

Hinweise zum Schweißen ferritisch-austenitischer Stähle (Duplex / Super-Duplex)

1. Allgemeines

Duplex-Stähle enthalten ein etwa zu gleichen Teilen aus Ferrit und Austenit (meist 45 – 60%) bestehendes Gefüge. Ferrit liefert erhöhte Festigkeitswerte und Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion, Austenit ist verantwortlich für gute Zähigkeiten und die allgemeine Korrosionsbeständigkeit. Diese Gefügekombination verbindet verbesserte mechanische Eigenschaften mit hervorragender Korrosionsbeständigkeit. Wegen der gegenüber den CrNi-Standardausteniten erhöhten Streckgrenze kann man den Werkstoffeinsatz durch Wanddickenverringering senken. Weiterhin besitzen die ferritisch-austenitischen Duplex-Stähle gegenüber CrNi- bzw. CrNiMo-Austeniten verbesserte Korrosionsbeständigkeiten gegen Loch-, Spalt- und Spannungsrisskorrosion. Der Hauptvertreter der Duplex-Stähle ist derzeit **X2CrNiMoN22-5-3 (1.4462)**, der in Form von Walz-, Schmiede- und Gussprodukten vielfältige Anwendung findet.

Zur Unterscheidung der Duplex- und Super-Duplex-Stähle wird die Wirksumme = PRE (Pitting Resistance Equivalent) genutzt. Die Wirksumme drückt die Beständigkeit gegen Lochkorrosion aus und wird für Duplex- und Super-Duplex-Stähle wie folgt ermittelt:

PRE = %Cr + 3,3 %Mo + 16 %N	(in Gewichts-%)	
PRE < 40	Duplex-Stahl	Beispiel: 1.4462 - X2CrNiMoN22-5-3: PRE = 35
PRE ≥ 40	Super-Duplex-Stahl	Beispiel: 1.4410 - X2CrNiMoN25-7-4: PRE = 42

2. Schweißen

Allgemein wird angenommen, dass man Duplex-Stähle schweißtechnisch wie austenitische Stähle behandeln soll. Praktische Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass dem nicht so ist. Deshalb folgen einige Hinweise:

Um Übereinstimmungen der mechanischen Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit zwischen Schweißgut, Wärmeeinflusszone und Grundwerkstoff zu erzielen, sind Analyse des Schweißzusatzes und Temperaturführung zu beachten. Bei hohen Abkühlgeschwindigkeiten, wie sie bei Austeniten angestrebt werden, kann ein Gefüge mit zu hohem Ferritanteil erzeugt werden, das eine nicht ausreichende Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit besitzt. Dagegen ist bei zu geringen Abkühlgeschwindigkeiten mit Phasenausscheidungen und Versprödung zu rechnen; deshalb ist ein zu breites Pendeln zu vermeiden.

- Abkühlzeit:

Günstige Abkühlzeiten liegen im Bereich $t_{12/8} = 8 - 10$ s.

- Streckenergie:

Der Bereich empfohlener Streckenergien liegt allgemein bei $E_S = 5 - 25$ kJ/cm für Duplex-Stähle, für Super-Duplex-Stähle bei $E_S = 2 - 15$ kJ/cm, bei dünnen Blechen $E_S \leq 10$ kJ/cm.

- Vorwärmen:

Anders als bei Austeniten kann bei größeren Wanddicken oberhalb $s = 12$ mm ein Vorwärmen auf $T_V = 100^\circ\text{C}$ für Duplex-Stähle empfehlenswert sein, wenn mit geringer Streckenergie geschweißt wird oder kurze Heftschweißungen ausgeführt werden.

Moderne Duplex-Stähle mit Stickstoffanteilen von $N \geq 0,15\%$ und Super-Duplex-Stähle bedürfen bei Einhaltung der Streckenergie meist keiner Vorwärmung.

- Zwischenlagentemperatur:

Die Zwischenlagentemperatur sollte bei Duplex $T_Z = 250^\circ\text{C}$ nicht überschreiten, für Super-Duplex $T_Z = 150^\circ\text{C}$.

- Nahtvorbereitung:

Die vorbereitete Fuge und der angrenzende Bereich sollten gründlich gesäubert werden. Es sind generell nur Werkzeuge und Drahtbürsten für nichtrostende Stähle zu verwenden.

Zur Vermeidung von Bindefehlern haben sich für Stumpfnähte größere Nahtöffnungswinkel durchgesetzt ($70 - 80^\circ$).

- Formiergas:

Für den Wurzelschutz empfiehlt sich meist reines Argon.

- Lichtbogenzündung:

Die Lichtbogenzündung darf nicht in einem Bereich erfolgen, der später nicht überschweißt wird, um keine Punkte für Korrosionsangriff zu erzeugen.

