Das Verbinden von hohen Stahlteilen durch radiales Reibschweissen

Autor(en): **Nicholas, E.D. / Lilly, R.H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 10

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85422

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Das Verbinden von hohlen Stahlteilen durch radiales Reibschweissen

Von E. D. Nicholas und R. H. Lilly, Cambridge

Die Probleme bei der Anwendung von mit kontinuierlichem Antrieb und Energiespeicherung arbeitenden Reibschweissmaschinen zur Verbindung langer Hohlprofile sind schon seit geraumer Zeit bekannt. Verengungen der Bohrung sind nicht tolerierbar, Ovalität, mangelnde Konzentrizität und Geradheit der Teile erschweren die Situation weiter. Auch gibt es technische Gesichtspunkte wie Kraftübertragung und Lastreaktion, welche die Rotation und somit die Schweissgüte beeinflussen können.

Bis zu einem gewissen Grad sind diese Schwierigkeiten mit einem rotierenden Einsatz zwischen den langen, stillstehenden Teilen überwindbar. Die Schwierigkeiten beim Rotieren eines Hohlteil-Zwischenstücks bei der Anwendung gleichmässiger Schweisspresskräfte an beiden Reibflächen geben dem Maschinenkonstrukteur zusätzliche Probleme auf. Ferner bilden sich Metallstauchungen, so dass zur Vermeidung einer Verengung eine zusätzliche Bearbeitung der Bohrung erforderlich ist. Eine neue Technik, das Radialreibschweissen, wurde 1975 vom britischen Welding Institute vorgeschlagen. Mit diesem Verfahren, das eine Reihe potentieller Anwendungsfälle hat, lassen sich die Nachteile überwinden.

Die *einfachste Anordnung* für radiales Reibschweissen (Bild 1) besteht aus zwei aneinanderstossenden, endseitig abgeschrägten Rohren, die festgespannt sind, damit sie sich nicht drehen oder axial auseinandergezogen werden können. An der Schweissstelle wird ein Dorn eingesetzt, der die Rohrwände abstützt und verhindert, dass das während der Schweissfolge gebildete Stauchmetall nach innen dringt.

In die durch die beiden anliegenden Rohrenden entstandene winklige Öffnung wird ein massiver Ring aus einem kompatiblen Material eingesetzt. Dieser ist stärker abgeschrägt, um den Metallfluss an der Schweissstelle zu unterstützen und dasbei Beginn des Reibzyklus gewöhnlich erforderliche hohe Anfangsdrehmoment zu reduzieren, wenn sich die beiden kalten Flächen berühren.

Zur Erzeugung der für Reibschweissen erforderlichen *thermomechanischen* Bedingungen wird der Ring gedreht, während er gleichmässigem radialem Druck ausgesetzt wird. Um die Schweissfolge zu beenden, wird der Ring zum Stillstand gebracht, der radiale Druck jedoch beibehalten oder verstärkt, um die Schweissverbindung zu verfestigen. Das Verfahren kann mit relativer Leichtigkeit auch bei massiven Wellen angewendet werden. Durch Änderung der Art der Ringverformung in eine, die durch Expansion entsteht, können Ringe alternativ in zylindrische Hohlkörper eingesetzt werden; das Verfahren kann faktisch überall dort für Rohrschweissungen benutzt werden, wo der äussere Zugang begrenzt ist.

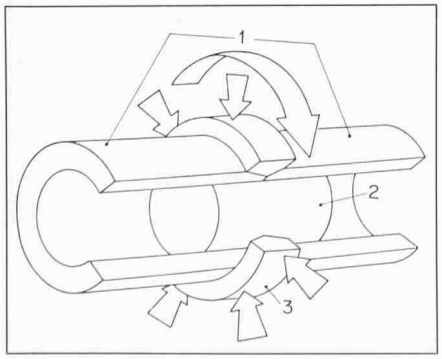


Bild 1. Funktionsprinzip des radialen Reibschweissens. 1. Festgespannte nicht drehende Rohre. 2. Spreizdorn. 3. Integrierender in Drehung versetzter und radial zusammengedrückter Ring

Zur Durchführung dieses Schweissprinzips mussten *drei Haupterfordernisse* erfüllt werden. Erstes und wahrscheinlich wichtigstes war die *Entwicklung einer Methode zur Anwendung von gleichmässigem radialem Druck auf den Schweissring, ohne dass dadurch unvertretbarer Verzug entsteht.* Das zweite Erfordernis war die *Entwicklung einer Schweissvorrichtung, die den Ring dreht, während er unter radialem Druck steht.* Für Rohre mussten schliesslich über *geeignete Eigenschaften* - gute Hochtemperaturfestigkeit und relativ geringe Wärmeleitfähigkeit zwecks Minderung des schnellen Abkühlens der Schweisszone - verfügende Werkstoffe gefunden werden, die für den abstützenden Innendorn benutzt werden konnten.

