



Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung

Hinweise zu den Prüfungen

B11: April 2020

Charakterisierung der Schweiß Eigenschaften einer
Polyethylen-Formmasse

herausgegeben vom
Fachbereich 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“

Die *Hinweise zu den Prüfungen* und die Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen sowie Listen zugelassener Kunststoffdichtungsbahnen, weiterer auf der Grundlage der Deponieverordnung zugelassener Produkte und Zulassungsrichtlinien für Geokunststoffe und Dichtungskontrollsysteme können als pdf-Dateien von der Internetseite der BAM unter:

<http://www.tes.bam.de/de/mitteilungen/abfallrecht/index.htm> heruntergeladen werden.

Vorwort

Dieser Hinweis zu den Prüfungen, auf den in der Tabelle 3 Nr. 3.9 der *Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen* verwiesen wird, wurde zusammen mit der Arbeitsgruppe *Kunststoffdichtungsbahnen* des Fachbeirats erarbeitet. Nach der Deponieverordnung (Anhang 1 Absatz 2.4) berät der Fachbeirat die BAM bei der Erarbeitung von Zulassungsrichtlinien für Geokunststoffe, Polymere und Dichtungskontrollsysteme, die in Deponieabdichtungen eingesetzt werden.

Inhalt

Vorwort	3
1. Einleitung	5
2. Anwendungsbereich	5
3. Normative Verweise	6
4. Bewertung der Schweißeigenschaften von Formmassen aus Polyethylen	6
5. Prüfverfahren und Auswertung	7
Literaturhinweis	9

1. Einleitung

Kunststoffdichtungsbahnen können nur dann für die Verwendung in Deponieabdichtungen zugelassen werden, wenn ein zuverlässiges Fügen mit haltbaren und kontrollierbaren Fügenähten auch bei sehr großen Nahtlängen möglich ist. Als Werkstoffe kommen daher praktisch nur Thermoplaste infrage, die durch Schweißen gefügt werden können. Die Dichtungsbahnen müssen dabei überlappt verlegt werden und in der Regel mittels Heizkeilschweißen durch Überlappnähte mit Prüfkanal (Regelnähte) geschweißt werden. Wo dies nicht möglich ist (z. B. bei Reparaturstellen, Anschlüssen etc.), muss mittels Warmgasextrusionsschweißen durch Auftragnähte gefügt werden.

Dichtungsbahnen aus Elastomeren, die geklebt werden müssen, kommen nicht in Betracht. Es können hier nur einfache Überlappnähte hergestellt werden. Maschinelle Verfahren sind auf der Deponiebaustelle praktisch nicht realisierbar. Eine großflächige Vorkonfektionierung solcher Dichtungsbahnen in speziell eingerichteten Produktionsstätten kommt ebenfalls praktisch nicht in Betracht, da die Mindestdicke der Dichtungsbahnen 2,5 mm betragen muss. Bei den großen abzudichtenden Flächen würde wegen des enormen Gewichts der vorkonfektionierten Dichtungselemente der Einbau an den Problemen beim Transport und der Verlegung scheitern.

2. Anwendungsbereich

Im Folgenden wird beschrieben, wie die Schweiß Eigenschaften von Formmassen aus Polyethylen (PE) im Hinblick auf das Heizkeilschweißen von Kunststoffdichtungsbahnen aus diesen Formmassen vergleichend bewertet werden können. Es geht dabei um Formmassen aus katalytisch polymerisiertem Polyethylen. Die Dichte (ohne Ruß) liegt typischerweise zwischen 0,932 und 0,942 g/cm³, also im mitteldichten Bereich (MDPE), und die Schmelze-Massefließrate (190 °C/5 kg) zwischen 0,4 bis 3 g/10min. In der Regel enthalten die Formmassen Hexen-1- oder Okten-1-Kopolymere mit einem Anteil von einigen Prozent. Solche Formmassen werden oft auch als Linear-Low-Density Polyethylene (LLDPE) bezeichnet. Durch die Zugabe von Ruß erhöht sich die Dichte der Dichtungsbahnen, so dass man auch von High-Density-Polyethylene (HDPE) Dichtungsbahnen spricht. In gewissem Umfang können diese Hinweise jedoch auch auf andere Thermoplaste angewendet werden.

3. Normative Verweise

Die im Folgenden genannten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die Ausgabe, auf die Bezug genommen wird. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des Dokuments einschließlich aller Änderungen.

