

# Formieren schützt vor Oxidation und Verzunderung

Das Formieren ist ein Verfahren, das in der Schweißtechnik seit über 40 Jahren zur Anwendung kommt. Dabei trägt das Formieren nicht nur zu einer verbesserten Qualität der Schweißnähte bei, sondern kann bei korrekter Ausführung sogar eine Nachbearbeitung der Schweißnähte überflüssig machen. Dies wiederum bringt neben der Zeitersparnis auch eine Senkung der Folgekosten mit sich. Textquelle: Anleitung-zum-schweissen.de, Bilder: Redaktion

**Formieren bezeichnet eine Methode beim Elektroschweißen**, den der Schweißelektrode abgewandten Teil der Schweißnaht vor Oxidation und Verzundern zu schützen. Der Wurzelschutz kommt hauptsächlich bei hochlegierten Werkstoffen wie CrNi-Stählen oder Ni-Legierungen und an Bauteilen aus nichtrostenden Edelstählen zum Einsatz.

Bei diesen Werkstoffen wird die Korrosionsbeständigkeit bereits durch mässige Oxidation, die als Anlauffarbe oder Anlassfarbe sichtbar ist, deutlich reduziert.

Wird bei titanstabilisierten Stählen ein stickstoffhaltiges Wurzelschutzgas verwendet, kommt es zu einer Gelbfärbung der Wurzel durch Titanitridbildung. Dies sind keine Anlauffarben im oben genannten Sinne.

## Verdrängung der Luftatmosphäre

Während des Formierens umspülen Schutzgase die hoch erhitzten Nahtwurzel- und Nahttrandbereiche und verdrängen so die Luftatmosphäre. Beim Wurzelschutz werden inerte oder wasserstoffhaltige Gase eingesetzt. Die Zugabe von Wasserstoff zum Wurzelschutzgas (Formiergas) bindet den Restsauerstoff und verbessert die Wurzelbildung. Das Formieren wird vorwiegend bei Hohlkörpern (Rohren und Behältern) angewandt, weil hier die Nahrückseite nicht zugänglich ist

und daher eine nachträgliche Entfernung der Oxidschichten nicht praktikabel ist. Vor dem Schweißvorgang wird der Behälter bzw. das Rohr abgedichtet und mit Formiergas gefüllt. Während des Schweißens wird weiter mit Formiergas gespült. Dadurch wird der Zutritt von Luftsauerstoff an die Nahrückseite verhindert. Der Wasserstoffanteil wirkt zusätzlich reduzierend und lässt daher die Bildung von Oxiden nicht zu.

Um die Rohre oder andere Hohlkörper abzudichten, werden sogenannte Formierkammern gebaut.

Quelle: Wikipedia

## Das Formieren und der Wurzelschutz

Werden die Schweißnahtwurzel und die Wärmeeinflusszone mit Schutzgasen umspült, während gleichzeitig die sauerstoffhaltige Atmosphäre verdrängt wird, wird dieses Verfahren als Wurzelschutz bezeichnet. Findet dieses Verfahren im Zusammenhang mit Rohrleitungen und Behältern Anwendung, wird vom Formieren gesprochen.

Der Wurzelschutz und das Formieren kommen zum Einsatz, wenn gasempfindliche Werkstoffe schweißtechnisch verarbeitet werden. Auf diese Weise soll die Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe sichergestellt werden, denn ohne Formierung würden die

Schweißwurzel und die Wärmeeinflusszone durch die sauerstoffhaltige Atmosphäre oxidieren. Um die Wurzelqualität zu erhöhen, werden teilweise aber auch beim Verarbeiten von unlegierten Stählen Formiergase eingesetzt.

Gasempfindliche Werkstoffe wie beispielsweise Magnesium, Titan oder Zirkon wiederum können ohne Formierung erst gar nicht geschweisst werden.

## Die Formiergase und ihre Zuführung

Ein sehr wichtiger Punkt beim Formieren besteht darin, wie das Schutzgas in den Schweißnahtbereich zugeführt wird. Optimal ist eine laminare Strömung, also eine Strömung, bei der das Formiergas in einer Schicht strömt, ohne dass es zu Verwirbelungen und Vermischungen zwischen dem Gas und der Atmosphäre kommt. Erzeugt wird die laminare Strömung mithilfe eines Diffusors, meist werden dabei Bleche, Formteile oder Rohre aus Sintermetall verwendet.

