

Formieren im Rohrleitungs- und Behälterbau

Als Wurzelschutz bezeichnet man laut DVS-Merkblatt 0937 das Umspülen der Schweissnahtwurzel und der Wärmeeinflusszone mit Schutzgasen bei gleichzeitiger Verdrängung der sauerstoffhaltigen Atmosphäre. Bei Rohrleitungen und Behältern heisst derselbe Vorgang Formieren. Michael Wolters, Manager Application Technology Welding & Cutting, Messer Group GmbH

Beim Formieren werden Behälter oder Rohre mit Schutzgas gefüllt. Dies gewährleistet den Korrosionsschutz, steigert die Schweissnahtqualität und senkt die Folgekosten. Nacharbeiten und Beizen, beides mit Transportkosten und Zeitverlust verbunden, werden minimiert oder entfallen ganz. Bisher wurde das Verfahren ausschliesslich bei der Verarbeitung hochlegierter Stähle eingesetzt. Doch auch beim Schweißen von Baustählen sowie beim Schweißen und Löten von Kupfer bietet das Formieren grossen Nutzen: Es gewährleistet Korrosionsbeständigkeit und schützt nachfolgende Anlagenteile. Bei korrekter Durchführung können Schweissnähte und Wurzeln erzeugt werden, die keiner Nacharbeit bedürfen.

Das Verfahren

Das Formiergas zum Schweissnahtbereich sollte kontrolliert, also mit gezieltem Übergang des Schutzgases vom Schlauch in das zu formierende Bauteil zugeführt werden. Im Fall einer turbulenten Strömung verwirbelt das Formiergas mit der Atmosphäre zu einem diffusen Gasgemisch. Dies verlängert den Formierprozess und kann sogar zu einem völligen Misserfolg führen. Eine optimale Schutzgaszufuhr erfordert eine laminare Strömung, die mit Hilfe eines Diffusors erzeugt wird.

Restsauerstoff und Spülzeit

Die Vermischung des Formiergases mit der Atmosphäre im Rohr oder Behälter lässt sich allerdings nicht vollständig vermeiden. Dies gilt besonders für ungleichmässig geformte Behälter. Es besteht also die Gefahr, dass dort Restsauerstoff verbleibt. Er kann ausreichen, um die Oberfläche zu oxidieren und Anlauffarben zu bilden. Deshalb ist es wichtig, den Anteil des

verbliebenen Sauerstoffs auf das gewünschte Mass zu beschränken. Je nach Werkstoff sind in der Regel Höchstwerte zwischen 20 und 50 ppm unbedenklich. Bei fortlaufendem Formierprozess sinkt der Restsauerstoffgehalt im Behälter kontinuierlich, hängt also bei korrekter Vorgehensweise in den meisten Fällen von der Dauer der Spülzeit ab. Andernfalls muss die Vorgehensweise überprüft werden. Vor allem bei komplizierten Geometrien ist es empfehlenswert, den Restsauerstoffgehalt mit einem geeigneten Messgerät zu bestimmen. Bei Serienbauteilen mit geringen Herstellungskosten kann die optimale Spülzeit auch durch Variieren empirisch ermittelt werden. Die Spülzeit in Rohrleitungen lässt sich auf der Grundlage von Erfahrungswerten berechnen. Eine grafische Darstellung im DVS-Merkblatt 0937 bietet einen Anhaltspunkt für die Ermittlung einer ausreichenden Spülzeit je laufenden Meter Rohr.

Achtung: Sauerstoff kommt nicht nur in der Atmosphäre des Rohrs oder Behälters vor, er entweicht auch aus anhaftender Feuchtigkeit am kalten Bauteil. Das lässt sich durch leichtes Vorwärmen vermeiden.

Auswahl der Gase

Für das Formieren sind Gasgemische auf Argon- oder Stickstoffbasis geeignet. Wasserstoff wird zugemischt, um den Restsauerstoff zu binden. Für die Auswahl des passenden Gases gibt es drei wichtige Kriterien:

1. Der zu formierende Werkstoff - Empfindlichkeit gegenüber Wasserstoff oder Stickstoff
 2. Die Formieraufgabe - oberer oder unterer Bauteilbereich
 3. Die Bauteilform - Blech / Behälter / Rohr
- Nicht alle Werkstoffe vertragen sich mit allen Gaskomponenten. So können Bestandteile

der Formiergase manche Werkstoffe durch Bildung von Nitriden und Oxiden oder durch Wasserstoffrisse schädigen. Je nach Formieraufgabe kann es sinnvoll sein, zwischen steigendem und fallendem Formieren und dem dazugehörigen Gas - schwerer oder leichter als Luft - zu wählen. Auch die Bauteilform kann einen Einfluss auf die Auswahl des Gases haben. Beim Formieren von Behältern oder Rohrleitungssystemen mit komplizierten Geometrien erreicht ein Gasgemisch mit der gleichen Dichte wie Luft die besten Ergebnisse.