Anfangs wurden mit einer herkömmlichen Reibschweissmaschine kombinierbare Methoden entwickelt, mit denen der massive Ring angedrückt und angetrieben werden konnte. Eines der einfachsten Mittel zur Erzeugung eines gleichmässigen Radialdrucks war das *Eindrücken eines vorbearbeiteten kegeligen Massivrings* (Bild 2) *in einen Reduzierring* (Bild 3) entsprechender kegeliger Ausbildung. Zur Unterstützung der Übertragung der Rotationsbewegung wurden in den Ring Nuten eingearbeitet, in welche die Passfedern des Reduzierrings eingreifen.

Die für Ringe von 49 mm Aussen- und 29 mm Innendurchmesser konzipierte Einheit vertraute für das Zusammendrücken auf die axiale Bewegung durch den kegelförmigen Reduzierring. Versuche zeigten, dass eine Axialkraft von 100 kN erforderlich war, um verzugfrei eine Bohrungsdurchmesserabnahme von 5,5 mm zu erreichen. Obzwar die Einheit erfolgreich arbeitete, wurden bestimmte Nachteile sichtbar. Diese waren die erforderliche axiale Bewegung des Rings durch den Reduzier-

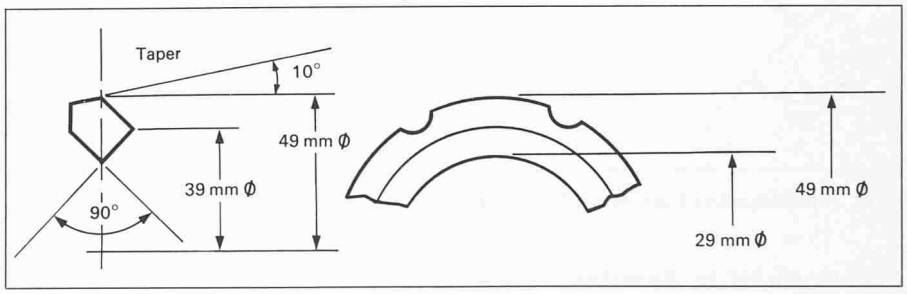


Bild 2. Schiebevorrichtung: Ringgeometrie mit Passfeder-Antriebsnuten

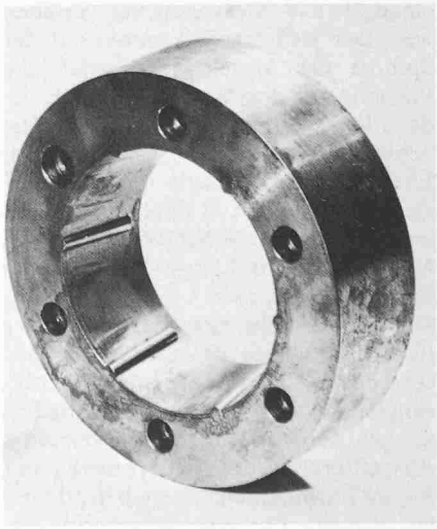


Bild 3. Schiebevorrichtung: Reduzierring mit kegeliger Bohrung und Antriebs-Passfedern

ring, die Herstellung der Ringnuten sowie die komplizierte Geometrie des Rings mit grossen Antriebssegmenten. Deshalb wurden periphere Einzelbakken – ähnlich jenen von Zangenspannfuttern – in Betracht gezogen. Es wurde eine Schweissvorrichtung (Bild 5) konstruiert, um damit zu beurteilen, ob das Zusammendrücken und Antreiben des Rings ohne Antriebsnuten möglich ist.

Die *Antriebseinheit* bestand im Grund aus *zwölf Backen*, die drehbar auf einem Dorn angeordnet waren, auf dem die Rohre befestigt wurden. Durch eine Buchse aus warmfestem Metall stützte der Dorn auch die Bohrung ab. Die Backenspitzen waren mit Nuten versehen, die zwecks zwangsläufigen Antriebs in den Ring eingriffen. Zur Aktivierung des Spannfutters war dem Ring ein mit Passfedern versehener kegelförmig ausgebildeter Ring (ähnlich dem nach Bild 3) aufgesetzt, um die rotatorische und axiale Bewegung auf die Bakken zu übertragen. Es hat sich gezeigt, dass auf den einfachen Ring (Bild 4) eine ausreichende Antriebskraft und Radialbewegung übertragen werden konnte.

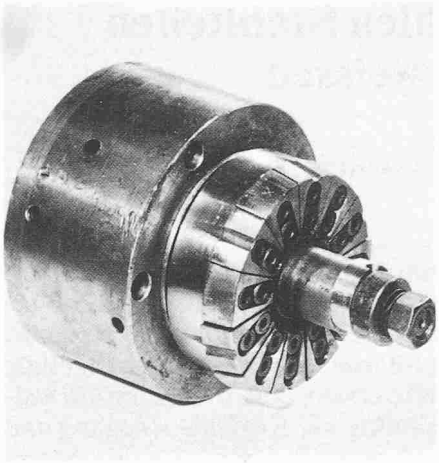


Bild 5. Multifinger-Druckvorrichtung: Hauptkörper mit Mehrfachbacken und Dorn

ein Ring von 49 mm Aussen- und 29 mm Innendurchmesser benutzt, für eine Mehrbackenvorrichtung betrugen die Rohr- und Ringabmessungen 39 mm Aussen- und 25 mm Innendurchmesser bzw. 50 mm Aussen- und 27 mm Innendurchmesser. Die Rohre wurden mit einem Öffnungswinkel von 1oo° bis 110° und mit einer Stegflanke von 0,4 bis 1,5 mm vorbereitet und vor dem Schweissen fest aufgespannt.