Das Sintermaterial teilt die Zufuhr des Schutzgases auf eine grosse Fläche, aus der Formiergas laminar ausströmt, auf. Ausgehend von dem Dichteunterschied zwischen den Formiergasen und der Luft werden die Formierverfahren in drei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe bilden Formierverfahren >

## TECHNIQUE DE SOUDAGE

# L'inertage protège contre l'oxydation et le calaminage

L'inertage est un procédé utilisé dans la technique de soudage depuis plus de 40 ans. L'inertage contribue à une meilleure qualité des cordons de soudure. Réalisé correctement, il peut même rendre superflu un achèvement de ceux-ci. Cela entraîne un gain de temps, mais aussi une diminution des coûts ultérieurs.

**L'inertage désigne une méthode de soudage électrique** qui consiste à protéger le côté envers de la soudure contre l'oxydation et le calaminage. La protection des racines est essentiellement utilisée sur les matériaux

fortement alliés comme les aciers CrNi ou les alliages à base de Ni et sur les éléments de construction en aciers inoxydables.

Sur ces matériaux, la résistance à la corrosion est déjà réduite par une

oxydation modérée, qui est visible comme couleur de revenu.

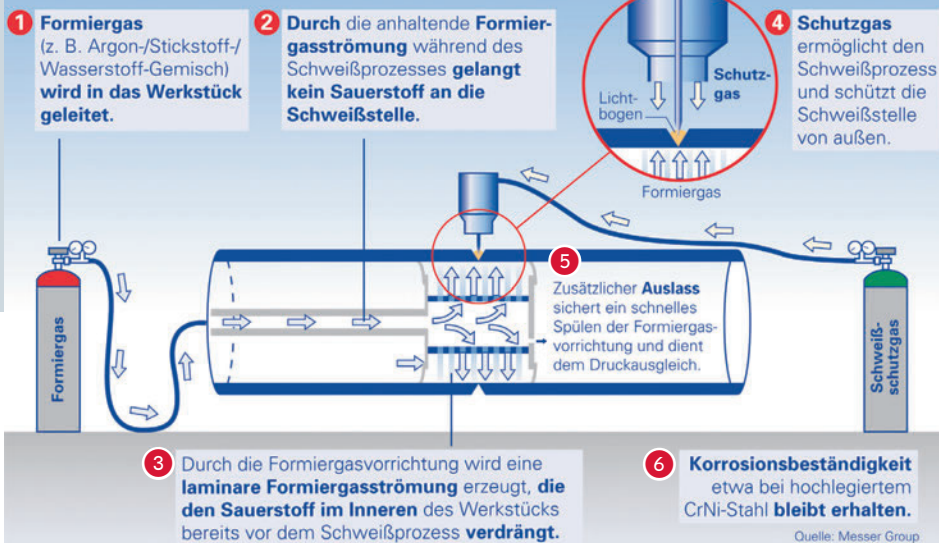
Lorsqu'un gaz de protection des racines contenant de l'azote est utilisé sur des aciers stabilisés au titane, cela entraîne un jaunissement des

racines par la formation de nitrure de titane. Il ne s'agit pas de couleurs de revenu au sens repris ci-dessus.

## Expulsion de l'air

Pendant l'inertage, les gaz de protec-

## Formieren von Rohren



### Sinnbildliche Darstellung: Schweißen von Rohren mit Formiergas

#### Présentation symbolique : soudage de tuyaux sous gaz d'inertage

- 1 Le gaz d'inertage (par ex. mélange d'argon / azote / hydrogène) est introduit dans la pièce à usiner.
- 2 Grâce au flux continu de gaz d'inertage lors du soudage, l'oxygène est totalement écarté du point de soudage.
- 3 Le dispositif de gaz d'inertage crée un écoulement laminaire qui repousse l'oxygène à l'intérieur de la pièce usinée avant même que le soudage ne commence.
- 4 Le gaz de protection permet de procéder au soudage et protège le point de soudage de l'extérieur.
- 5 Une évacuation supplémentaire assure un balayage rapide du dispositif de gaz d'inertage et compense la pression.
- 6 La résistance à la corrosion d'un acier CrNi fortement allié est conservée.



Speziell im Leitungsbau für Lebensmittel und Getränke kommt das Schweißen mit Formiergasen zur Anwendung. Es verhindert Anlauf-farben, Korrosionen und somit auch Ablagerung und Beeinflussung des Transportguts in der Leitung.

Le soudage sous gaz d'inertage est notamment utilisé dans la construction de conduites pour denrées alimentaires et boissons. Il empêche les couleurs de revenu, les corrosions et, par conséquent, les dépôts et l'influence du produit acheminé dans la conduite.

