

Schweiß- und Prüfparameter für Rohre aus Polypropylen (PP) mit Wanddicken bis 100 mm

Welding and testing parameters for pipes made of polypropylene (PP) with wall thicknesses up to 100 mm

Johannes Grieser, HESSEL Ingenieurtechnik GmbH, Roetgen

Zusammenfassung

In der Rauchgasreinigung*¹⁾ des Braunkohlekraftwerks Grevenbroich-Neurath werden Bauteile aus Polypropylen eingesetzt, die die beteiligten Kunststofffirmen vor die Aufgabe stellen, innerhalb eines Zeitraumes von 6 Monaten Schweißparameter für das Heizelementstumpfschweißen von PP mit Wanddicken bis 100 mm zu entwickeln. Dazu wurden auf Basis des DVS-Regelwerkes Schweißparameter und Prüfanforderungen abgeleitet, mit denen Probenschweißungen mit Wanddicken von 25, 50, 75 und 100 mm in aussagefähigen Prüfverfahren untersucht werden. Die bisher vorliegenden Ergebnisse aus dem technologischen Biegeversuch belegen, dass die gewählten Schweißparameter geeignet sind, Bauteile aus Polypropylen mit Wanddicken bis 100 mm im Heizelementstumpfschweißverfahren in ausreichender Qualität zu fügen.

Ausgangssituation

In der Rauchgasreinigung*¹⁾ der zurzeit in Grevenbroich-Neurath in Nordrhein-Westfalen gebauten Braunkohlekraftwerksblöcke mit optimierter Anlagentechnik (BoA 2 und BoA 3) ist der Einsatz von Rohrleitungen und Düsenlancen aus nukleiertem Polypropylen vorgesehen.

Nukleiertes PP ist aufgrund seiner chemischen Beständigkeit gegenüber der Rauchgasumgebung, seines Abrasionswiderstandes und seiner Steifigkeit bei der Einsatztemperatur im Waschturm geeignet, die in der Rauchgasreinigung auftretenden Anforderungen zu erfüllen und lange Einsatzzeiten zu gewährleisten.

Die Rauchgasreinigungsanlagen der neuen Kraftwerksblöcke in Neurath sehen den Einsatz von PP-Rohrleitungssystemen mit Wanddicken bis 100 mm

*1) In der Rauchgasreinigung wird im Gegenstrom eine Gips-Kalkmilchsuspension auf die aufsteigenden Verbrennungsabgase im Waschturm des Kraftwerks gesprüht, um Schwefeloxide und weitere Schadstoffe wie Chlorwasserstoff (HCL) und Fluorwasserstoff (HF) größtenteils zu entfernen [1].

	<p>Autor Autorenprofil: www.fuegen-von-kunststoffen.de/?id=201621 www.joining-plastics.info/?id=201621 johannes.grieser@hessel-ingtech.de</p>
---	--

vor. Als Schweißverfahren werden für die Haupt- und Verteilerrohre, sowie für die Formteile (Bild 1), das Heizelementstumpf- und Extrusionsschweißverfahren angewendet.

Gemeinschaftsprojekt der Industrie

Die Firmen Steuler Industrieller Korrosionsschutz GmbH, Reinert-Ritz GmbH, Frank & Krahe Wickelrohr GmbH, Basell Polyolefine GmbH, Borealis Deutschland GmbH, sowie die Hessel Ingenieurtechnik GmbH haben sich in einem industriellen Gemeinschaftsprojekt zusammengefunden, um offene Fragen zur Verbindungstechnik von dickwandigen PP-Bauteilen zu beantworten.

Das Projekt stellt die beteiligten Firmen vor die Aufgabe, Parameter für das Heizelementstumpfschweißen von dickwandigen PP-Rohren zu ent-

Summary

Polypropylene components are being utilised in the flue gas cleaning installation*¹⁾ of the lignite-fired power station in Grevenbroich-Neurath and set the participating companies the task of developing welding parameters for the heated tool butt welding of PP with wall thicknesses up to 100 mm within a period of six months. For this purpose, welding parameters and test requirements with which trial welds with wall thicknesses of 25 mm, 50 mm, 75 mm and 100 mm are investigated in meaningful test procedures were derived on the basis of the set of DVS rules. The previously available results from the technological bending test prove that the chosen welding parameters are suitable for joining components made of polypropylene with wall thicknesses up to 100 mm in an adequate quality in the heated tool butt welding process.