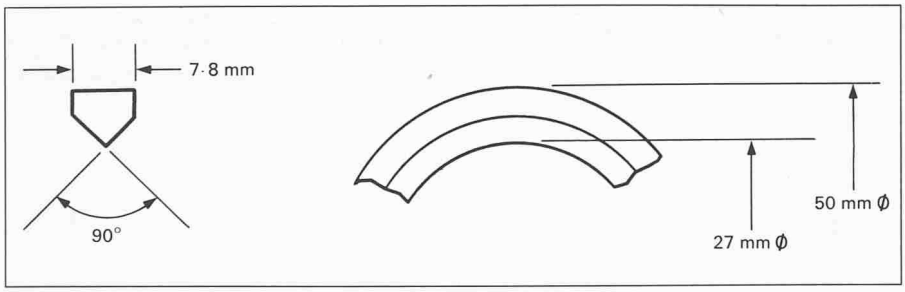


Bild 4. Multifinger-Druckvorrichtung: Einfacher Ring

Schweissversuche

Beide Einheiten wurden auf einer Reibschweissmaschine bewertet, die für 110 kN Axialdruck ausgelegt und mit einem 15 kW Elektroantrieb versehen war. Der Reduzierring wurde auf der Spindel der Maschine befestigt, die Passteile auf dem nicht drehenden, jedoch längsverfahrbaren Schlitten. Eine Schweissung wurde hergestellt durch Einrücken der Passteile in den Reduzierring, der dann in Drehung versetzt wurde, während der Schlitten mit einem Hydrozylinder in Längsrichtung vorgeschoben wurde.

Schweissversuche zur Beurteilung der Durchführbarkeit des Schweissverfahrens bestimmen die akzeptablen Bohrungsstützwerkstoffe und die Bedingungen der vollen Durchschweissung. Ausgeführt wurden die Versuche mit Flussstahlrohren und speziell bearbeiteten Ringen. Für eine Schieberingvorrichtung wurde für Rohre von 33 mm Aussen- und 25 mm Innendurchmesser

In den Hydraulikkreis der Maschine wurde ein Durchflussregelventil eingebaut, um im Reduzierring eine lineare Verschiebungsgeschwindigkeit einzuhalten; die Dauer der Reibungswärme wurde durch eine voreingestellte Axialverschiebung beherrscht. Zur Vermeidung möglicher Schäden an den Schweisseinheiten und an der Stützbuchse wurde bei Stillstand oder in der Schmiedephase der Druck nicht erhöht.

Die ersten Versuche wurden bei einer Drehzahl von 2190 U/min durchgeführt, um die Betriebsverhältnisse der Vorrichtung zu bestimmen, was eine direkte Bewegung des Rings durch den Reduzierring mit sich brachte.

Schwingungsfrei

Dies zeigte, dass die Gesamtleistung der Ausrüstung für radiales Reibschweissen ausreichte und dass sie von starken radialen Schwingungen frei war. Die Stützbuchse aus rostfreiem Stahl bot jedoch nicht genügend inneren Halt, und sowohl die Rohrbohrung als auch die Buchse wurden dauernd deformiert. Es wurden deshalb andere Werkstoffe erprobt. Die auf Nickel basierende *Gusslegierung PK 24* bot schliesslich die ideale Kombination von Festigkeit und geringer Leitfähigkeit. Bei einer Untersuchung der Auswirkungen der Schweissgeschwindigkeit, axialen Verschiebegeschwindigkeit und Bremskraft wurden anhand der ersten Versuche folgende *Ring- und Rohrvorbereitungen* und *Abschmelzeinstellungen* standardisiert:

Schweissringdurchmesser	28 mm
Rohröffnungswinkel	100°
Steghöhe	0,4 mm
Axiale Abschmelzlänge	9 mm

Eine typische Messgeräteaufzeichnung für eine radiale Reibschweissung (Bild 6) zeigt, dass beim radialen Zusammenpressen des kalten Rings der angewendete axiale Druck auf einen Höchstwert ansteigt und dann abnimmt, wenn die Reibenergie die Ringtemperatur erhöht. Die beobachteten maximalen Druckpegel schwankten von 34 bis 62 kN, was die Unterschiede in der Wärmeerzeugungscharakteristik von einer Schweissung zur anderen widerspiegelt.

Der maximale Pegel von 62 kN ist wesentlich kleiner als die 100 kN, die zum Zusammendrücken des kalten Rings erforderlich sind. Im Augenblick der Berührung steigt das Schweissdrehmoment auf einen ersten Höchstwert an, ehe es auf einen gleichbleibenden Pegel abfällt, der bis zum Ende der Schweissfolge eingehalten wird, wo er dann während der Ringabbremsung erneut auf einen hohen Pegel ansteigt.

