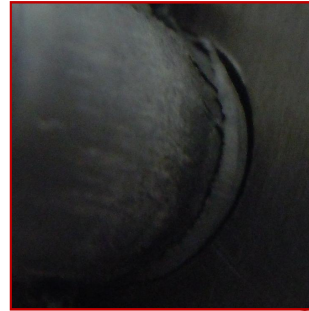
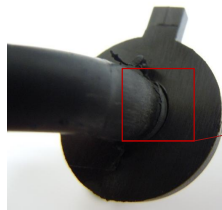
Spaltbildung zwischen Rundleiter und Umspritzung



Rundleiter „Photovoltaik 1“ Umspritzung PA66



- Deutliche Spaltbildung durch leichtes Biegen erkennbar
 - Keine Vorbehandlung des Rundleiters
- Keine Verbundhaftung realisierbar
- Das Bauteil ist undicht



© Kunststoff-Institut Lüdenscheld

I Verbundprojekt "Umspritzen von Rundleitern 3"

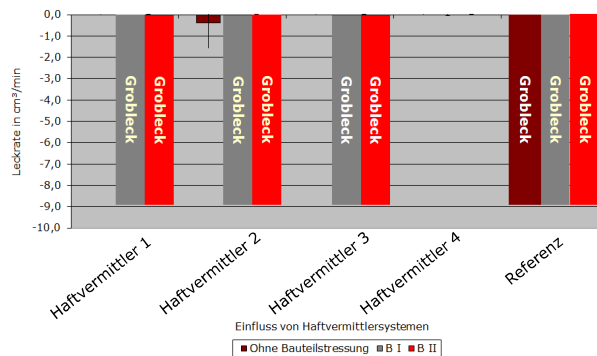
I

I 9

Einsatz von Haftvermittlern auf Rundleitern aus PE-Xc, Umspritzung PA66



- Ohne Haftvermittler sind keine oder nur unzureichende Dichtigkeiten realisierbar
 - Ähnliches gilt für Vorbehandlungsmethoden wie Plasma, Corona, Silikatisieren, Aufrauen der Oberfläche, etc.



Am Beispiel eines umspritzten Rundleiter-Demonstrators K.I.M.W.

© Kunststoff-Institut Lüdenscheld

I Verbundprojekt "Umspritzen von Rundleitern 3"

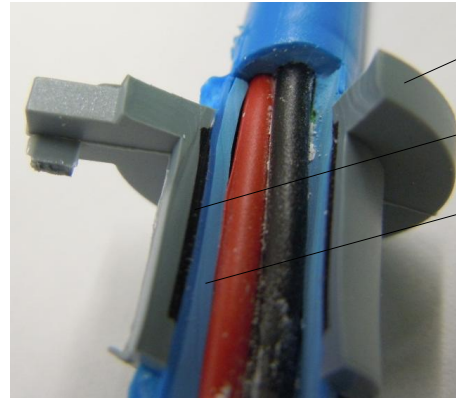
I

I 10

Lösungsansatz: Einsatz eines Hotmelt-Vorspritzlings



- Die Hotmeltvorumspritzung erhöht die Dichtwirkung deutlich!



Umspritzkomponente

Vorspritzling

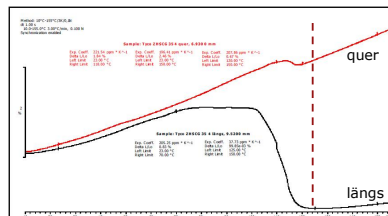
Rundleiter

Aufbau der Versuchsgeometrie

Schwindungseffekte bei Rundleitern



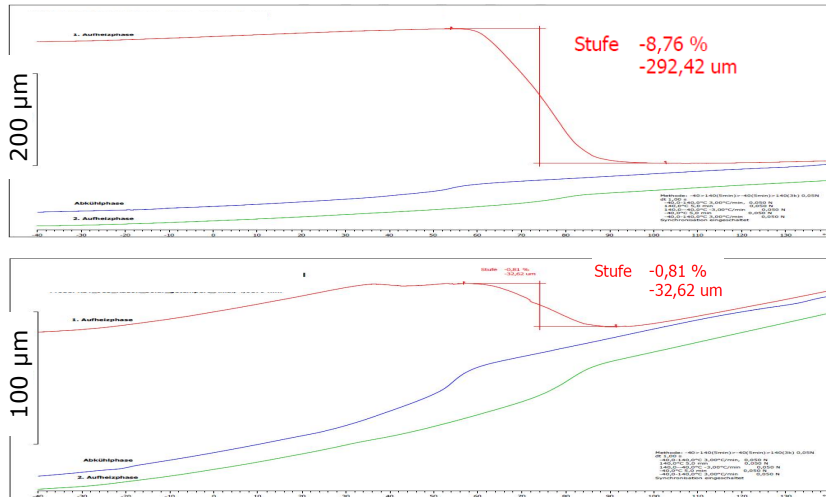
- Rundleiter weisen als Extrusionsware axial/längs sehr hohe Orientierungen und große „eingefrorene Volumina“ auf
 - Axial wird die Schwindung durch die Litzen gehindert
- Radial und tangential ist das Material kaum/nicht orientiert und es kann nahezu ungehindert auf die Litze(n) aufschwinden
 - Die Stufe bei der TMA-Analyse fällt quer zur Längsachse gemessen entsprechend geringer aus