Initial situation

In the flue gas cleaning installation*¹⁾ of the lignite-fired power station blocks with optimised plant engineering (BoA 2 and BoA 3) which are currently being built in Grevenbroich-Neurath in North Rhine-Westphalia, provision was made for the utilisation of pipelines and nozzle lances made of nucleated polypropylene.

Because of its chemical resistance to the flue gas environment, its abrasion resistance and its stiffness at the utilisation temperature in the scrubbing

*1) In the flue gas cleaning installation, a gypsum / milk of lime suspension is sprayed on to the ascending outgoing combustion gases in a counterflow in the scrubbing tower of the power station in order to remove most of the sulphur oxides and other pollutants such as hydrogen chloride (HCL) and hydrogen fluoride (HF) [1].

tower, nucleated PP is suitable for satisfying the requirements arising in the flue gas cleaning installation and for guaranteeing long utilisation times.

In the flue gas cleaning installations of the new power station blocks in Neurath, provision was made for the utilisation of PP pipes with wall thicknesses up to 100 mm. The heated tool butt and extrusion welding processes are being used for the main and distributor pipes as well as for the fittings and the nozzle lances at the spraying levels (Fig. 1).

Joint industrial project

Steuler Industriewerke GmbH, Reinert-Ritz GmbH, Frank & Krahe Wickelrohr GmbH, Basell Polyolefine GmbH, Borealis Deutschland GmbH and Hessel Ingenieurtechnik GmbH have got together in a joint industrial project in order to answer outstanding questions relating to the joining technology for thick-walled PP components.

The project set the participating companies the task of developing parameters for the heated tool butt welding of thick-walled PP pipes which have not been documented in the set of DVS rules until now. Furthermore, it was

wickeln, die bisher im DVS-Regelwerk nicht dokumentiert sind. Weiter sind geeignete Prüfverfahren auszuwählen und Anforderungen an geschweißte Probekörper zu formulieren, um Schweißverbindungen aus Polypropylen mit Wanddicken bis 100 mm zu bewerten.

DVS-Regelwerk

Im DVS-Regelwerk ist das Heizelementschweißen von PP, sowie das Prüfen der Schweißverbindungen in folgenden Richtlinien beschrieben:

In der Richtlinie DVS 2207-11 [2] sind Schweißparameter für das Heizelementstumpfschweißen von PP-Rohren mit Wanddicken bis 50 mm angegeben (Tabelle 1). Das Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen ist in den Richtlinien der DVS 2203 [3] beschrieben. Zu den dort genannten zerstörenden Prüfverfahren zählen u. a. der technologische Biegeversuch und der Zeitstand-Zugversuch.

Anforderungen an die Schweißverbindungen in den Prüfverfahren sind in den Beiblättern der Richtlinie DVS 2203-1 genannt. Im Beiblatt 3 stehen u. a. die geforderten Mindestbiegewege im technologischen Biegeversuch für geschweißte Probekörper aus PP mit Wanddicken bis 30 mm.

Lösungsweg

Demzufolge mussten Schweißparameter für die im Projekt „Rauchgasreinigung Neurath“ auszuführenden Heizelementstumpfschweißverbindungen mit Wanddicken größer 50 mm ermittelt werden. Dazu wurden auf Basis der in der in der Richtlinie DVS 2207-11 angegebenen Größen



Bild 1: Bauteile aus nukleiertem Polypropylen für die Rauchgasreinigung von Braunkohlekraftwerken [1]

Fig. 1: Components made of nucleated polypropylene for the flue gas cleaning installation of lignite-fired power stations [1]