Die axiale Bewegung des Rings in den

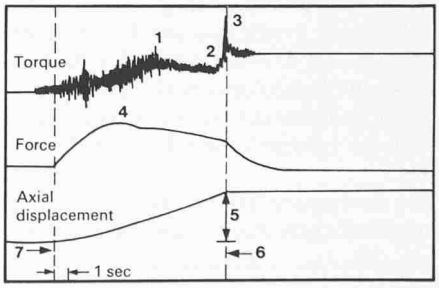


Bild 6. Typische Messgeräteaufzeichnung für eine radiale Reibschweissung. 1. Anfangsspitzenwert – 110 Nm. 2. Ausgeglichenheit – 30 Nm. 3. Abschliessender Spitzenwert – 280 Nm. 4. Maximum – 37 kN. 5. Abschmelzeinstellung – 9 mm. 6. Ende des Schweissvorgangs. 7. Schweissbeginn.
Torque = Drehmoment; Force = Kraft; Axial Displacement = axiale Verdrängung

Reduzierring ist während der Kaltringreduzierung und Schweissung angemessen linear. Die axiale Verschiebegeschwindigkeit wurde von 0,6 bis 1,5 mm/s verändert, entsprechend der radialen Abschmelzgeschwindigkeiten

von 0,1 bis 0,25 mm/s, die niedriger sind als die, die normalerweise für herkömmliches Reibschweissen von Flussstahl erwartet werden. Es muss jedoch betont werden, dass man in dieser Phase äusserste Vorsicht walten liess, um Schäden am Schweissgerät zu vermeiden.

Eine typische, mit Innendruck geprüfte Schweissstelle versagte erst beim Höchstdruck des Prüfgeräts. Ferner verursachte die von aussen her erfolgende Reduzierung der Wandstärke auf 2 mm bei einem Druck von 550 bar einen Bruch im Grundwerkstoff (Bild 7). Keine signifikante Änderung

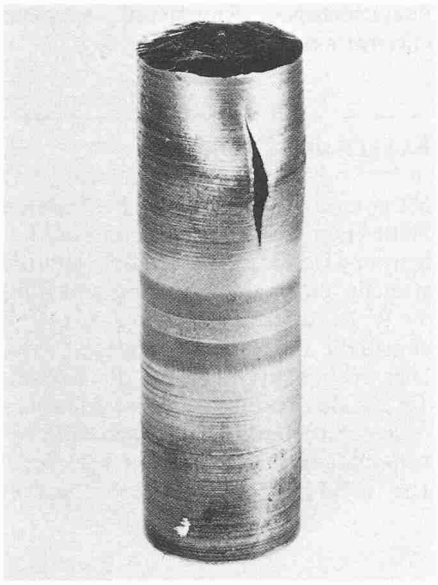


Bild 7. Auf Berstdruck getestete radiale Reibschweissung. Man beachte, dass der Bruch im Grundwerkstoff abseits der Schweissstelle auftritt

der Durchschmelzungstiefe wurde bei den drei benutzten Reibschweissdrehzahlen von 2190, 1460 und 975 U/min festgestellt, desgleichen nicht bei den Bremscharakteristiken infolge wechselnder Bremskräfte.

Eine Trennung der Rohrenden um durchschnittlich 0,8 mm vor dem Verschweissen bewirkte jedoch eine signifikante Veränderung, die zu einer vollständigen Durchschweissung der Rohrwand führte, doch zeigte sich in den peripheren Bereichen mangelnde Bindung. Dies war auf die ungenügende radiale Reduzierung des Rings und auf begrenzten Metallfluss zurückzuführen. Obwohl in dieser Phase auf eine akzeptable Schweissgüte kein grosses Gewicht gelegt wurde, wurden einige Schweissstellen *Biegeversuchen* unterzogen. 6 mm breite Längssegmente wurden um einen Biegedorn 2 t (t = Rohrwanddicke) gebogen, um die Duktilität in den peripheren und Bohrungsbereichen zu bestimmen. Obwohl, ehe es zum Bruch kam, Biegewinkel von 5–45° registriert wurden, zeigte eine der Reibflächen bläulich oxydierte Zonen, was darauf hin deutete, dass die Metallfluss-Charakteristiken verbessert werden mussten.

Mehrbackenvorrichtung

Ein ähnlicher Erfolg wurde mit der Mehrbacken-Schweissvorrichtung erzielt. Der Verzug des Rings war gleichmässig, die kleinen Passfedern an den Backen drückten sich genügend in den Ring ein, um eine schlupffreie Kraftübertragung einzuhalten. Das endgültige äussere Aussehen eines solchen Rings (Bild 8) zeigt Einkerbungen an der Aussenfläche sowie Stauchungen, die sich durch das von den Reibflächen verdrängte Metall bildeten. Eine genaue Untersuchung der Schweisszone (Bild 9) ergab, dass dauerhafte, einwandfreie Reibschweissflächen oberhalb des Stegs erreicht wurden, wo eine partielle Warmdruckverbindung entstand, die kleine Inseln von zurückgehaltenem Oxid enthielt.

