

Bericht 906_4890

Bestimmung von Schaumparametern und Wärmeleitfähigkeit λ_{50}
der Wärmedämmung eines Kunststoffmantelverbundrohres nach
EN 253:2009

Auftrag von

ZPU Kazimierz Jonca Sp. z o.o.

Międzyrzecz, Polen

vom 20.07.2009

Institutsleitung:

Dipl.-Ing. Thomas Grage

Projektleitung:

Dipl.-Ing. Matthias Kahle

Hemmingen, 06.10.2009

Der Bericht enthält 15 Seiten.

Urheberrechtlich geschützt.

Inhalt

1.	Vorgang und Aufgabenstellung	3
2.	Prüfmaterial	4
3.	Prüfungsdurchführung	5
4.	Ergebnisse	6
4.1.	Geometrie und Optik	6
4.2.	Koaxialitätsabweichung	9
4.3.	Überwachungssystem	9
4.4.	Wärmeleitfähigkeit (ungealtert)	10
4.5.	Parameter der Wärmedämmung (ungealtert)	10
4.6.	Zellgaszusammensetzung (ungealtert)	13
4.7.	Bruchdehnung	14
5.	Zusammenfassende Beurteilung	15
5.1.	Geometrie & Koaxialitätsabweichung	15
5.2.	Überwachungssystem	15
5.3.	Parameter der Wärmedämmung	15

1. Vorgang und Aufgabenstellung

Das Fernwärme-Forschungsinstitut in Hannover e.V. (FFI) wird von ZPU Kazimierz Jonca Sp. z o.o. beauftragt, an einem Kunststoffmantelverbundrohr (KMR) der Dimension DN 50/125 folgende Untersuchungen nach EN 253:2009 durchzuführen:

- Bestimmung des Außendurchmessers vom Stahlrohr
- Optische Begutachtung der Stahlrohroberfläche an den Enden
- Optische Begutachtung der Ummantelung
- Bestimmung der Bruchdehnung
- Bestimmung der Hohlräume und Blasen
- Bestimmung der Druckfestigkeit
- Bestimmung des Außendurchmessers der Ummantelung
- Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit λ_{50} der Wärmedämmung im nicht gealterten Zustand inklusive Bestimmung der Dichte und Zellgröße sowie der Zellgaszusammensetzung (Die Bestimmung der Zellgaszusammensetzung erfolgt gemäß EN 253:2009 nach dem Chalmers-Verfahren)

An einem weiteren KMR der Dimension DN 50/125 sollen folgende Untersuchungen stattfinden:

- Bestimmung des Außendurchmessers vom Stahlrohr
- Bestimmung der Wandstärke vom Stahlrohr
- Optische Begutachtung der Stahlrohroberfläche an den Enden
- Optische Begutachtung der Ummantelung
- Bestimmung der Länge der freien Rohrenden
- Bestimmung des Außendurchmessers der Ummantelung
- Bestimmung der Wandstärke der Ummantelung

2. Prüfmaterial

Das FFI erhält am 27.08.2009 ein KMR DN 50/125 mit einer Länge von 6 Metern. Ein weiteres KMR DN 50/125 erhält das FFI am 02.10.2009. Die Rohre weisen bei Anlieferung keine sichtbaren Schäden auf.

3. Prüfungsdurchführung

Die Prüfungsdurchführung erfolgt nach EN 253:2009 sowie EN ISO 8497 (Wärmeleitfähigkeit). Für die Prüfungen gilt folgender Arbeitsablauf:

1. Aufnahme des Zustandes der KMR bei Anlieferung mit Zuweisung der Prüfnummern
2. Optische Begutachtung des angelieferten Prüfkörpers
3. Ermittlung der Rohrgeometrien und der Koaxialitätsabweichungen
4. Prüfung der Messdrähte für das Überwachungssystem
5. Vorbereitung des KMR für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit λ_{50} (Wärmeleitfähigkeit bei einer Mitteltemperatur von +50 °C) unter Anwendung des Messverfahrens mit Schutzheizungen
6. Anpassen der Messtechnik und der Beheizung an die Mediumrohrdimension DN 50, Installation des vorbereiteten KMR samt Messtechnik und Beheizung in der institutseigenen Klimakammer
7. Messtechnische Bestimmung der Wärmeleitfähigkeiten bei drei verschiedenen Mitteltemperaturen
8. Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit λ_{50} aus den drei messtechnisch bestimmten Werten durch lineare Regression.
9. Bestimmung der folgenden Parameter der Wärmedämmung: Schaumstoffdichte, Zellengröße, Zellgaszusammensetzung, Druckfestigkeit sowie der Hohlräume und Blasen
10. Bestimmung der Bruchdehnung
11. Auswertung aller ermittelten Daten und Vergleich mit den normativ geforderten Werten.