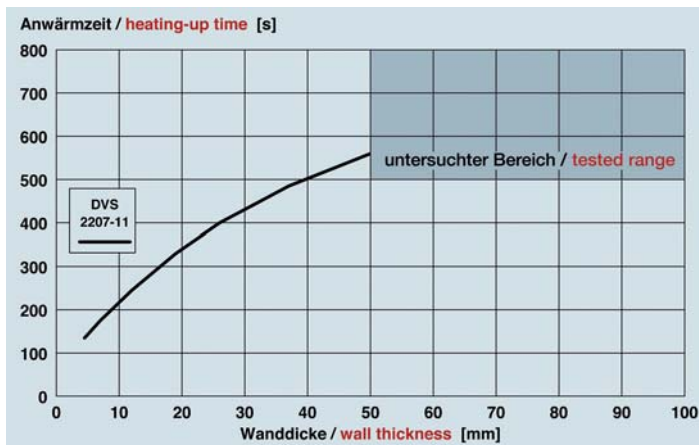


Bild 2: Anwärmzeiten für PP nach Richtlinie DVS 2207-1 für Wanddicken bis 50 mm und durch Extrapolation für Wanddicken bis 100 mm

Fig. 2: Heating-up times for PP according to the DVS 2207-1 technical code for wall thicknesses up to 50 mm and, by means of extrapolation, for wall thicknesses up to 100 mm

Schweißparameter für Wanddicken bis 100 mm erarbeitet (Bild 2).

Mit den gewählten Parametern sind Probeschweißungen von Rohren aus

necessary to select suitable test procedures and to formulate requirements on welded test specimens in order to assess welded joints between

polypropylene with wall thicknesses up to 100 mm.

Set of DVS rules

In the set of DVS rules, the heated tool welding of PP as well as the testing of the welded joints are described in the following technical codes:

Welding parameters for the heated tool butt welding of PP pipes with wall thicknesses up to 50 mm are stipulated in the DVS 2207-11 technical code [2] (Table 1). The testing of welded joints between panels and pipes made of thermoplastics is described in the DVS 2203 technical codes [3]. The destructive test procedures specified there include the tensile test, the impact test, the tensile creep test and the technological bending test.

Requirements on the welded joints in the test procedures are specified in the supplements to the DVS 2203-1 technical code; e.g. the demanded minimum ram displacements and minimum bending angles in the technological bending test for welded test specimens made of PP with wall thicknesses up to 30 mm are included in Supplement 3.

Solution path

Consequently, it was necessary to establish welding parameters for the joints which are manufactured by means of heated tool butt welding, have wall thicknesses above 50 mm and must be executed in the project relating to the "Flue gas cleaning installation in Neurath". For this purpose, welding parameters for wall thicknesses up to 100 mm were extrapolated on the basis of the variables stipulated in the DVS 2207-11 technical code, as shown using the example of the heating-up time on Fig. 2.

Tabelle 1: Schweißparameter für PP aus der Richtlinie DVS 2207-11 [2]
Table 1: Welding parameters for PP from the DVS 2207-11 technical code [2]

Nennwanddicke [mm] Nominal wall thickness [mm]	Angleichen (Wulsthöhe) [mm] Alignment (bead height) [mm]	Anwärmzeit [s] Heating-up time [s]	Umstellzeit (Maximalzeit) [s] Changeover time (max. time) [s]	Fügedruckaufbauzeit [s] Joining pressure build-up time [s]	Abkühlzeit (Fügedruck) [min] Cooling time (joining pressure) [min]
bis up to 4,5	0,5	135	5	6	6
4,5...7	0,5	135...175	5...6	6...7	6...12
7...12	1,0	175...245	6...7	7...11	12...20
12...19	1,0	245...330	7...9	11...17	20...30
19...26	1,5	330...400	9...11	17...22	30...40
26...37	2,0	400...485	11...14	22...32	40...55
37...50	2,5	485...560	14...17	32...43	55...70