Nach den ermutigenden Ergebnissen dieses relativ kurzen Bewertungsprogramms erhielt man von *Mechanical Engineering and Machine Tool Requirements Board* eine finanzielle Zuwendung zur Entwicklung und Leistungsbeurteilung eines für Forschungszwecke bestimmten Radialreibschweissmaschinen-Prototyps. Es wurde eine Maschine zum Verschweissen von Rohren mit 50 mm Aussendurckmesser und 6 mm Wanddicke entwickelt (Bild 10), mit der dann die Auswirkungen bestimmt wurden, die die Ring- und Rohrgeometrien und die Schweisspara-

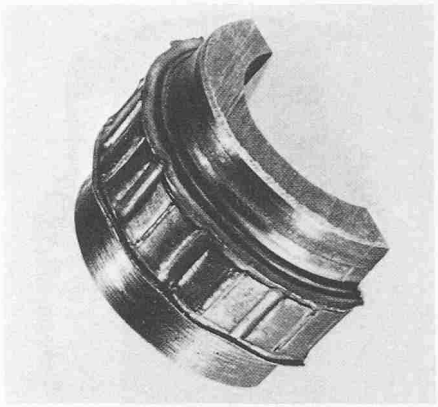


Bild 8. Äusseres Ringprofil einer mit der Mehrbakkenvorrichtung ausgeführten radialen Reibschweissung

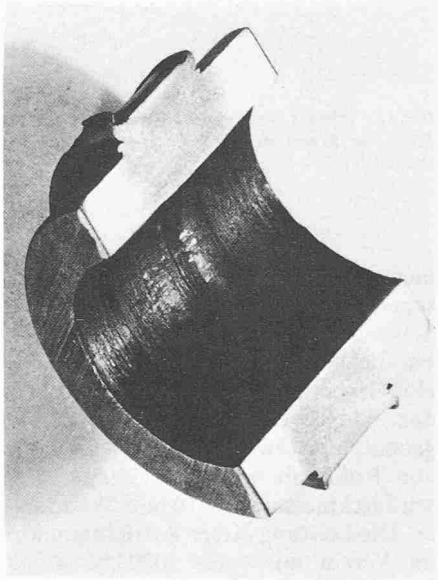


Bild 9. Schnitt durch eine mit der Mehrbackenvorrichtung ausgeführten radialen Reibschweissung

