

Stumpfschweißen im beschleunigten Verfahren

Rohre verbinden. Die Abkühlphase ist der zeitbestimmende Schritt beim Stumpfschweißen von Polyethylen-Rohren. Wird die Umgebungstemperatur während des Schweißvorgangs überwacht, kann die Abkühlzeit deutlich verkürzt werden. Qualitätseinbußen sind dabei nicht zu befürchten.

HANSPETER KOHLER

Wie viele andere Industriezweige auch sieht sich die Rohrleitungsindustrie heute einem zunehmenden Kostendruck bei gleichzeitig gestiegenen Sicherheitsanforderungen ausgesetzt. Jedes einzelne Bauteil muss rückverfolgbar, der gesamte Schweißprozess protokolliert sein. Werden Optimierungspotenziale gezielt genutzt, bieten auch manche etablierten Verfahren noch erheblichen Spielraum für Einsparungen. Wie zum Beispiel das bereits seit Jahrzehnten bewährte Stumpfschweißen von Polyethylen (PE) im Rohrleitungsbau, das dank einer Erfindung der Georg Fischer Rohrverbindungstechnik GmbH, Singen, deutlich beschleunigt werden kann.

Eine bewährte Technik

PE verfügt über ein sehr breites Verarbeitungsfenster, auch Abweichungen im Stumpfschweißprozess haben keine besonderen Auswirkungen auf die Nahtfestigkeit. Moderne Schweißmaschinen eliminieren außerdem äußere Störeinflüsse durch entsprechende Sensorik. Durch eine Doppelspannung – das Rohr wird an zwei Stellen gespannt – lässt sich eine sehr genaue Ausrichtung der beiden zu verschweißenden Rohrenden erreichen. So können auch Rollenrohre problemlos ver-

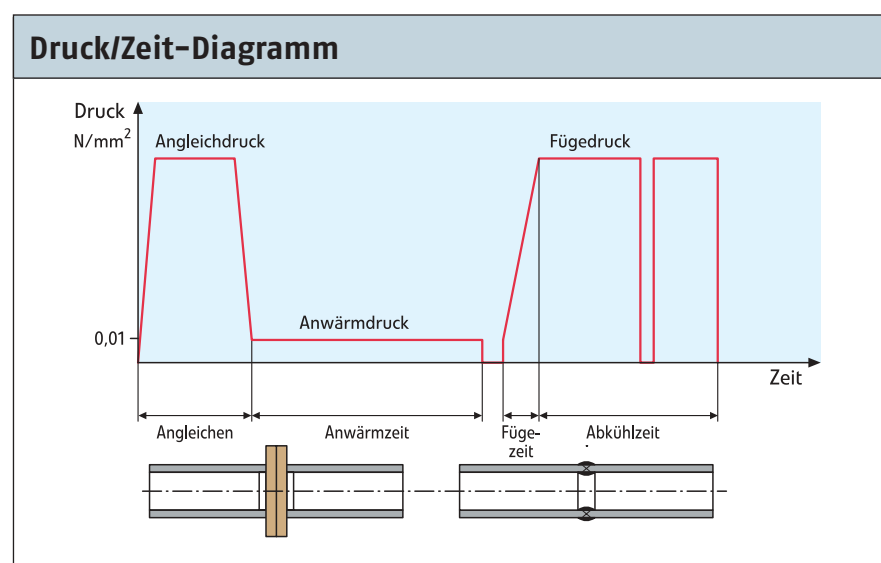


Bild 1. Zusammenfügen von Rohren durch Stumpfschweißen

schweißt werden und die Rundspannung eliminiert eine mögliche Rohrovalität. Eine elektronische Temperaturregelung des Heizspiegels und eine leckagefreie Hydraulik sind Stand der Technik.

