

Ersetzt die Ausgabe März 1986

Diese Richtlinie ist eine Gemeinschaftsarbeit von Fachleuten des Metall-Schutzgasschweißens, einschlägiger Fachverbände und der Technischen Überwachung.

Es werden Wege aufgezeigt, um Poren zu vermeiden. Auf Ursachen von Porenbildung sowie die Porenvermeidung beim Metall-Inertgasschweißen von Aluminium und dessen Legierungen geht Merkblatt DVS 0913 ein. Der Schweißaufsichtsperson obliegt im Sinne von DIN 8563 Teil 2 (Sicherung der Güte von Schweißarbeiten) die Sorgfaltspflicht der sachgerechten Anwendung des Schweißverfahrens, der Ermittlung geeigneter Schweißparameter, der Nahtvorbereitung und -herstellung, im Einsatz geeigneter Schweißgeräte, Schweißzusätze, Schweißhilfsstoffe und der Schweißer.

Zu den eigenverantwortlichen Aufgaben der Schweißaufsicht gehört, eine Schweißanweisung zu erstellen und deren Einhaltung in einem Schweißprotokoll zu dokumentieren.

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Bedeutung von Poren
- 3 Zweck
- 4 Definition des Begriffes Poren
- 5 Mechanismen der Porenbildung
- 5.1 Metallurgische Porenbildung
- 5.2 Mechanische Porenbildung
- 6 Porenursachen
- 6.1 Metallurgisch gebildete Poren
- 6.2 Mechanisch gebildete Poren
- 7 Hinweise zur Porenvermeidung
- 7.1 Schweißnahtvorbereitung
- 7.2 Einfluß der Schweißparameter
- 7.3 Schweißen
- 8 Prüfverfahren zum Erkennen von Poren
- 8.1 Durchstrahlungsprüfung
- 8.2 Oberflächenrißprüfung
- 8.3 Ultraschallprüfung
- 8.4 Bruchprobe
- 8.5 Makroschliff
- 8.6 Visuelle Prüfung
- 9 Schulung und Ausbildung des schweißtechnischen Personals
- 9.1 Schulung der Schweißer
- 9.2 Ausbildung von Schutzgaslehrschweißern
- 9.3 Ausbildung von Schweißaufsichtspersonen
- 9.4 Sonderlehrgänge
- 10 Schrifttum

Die statische Festigkeit und auch die Dauerschwingfestigkeit werden erst ab einem bestimmten Porenanteil im tragenden Querschnitt herabgesetzt. In einer Reihe technischer Regeln sind deshalb Grenzwerte für Porosität angegeben (unter anderem AD-Merkblatt HP 5/3, DIN 8563 Teil 3, Merkblatt DVS 1611, DASt-Richtlinie 006).

Neben der Herabsetzung der Festigkeit muß aber auch berücksichtigt werden, daß durch Poren Undichtheiten auftreten können. Ferner kann die Korrosionsbeständigkeit dadurch herabgesetzt werden, daß die Wanddicke sprunghaft verringert wird, wenn eine Pore durch die Korrosionsabtragung angeschnitten wird. Auch kann es in einer solchen Pore durch verminderten Sauerstoffaustausch im Korrosionsmedium zu einem verstärkten Angriff durch Spaltkorrosion kommen.

3 Zweck

Diese Richtlinie behandelt:

- die Entstehungsmechanismen von Poren,
- mögliche Quellen der Gase, die zur Porenbildung führen,
- Ursachen der Porenbildung und Hinweise zur Vermeidung,
- Prüfverfahren zum Erkennen von Poren.

Die in der Richtlinie gemachten Angaben sind Anhaltswerte. Die Richtlinie enthält Hinweise zur Aus- und Weiterbildung von Schweißern und Schweißaufsichtspersonen. Der Einfluß verschiedener Schutzgase nach DIN 32 526 (Schutzgase zum Schweißen) auf die Nahtform bei I-, Kehl- und V-Nähten ist in Merkblatt DVS 0908 Teil 1 und 2 enthalten.