Thermischer Längenausdehnungskoeffizient (TMA) an „Photovoltaik 3“
Freigabe bis 125°C (gestrichelte Linie)

TMA, Axiale Längenänderung Oben ungealtert, unten getempert (3h, 120°C)

KUNSTSTOFF
INSTITUT
LÜDENSCHIED



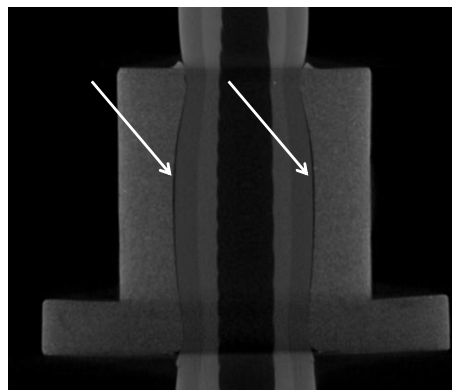
© Kunststoff-Institut Lüdenschied

Verbundprojekt "Umspritzen von Rundleitern 3"

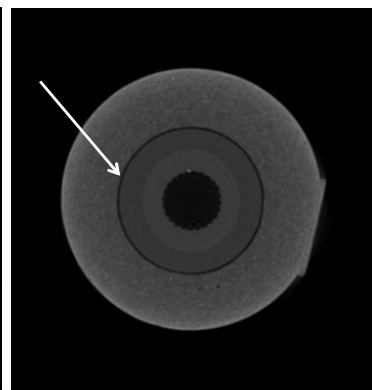
13

Spaltbildung zwischen Rundleiter und Umspritzung

KUNSTSTOFF
INSTITUT
LÜDENSCHIED



XZ-Ebene



XY-Ebene

© Kunststoff-Institut Lüdenschied

Verbundprojekt "Umspritzen von Rundleitern 3"

14

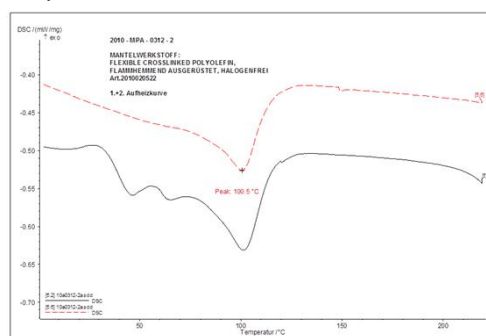
Umspritzen von Rundleitern 3

PROBLEMSTELLUNG AUSSCHWITZUNG NIEDERMOLEKULARER STOFFE

Verbundprojekt "Umspritzen von Rundleitern 3"

Thermische Reaktion des Mantelmaterials Rundleiter „Photovoltaik 3“

➤ DSC-Analyse des Mantelmaterials

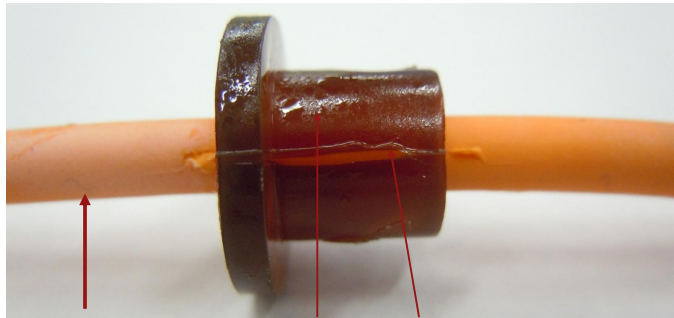


- Bei den Peaks handelt es sich höchstwahrscheinlich um niedrig-schmelzende Bestandteile (Wachse o.ä.), die einen Verbundaufbau behindern können
 - Temperaturerfassung beim Umspritzprozess 80°C;
 - Kontakttemperatur: 134°C

PVC-Rundleiter mit PVC Umspritzung



- Belagbildung am Rundleiter nach einer Klimawechsellagerung
 - Hier: Dioctyl Adipat / DOA
 - Typischer Weichmacher für PVC