DIN EN ISO 9862: *Geokunststoffe – Probenahme und Vorbereitung von Messproben.*

DVS-R 2203-4 (1997-07): *Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen – Zeitstand-Zugversuch*

DVS-R 2225-4 (2006-12): *Schweißen von Dichtungsbahnen aus Polyethylen (PE) für die Abdichtung von Deponien und Altlasten*

DVS-R 2226-2 (1997-07): *Prüfen von Fügeverbindungen an Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Zugscherversuch*

DVS-R 2226-3 (1997-07): *Prüfen von Fügeverbindungen an Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Schälversuch*

DVS-R 2226-4 (2000-11) *Prüfen von Fügeverbindungen an Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Zeitstand-Zugversuch an Polyethylen*

4. Bewertung der Schweiß Eigenschaften von Formmassen aus Polyethylen

Die Dichtungsbahnen aus einer neuen Formmasse müssen mit den üblichen Maschinen und Geräten zuverlässig und haltbar geschweißt werden können. Bei der Bewertung der Schweiß Eigenschaften stützt man sich zunächst auf die Erfahrungen der Schweißer, die die Schweißnähte (Heizkeil-Doppelnähte und Auftragnähte) nach den Vorgaben der DVS-R 2225-4 herstellen und prüfen. Dabei werden typische Bereiche für die Schweißparameter angegeben und die äußere Beschaffenheit, die geometrischen Eigenschaften, die Festigkeit und die Dichtigkeit der Schweißnähte nach bestimmten Verfahren geprüft. Auf dieser Grundlage erfolgt eine erste qualitative und in gewissem Umfang auch quantitative Bewertung der Schweiß Eigenschaften.

Von G. Lüders wurde ein Verfahren für Heizkeil-Doppelnähte mit Prüfkanal angegeben, mit dem die Schweißparameter (Temperatur, Andruck und Geschwindigkeit) so gewählt werden können, dass ein optimales Schweißergebnis erzielt werden kann. Die „Güte“ einer Schweißnaht wird dabei anhand der Standzeiten im Zeitstand-Schälversuch und dem Bruchbild der geschälten Schweißnähte beurteilt. Die Schweißparameter

können nach diesem Verfahren für eine bestimmte Maschine so gewählt werden, dass ein Maximum in der Standzeit im Zeitstand-Schälversuch erreicht wird. Das Verfahren wurde in mehreren Beiträgen zur Fachtagung „Die sichere Deponie“ vorgestellt [1-4]. Eine zusammenfassende Darstellung findet sich in [5].

Auf der Grundlage dieses Verfahrens kann die Bewertung der Schweiß Eigenschaften einer neuen Formmasse vertieft werden. Dazu werden Heizkeil-Doppelnähte mit unterschiedlichen Schweißparametern mit einer bestimmten Schweißmaschine geschweißt und die zugehörige mittlere Standzeit im Zeitstand-Schälversuch gemessen. Durch ein systematisches Untersuchungsprogramm kann dabei die bei der Wahl bestimmter Schweißparameter maximal erreichbare mittlere Standzeit ermittelt werden. In der Regel genügt es jedoch sich an den Festlegungen von Schweißparametern von erfahrenen Schweißern zu orientieren und bei diesen Parametern die mittlere Standzeit zu bestimmen. Im Hinblick auf diese bei optimaler Wahl der Schweißparameter „maximal“ mögliche mittlere Standzeit können dann Mindestanforderungen gestellt werden. Insbesondere können damit die Eigenschaften einer neuen Formmasse mit den Eigenschaften einer bekannten Formmasse direkt quantitativ verglichen werden. Zugleich erhält man einen Einblick in den zulässigen Bereich von Schweißparametern.

5. Prüfverfahren und Auswertung

So wie aufbauend auf den Zugscherversuch nach DVS-R 2226-2 ein Zeitstand-Zugversuch durchgeführt werden kann (DVS-R 2226-4), so kann aufbauend auf dem Schälversuch nach DVS-R 2226-3 ein Zeitstand-Schälversuch durchgeführt werden. Die Proben werden dabei nach DIN EN ISO 9862 entnommen. Aus diesen Proben werden die Messproben hergestellt, die auch beim Schälversuch eingesetzt werden. Weitere Hinweise zur Herstellung der Messproben finden sich in der DVS-R 2203-4. Die Versuchsdurchführung beim Zeitstand-Schälversuch geschieht in enger Anlehnung an die DVS-R 2226-4 und DVS-R 2203-4. Dort werden auch die Prüfgeräte beschrieben.