## Gasempfindliche Werkstoffe wie beispielsweise Magnesium, Titan oder Zirkon können ohne Formierung erst gar nicht geschweisst werden.

tion balayent les zones des racines et des bords des cordons de soudure hautement échauffés et expulsent ainsi l'air. Pour la protection des racines, des gaz inertes ou à base d'hydrogène sont utilisés. L'ajout d'hydrogène au gaz de protection des racines (gaz d'inertage) fixe l'oxygène résiduel et améliore la formation des racines.

L'inertage est surtout utilisé sur les corps creux (tuyaux et réservoirs) car le revers de la soudure n'y est pas accessible, rendant impossible une

élimination ultérieure des couches d'oxyde. Le réservoir ou le tuyau est étanché avant le soudage et rempli de gaz d'inertage. Le gaz d'inertage continue d'être balayé pendant le soudage pour éviter que de l'oxygène atmosphérique n'accède au revers de la soudure. La teneur en hydrogène a un effet réducteur supplémentaire et empêche ainsi la formation d'oxydes. Des chambres d'inertage sont construites pour étancher les tuyaux et autres corps creux. Source : Wikipédia

### L'inertage et la protection des racines

La protection des racines est un procédé qui consiste à balayer la racine du cordon de soudure et la zone affectée thermiquement avec des gaz de protection tout en expulsant l'oxygène de l'air. Lorsque ce procédé est appliqué sur des conduites et des réservoirs, on parle d'inertage.

La protection des racines et l'inertage sont utilisés pour traiter des matériaux sensibles au gaz pendant le soudage. Ces procédés visent à

assurer la résistance à la corrosion des matériaux ; en effet, sans inertage, la racine de la soudure et la zone affectée thermiquement seraient oxydées par l'oxygène de l'air. Des gaz d'inertage sont partiellement utilisés pour accroître la qualité des racines, mais aussi pour l'usinage d'aciers non alliés.

Les matériaux sensibles au gaz tels que le magnésium, le titane ou le zircon ne peuvent pas du tout être soudés sans inertage.

>



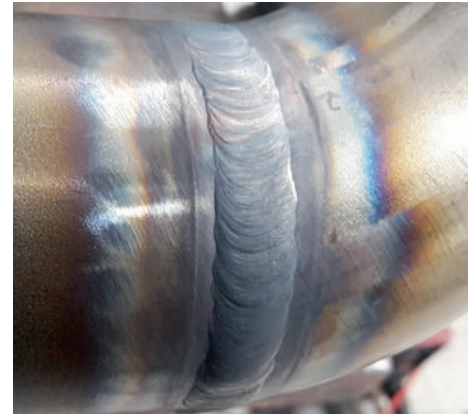
Die Abdichtung verhindert den Austritt des Formiergases.

L'étanchéité empêche le gaz d'inertage de s'échapper.



Ohne Formiergas geschweisst: verschiedene Anlauffarben innen und aussen.

Soudage sans gaz d'inertage : différents couleurs de revenu à l'intérieur et à l'extérieur.



Auf der Aussenseite entstehen Verfärbungen.

Des décolorations apparaissent sur le côté extérieur.

> mit Gasen, die leichter sind als Luft. Die zweite Gruppe umfasst Formierungen mit Gasen, die schwerer sind als Luft, und in die dritte Gruppe gehören Formierverfahren mit Gasen, die die gleiche Dichte haben wie Luft. Werden Formiergase verwendet, die eine höhere Dichte haben als Luft, wird der Behälter von unten nach oben befüllt. Im oberen Bereich ist er mit einer Entlüftung ausgestattet, durch die die verdrängte Atmosphäre abgeleitet werden kann. Werden Formiergase verwendet, deren Dichte geringer ist als die von Luft, ist die Funktionsweise des Mechanismus umgekehrt. Besteht ein grosser Dichteunterschied zwischen den Formiergasen und der Luft, können unter anderem beim Formieren von Rohrleitungen Gasgemische eingesetzt werden, die die gleiche Dichte haben wie Luft.

Diese Gasgemische bestehen aus Argon oder Stickstoff und Wasserstoff mit variierbarem Wasserstoffgehalt und verhindern, dass sich die Formiergase und die Luft miteinander vermischen. Neben dem Gas, das passend

zur Aufgabe, den Werkstoffen und der Form des Bauteils ausgewählt werden muss, spielt aber auch der Schutzgasschlauch eine wichtige Rolle. So eignen sich herkömmliche Schläuche aus PVC nicht, denn ein solches Schlauchmaterial könnte die Feuchtigkeit aus der Atmosphäre aufnehmen und an das trockene Formiergas weitergeben. Aus diesem Grund sollten Schutzgasschläuche verwendet werden, die speziell für diesen Zweck gefertigt und entsprechend gekennzeichnet sind.