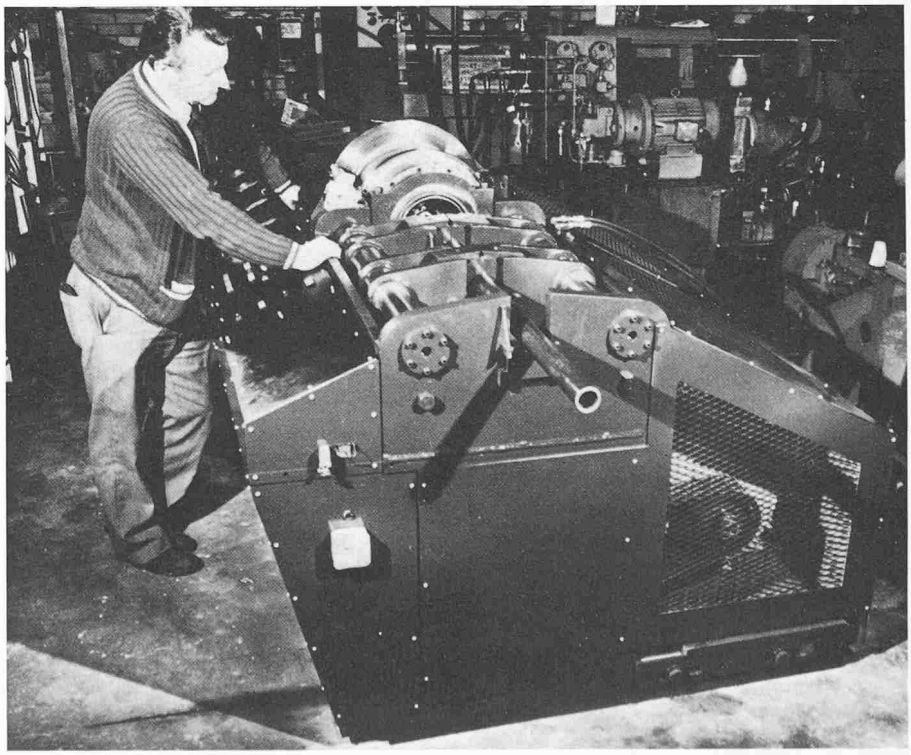


Bild 10. Radialreibschweissmaschine für Rohr mit 50 mm Aussen-Durchmesser

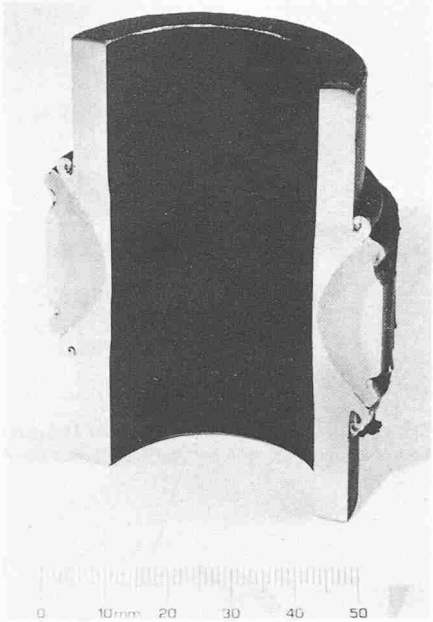


Bild 11. Schnitt durch ein radial reibgeschweisstes Rohr von 50 mm Aussen-Durchmesser und 6 mm Wanddicke

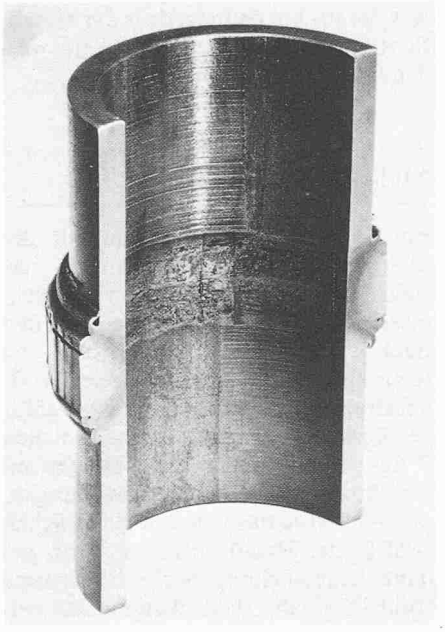


Bild 12. Schnitt durch ein radial reibgeschweisstes Rohr von 110 mm Aussen-Durchmesser und 10 mm Wanddicke

meter auf die statischen und dynamischen mechanischen Eigenschaften der Schweissstellen haben (Bild 12).
Parallel zu dieser Entwicklung wurde eine Experimentalvorrichtung ähnlich der Mehrbacken-Schweissvorrichtung gebaut, und zwar zum Verschweissen von Rohr mit nominell 110 mm Aussendurckmesser und 10 mm Wanddikke. Die Leistung dieser Vorrichtung war im Verein mit einer 1000 kN Axialdruck ausübenden 270-kW-Maschine äusserst ermutigend. Nach einigen Versuchen zur Erprobung der zufriedenstellenden Arbeitsweise war es nur ein kleiner Schritt zur Herstellung von Rohrschweissungen (Bild 12), deren Merkmale zufriedenstellende metallurgische Eigenschaften und hohe Festigkeit sind.
Es gab kein Eindringen in die Bohrung, die durch einen speziellen Segmentstopfen ausgefüllt wurde, der mit nur feinen radialen Zwischenräumen eine faktisch massive Oberfläche darbot. Vorläufige Biegeversuche zeigten, dass sich Winkel von mehr als 90° bruchfrei erreichen lassen. Zugversuche mit spanend bearbeiteten Proben ergaben, dass Brüche im Grundwerkstoff weit weg von der Schweissstelle auftreten.

Erhöhte Bruchlastspielzahl

Mit diesen Schweissverbindungen grösserer Durchmesser wurden auch *Ermüdungsversuche* durchgeführt, und zwar mit entferntem Ringwulst. Die Ergebnisse erbrachten im Vergleich mit herkömmlichen Rohr-Reib- und -Lichtbogenschweissungen eine erhöhte Bruchlastspielzahl. Kerbschlagbiegeversuche erbrachten mit Energieabsorptionswerten von 71 J - dem Durchschnitt der drei bei -10° durchgeführten Versuchen - zufriedenstellende Ergebnisse.

Es gibt zahlreiche wirtschaftliche und technologische Vorteile, wenn ein Einschussschweissverfahren für die Offshore-Rohrverlegung brauchbar ist. Als ein Ergebnis der relativ kurzen Schweissfolge - weniger als 15 s für Rohre mit 110 mm Aussendurchmesser - wären höhere Produktionsraten erreichbar, so dass in Regionen mit vorherrschend schlechten Wetterverhältnissen das gute Wetter so weit wie möglich ausgenutzt werden könnte. Es ist bezeichnend, dass das Verfahren *in jeder Ebene* von der Horizontalen bis zur Vertikalen anwendbar ist, wodurch eine *Rohrverlegung in verschiedenen Wassertiefen* möglich ist. Das vielleicht wichtigste Anwendungsmerkmal eines solchen Verfahrens ist, dass nach Optimierung der auf die hohe Güte der Schweissung abgestimmten Schweissbedingungen *reproduzierbare Schweissergebnisse* erwartet werden können, und zwar *ohne dass dabei auf die Erfahrung eines Schweissers* vertraut werden muss. Zur Gewährleistung der Schweissqualität sind die *laufende Überwachung der wichtigsten Schweissparameter und die Ultraschallprüfung* anwendbar.
Gleichartige Vorteile können vom radialen Reibschweissen bei *Onshore-Rohrleitungen* erwartet werden, obwohl das Terrain ernsthafte Einschränkungen bewirken kann. Probleme können auch dort auftreten, wo es Biegungen, vorstehende Zusatzeinrichtungen usw. unmöglich machen, einen Schweisskopf zur nächsten Schweissstelle zu schieben. Einen signifikante Modifizierung - die «Trennung» der Ringantrieb/Ringandrückeinheit - könnte jedoch mit Sicherheit diese Probleme lösen und somit den Anwendungsbereich vergrössern.
Zur Minderung der Zahl der Schweissungen, die auf der Baustelle durchzuführen sind - besonders im Hinblick auf die Offshore-Rohrverlegung -, werden zwei Rohrstücke in einer Werkstatt verschweisst. Auf diese Weise werden der Schweissmaschine am Anfang einer Produktionslinie die Rohre mühelos präsentiert. Bei der Entfernung des Stützdorns, der eine Verringerung des Bohrungsdurchmessers verhindert, werden keine Probleme gesehen, ebenfalls nicht, wenn Metallwülste oder überschüssiges Ringmetall spanend entfernt werden müssen.