Für die Prüfung werden im Einzelnen folgende Bedingungen gewählt: Temperatur: $(80 \pm 2) ^\circ\text{C}$; Prüfmedium: entionisiertes Wasser mit 2 Vol.-% Netzmittel; Schälkraft: 6 N/mm.

Als Netzmittel dient Nonylphenolpolyglykoether mit ca. 15 Gliedern der Ethylenoxidskette, z. B. Arkopal® N 150. Nur solche höherkettigen Netzmittel bieten die Gewähr, dass sie auch bei der hohen Prüftemperatur in Lösung bleiben. Bei der Verwendung

anderer Netzmittel, z. B. Igepal® CO-630, Igepal® BC-9, Tergitol® NP-9, Arkopal® N 100 mit nur 9 bis 10 Gliedern der Ethylenoxidskette muss die Prüfflüssigkeit durch ein Rührwerk umgerührt werden. Man beachte, dass die Standzeiten in der Regel mit der Kettenlänge des Netzmittels ansteigen. Die Schälkraft wird als Linienkraft bezogen auf die Breite des Messbereichs des Probekörpers und damit auf die Länge des geprüften Schweißnahtabschnitts bezogen. Bei einer Probenbreite von 15 mm ergibt sich eine Zugkraft von 90 N.

Gemessen werden die Standzeiten bis zum vollständigen Aufschälen der Proben an mindestens 5 Probekörper aus einer mit bestimmten Schweißparametern hergestellten Schweißnaht. Im Rahmen der Zulassung wird an die Formmasse folgende Anforderung gestellt: Im Optimum der Auswahl der Schweißparameter muss das geometrische Mittel für die Standzeit im Zeitstand-Schälversuch mindestens 150 Stunden betragen.

Bei der Anwendung und Interpretation dieser Hinweise muss folgender Sachverhalt beachtet werden. Die Anforderung an die Standzeit setzt eine untere Grenze, die von einer Formmasse aufgrund ihrer Schweiß Eigenschaften mindestens erreicht werden muss. Nur Dichtungsbahnen aus solchen Formmassen werden zugelassen. Es ist möglich, dass optimale Schweißnähte aus bestimmten zugelassenen Formmassen tatsächlich eine wesentlich höhere mittlere Standzeit erreichen. Der Grenzwert der Standzeit von 150 Stunden darf daher nicht als Maß für die Qualität einer Schweißnaht selbst verwendet werden. Eine Schweißnaht, die nicht in einem optimalen Bereich der Schweißparameterwahl geschweißt wurde und damit nicht die zugehörige, für die gewählte zugelassene Formmasse typische mittlere Standzeit erreicht, ist eine mangelhafte Naht, auch wenn der Wert ihrer mittleren Standzeit selbst 150 Stunden übersteigt.

Literaturhinweis

1. Lüders, G.: Zeitstandschälverhalten von Heizkeilschweißnähten in Zusammenhang mit ihren Schweißparametern. In Knipschild, F. W. (Hrg.) Tagungsband der 13. Fachtagung "Die sichere Deponie". Würzburg: Süddeutsches Kunststoffzentrum (SKZ) (1997), S. D1-D29.
2. Lüders, G.: Praxiserprobung eines Modells zur Bewertung der Qualität von heißkeilgeschweißten Überlappnähten. Tagungsband der 15. Fachtagung "Die sichere Deponie". Würzburg: Süddeutsches Kunststoffzentrum (SKZ) (1999), S. M1-M20.
3. Lüders, G.: Qualitätssicherung beim Heizkeilschweißen von Dichtungsbahnen. In Knipschild, F. W. (Hrg.) Tagungsband der 17. Fachtagung: Die sichere Deponie, Sicherung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen. Würzburg: Süddeutsches Kunststoffzentrum (SKZ) (2001).
4. Lüders, G.: Stand der Technik bei maschinellen Heizkeilschweißen von Dichtungsbahnen aus PEHD. In Knipschild, F. W. (Hrg.) Tagungsband der 18. Fachtagung: Die sichere Deponie, Sicherung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen. Würzburg: Süddeutsches Kunststoffzentrum (SKZ) (2002).
5. Müller, W. W.: Handbuch der PE-HD-Dichtungsbahnen in der Geotechnik. Basel: Birkhäuser Verlag 2001.