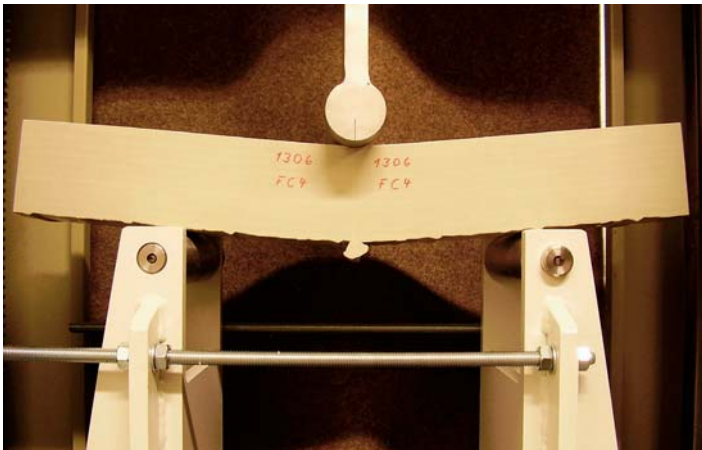


Bild 3: technologischer Biegeversuch an einem geschweißten Probekörper mit einer Wanddicke von 100 mm

Fig. 3: technological bending test on a welded test specimen with a wall thickness of 100 mm

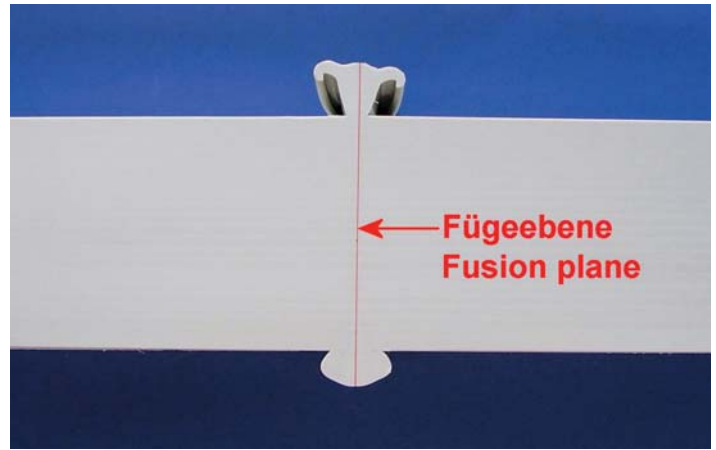


Bild 4: Fügeebene eines geschweißten Probekörpers aus einem PP-R Hohlstab mit 100 mm Wanddicke

Fig. 4: Fusion plane of a welded test specimen from a hollow PP-R rod with a wall thickness of 100 mm

PP-H und PP-R mit Wanddicken von 75 und 100 mm hergestellt worden. Um an das DVS-Regelwerk anschließen zu können, wurden zudem Rohre mit Wanddicken von 25 und 50 mm mit in der Richtlinie DVS 2207-11 angegebenen Schweißparameter stumpfgeschweißt.

Zur Bewertung der ausgeführten Probenschweißungen wurden der technologische Biegeversuch (Bild 3) und der Zeitstand-Zugversuch als Prüfverfahren ausgewählt.

Als Kurzzeitprüfung liefert der technologische Biegeversuch ein schnelles Ergebnis zur Qualität der Schweißnaht und zur Verformbarkeit der Schweißverbindung [3]. Zudem sind Anforderungen (Mindestbiegewege) an Schweißverbindungen aus PP mit Wanddicken bis 30 mm in den Beiblättern der Richtlinie DVS 2203-1 dokumentiert.

Auf Basis dieser Anforderungen wurden die erforderlichen Mindestbiegewege für geschweißte Probekörper mit Wanddicken von 50, 75 und 100 mm abgeleitet. Um die Schweißverbindungen praxistgerecht bewerten zu können, wurde von einer Abarbeitung der Probekörper bis auf eine Restdicke von 30 mm, wie in der Richtlinie DVS 2203-5 empfohlen, abgesehen. Zur Prüfung der dickwandigen Schweißverbindungen war es zudem erforderlich die Parameter Stützweite und Biegestempeldurchmesser im technologischen Biegeversuch für Wanddicken bis 100 mm anzupassen.