Zündbereich

Wenn zu Beginn der Schweissarbeiten noch ein zündfähiges Formiergas-Luft-Gemisch vorhanden ist, besteht Verpuffungsgefahr. Je nach Wasserstoffgehalt müssen Formiergase deshalb beim Austritt aus dem Bauteil abgefackelt werden. Die Zündgrenze liegt bei vier Prozent Wasserstoffanteil (H₂). Ab zehn Prozent H₂ ist das Abfackeln vorgeschrieben (DVS-Merkblatt 0937). Brennt das Gemisch nicht von selbst, wird dazu eine Pilotflamme benötigt. Der Inhalt des Behälters muss immer zu mindestens 75 Prozent aus Formiergas bestehen, bevor mit den Schweissarbeiten begonnen wird. Für alle Einsatzbereiche gilt: Bei korrekter Durchführung können Schweissnähte und Wurzeln erzeugt werden, die keiner kostentreibenden Nacharbeit mehr bedürfen.

Formieren von Rohren aus CrNi-Stählen

Formieren gewährleistet die Korrosionsresistenz beständiger Werkstoffe. Ohne Formieren oxidieren die Schweissnaht und der erhitzte Randbereich je nach Empfindlichkeit der Legierung. Auch während des Heftens ist das Formieren erforderlich, da die Anlauffarben beim Überschweissen von Heftstellen nicht verschwinden und die Oxide mit in die Schweissnaht eingebunden werden. Die schweisstechnische Verarbeitung von Werkstoffen, die mit Sauerstoff oder Stickstoff reagieren, wie beispielsweise Titan, Zirkon, Molybdän oder Magnesium, ist ohne Formieren gar nicht möglich.

Formieren von Rohren aus Baustählen

Werden Rohre aus Baustählen ohne Formieren geschweisst, leidet die Wurzel, denn es kommt zu starker Oxidation mit Schlackenbildung.

Wurzelschutzgas	Werkstoff
Argon-Wasserstoff-Gemische	austenitische CrNi-Stähle, Ni und Ni-Basis-Legierungen
Stickstoff-Wasserstoff-Gemische	Stähle, mit Ausnahme hochfester Feinkornbaustähle, austenitische CrNi-Stähle
Argon	austenitische CrNi-Stähle, austenitisch-ferritische Stähle (Duplex), gasempfindliche Werkstoffe (Titan, Zirkonium, Molybdän), wasserstoffempfindliche Werkstoffe (hochfeste Feinkornbaustähle, Kupfer und Kupferlegierungen, Aluminium und Aluminiumlegierungen, sonstige NE-Metalle), ferritische Cr-Stähle
Stickstoff	austenitische CrNi-Stähle, austenitisch-ferritische Stähle (Duplex)

Gase und Gasgemische zum Formieren



Beim steigenden Formieren eines Bauteils sollte ein Schutzgas mit höherer Dichte als Luft, wie etwa Argon, verwendet werden.