Beim Stumpfschweißen werden die zu verbindenden Rohre oder Fittings zunächst unter Druck bis zu einer definierten Wulsthöhe angewärmt (Angleichphase) und dann unter reduziertem Druck weiter erwärmt (Anwärmphase). Nach Entfernen des Heizelementes werden die beiden Teile zusammengefügt und kühlen unter Druck ab. Erst wenn nach der Abkühlphase die so genannte Ausspanntemperatur erreicht ist, hat die Schweißnaht eine ausreichende Festigkeit, und die verschweißten Teile dürfen der Maschine entnommen werden (Bild 1).

Die Schweißparameter sind in der Richtlinie DVS 2207/1 (DVS = Deutscher Verband für Schweißtechnik) festgelegt und haben sich seit Jahren ohne große Anpassungen für die verschiedensten Maschinen und Materialtypen bewährt.

Das CTC-Prinzip

Die Richtlinie berücksichtigt die Umgebungstemperatur nur in der Angleichphase, in der entsprechend den Rohrtemperaturen mehr oder weniger Energie (sprich Zeit) aufgewendet werden muss, bis sich die gewünschte Wulstgröße gebildet hat. Für die anderen Phasen – Anwärmen, Umstellen, Druckaufbau sowie die Abkühlphase – gibt die Richtlinie fixe Parameter an, die Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur wird nicht berücksichtigt.

Entsprechend den physikalischen Grundprinzipien kühlt sich aber ein erwärmter Körper bei unterschiedlichen Raumtemperaturen unterschiedlich schnell ab. Auch die Schweißzone einer Stumpfschweißung braucht verschieden lange Abkühlzeiten, um bei unterschiedlicher Umgebungstemperatur die gewünschte Ausspanntemperatur zu erreichen. Hier greift das neue CTC-Prinzip (CTC = Cooling Time Control oder Ab-

i	Hersteller
<p>Georg Fischer Rohrverbindungstechnik GmbH Freibühlstrasse 18/19 D-78224 Singen Tel. +49 (0) 77 31/7 92 790 Fax +49 (0) 77 31/7 92 566 www.rvt.georgfischer.com</p>	

Bild 2. Temperaturmessung in der Schweißzone bei einer Stumpfschweißung

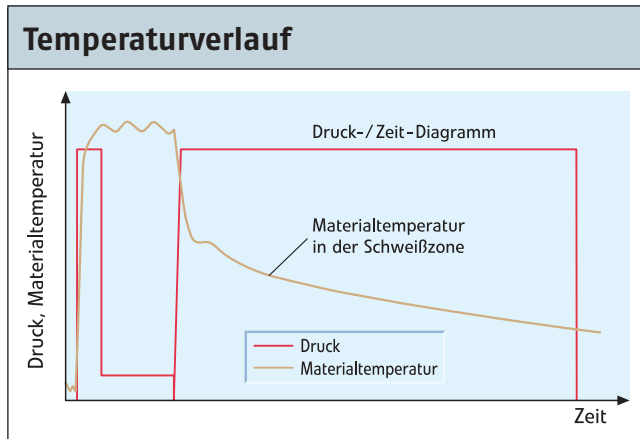


Bild 3. Bestimmung der Abkühlzeit aufgrund der Materialtemperatur (Wulstinnentemperatur) bei verschiedenen Umgebungstemperaturen

