

PE-Großrohre im Handumdrehen verbinden: Eine neue Generation der Heizwendelschweißtechnik

Ein technischer Vergleich zwischen der neuen Keilmuffe und der herkömmlichen zylindrischen Muffe für PE-Rohre d 1000 und größer

von Dipl.-Ing. (FH) Robert Eckert



Fachzeitschrift für sichere und effiziente
Rohrleitungssysteme, März 2011
Vulkan-Verlag GmbH, Essen

PE-Großrohre im Handumdrehen verbinden: Eine neue Generation der Heizwendelschweißtechnik

Ein technischer Vergleich zwischen der neuen Keilmuffe und der herkömmlichen zylindrischen Muffe für PE-Rohre d 1000 und größer

Von Robert Eckert

Die Keilmuffentechnik revolutioniert die Verbindungstechnik im Großrohrbereich. Die Montierbarkeit des Fittings wird im Gegensatz zur herkömmlichen zylindrischen Muffe grundlegend vereinfacht. Dabei wird eine reproduzierbar gute Fügequalität erreicht. Für die Verarbeitung ist nur noch ein Bruchteil des bisherigen Zeitaufwandes erforderlich. Die Montage erfolgt nach klar definierten und einfachen Regeln. Wer einen Flansch montieren kann, wird erst recht mit dem Spannsystem der Keilmuffe zurechtkommen.

PRAXISBEDINGTE HERAUSFORDERUNGEN HINSICHTLICH GROSSROHRVERBINDUNGEN

Seit über einem halben Jahrhundert werden PE-Rohre in Leitungssystemen für die unterschiedlichsten Anwendungen eingebaut. Zunehmend finden sie Verwendung in sehr großen Dimensionen über d 630 mm, hauptsächlich für Trinkwassertransport sowie Be- und Entwässerung. Mit dem Durchmesser steigen jedoch auch die Anforderungen an eine handhabbare Verbindungstechnik. Hier stoßen die herkömmlich eingesetzten Techniken, das Heizelementstumpfschweißverfahren und das Heizwendelschweißverfahren zunehmend an ihre Grenzen. Die Heizwendelschweißtechnik stellt hohe Anforderungen an die Rundheit der Rohre und die engen Passungstoleranzen der Fügepartner. Diese Anforderungen laufen jedoch den tatsächlichen Praxisbedingungen entgegen, da mit dem Durchmesser auch die Toleranzen wachsen. Das Konzept des heute üblichen zylindrischen Heizwendelschweißfittings erfordert daher in großen Dimensionenbereichen einen erheblichen Mehraufwand bei der Verarbeitung (**Bild 1**). Daraus folgt, dass auch an die Fachkenntnisse des Monteurs und die Sorgfalt bei der Montage erhöhte Anforderungen gestellt werden. Die Wissensvermittlung, die im Rahmen der Standard-Schweißerausbildung erfolgt, ist hier nicht mehr ausreichend. Neben der Qualität der Bauteile und abgestimmtem Equipment sind besonderes Training sowie anwendungstechnische Betreuung durch Spezialisten wichtig um zuverlässige Großrohrverbindungen herstellen zu können.

Kompensation eines extremen Fügespalts und integrierte Rückrundung des Rohres: Diese Features wurden für die neue Keilmuffentechnologie umgesetzt. Reproduzierbar hohe Schweißqualität bei gleichzeitig enormer Beschleunigung des gesamten Verarbeitungsvorgangs werden mit dieser Methode erreicht.

KRITERIEN FÜR DIE PRAXISGERECHTE AUSLEGUNG DER ZYLINDRISCHEN HEIZWENDELSCHWEISSMUFFE BIS D 1200

Beherrschbar werden die Praxisanforderungen auch für zylindrische Heizwendelschweißmuffen durch einige spezielle Funktionen:



BILD 1: Gewaltfreie Montage ist für zylindrische Muffen aufgrund der Toleranzlagen nicht möglich

- » Armierung des Außendurchmessers der Muffe zur Verbesserung der Schweißqualität (Bild 2), sicherer Schmelzedruckaufbau durch behinderte Dehnung des Muffenkörpers
- » Vorwärmtechnik für eine große Kapazität zur Überbrückung des Fügespalts
- außerdem:
- » abgestimmter Einsatz von Verlegehilfsmitteln und Gerätetechnik