1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für das Metall-Schutzgasschweißen (MIG-/MAG-Schweißen) von Stahl.

2 Bedeutung von Poren

Im Gegensatz zu Bindefehlern oder Rissen sind Poren wegen ihrer abgerundeten Form weniger schädlich, vorausgesetzt, daß sie einzeln auftreten, eine bestimmte Größe nicht überschreiten und gewisse Mindestabstände voneinander haben.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muß jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e. V. und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

4 Definition des Begriffes Poren

Poren sind im erstarrten Schweißgut ganz oder teilweise eingeschlossene Gasblasen (für verschiedene Benennungen der Porosität siehe DIN 8524 Teil 1).

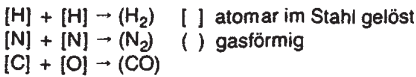
5 Mechanismen der Porenbildung

Bei der Porenbildung werden zwei Entstehungsmechanismen unterschieden.

5.1 Metallurgische Porenbildung

Metallurgische Poren können nur durch die im flüssigen Zustand des Stahles löslichen Gase, Wasserstoff [H], Stickstoff [N] und Sauerstoff [O], hervorgerufen werden.

Atomar im flüssigen Stahl gelöste Gase scheiden sich während der Erstarrung als Gasblasen aus.



Ist die Erstarrungsgeschwindigkeit größer als die Geschwindigkeit, mit der die Gasblasen aufsteigen, so werden sie eingeschlossen („eingefroren“) und bleiben als Poren in der Schweißnaht zurück. Eine Bildung von Gasblasen unmittelbar aus der Schmelze ist nicht möglich. Gasblasen entstehen nur an der Phasengrenze fest/flüssig (raue Oberfläche) und an in der Schmelze schwimmenden festen Partikeln, zum Beispiel Schlackenteilchen.

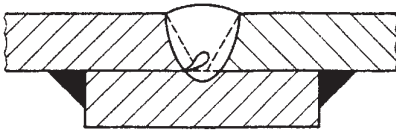


Bild 1.
Mechanisch bedingte Porenbildung.

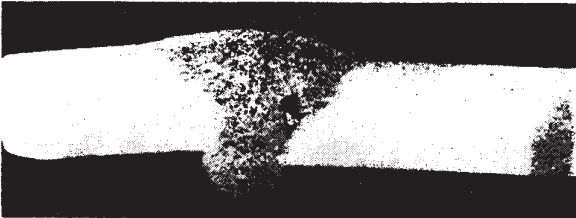


Bild 2.
Von einem Flankenbindefehler ausgehende mechanische Porenbildung.

5.2 Mechanische Porenbildung

Mechanische Porenbildung tritt auf, wenn mit Gasen – zum Beispiel Luft – gefüllte Spalte oder Hohlräume überschweißt werden.

Können die durch die Schweißwärme expandierenden Gase nicht vollständig in eine andere Richtung entweichen, so baut sich ein Druck auf, der sich durch Blasenbildung in das flüssige Schweißbad abbaut, Bilder 1 und 2.

Verstärkt wird diese Gasblasenbildung, wenn sich neben der Luft noch vergasende Stoffe, wie Öle, Fette, Anstrichstoffe, in den Spalten und Hohlräumen befinden.

Mechanisch gebildete Poren haben in der Regel eine Verbindung zu den Spalten oder Hohlräumen, aus denen sie entstanden sind.

6 Porenursachen

Zur wirkungsvollen Porenvermeidung ist es notwendig, die Quellen der Entstehung der Gase, die die Poren verursachen, zu kennen.

6.1 Metallurgisch gebildete Poren

Einige Möglichkeiten der Gasaufnahme beim Metall-Schutzgasschweißen zeigt Bild 3. Von den in Frage kommenden Gasen Wasserstoff (H_2), Stickstoff (N_2) und Kohlenmonoxid (CO) führt beim Metall-Schutzgasschweißen von un- und niedriglegiertem Stahl in erster Linie Stickstoff (N_2) zu Poren, während beim Schweißen von austenitischem Chrom-Nickel-Stahl vornehmlich Wasserstoff (H_2) die Poren verursacht.