#### Der Zündbereich und die Vorspülzeiten

Je nachdem, wie hoch der Gehalt an Wasserstoff ist, sind Formiergase an der Umgebungsluft brennbar und müssen bei ihrem Austritt aus dem Bauteil, das formiert werden soll, abgepackelt werden. Die Zündgrenze liegt bei vier Prozent Wasserstoff, bei zehn Prozent Wasserstoff muss abgepackelt werden. Dabei wird zwischen selbständig und nicht selbständig brennenden Formiergasen unterschieden. Bei nicht selbständig

brennenden Formiergasen ist es notwendig, eine Pilotflamme zu verwenden. Bei brennbaren Formiergasen hingegen besteht eine Verpuffungsgefahr, wenn das Gemisch aus Formiergas und Luft zu Beginn der Schweißarbeiten noch zündfähig ist. Wird ein Behälter oder ein Rohr mit Formiergas umspült, lässt sich eine Vermischung mit der Atmosphäre nie vollständig vermeiden. Dadurch entsteht aber ein Restgehalt an Sauerstoff, durch den die Oberfläche beim Schweißen oxidiert. Zu erkennen ist dies an den Anlauffarben. Auch wenn sich der Restsauerstoffgehalt im Behälter im Laufe des Formierprozesses ändert, muss er je nach Werkstoff vor Beginn der Schweißarbeiten ausreichend niedrig eingestellt werden. Üblicherweise bewegt sich die Einstellung in einem Bereich zwischen 20 und 50 ppm. Der vorhandene Restsauerstoffgehalt kann zum einen durch ein entsprechendes Messgerät nachgewiesen werden, vor allem bei Serienbauteilen, die kostengünstig hergestellt werden können,

## TECHNIQUE DE SOUDAGE

### > Les gaz d'inertage et leur méthode d'application

La méthode d'application du gaz de protection dans la zone du cordon de soudure est un facteur primordial en matière d'inertage. L'idéal est l'écoulement laminaire. Il s'agit d'un écoulement du gaz d'inertage en une seule couche sans turbulences ni mélanges entre le gaz et l'atmosphère. L'écoulement laminaire est généré à l'aide d'un diffuseur. Des tôles, pièces moulées ou tuyaux en métal fritté sont généralement utilisés.

Le matériau fritté répartit le gaz de protection sur une grande surface, où le gaz d'inertage s'écoule de façon

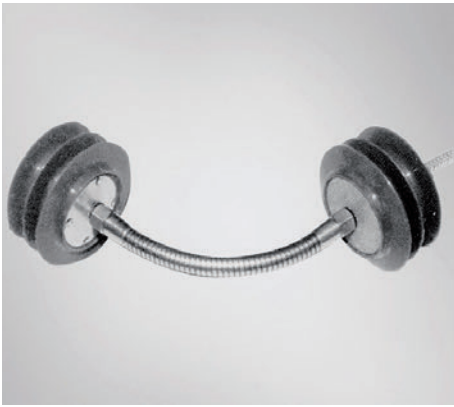
laminaire. Les procédés d'inertage sont répartis en trois groupes sur la base de la différence de densité entre les gaz d'inertage et l'air. Le premier groupe est constitué des procédés d'inertage avec des gaz plus légers que l'air. Le deuxième groupe englobe les inertages avec des gaz plus lourds que l'air, tandis que le troisième groupe rassemble les procédés d'inertage avec des gaz qui présentent la même densité que l'air. En cas d'utilisation de gaz d'inertage plus denses que l'air, le récipient est rempli de bas en haut. Il est muni d'un évent dans sa zone supérieure afin d'évacuer l'air expulsé. En cas

d'utilisation de gaz d'inertage moins denses que l'air, le fonctionnement du mécanisme est inversé. En cas de grande différence de densité entre les gaz d'inertage et l'air, des mélanges gazeux qui présentent la même densité que l'air peuvent être utilisés, entre autres pour l'inertage de conduites. Ces mélanges gazeux se composent d'argon ou d'azote et d'hydrogène, la teneur en hydrogène étant variable, et évitent que les gaz d'inertage et l'air ne se mélangent. Outre le choix du gaz adapté, des matériaux et de la forme du composant, le tuyau de gaz de protection joue aussi un rôle important.

Les tuyaux traditionnels en PVC sont inadaptés car ce matériau est susceptible d'absorber l'humidité présente dans l'atmosphère et de la transmettre au gaz d'inertage sec. Les tuyaux pour gaz de protection doivent donc être fabriqués spécialement à cet effet et identifiés en conséquence.