BILD 2: Die Fitting-Außenarmierung behindert dessen Ausdehnung während der Schweißung

Außenarmierung

Der wesentliche Parameter für die Schweißverbindung ist – neben Temperatur und Zeit – der während der Schweißung in der Schmelze wirkende Druck. Bei der Heizweldschweißung wird die Volumenzunahme bei der Umwandlung des Aggregatzustandes fest-flüssig genutzt. Der Fügespalt wird von der entstehenden Schmelze gefüllt, der Fügedruck durch die weitere Volumenausdehnung aufgebaut. Die hier entstehenden Kräfte führen in Abhängigkeit von der Größe des Ringspalts zwischen Muffe und Rohr zu einer Ausdehnung des Muffendurchmessers. Wird die Ausdehnung zugelassen, reduziert sich gleichzeitig der Schmelzedruck. Die Außenarmierung (Bild 2) der Muffe behindert die Ausdehnung während des Schweißprozesses unter dem wirkenden Schmelzedruck. Die Drahtarmierung bleibt zunächst elastisch und wirkt der zunehmend steigenden Ausdehnung progressiv entgegen. Eine starre, unflexible Armierung könnte dagegen Schmelzeaustritt, also einen unzulässigen Druckabbau, provozieren. Der Effekt der Armierung lässt sich in der Praxis oft gut beobachten: Nach dem Abkühlen der Verbindung schrumpft die Muffe wieder, im Gegensatz zur Drahtarmierung. Die Armierung hebt sich partiell von der Muffe ab und bietet damit ein erkennbares Zeichen dafür, dass die Armierung im Fügeprozess aktiv war und ein optimaler Schmelzedruck anstand. Typische Fehlerbilder bei fehlender Armierung sind ausgeprägte Schrupflunker in der Schweißzone.

Vorwärmtechnik

Vermeidbare Probleme bei der Verarbeitung von Großrohren sind in erster Linie zurückzuführen auf Formabweichungen: Ovalität und Abplattung am Außendurchmesser. Lagerungs- und Transporteinflüsse können diese Abweichungen von der ideal-runden Form des Rohres verursachen, vor allem im Hinblick auf das Eigengewicht oder Linienlasten als Auflagerreaktionen (Bild 3). Lässt sich die Unrundheit der Rohre nicht grundsätzlich vermeiden, muss der Fitting eine entsprechende Resistenz gegen Formabweichungen aufweisen. Für die Verbesserung des Passungsverhältnisses bei Muffenbauteilen wurde daher die Vorwärmtechnik entwickelt.

Sowohl die Lagerung am Untergrund, als auch die versetzte Anordnung der Rohrlagen im Holzrahmenverschlag können zu lokalen Abplattungen am Rohraußendurchmesser führen. Die Folge können beim Stumpfschweißverfahren unzulässiger Versatz, bzw. beim Heizweldschweißverfahren zu große Abstände zwischen Muffe und Rohr sein. Ein großes Spaltmaß zwischen dem Rohr und der montierten Muffe – als Ringspalt oder auch in lokal begrenzten Bereichen – kann im Extremfall zu ungenügendem Schmelzedruckaufbau führen. Um diesen – in der Praxis kaum vollständig vermeidbaren – Abweichungen entgegenzuwirken wird deren negativer Einfluss in der konstruktiven Auslegung der Muffe berücksichtigt: Durch eine der Schweißung vorgeschaltete Erwärmung der Fü-