Belag auf dem Rundleiter

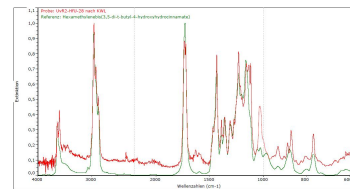
Ausschwellung der Umspritzkomponente

Spannungsriß

Belag auf Photovoltaik-Rundleiter Strahlenvernetztes Polyethylen



- Belagbildung auf dem Rundleiter nach Klimawechsellagerung
 - Hexamethylenbis(3,5-di-t-butyl-4-hydroxyhydrocinnamate)
 - $C_{40}H_{62}O_6$
 - Antioxidans

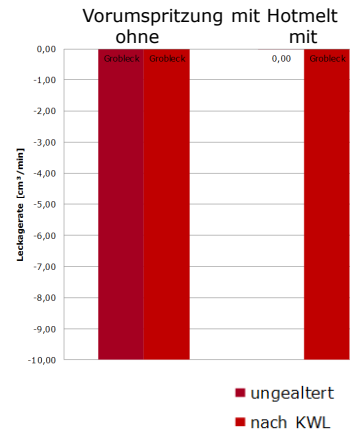


IR-Analyse des Belags

Ergebnisse einer Dichtheitsprüfung vor und nach einer Bauteilstressung



- Der Rundleiter weist nach der Klimawechselagerung (KWL) einen wachstartigen Belag an seiner Oberfläche auf
- Der Stoff migriert auch in die Grenzfläche zur Vorurmspritzung und hebt dort die vorhandene Haftung auf
 - Es bilden sich Kapillare und Spalte, die das Bauteil undicht werden lassen



Problemstellung Schwindung und Ausschwitzungen



- Beläge und Ausschwitzungen verhindern einen dauerhaften Verbund
 - Stoffe migrieren an die Manteloberfläche der Rundleiter
 - Also auch in die Grenzfläche zwischen Rundleiter und Umspritzung!
 - Wechselwirkungen dieser Stoffe mit den Umspritzkomponenten können nicht ausgeschlossen werden
- Die Schwindung der Rundleiter ist meist größer als die der Umspritzmaterialien
 - Es kommt zur Spaltbildung
- Beide Phänomene können zeitgleich auftreten
- Vorwegnahme der Schwindung und Vermeidung bzw. Entfernung der Verunreinigung durch Ausschwitzungen sind für einen dauerhaften Verbund nötig!

Umspritzen von Rundleitern 3

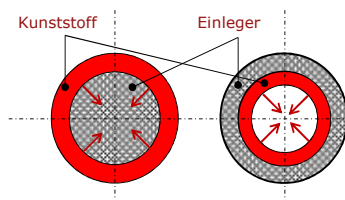
ANBINDUNG DES KUNSTSTOFFES ZU METALLISCHEN STECKERKOMPONENTEN

Verbundprojekt "Umspritzen von Rundleitern 3"

21

Kunststoff-Metall Verbunde

- Metalle sind zu Kunststoffen so unähnlich, dass sie i.d.R. keinen reinen Stoffschluss eingehen
- Die Dichtwirkung wird häufig über die Schwindung des Kunststoffes auf eine metallische Komponente erzielt
 - Dies als Kombination aus Form- und Kraftschluss



In der linken Darstellung kann der Kunststoff auf dem Einleger aufschwinnen, die Spaltbildung ist geringer als die in der rechten Darstellung, bei der der Kunststoff vom Einleger wegschwinden kann.

- Relaxation des Kunststoffes führt häufig dazu, dass sich dennoch Spalte bilden können
- Unterschiedlich ausgeprägte Wärmeausdehnung von Metall und Kunststoff erschwert einen dauerhaft dichten Verbund zusätzlich

© Kunststoff-Institut Lüdenschied | Verbundprojekt "Umspritzen von Rundleitern 3"

|

| 22

Lösungsansatz: Formschluss mit Hinterschnitten oder Labyrinthen

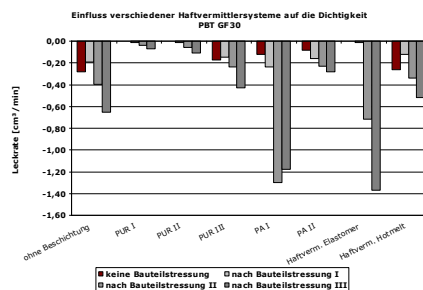


- Projektinhalt: Einfluss der umspritzten Geometrie auf die dauerhafte Dichtwirkung
- Betrachtung von Rändelgeometrien, Labyrinthen o.ä.
- Generierung von Mikro-Gravuren mittels Laser
 - Bessere „Verkrallung“ der Umspritzkomponente mit der metallischen Oberfläche
 - Geometrie muss definiert werden
 - Öffnungswinkel, Tiefe, Breite, Anzahl, Abstand, Orientierungen/Ausrichtung zueinander, etc.
- Im Vergleich zu Haftvermittlern „unendliche“ Lagerstabilität