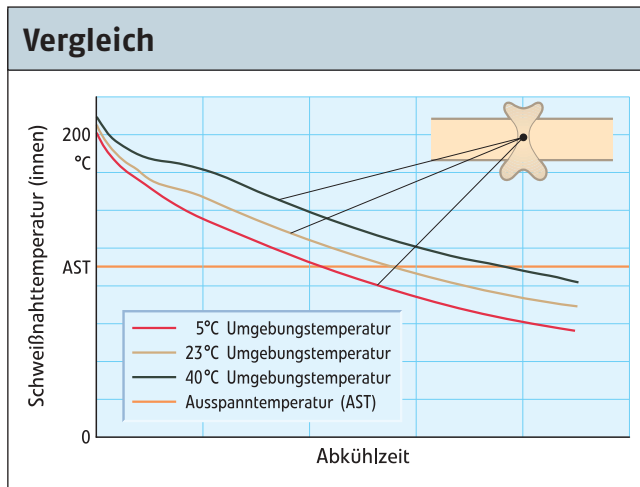
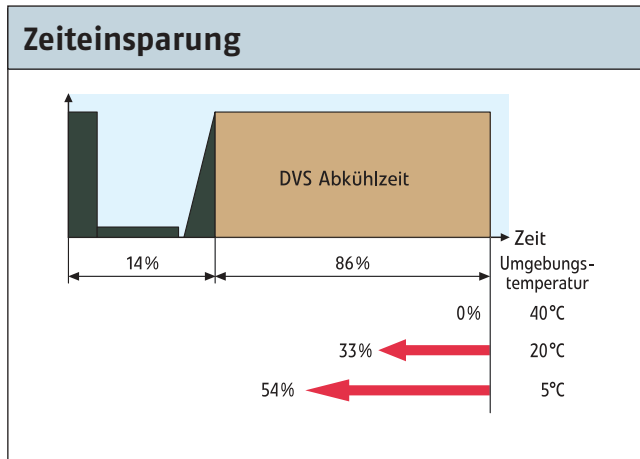


Bild 4. Ergebnis der Abkühlzeitüberwachung gegenüber der Prozesszeit nach DVS 2207/1



kühlzeit-Überwachung) der Georg Fischer Rohrverbindungstechnik an. Durch eine Anpassung der Abkühlzeit an die tatsächliche Umgebungstemperatur lässt sich die Abkühlphase verkürzen. Da diese Phase über 80 % der gesamten Schweißzeit beansprucht, wirkt sich die Zeiteinsparung signifikant auf den Schweißprozess aus.

Anhand von Messreihen in der Klimakammer (Bild 2) wurde die Materialtemperatur in der Schweißzone, die Wulstinnentemperatur, bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen gemessen. Um

möglichst praxisgerechte Ergebnisse zu erzielen, wurde ein Thermoelement (Thermocouple) in die Schweißzone eingeschweißt. Auf der Basis von Materialtemperaturkurven bei drei unterschiedlichen Maschinen (GF160-CNC, GF250-CNC und GF315-CNC) ließen sich die notwendigen Abkühlzeiten, bis die Wulstinnentemperatur die definierte Ausspanntemperatur erreicht, in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur er rechnen (Bild 3). Natürlich geht die gewählte Ausspanntemperatur direkt in die

Abkühlzeit ein. Für das CTC-Verfahren wurde eine Ausspanntemperatur gewählt, die eher auf der konservativen Seite liegt, aber bereits eine maßgebliche Reduzierung der Abkühlphase nach DVS2207/1 bietet. Als Kriterien für ihre Definition wurden einerseits die zulässige Einsatztemperatur von PE80 und PE100 und andererseits die Ausspanntemperatur nach DVS2207/1 bei 40°C Umgebungstemperatur herangezogen. Die verschweißten Komponenten müssen eine genügende Festigkeit aufweisen, damit die Schweißzone nicht beeinträchtigt wird durch die weiteren Verarbeitungsschritte wie Ziehen, Anschweißen von weiteren Komponenten und Biegebelastungen beim Entfernen aus der Maschine.