4. Ergebnisse

4.1. Geometrie und Optik

Nachfolgend sind die Nennmaße (grau unterlegt) für das Rohr, die gemessenen Werte des Rohres und die Vorgaben der EN 253:2009 (grün unterlegt) dargestellt. Werte, die nicht den Anforderungen der EN 253:2009 genügen, sind rot unterlegt:

<i>Parameter</i>	<i>Nennmaß</i>	<i>Prüfling 2653</i>	<i>Prüfling 2688</i>	<i>EN 253:2009</i>
Außendurchmesser Mediumrohr	D_s [mm] 60,3 (DN 50)	D_s [mm] 60,40...60,50	D_s [mm] 60,30...60,50	D_s [mm] 60,0...60,6
Wanddicke Mediumrohr	T [mm] 2,9	-	T [mm] 2,85...2,95	T [mm] 2,6...3,2
Außendurchmesser Mantelrohr	D_c [mm] 125	D [mm] 125,3...128,0	D [mm] 127,6...127,9	D [mm] 125,0...132,0
Wanddicke Mantelrohr	e_{min} [mm] 3,0	-	e [mm] 3,15...3,35	e [mm] ≥ 3,0
Länge der freien Rohrenden	L [mm] -	-	$L_A = 159$ mm $L_B = 153$ mm	L [mm] ≥ 150

Tabelle 1: Geometrie

Der Aufdruck „ZPU K.J. HD PE MFR 0.43 Ø125x30“ auf dem Mantelrohr von Prüfling 2653 ist gut lesbar. Das Mantelrohr weist drei Aufkleber auf.

Der Aufdruck „ZPU K.J. HD PE 0.2 ≤ MFR ≤ 1.4 Ø125x3.0“ auf dem Mantelrohr von Prüfling 2688 ist ebenfalls gut lesbar. Das Mantelrohr weist zwei Aufkleber auf. Das Mediumrohr weist folgenden Stempel auf: ST. 37.0 EN 0217 P235 GH 5 T01 EW 8 893/03/08 09.



Bild 1: Aufkleber auf Mantelrohr, Prüfling 2653



Bild 2: Aufkleber auf Mantelrohr, Prüfling 2688

Das Mediumrohr von Prüfling 2653 verfügt über eine transparent lackierte äußere Oberfläche. Die Innenoberfläche ist sauber. An den Enden befinden sich keine Schweißfasen.

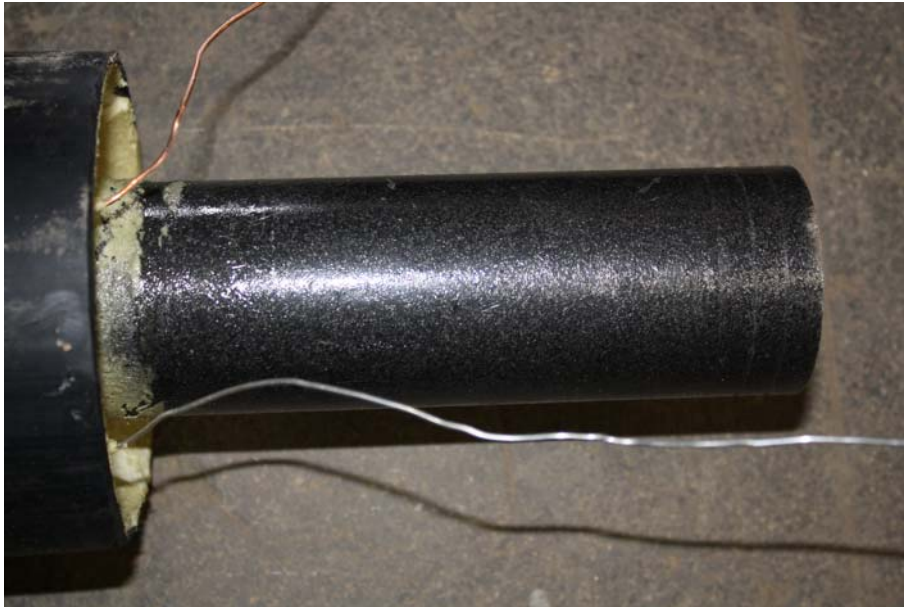


Bild 3: Rohrende mit lackiertem Mediumrohr, Prüfling 2653

Das Mediumrohr von Prüfling 2688 verfügt über eine gesandstrahlte äußere Oberfläche. Die Innenoberfläche ist sauber mit leichtem Flugrostansatz in teilbereichen. An den Enden befinden sich keine Schweißfasen.