- Ausführung:

Wegen der Rissgefahr und der ungenügenden Gefügeausbildung ist das Schweißen ohne Schweißzusatz allgemein zu vermeiden. Insbesondere beim manuellen WIG-Schweißen ist auf eine ausreichende Zufuhr von Schweißzusatz zu achten, meist werden größere Luftspalte als bei austenitischen Stählen gewählt.

- Nacharbeiten:

Eine gründliche Reinigung der Naht ist Voraussetzung für eine gute Korrosionsbeständigkeit. Schlacke und Oxide sind vor der Passivierung vollständig zu entfernen. Das manuelle Bürsten ist dem maschinellen vorzuziehen, um Riefenbildung auszuschließen.

- Wärmenachbehandlung:

Eine Wärmenachbehandlung wird meist nicht vorgesehen, in Ausnahmefällen kann ein Lösungsglühen bei 1020 - 1050°C mit einer Haltezeit von 5 min und anschließender Wasserabschreckung erfolgen.

3. Vorkalkulation des Ferritgehalts im Schweißgut

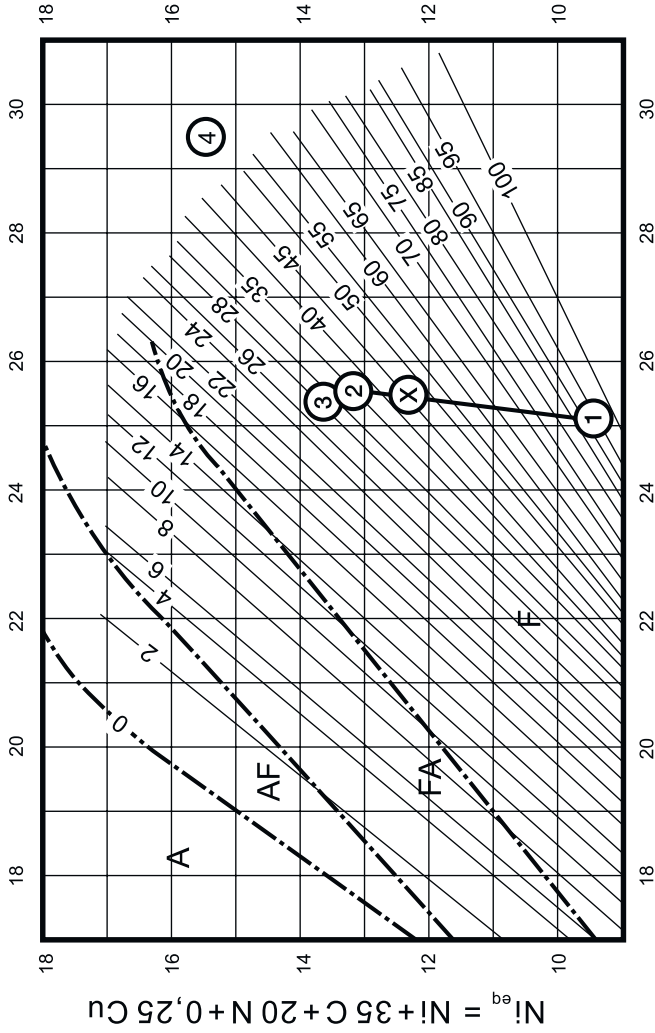
Zur Kalkulation der Gefügebestandteile im Schweißgut von Duplex-Stählen wird das WRC-92-Diagramm nach Kotecki/Siewert verwendet. Es enthält die Linien für die Ferritzahl FN (ISO-ferrit-number) und Linien, die die Primärerstarrungsgefüge (primär austenitisch oder primär ferritisch) kennzeichnen:

A - austenitisch
AF - austenitisch-ferritisch
FA - ferritisch-austenitisch
F - ferritisch

Weitere Hinweise enthalten:

EN 1011-3: Schweißen - Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe –
Teil 3: Lichtbogenschweißen von nichtrostenden Stählen

DVS-Merkblatt 0946: Empfehlungen zum Schweißen von nicht rostenden austenitisch-ferritischen Duplex- und Superduplexstählen



$$Cr_{eq} = Cr + Mo + 0,7 Nb$$

Das WRC-92-Diagramm nach KOTECKI / SIEWERT

- ① - Lage des Grundwerkstoffes X2CrNiMoN22-5-3 (1.4462)
- ② - Lage des reinen Schweißgutes von OK 67.50
- ③ - Lage des reinen MIG-WIG-Schweißgutes von OK Autrod 2209 / OK Tigrod 2209
- ④ - Lage des reinen Schweißgutes von OK 68.53 (Super-Duplex)
- ⊗ - Lage des Mischschweißgutes aus 1.4462 / OK 67.50 bei 30 % Aufmischung aus dem Grundwerkstoff, die Ferritzahl beträgt FN = 45