Zur Beurteilung des Langzeitverhaltens sind Zeitstand-Zugversuche an ge-

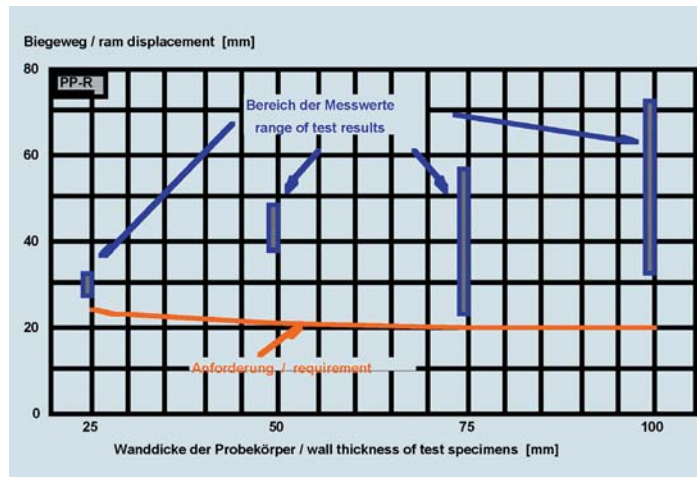


Bild 5: Biegeweg von Probekörpern aus PP-R im technologischen Biegeversuch

Fig. 5: Ram displacements of test specimens made of PP-R in the technological bending test

schweißten Probekörpern vorgesehen. Als Bewertungskriterium wird das Versagen der Schweißverbindung anhand des Bruchverlaufes herangezogen. Dabei bestehen die Anforderungen, dass der Bruchausgang im ungeschweißten Grundmaterial erfolgt und der Bruch außerhalb der Fügeebene (rote Linie in Bild 4) verläuft [4].

Ergebnisse

Im Rahmen des Gemeinschaftsprojekts wurden bisher mehr als 80 geschweißte Probekörper mit Wanddicken von 25, 50, 75 und 100 mm im technologischen Biegeversuch untersucht. Dabei lagen die erreichten Biegewege über den aus dem DVS-Regelwerk abgeleiteten Mindestanforderungen,

Trial welds between pipes made of PP-H and PP-R with wall thicknesses of 75 mm and 100 mm have been manufactured with the extrapolated parameters. In order to be able to make a connection to the set of DVS rules, pipes with wall thicknesses of 25 mm and 50 mm were also butt-welded with welding parameters stipulated in the DVS 2207-11 technical code.

The technological bending test (Fig. 3) and the tensile creep test were selected as the test procedures for the assessment of the executed trial welds.

As an accelerated test, the technological bending test supplies rapid results about the quality of the weld and about the ductility of the welded joint [3]. Furthermore, requirements (minimum ram

displacement and minimum bending angle) on welded joints between PP with wall thicknesses up to 30 mm are documented in the supplements to the DVS 2203-1 technical code.

On the basis of these requirements, the necessary minimum ram displacements were deduced for welded test specimens with wall thicknesses of 50 mm, 75 mm and 100 mm. In order to be able to assess the welded joints in a way suitable for practical needs, the specimens were not machined down to a residual thickness of 30 mm, as recommended in the DVS 2203-5 technical code. For the testing of the thick-walled welded joints, it was also necessary to adjust the parameters of the span length and the ram diameter in the technological bending test for wall thicknesses up to 100 mm.

Provision was made for tensile creep tests on welded test specimens in order to evaluate the long-time behaviour. As the assessment criterion, reference was made to the failure of the welded joint on the basis of the fracture pattern. The requirements in this respect were that the fracture started in the unwelded base material and ran outside the fusion plane (red line on Fig. 4) [4].