#### Limite d'inflammabilité et temps de prébalayage

Selon la teneur en hydrogène, les gaz d'inertage s'enflamment au contact de l'air ambiant et doivent être allumés à leur sortie du composant à inertier. La limite d'inflammabilité est de quatre pour cent d'hydrogène.



Verschiedenste Anbieter führen Hilfsmittel für das Schweißen mit Formiergas in ihrem Sortiment. Tous les fournisseurs proposent des outils pour le soudage sous gaz d'inertage.

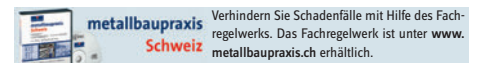
lässt sich die erforderliche Spülzeit aber auch empirisch ermitteln. Grundsätzlich gilt dabei, dass die Vorspülzeit umso länger ausfällt, je empfindlicher ein Werkstoff ist.

#### Hilfsmittel beim Formieren

Nach Möglichkeit sollte der bearbeitete Bereich beim Formieren räumlich abgegrenzt werden. Hierfür stehen eine Reihe an Hilfsmitteln zur Verfügung. Werden Bleche geschweisst, ist der Wurzelbereich vielfach zugänglich. Dies wiederum macht es möglich, eine Formiervorrichtung aufzusetzen, durch die die Schweisswurzel und die Wärmeeinflusszone vollständig abgedeckt sind. Sind die Schweißarbeiten abgeschlossen, wird die Temperatur gemessen und die Abdeckung erst entfernt, wenn das Bauteil ausreichend

abgekühlt ist. Etwas anspruchsvoller ist das Formieren von Behältern und Rohrleitungen, denn hier sind die Schweisswurzeln oft nur schlecht zugänglich. Um sicherzustellen, dass der Wurzelbereich genügend mit Formiergas abgedeckt ist, sind häufig spezielle Formiervorrichtungen erforderlich. Teilweise kann es sogar notwendig sein, das Rohr oder den Behälter vollständig mit Formiergas zu füllen, um eine ausreichende Abdeckung zu gewährleisten. Quelle: Wikipedia ■

Informieren Sie sich im Fachregelwerk. Das Fachregelwerk Metallbauerhandwerk - Konstruktionstechnik enthält im Kap. 1.7.2.5 wichtige Informationen zum Thema «Schweißen».



L'hydrogène doit être allumé à une concentration de dix pour cent. On distingue des gaz d'inertage à inflammation autonome et non autonome. Dans le cas de gaz d'inertage à inflammation non autonome, il est nécessaire d'utiliser une veilleuse d'allumage. Mais dans le cas de gaz d'inertage inflammables, il y a un risque d'explosion si le mélange de gaz d'inertage et d'air est encore inflammable au début des travaux de soudage. Si un récipient ou un tuyau est balayé avec du gaz d'inertage, un mélange avec l'atmosphère ne peut être totalement évité. Cela génère une teneur résiduelle en oxygène qui

oxyde la surface au soudage. Cela se voit aux couleurs de revenu.

Même si la teneur en oxygène résiduel dans le récipient se modifie au cours du processus d'inertage, elle doit être réglée sur un niveau suffisamment bas en fonction du matériau avant le début du soudage. Habituellement, le réglage est compris entre 20 et 50 ppm.

La teneur en oxygène résiduel peut être décelée par un appareil de mesure adapté, notamment sur des composants en série qui doivent pouvoir être fabriqués à peu de frais, mais la durée de balayage requise se calcule aussi de manière empirique.

En règle générale, plus le prébalayage est long, plus un matériau est sensible.

#### Outils d'inertage

Si possible, il faut délimiter la zone usinée pour l'inertage. Il existe de nombreux outils pour ce faire. En cas de soudage de tôles, la zone des racines est souvent accessible. Cela permet d'appliquer un dispositif d'inertage qui couvre complètement les racines des soudures et la zone affectée thermiquement.

À la fin des travaux de soudage, la température est mesurée et la couverture n'est enlevée que lorsque

le composant a suffisamment refroidi. L'inertage des récipients et des conduites est plus compliqué car les racines des soudures y sont souvent difficilement accessibles. Pour s'assurer que la zone des racines est suffisamment recouverte de gaz d'inertage, des dispositifs d'inertage spéciaux sont souvent nécessaires.

Il est même parfois nécessaire de remplir complètement le tuyau ou le récipient avec du gaz d'inertage afin de garantir un recouvrement suffisant. Source : Wikipédia ■