Lösungsansatz: Einsatz von Haftvermittlern



- Haftvermittler können die Dichtwirkung verbessern
- Die Applikation ist häufig nur partiell gewünscht
- Für jede Materialkombination ist ein eigenes Haftvermittlersystem zu betrachten!
- Die Lagerfähigkeit ist begrenzt



Probekörper: KIMW Stanzgitter-Demonstrator
 B I: Klimawechsel 288 h bei -30° C bis +80° C
 B II: Klimawechsel 168 h bei -40° C bis +125° C
 B III: Klimaschock 168 h bei -40° C bis +150° C

Realisierung einer mediendichten Hülzenspritzung



- Bewertung des Verbundes
 - Definieren der Versuchsgeometrie
 - Erstellung eines Versuchswerkzeuges
 - Haftvermittlerapplikation
 - Einbringen der Hinterschnitte / Labyrinth / o.ä.
 - Umspritzen der Hülse
 - Messung auf Dichtheit
 - Berücksichtigung von Referenzbauteilen
 - Bauteilstressung(en), bspw. in Form einer Klimawechsellagerung
 - Erneute Messung(en)

Zusammenfassung



- Das Umspritzen von Rundleitern ist ein Mehrkomponenten-Prozess
 - Kommen weitere Materialien -bspw. Hotmelts, Primer, o.ä., die der Dichtigkeitssteigerung dienen sollen- hinzu wird es ein 3K-Prozess, bei dem alle Komponenten aufeinander abgestimmt sein müssen
- Einfluss der „Ausschwitzungen“ und des Schwindungsverhaltens von Rundleitermaterialien gilt es zu bestimmen um so einen dauerhaften Verbund zu realisieren
- Die Anbindung auf weitere Stecker-/Gehäusematerialien muss gegeben sein
 - Dichtheit, bspw. an partiell umspritzten Schirmhülsen, wird gefordert
 - Abstimmung aller verwendeten Materialien aufeinander mit Hinblick auf den späteren Anwendungsfall

Umspritzen von Rundleitern 3

- Projektstart: November 2013
- Projektlaufzeit: 2 Jahre
- Projektkosten: 6.780 €/Jahr
 - Mitgliedsfirmen der Trägergesellschaft des Kunststoff-Instituts Lüdenscheid zahlen einen um zehn Prozent ermäßigten Projektbeitrag
- Kontakt
 - B. Eng. Andreas Wortmann
+49 (0) 23 51.10 64-181
wortmann@kunststoff-institut.de
 - Dipl.-Ing. Marius Fedler
+49 (0) 23 51.10 64-170
fedler@kunststoff-institut.de



Kunststoff-Institut Lüdenscheid
Frau Blagica Ivanovic
Karolinenstr. 8
58507 Lüdenscheid

per Fax: +49 (0) 23 51.10 64-190
per E-Mail: mail@kunststoff-institut.de

Anmeldung zum Projekt:

Umspritzen von Rundleitern 3

Hiermit bestätigen wir verbindlich unsere Teilnahme an dem Projekt.

Projektleiter:..... B.Eng. Andreas Wortmann
Dipl.-Ing. Marius Fedler
Projektkosten:..... 6.780 €/Jahr
Laufzeit:..... 2 Jahre
Projektstart:..... November 2013
Mitgeltende Unterlagen:..... AGB und Projektflyer

Reisekosten sind nicht mit inbegriffen. Mitgliedsfirmen der Trägergesellschaft des Kunststoff-Instituts Lüdenscheid zahlen einen um zehn Prozent ermäßigten Projektbeitrag.

- ☐ Unsere Einkaufsbestell-Nr. lautet: _____
- ☐ Wir reichen unsere Einkaufsbestell-Nr. nach _____
- ☐ Die Rechnungserstellung erfolgt ohne Einkaufsbestell-Nr.

Die Einkaufsbestell-Nr. muss spätestens nach Ablauf von zwei Wochen nachgereicht werden!
Sollte nach Ablauf der Frist noch keine Bestell-Nr. vorliegen, erfolgt die Rechnungsstellung ohne diese Angabe.

Firma*		
Straße*		
PLZ/Ort*		
Telefon		
Telefax		
Folgende Personen nehmen voraussichtlich teil*:	Durchwahl/E-Mail*:	
1.	/	
2.	/	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div>_____ Datum</div> <div>_____ rechtsverbindliche Unterschrift / Stempel</div> </div>		

***erforderliche Angaben**