Results

Within the framework of the joint project, more than 80 welded test specimens with wall thicknesses of 25 mm, 50 mm, 75 mm and 100 mm have been investigated in the technological bending test until now. In this respect, the achieved ram displacements were

wie am Beispiel der Probekörper aus PP-R in Bild 5 dargestellt.

Die Ergebnisse aus dem technologischen Biegeversuch belegen, dass die auf den Wanddickenbereich von 50 bis 100 mm übertragenen Schweißparameter für das Heizelementstumpfschweißen dickwandiger PP-Rohre geeignet sind. Zur abschließenden Bewertung dienen die Ergebnisse aus der Zeitstand-Zugprüfung.

Fazit

Im Rahmen eines industriellen Gemeinschaftsprojektes wurde innerhalb von 6 Monaten die Qualifizierung der Schweißparameter sowie deren prüftechnische Absicherung durch die bisher vorliegenden Ergebnisse aus dem technologischen Biegeversuch für das Heizelementstumpfschweißen von nukleiertem Polypropylen im Wand-

Literatur References

- [1] Steuler Industrieller Korrosionsschutz GmbH, 56203 Höhr-Grenzhausen.
- [2] Richtlinie DVS 2207-11: Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PP, Ausgabe 02/1999, DVS-Verlag GmbH, Düsseldorf.
- [3] Richtlinien der DVS 2203: Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen, DVS-Verlag GmbH, Düsseldorf
- Teil 1: Prüfverfahren – Anforderungen, Ausgabe 01/2003;
- Teil 2: Zugversuch, Ausgabe 07/1985;
- Teil 3: Schlagzugversuch, Ausgabe 07/1985;
- Teil 4: Zeitstand-Zugversuch, Ausgabe 07/1997;
- Teil 5: Technologischer Biegeversuch, Ausgabe 08/1999.
- [4] J. Hessel, Th. Frank, A. Lueghammer: Langzeitverhalten infrarotgeschweißter Rohrleitungssysteme aus PVDF und PP - Teil 2, 3R international, Heft 5, 2003, S. 282 - 287.

dickenbereich von 50 bis 100 mm erfolgreich durchgeführt werden.

above the minimum requirements derived from the set of DVS rules, as portrayed on Fig. 5 using the example of

the test specimens made of PP-R. The results from the technological bending test prove that the welding parameters transferred to the wall thickness range from 50 mm to 100 mm are suitable for the heated tool butt welding of thick-walled PP pipes. The results from the tensile creep test are used for the final assessment.

Conclusion

Within the framework of a joint industrial project, it was possible, within six months, to successfully carry out the qualification of the welding parameters as well as their validation by means of testing technology on the basis of the results available until now from the technological bending test for the heated tool butt welding of nucleated polypropylene in the wall thickness range from 50 mm to



Innovative Werkstoffe und Engineering: Komplette Kunststoff-Lösungen sicher aus einer Hand

STEULER KUNSTSTOFF-TECHNIK

Seit Jahrzehnten baut Steuler Anlagen und Komponenten aus industriellen Kunststoffen. Mit unserer Kompetenz und Praxiserfahrung unterstützen wir Sie entsprechend den Anforderungen Ihrer Anlagen- und Verfahrenstechnik. Von der Forschung und Entwicklung über das Engineering und die eigene Produktion mit modernsten Fertigungsanlagen bis hin zur Montage – wir bieten komplette Kunststoff-Lösungen aus einer Hand. Wir sind Ihr Ansprechpartner für sichere Anlagen und effiziente Projekt- abwicklung.

Chemische Apparate und Behälter
Nass-Elektrofilter
Rauchgaswäscher
Gaswäscher/ Biowäscher
Beizanlagen für Stahl und NE-Metalle
GFK-Rohrleitungstechnik
Auskleidungen für kommunale und industrielle Kanalrohrsysteme

STEULER
 Industrieller Korrosionsschutz GmbH

Georg-Steuler-Str.
 D-56203 Höhr-Grenzhausen
 Tel. +49 (0) 26 24 - 13 194
 Fax +49 (0) 26 24 - 13 306
 www.steuler.de
 kt.info@steuler.de