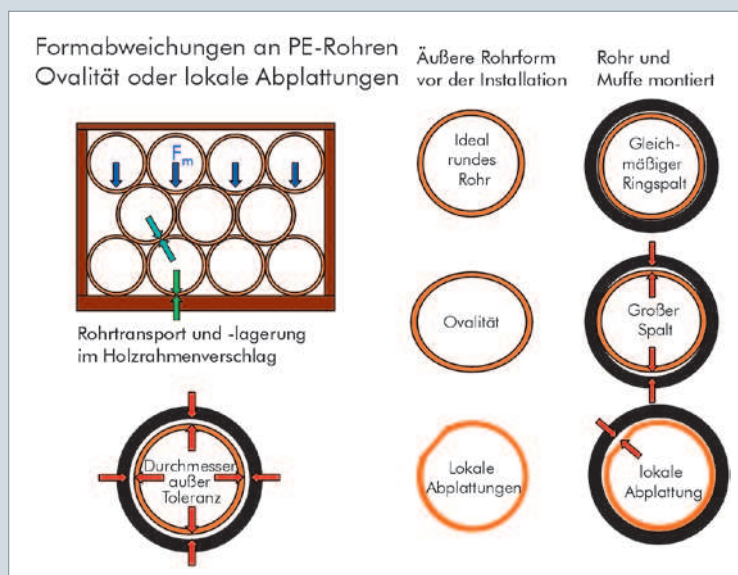


BILD 3: Prinzipielle Darstellung möglicher Verformungen der Rohrkontur und deren Auswirkungen

gezone unterhalb der Schmelztemperatur wird der Fügspalt reduziert (**Bild 4**).

Ausgenutzt werden hierfür die spezifischen Materialeigenschaften des Werkstoffs Polyethylen:

- » die relativ große thermische Ausdehnung von PE führt zu einer Volumenzunahme, Rohr und Fitting wachsen sich entgegen, der Fügspalt wird reduziert.
- » Spannungsabbau unter Wärmeeinfluss und Memory-Effekt: Eingefrorene Spannung (wie z.B. Ovalität in Folge der Lagerung) werden abgebaut, gleichzeitig „erinnert“ sich das Rohr an seine im Produktionsprozess nahezu ideal runde Kontur und versucht diese wieder einzunehmen. Der Memory-Effekt von Kunststoffen ist bereits seit Jahrzehnten bekannt und wird in vielen Bereichen, z.B. der Medizintechnik, genutzt.
- » Die in den Verbindungsbereich eingebrachte Wärme – unterhalb der Schmelztemperatur – erhöht vor dem Fügeprozess das energetische Niveau im Fügebereich und verbessert damit den Zustand für den nachfolgenden Schweißprozess.

DAS KONZEPT DER KEILMUFFE

Die neue Keilmuffentechnologie revolutioniert die Füge-technik im Großrohrbereich. Durch die mechanische Kompensation extrem großer Spaltverhältnisse zwischen Muffe und Rohr lässt sich das Montieren der Muffe, vor allem als Überschieber bei Einbindungsarbeiten eines Passstücks, enorm vereinfachen. Da nach der Montage eine „Nullspaltsituation“ erreicht wird, reduzieren sich die Schweißzeiten um ca. 2/3. Daher ist eine Vorwärmung nicht mehr erforderlich.

Die Keilmuffe besteht aus drei Komponenten: Dem äußeren Muffenkörper und zwei Schweißkeilen (**Bild 5**). Der Muffenkörper ist auf beiden Innenseiten mit einer konisch zulaufenden Fügefläche versehen. Als drucktragendes Bauteil ist er für einen Betriebsdruck PN / PFA von 10 bar ausgelegt.

Der konische Schweißkeil besitzt sowohl an der Innen- wie auch an der Außenfläche eine mäanderförmig verlaufende Heizwendel. Zwischen diesen Mäandern sind axial verlaufende Flexnuten in den Keil eingebracht. Diese Flexnuten (**Bild 6**) ermöglichen, dass sich der Nenndurchmesser des Schweißkeils mechanisch reduzieren lässt. Ein großer Fügspalt zwischen Muffe und Rohr lässt sich überbrücken. Damit lässt sich die Muffe unabhängig von der Toleranzlage des Rohres nach einmaligem Schälen einfach und mit geringem Kraftaufwand montieren. Vor allem das vollständige Überschieben, das für die Standardanwendung – die Einbindung eines Passstücks in eine bestehende Rohrleitung – erforderlich ist, lässt sich mit bisher nicht erreichter Leichtigkeit durchführen.