Schneller schweißen

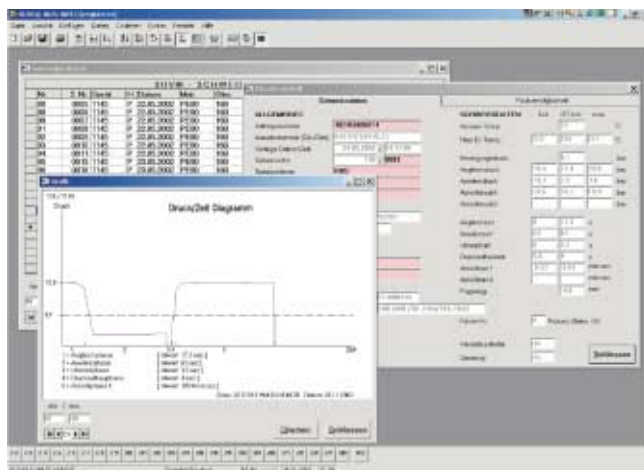
Für das Verschweißen von Rohrstücken aus PE (d110, SDR11) kann die Prozesszeit bei Berücksichtigung der Umgebungstemperatur wie folgt optimiert werden (Bild 4): Während die Abkühlzeit bei 40°C noch ziemlich genau der DVS-Abkühlzeit entspricht, ergibt sich bei 20°C Umgebungstemperatur bereits eine Zeiteinsparung von 33 % für die gesamte Schweißzeit. Bei 5°C lassen sich sogar 54 % der Schweißzeit einsparen.

Um dem Verfahren die nötige Sicherheit zu verleihen, muss die Umgebungstemperatur exakt und ohne störende Fremdeinflüsse oder andere Wärmequellen möglichst nahe an der Schweißzone erfasst und während des Schweißprozesses durch eine Software überwacht werden. Bei großen Temperaturunterschieden der Umgebungstemperatur ist es besser, die Standard-Abkühlzeit nach DVS zu verwenden. Wichtig ist auch die Überwachung des Fügeweges, damit das Rohr nicht vor Ablauf der Abkühlzeit aus der Maschine ausgespannt werden kann. Der Fügeweg gibt an, wie weit die plastifizierten Rohrenden während des Schweißprozesses ineinander gepresst werden. Er ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal, das sehr



Bild 5. GF315-CNC Stumpfschweißmaschine mit SUVI 400-Steureinheit

Bild 6. Darstellung der aufgezeichneten Schweißdaten mit der SUVI WIN-WELD Software



schnell auf Veränderungen oder Störgrößen reagiert. Die Heizelement-Temperatur und die einzuhaltenden Zeiten für die verschiedenen Phasen müssen exakt gesteuert sein, um eine hohe Reproduzierbarkeit zu gewährleisten. Dies sowie die Datenaufzeichnung des gesamten Schweißprozesses übernimmt die SUVI 400-Steuereinheit (SUPERVISION) (Bild 5 und 6). Damit das System auch für Aufträge verwendet werden kann, bei denen länderspezifische Schweiß-Richtlinien vorgeschrieben sind, kann der Anwender frei wählen, nach welchen Richtlinien die Schweißung durchgeführt werden soll.

Auf der sicheren Seite

Das CTC-Verfahren ist eine konsequente Umsetzung der langjährigen Erfahrungen mit der Infrarot-Schweißtechnologie IR Plus [1] der Georg Fischer Rohrverbindungstechnik, die auf dem gleichen Prinzip basiert. Anhand der Messreihen in der Klimakammer mit verschiedenen Maschinentypen und Rohrdimensionen wurden

Materialkennlinien ermittelt, die als Grundlage für die Software der SUVI-Steuereinheit dienen. Sie stellt sicher, dass nach der berechneten Abkühlzeit – als Funktion von Umgebungstemperatur, Material, Durchmesser und Wanddicke – die definierte Ausspanntemperatur unterschritten ist.

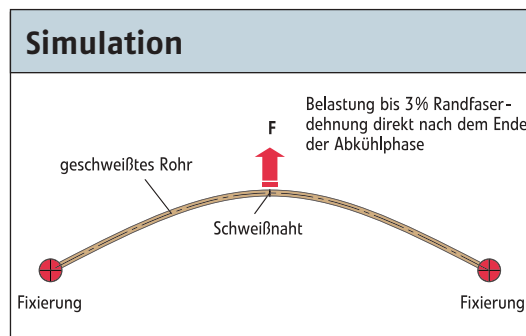


Bild 7. Installationsbelastung nach dem Ausspannen der verschweißten Komponenten direkt nach dem Ende der Abkühlzeit

Nach einer rund zweijährigen Testperiode hat Georg Fischer das CTC-Verfahren für PE-Stumpfschweißungen mit der neuen Steuereinheit und den hydraulischen Stumpfschweißmaschinen für den Di-

mensionsbereich von 40 bis 315 mm Durchmesser freigegeben.