Bild 4: Rohrende mit gesandstrahltem Mediumrohr, Prüfling 2688

4.2. Koaxialitätsabweichung

Nachfolgend sind die gemessenen Werte des Rohres und die Vorgaben der EN 253:2009 (grün unterlegt) dargestellt:

<i>Parameter</i>	<i>Prüfling 2653</i>	<i>EN 253:2009</i>
Koaxialitätsabweichung [mm]	1,5	≤ 3,0

Tabelle 2: Koaxialitätsabweichung

4.3. Überwachungssystem

Die ermittelten Werte des Überwachungssystem sind im folgenden neben den Vorgaben der EN 14419:2009:

<i>Parameter</i>	<i>Prüfling 2653</i>	<i>EN 14419:2009</i>
System	Nordisch	System ist nur anzugeben
Anzahl der Adern	2	Wert ist nur anzugeben
Farben	Cu / Zn	Farbe ist nur anzugeben
Länge der gestreckten freien Enden über Mediumrohrlänge [mm]	24,8 ... 25,2	≥ 20 mm
Abstand der Adern vom Mediumrohr an den freien Enden [mm]	13,0 ... 25,0	≥ 10 mm

Tabelle 3: Parameter des Überwachungssystems

Die Kontaktfreiheit zum Mediumrohr besteht. Die Adern sind nicht geschützt angebracht.

4.4. Wärmeleitfähigkeit (ungealtert)

Nachfolgend sind der ermittelte Wert der Wärmeleitfähigkeit λ_{50} im ungealterten Zustand und die Vorgabe der EN 253:2009 (grün unterlegt) dargestellt:

<i>Parameter</i>	<i>Prüfling 2653</i>	<i>EN 253:2009</i>
Wärmeleitfähigkeit λ_{50} [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	0,028	$\leq 0,029$

Tabelle 4: Wärmeleitfähigkeit λ_{50}

4.5. Parameter der Wärmedämmung (ungealtert)

Nachfolgend sind der ermittelten Werte der Parameter Schaumstoffdichte, Zellengröße Druckfestigkeit sowie Hohlräume und Blasen der Wärmedämmung aus Polyurethanschaum im ungealterten Zustand (Werte, die nicht den Anforderungen der EN 253:2009 genügen, rot unterlegt) und die Vorgaben der EN 253:2009 (grün unterlegt) dargestellt:

<i>Parameter</i>	<i>Prüfling 2653</i>	<i>EN 253:2009</i>
Schaumstoffdichte [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	74,57	Wert ist nur anzugeben
Zellengröße [mm]	< 0,5	Wert ist nur anzugeben
Druckfestigkeit [MPa]	0,52	> 0,3 MPa

Tabelle 5: Schaumstoffdichte, Zellengröße, Druckfestigkeit, Hohlräume und Blasen

In den fünf entnommenen Querschnitten der Wärmedämmung befinden sich keine Hohlräume, die in einer beliebigen Richtung einen Durchmesser ≥ 6 mm aufweisen. Die Fläche der Hohlräume und Blasen beträgt 0 % des Nenn-Querschnitts.



Bild 5: Untersuchung auf Lunker und Blasen, Querschnitt Nummer 1



Bild 6: Untersuchung auf Lunker und Blasen, Querschnitt Nummer 2



Bild 7: Untersuchung auf Lunker und Blasen, Querschnitt Nummer 3



Bild 8: Untersuchung auf Lunker und Blasen, Querschnitt Nummer 4



Bild 9: Untersuchung auf Lunker und Blasen, Querschnitt Nummer 5

4.6. Zellgaszusammensetzung (ungealtert)

Nachfolgend sind die Ergebnisse der an der Wärmedämmung aus Polyurethanschaum durchgeführten quantitativen Zellgasanalyse (Zahlenangaben in Volumenprozent) aufgeführt:

Stoff	Formel	Prüfling 2653
Cyclopentan	C_5H_{10}	21,5
Kohlendioxid	CO_2	73,1
Stickstoff	N_2	4,1
Sauerstoff	O_2	1,2

Tabelle 6: Zellgaszusammensetzung [Vol.-%]

Die EN 253:2009 fordert nur die Angabe der Analysewerte.

4.7. Bruchdehnung

Alle 5 Proben haben die Mindestbruchdehnung von 350% erreicht.



Bild 10: Zugproben vor Versuch



Bild 11: Zugproben nach Versuch

5. Zusammenfassende Beurteilung

5.1. Geometrie & Koaxialitätsabweichung

Die geometrischen Werte der KMR 2653 und 2688 erfüllen die Anforderungen der EN 253:2009 in den geprüften Parametern.

5.2. Überwachungssystem

Das Überwachungssystem erfüllt in allen Parametern die Vorgaben der EN 253:2009 in Verbindung mit der EN 14419.

5.3. Parameter der Wärmedämmung

Alle untersuchten Parameter der Wärmedämmung entsprechen der EN 253:2009. Die Wärmeleitfähigkeit liegt bei $0,028 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.