Kragen und Buchsen

Muss eine Welle an einer bestimmten Stelle einen grösseren Durchmesser haben, so wird dieser gewöhnlich dadurch erreicht, dass von der Stange, aus der die Welle zu fertigen ist, ein grosser Teil abgedreht oder weggeschmiedet wird. Dies erhöht offensichtlich die Kosten, die auf Bearbeitungszeit und Materialverlust entfallen. Mit dem neuen *Drukkanwendungsprinzip* können jetzt Kragen (Bild 13) oder Buchsen *aufgeschweisst* werden; mit einer abschliessenden spanenden Bearbeitung wird dann die richtige Geometrie hergestellt. Diese Methode ermöglicht die Auswahl des Werkstoffs, der für den vergrösserten Wellenteil am besten geeignet ist.
Mit der zur *Ringverformung* angewendeten *Expansionstechnik* können Ringe

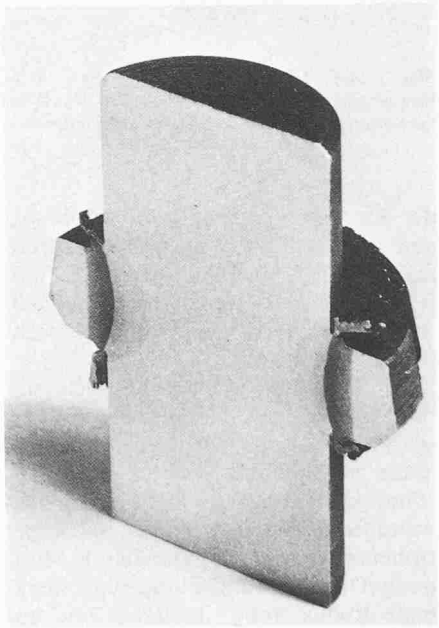


Bild 13. Weiterer Anwendungsfall des radialen Reibschweissens: Aufschweissen (Zusammendrükken) von Kragen auf Wellen

(Bild 14) oder Buchsen aus gleichen oder anderen Werkstoffen in hohle zylindrische Körper eingesetzt werden, um Verschleissfestigkeit, Wärmestabilität oder Steifigkeit zu verbessern. Ein gutes Beispiel ist die *Anbringung eines warmfesten Metalls im Kolbenboden*. Diese Methode des Ausschaltens von Wärmekorrosion dürfte den *Motorwirkungsgrad erhöhen* und die *Entstehung giftiger Abgase reduzieren*.

Grosse Aufmerksamkeit findet die Suche nach einem zufriedenstellenden Verfahren zur *Reparatur defekter Rohrleitungen*, besonders in den offshore anzutreffenden feindlichen Umgebungen; es werden viele Schweissverfahren untersucht. Verfolgt wird beispielsweise das *Explosions- und Lichtbogenschweissen in Druckkammern*. Mit dem Fortschritt des radialen Reibschweissens sollte man dieses Verfahren in Erwägung ziehen.

Viele Schwierigkeiten werden erkannt, vor allem die in *Verbindung mit dem Abstützen der Bohrung*, um das *Deformieren des Rohrs und das Eindringen von Stauchmetall zu verhindern*. Was zur Lösung dieser speziellen Probleme erforderlich ist, ist die Entwicklung eines *segmentförmigen Stopfens* aus einem besonders vorbereiteten Werkstoff, der nach Vollendung der Schweissung in kleine Teile zerbricht und somit