Die Kohlenmonoxid-(CO-)Reaktion spielt, da der Sauerstoff (O_2) bei der Verwendung der üblichen Si- und Mn-legierten Drahtelektroden sofort unschädlich abgebunden wird, nur dann eine Rolle, wenn stark verrostete oder verzünderte Oberflächen aufgeschmolzen oder Seigerungszone angeschmolzen werden. Stickstoff wird beim Schweißen austenitischer Chrom-Nickel-Stähle in der Regel zu Nitriden abgebunden und scheidet damit für eine Gasreaktion aus.

6.2 Mechanisch gebildete Poren

Neben Luft kommen für die Gasbildung folgende Stoffe in Betracht:

- Feuchtigkeit aus Kondenswasser oder chemischen Verbindungen,
- Fette und Öle aus Verunreinigungen oder Schmier- und Konservierungsmitteln,
- Pigmente, Lösungs- und Bindemittel aus Anstrichstoffen und
- metallische Überzüge (zum Beispiel Zink).

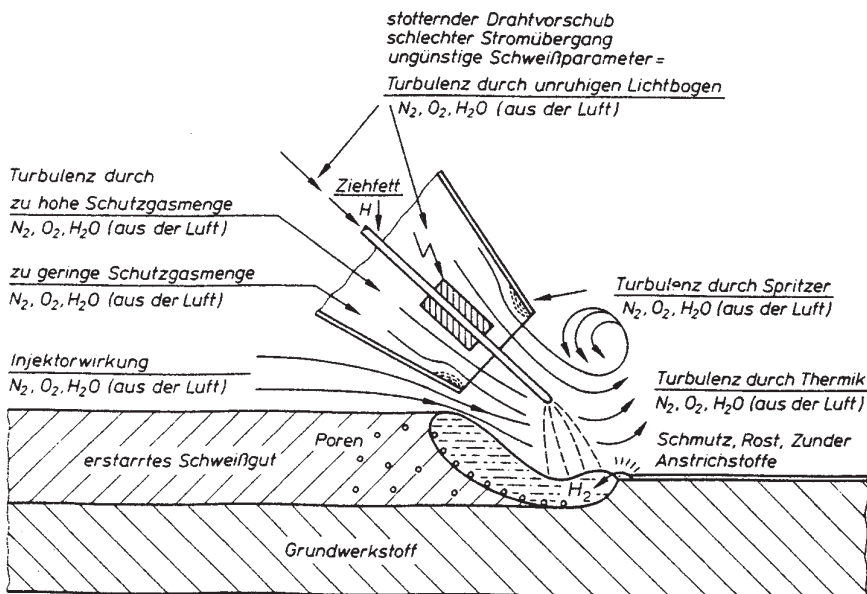


Bild 3.
Möglichkeiten der Gasaufnahme beim Metall-Schutzgasschweißen.

Tabelle 1. Metallurgische Porenbildung.