Bei extremen Ovalitäten des Rohres ermöglicht die radiale Flexibilität des Schweißkeils ein einfaches Überschieben. Durch das Zusammenziehen des Keils und der

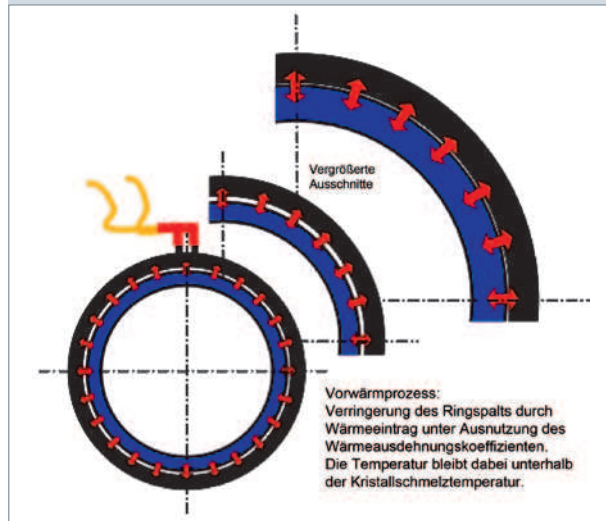


BILD 4:
Funktions-
prinzip der
Vorwärm-
technik



BILD 5:
Keilmuffe,
bestehend
aus zwei
Schweißkei-
len und dem
Muffenkör-
per. Schweißkeil
unten vor der Monta-
ge, oberer
Schweißkeil
in Endstel-
lung.

Muffe erfolgt eine Egalisierung der Rohrovalität. Rundungsschellen als zusätzliches Werkzeug sind daher nicht erforderlich.

Verarbeitung Abarbeiten der Oxidschicht

Für die spangebende Bearbeitung des Fügebereichs wurde speziell für Großrohre ein Schälgerät entwickelt, das mit besonders geringem Kraftaufwand kinderleicht zu bedienen ist. Ein einmaliger Spanabtrag bei einer gleichmäßigen Spandicke von ca. 0,5 mm ist ausreichend um die Oxidschicht und Verunreinigungen auf der Oberfläche des Rohres zu entfernen und damit eine frische PE-Verbindungsfläche zu schaffen. Kraftaufwändiges mehrfaches Schälen, um einen für zylindrische Muffen pas-

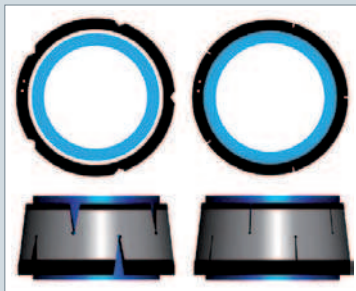


BILD 6: Wirkprinzip des Schweißkeils: Die Flexnuten lassen eine Durchmesserreduzierung zu, so dass der Fügspalt zwischen Rohr und Schweißkeil überbrückt wird.



BILD 8: Flexibilität des Schweiß-Keilrings ermöglicht das Aufschieben auf stark ovalisierte Rohre



BILD 7: Montierbarkeit in Abhängigkeit des Ist-Durchmessers

senden Durchmesser zu schaffen, oder gar der Einsatz eines Elektrohobels, mit den bekannten Risiken der ungleichmäßigen Spanabnahme, der Erzeugung von lokalen Maximalspaltverhältnissen und nicht zuletzt der Gefahr eines Unfalls durch elektrischen Strom, sind damit Vergangenheit.

Montage des Fittingkörpers

Der Fitting lässt sich ohne weitere Maßnahmen mit geringem Kraftaufwand über den Rohrkörper schieben. Durch den großen Innendurchmesser im ungespannten Zustand der Keilmuffe spielen auch extreme Toleranzlagen des Rohraußendurchmessers keine große Rolle hinsichtlich der Montierbarkeit (**Bild 7**). Große Rohrovalität lässt sich durch den flexiblen Schweißkeil (**Bild 8**) handhaben. Durch die Keilmontage in den Fittingkörper passen sich die Form des Rohres und die Form des Fittingkörpers ideal an.

Keilaktivierung

Die Muffenkeile werden durch herkömmliche Ratschenschlüssel oder einen Druckluftschrauber über vormon-

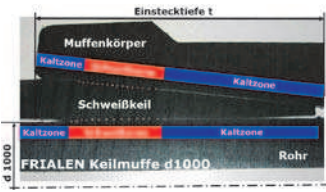

tierte Gewindebolzen in den Muffenkörper gepresst. Dabei reduziert sich der Innendurchmesser des Schweißkeils und die Heizwendelzonen legen sich passgenau und spaltfrei an Rohr und Muffenkörper an. Durch die Keilwirkung sind die zu verbindenden Rohre zugfest arretiert. Natürlich ist auch das Schweißen von zunächst nur einer Muffenseite möglich.