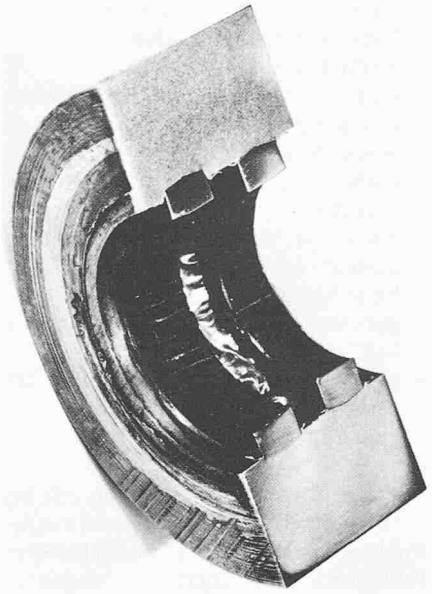


Bild 14. Radial reibgeschweisste (Expansion) Einsatzringe in einem zylindrischen Körper

mit herkömmlichen Mitteln entfernt werden kann. Für diesen Anwendungsfall müsste die ideale Rotations/Druckeinheit trennbar sein, so dass sie von Rohrleitungen geborgen werden kann. Es ist jedoch nicht abwegig, sich den Schweisskopf im Hinblick auf die hohen Reparaturkosten als Wegwerfeinheit vorzustellen.

Nichtkompatible Werkstoffe

Die Erfahrung mit dem Reibschweissverfahren hat gezeigt, dass weit mehr ungleiche Werkstoffkombinationen erfolgreich verbunden werden können als mit anderen Schweissverfahren. Bestimmte *Kombinationen wie Zirkonlegierungen/rostfreier Stahl* und *Al-Legierungen/Stahl* können nicht zufriedenstellend verschweisst werden. Wo es die Umgebungsverhältnisse zuliessen, ist ein kompatibles Zwischenmetall wie *Reinaluminium* verwendet worden, um eine einwandfreie Verbindung angemessener mechanischer Eigenschaften zu erreichen - eine Lösung, die zwei Reibschweissungen verlangt und allgemein beträchtliche Zerspanungsarbeit mit sich bringt. Jetzt kann mit wirtschaftlichen Vorteilen der kompatible Werkstoff mit der nichtkompatiblen Metallkombination radial reibverschweisst werden.

Adresse der Verfasser: The Welding Institute, Abington Hall, Abington, Cambridge CB1 6AL, England

---

Korrosionsschutz im Stahlwasserbau

Von G. Kruska, Wallisellen

Einleitung

Die Bedeutung des Korrosionsschutzes von Stahlwasserbauten ist heute sowohl von den Kraftwerksgesellschaften, den projektierenden Ingenieurbüros, wie auch von den Stahlbau- und Maschinenfabriken anerkannt worden. In der Praxis werden die neuen Erkenntnisse durch Anwendung besserer und fortschrittlicher Systeme weitgehend realisiert.

Mit dem technischen Fortschritt auf dem Gebiete der Anstrichstoffe haben sich im Laufe der Jahre auch die Anstrichsysteme für die Schutzbeschichtung von Stahlwasserbauten wie Druckrohrleitungen, Druckschachtpanzerungen, Verteilrohrleitungen, Turbinen, Kugelschiebern, Wehranlagen und Dammbalken und deren Vorbehandlung geändert. So ist es heute selbstverständlich geworden, dass alle Konstruktionen durch Sandstrahlung vorbehandelt werden. Dabei soll das verwendete Strahlgut kantig sein, um dem nachfolgenden Anstrich eine gute Verankerungsmöglichkeit zu geben. Dies ist beispielsweise bei Verwendung von Stahlschrot nicht optimal gewährleistet. Bei Festlegung der Sandstrahlgüte bedient man sich der schwedischen Rostgradskala gemäss SIS-Norm 05 59 00-1967, wobei der Entrostungsgrad Sa 3 angestrebt wird.

Hochdruckkraftwerke

Noch vor wenigen Jahren wurden für den Innenkorrosionsschutz von Druckrohrleitungen und Druckschachtpanzerungen in der Schweiz vorwiegend Anstriche auf Bitumen-, Teerpech- oder später auch auf Chlorkautschukbasis angewendet. Zunächst hat man mit Schichtdicken von 120–150 µm ohne zusätzliche passivierende Korrosionsschutzgrundierung gearbeitet. Auf Grund von umfangreichen Untersuchungen, die im Auftrag der Kraftwerksgesellschaften durch die EMPA durchgeführt wurden, hat man etwa ab 1940 einen zusätzlichen passivierenden Korrosionsschutz in Form einer Spritzverzinkung und später teilweise auch eine Zinkstaubgrundierung angewendet, wobei die Gesamtschichtdicke des Korrosionsschutzes 300–350 µm betrug. Heute werden hierfür vor allem Beschichtungen mit Schichtdicken von 400–500 µm auf Basis gefüllter Teer-Epoximaterialien eingesetzt, die den früher verwendeten Bitumen- oder Teerpechanstrichen hinsichtlich mechanischer Widerstandsfähigkeit eindeutig überlegen sind.

Bei freiliegenden Druckrohrleitungen traten teilweise durch Temperaturbelastung vor allem bei entleerten Leitungen Probleme mit Zinkstaubgrundierungen auf, sodass man für diese Anwendung zunehmend auf die Verwendung von Zinkstaubfarben verzichtet.

Probleme stellten sich auch beim System Spritzverzinkung und Anstrich ein, die verschiedene Ursachen haben.