Gas/gasbildender Stoff	Ursachen	Vermeidung
	Zu geringe Schutzgasmenge durch:	
Luft		
- Stickstoff	- zu niedrige Einstellung	Einstellung entsprechend korrigieren
- Wasserstoff	- undichte Leitung	Lecks suchen und beseitigen
	- zu kleine Kapillarenbohrung	Richtige Zuordnung Kapillare – Druckminderer
	- zu geringen Vordruck für den Druckminderer	Flaschen- oder Leitungsdruck muß erforderlichem Vordruck des Druckminderers entsprechen
	Feuchtigkeit durch:	
Wasser	- undichten Brenner (bei wassergekühltem Typ)	Lecks suchen und beseitigen, Drahttransportschlauch trocknen, falls Wasser hineingekommen ist
	- Schwitzwasser im Schweißnahtbereich	Werkstück temperieren, z. B. abflämmen oder vorwärmen
	- Schwitzwasser an Schutzgasdüse	Brennerkühlung auf Überkapazität prüfen
	- Schwitzwasser auf Schweißzusatz	Schweißzusatz temperieren, trocken lagern
	Unzureichender Gasschutz durch:	
	- offene Fenster, Türen, Gebläse, zu starke Rauchabsaugung	Schweißstelle vor Luftzug schützen, Absaugung anders positionieren
	- ungenügende Gasmenge bei Schweißbeginn und -ende	Gas entsprechend länger vor- und nachströmen lassen
	- zu großen Gasdüsenabstand	Gasdüsenabstand verringern
	- exzentrischen Drahtelektrodenaustritt	Drahtelektrode besser richten, Kontaktrohr zentrisch anordnen
	- falsche Gasdüsenform	Gasdüsenform auf Nahtart abstimmen
	- falsche Gasdüsenstellung (bei dezentraler Gaszufuhr)	Gasdüse, in Schweißrichtung gesehen, möglichst hinter Brenner anordnen
	Turbulenzen durch:	
	- zu hohe Schutzgasdurchflußmenge	Gasmenge reduzieren
	- Spritzer an Gasdüse oder Kontaktrohr	Gasdüse und Kontaktrohr in Schweißpausen reinigen
	- unruhigen Lichtbogen	Drahtförderstörungen beseitigen, Spannung erhöhen, wenn Drahtelektrode stottert, auf guten Stromübergang im Kontaktrohr achten, einwandfreier Masseanschluß, Schlacken von vorher geschweißten Raupen beseitigen
	Thermik – gegebenenfalls verstärkt durch Kaminwirkung bei einseitigem Schweißen	Auf Unterlage oder mit Wurzelgasschutz schweißen
	- durch zu hohe Schweißbadtemperatur	Schweißbadgröße reduzieren
	- durch zu hohe Werkstücktemperatur	Vorwärm- oder Zwischenlagentemperatur verringern
	Injektorwirkung	Brenner nicht so stark neigen, Lecks in der Gasleitung abdichten, freiliegende Schlitze der Gasdüse vermeiden
Wasser	- undichten Brenner (bei wassergekühltem Typ)	Lecks suchen und beseitigen, Drahttransportschlauch trocknen, falls Wasser hineingekommen ist
Kohlenmonoxid	Anschmelzen von Seigerungszone	Einbrand vermindern durch Senken der Lichtbogenleistung oder Erhöhen der Schweißgeschwindigkeit
	Anschmelzen von Rost oder Zunder	Schweißnahtbereich vor dem Schweißen reinigen

7 Hinweise zur Porenvermeidung

Mögliche Ursachen für die Gasaufnahme des Schweißgutes sowie Maßnahmen zur Vermeidung metallurgisch und mechanisch gebildeter Poren sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefaßt. In den folgenden Abschnitten werden allgemeingültige Hinweise für Fehlerquellen und zur Vermeidung von Poren gegeben.

7.1 Schweißnahtvorbereitung

Für die Schweißnahtvorbereitung gilt DIN 8551 Teil 1. Zum Vermeiden metallurgischer Poren soll die Werkstückoberfläche im Bereich der Schweißnaht frei von Verunreinigungen, Rost und Zunder sein. Zum Vermeiden mechanischer Poren sind Stumpfnähte nach Möglichkeit anderen Nähten, bei denen enge Spalte auftreten (zum Beispiel Kehlnähte, Überlappnähte), vorzuziehen.

Beim Schweißen beschichteter Stähle sind die empfohlenen Schichtdicken unbedingt einzuhalten. Dies gilt insbesondere für Kanten, wo das Einhalten der Schichtdicke erfahrungsgemäß besonders schwierig ist.

7.2 Einfluß der Schweißparameter

Die Schweißparameter beeinflussen sowohl die Gasaufnahme des Schmelzbades als auch die Entgasungsbedingungen bei seiner Erstarrung.

7.2.1 Lichtbogenleistung

Die grundsätzlichen Beziehungen zwischen Schweißstrom und Schweißspannung sind in Bild 4 dargestellt. Zum Einstellen von Schweißstrom und Schweißspannung steht nur ein begrenzter Arbeitsbereich zur Verfügung.