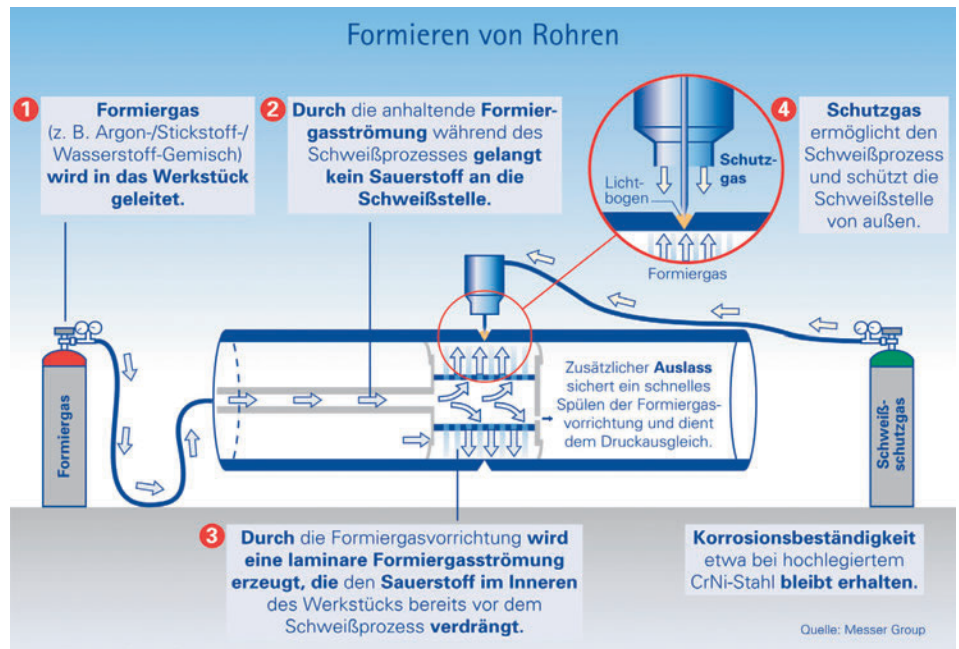


Beim Formieren werden Rohre mit Schutzgas geflutet.



Im Bereich der Schweissnaht muss die Atmosphäre beim Formieren komplett verdrängt werden. Dies verhindert die wurzelseitige Oxidation, gewährleistet den Korrosionsschutz und senkt die Folgekosten.

SCHWEISSEN



Funktionsschema: Formieren von Rohren.

Die Schlacke löst sich später beim Betrieb der Rohrleitung. Dies kann in nachfolgenden Aggregaten Schaden anrichten und zu immensen Folgekosten führen. Mit dem Formieren kann man solchen Schäden wirksam vorbeugen. Ausserdem verhindert die Schlacke das gleichmässige Verteilen der Schmelze auf der Wurzelseite. Die Wurzel wird unregelmässig, es können sich sogar Unterschneidungen bilden. Das Formieren sorgt für eine gleichmässige schlackenfreie Ausbildung der Wurzel.

Formieren beim Löten von Kupferrohren

Verbindungen ohne Schlacke und Oxidation werden auch für Kupferrohre immer öfter gefordert. Das Formieren kann auch beim Löten eingesetzt werden und verhindert bei Kupfer die Bildung von Schlacke aus dem Flussmittel. Zahlreiche Regelwerke und Richtlinien fordern dies bereits; auch die zuständigen Verbände, Institute und Zusatzwerkstoffhersteller raten dazu, beim Kupferlöten zu formieren. Der Nutzen ist offensichtlich: Lötverbindungen, die unter Verwendung des Formierens entstehen, benötigen keine aufwendige Nacharbeit, die mit erheblichen Personalkosten verbunden ist. Es schont die gefügten Rohre und schützt die nachfolgenden Aggregate dauerhaft vor teuren Schäden durch Ablösungen. Damit trägt das Formieren zur Senkung der gesamten Betriebskosten bei.

Formieren mit Gasen leichter oder schwerer als Luft

Beim Formieren von Behältern kommt es darauf an, dass das Schutzgas die Atmosphäre im Bereich der Schweissnaht verdrängt. Zwei Arten von Gasgemischen können dafür eingesetzt werden:

- Gase, die leichter sind als Luft für fallendes Formieren, oder
- Gase, die schwerer sind als Luft, für steigendes Formieren.

Beim Einsatz von Gasgemischen mit einer höheren Dichte als Luft wird der Behälter steigend von unten befüllt. Die verdrängte Atmosphäre wird über eine Entlüftung im oberen Bereich abgeleitet. Bei Gasgemischen mit einer niedrigeren Dichte als Luft verfährt man umgekehrt. Beim steigenden Formieren wird der erforderliche Restsauerstoffgehalt zuerst im unteren Teil eines Behälters erreicht, beim fallenden Formieren im oberen. Die Auswahl des Verfahrens kann sich auch nach den vorhandenen Formiergasen oder besonderen Anforderungen des Schweißvorgangs richten.

Formieren von Rohrleitungen

Beim Formieren von Rohrleitungen ist besonders bei grösseren Durchmessern und mehrfach abgewinkelter Verlegung auf die Verteilung von Gasen mit unterschiedlicher Dichte zu achten. Ein leichtes Gemisch kann sich in einem steigenden Rohrabschnitt mit der vorhandenen Atmosphäre mischen und aufsteigen, ohne die gesamte Atmosphäre verdrängt zu haben. Um dies zu verhindern, können Gasgemische mit gleicher Dichte wie Luft eingesetzt werden. Hierbei handelt es sich um Argon-/Stickstoff-/Wasserstoff-Gemische in unterschiedlicher Zusammensetzung. Um die gewünschte Dichte zu erreichen, können die Anteile von Argon und Stickstoff auf den benötigten Wasserstoffgehalt abgestimmt werden. www.messer.ch ■

Das Fachregelwerk Metallbauerhandwerk - Konstruktions-technik enthält im Kap. 1.7.2.5 wichtige Informationen zum Thema «Schweissen».