Schweißung

Aufgrund der mechanischen Spaltkompensation liegen sämtliche Fügezonen gegenseitig praktisch ohne Abstand an. Da der größte Teil der Schweißenergie bei zylindrischen Muffen verwendet wird, um den Spalt zu schließen, lassen sich mit der Keilmuffe nicht nur beträchtliche Energieeinsparungen realisieren, sondern vor allem wird die Schweißzeit minimiert.

Abkühlung

Reduzierter Energieeintrag und kurze Schweißzeit führen zu einer geringeren Durchwärmung, so dass die Verbindung nach sehr kurzen Abkühlzeiten unter Betriebsdruck genommen werden kann.

Vergleich	Keilmuffe	Zylindrische Muffe
Schnitt durch die Verbindung		
Eigenschaften	Schweißverbindung d 1000	Schweißverbindung d 1000
solide Wanddicken zur Aufnahme der Innendruckbelastung	+	+
lange Rohreinstecktiefen dienen der Rohrführung	+	+
breite Schweißzonen für die zuverlässige Verbindung	+	+
breite innere Kaltzone eliminieren den Effekt eingefallener Rohrenden	+	+
Vorwärmtechnik für eine große Spaltüberbrückungskapazität	++: Nicht erforderlich: Nullspalt durch Keilspannung	+
Armierung des Außendurchmessers zur Verbesserung der Fügequalität	++: Nicht erforderlich	+
sicherer Schmelzedruckaufbau durch behinderte Dehnung		
Verarbeitungsschritte		
Abarbeiten der Oxidschicht	++: Einmaliger Abtrag, unabhängig von Toleranzen	--: i.d.R. mehrfaches Schälen (10 x und mehr bei ungünstiger Toleranzlage)
Rückrundung Rohr	++: Nicht erforderlich	--: Werkzeugeinsatz
Montage des Fittingkörpers	++: Einfaches Auf- / Überschieben, nahezu unabhängig vom Rohrzustand	--: i.d.R. nur nach Rückrundung des Rohres, hohe Kräfte zum Aufschieben erforderlich
Keilaktivierung	+: Einfach und definiert	(nicht erforderlich)
Schweißung	++: ca. 2/3 Zeitersparnis	--: Schweißzeit kann mehrere Stunden betragen
Abkühlung	++: geringe Wartezeiten bis Druckprfg. / Inbetriebnahme	--: Hoher Zeitbedarf aufgrund hoher Energieeintrbringung
Regelverarbeitungszeit für HM-Muffe d1200 (Beispiel)	Ca. 2 h	Min. 1 Arbeitstag

TAB.1: Übersicht: Vergleich der Muffenkonzepte

PRÜFUNGEN

Schweißverbindungen der Keilmuffe werden nach den Anforderungen der aktuellen Regelwerke geprüft:

- » DVGW GW335-B2: „Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung – Anforderungen und Prüfungen – Teil B2: Formstücke aus PE 80 und PE 100“ (2003)
- » EN 12201-3: „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung – Polyethylen (PE) – Teil 3: Formstücke“ (2003)
- » EN 12201-5: „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung – Polyethylen (PE) – Teil 5: Gebrauchstauglichkeit des Systems“ (2003)
- » ISO 4427-3: „Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Polyethylen-(PE)-Rohre und -Formstücke für die Wasserversorgung – Teil 3: Formstücke“ (2007)
- » ISO 4427-5: „Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Polyethylen-(PE)-Rohre und -Formstücke für die

Wasserversorgung – Teil 5: Gebrauchstauglichkeit des Systems“ (2007)

Die Anforderungen, die an ein modernes PE-Druckrohrsystem gestellt werden, werden durch die Keilmuffentechnologie erfüllt.

AUTOR



DIPL.-ING. ROBERT ECKERT
 FRIATEC AG, Mannheim,
 Tel. 0172-6425799, E-Mail: robert.eckert@friatec.de, www.friatec.de