Testreihen mit zwei Rohrmaterialien (Hostalen CRP 100 black und Eltex TUB 121) in einem unabhängigen Testlabor ergaben, dass die verkürzte Abkühlzeit beim SUVI CTC-Verfahren keinen negativen Einfluss auf das Zeitstandverhalten der Heizelement-Stumpfschweißung bei den geprüften PE100-Werkstoffen hat [2]. Um Installationsbelastungen zu simulieren, wurde die Biegebelastung nach DVS 2205/1 bis 3 % Randfaserdehnung ermittelt und mit Referenzschweißungen nach DVS 2207/1 (8/1995) verglichen (Bild 7). Weitere Tests waren der FNCT (Full notch creep test), die Bestimmung der Schmelzflussrate MFR sowie Zeitstandsversuche nach DVS 2203/4 (7/1997) an der Referenzschweißung (belastet und unbelastet) und der belasteten Schweißung nach dem CTC-Verfahren (Bild 8).

Die Untersuchungen bestätigen, dass das neue CTC-Verfahren dieselbe hohe Qualität der Stumpfschweißung für PE

liefert wie die Schweißparameter nach DVS 2207/1. Das Material hat bei der durch die Abkühlzeit definierten Ausspanntemperatur eine so gute mechanische Festigkeit erreicht, dass die geschweißten Bauteile ohne Qualitätseinbuße aus der Maschine entfernt und auf der Baustelle gehandhabt werden können. Dabei bringt es bei 20°C Umgebungstemperatur eine durchschnittliche Verkürzung der Schweißzeit um 33 %, was einer Effizienzsteigerung von rund 50 % für den Stumpfschweißprozess entspricht. ■

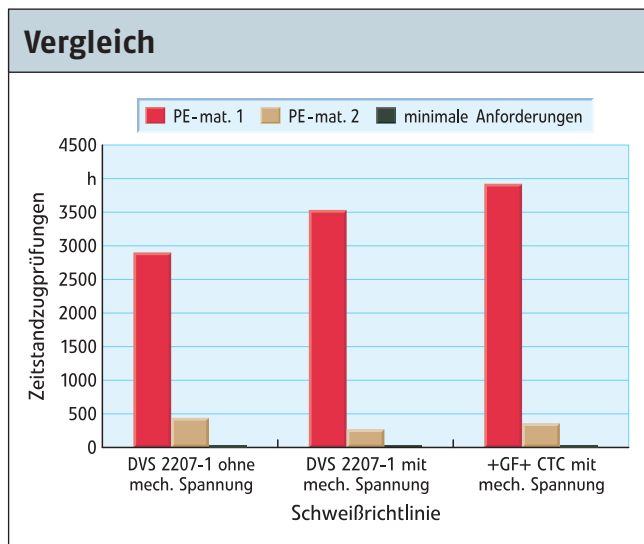


Bild 8. Zeitstandsversuch nach DVS 2203/4 (7/1997) bei 95°C wässriger Netzlösung (2% Arkopal N-100) und einer Prüfspannung von 3,2 N/mm²

LITERATUR

- 1 TWI Bericht (BULLETIN November/December 1999) und GEORG FISCHER +GF+ INSIDE 4/98
- 2 Prüfbericht R01 04 524 von Dr. J. Hessel (Hessel Ingenieurtechnik GmbH, D-52159 Roetgen)

DER AUTOR

DIPL.-ING.(FH)/EXEC MBA-HSG HANSPETER KOHLER, geb. 1959, ist Leiter des Product Engineering bei der Georg Fischer Rohrverbindungstechnik GmbH, Singen; hanspeter.kohler@rvt.georgfischer.com