

Schweißen hitzebeständiger Stähle

1. Begriff

Als hitzebeständig gelten Stähle, die sich durch ausreichende mechanischen Güterwerte und hohe Zunderbeständigkeit im Temperaturbereich oberhalb 600°C auszeichnen.

Diese erhöhte Beständigkeit erhalten die Stähle vor allem durch die Legierung mit Chrom, Aluminium und/oder Silizium, in manchen Fällen auch durch die Legierung mit Seltenerdmetallen wie Cer (Ce). Die höchsten Anwendungstemperaturen in Luft reichen bis 1150°C, Bestandteile im Gas (Schwefel, Chlor, Asche etc.) setzen die zulässigen Einsatztemperaturen stark herab. Anhaltswerte für Zundergrenztemperaturen in Luft können EN 10095, SEW 470 und SEW 595 entnommen werden.

2. Einfluss der Legierungselemente

Chrom (Cr)

- Verbesserung der Zunderbeständigkeit ab Cr \geq 3 %.

Aluminium (Al) und Silizium (Si)

- Gesamtanteile aus Al + Si betragen bis 3 %.
- Al, Si und Cr diffundieren aus den Randzonen an die Oberfläche und werden oxidiert. Es bildet sich eine fest anhaftende Oxidschicht (Zunder), die bis zur Zundergrenztemperatur als Schutzschicht fungiert.
- Oberhalb der Zundergrenztemperatur ist die Diffusionsgeschwindigkeit von Al, Si und Cr geringer als die von Sauerstoff. Dieser dringt in den Werkstoff ein und reagiert außer mit Al, Si und Cr auch mit Eisen (Fe), es bildet sich eine ständig wachsende Zunderschicht, die schließlich abblättert.

Nickel (Ni)

- Nickel beeinflusst (in Verbindung mit Chrom) den Gefügeaufbau:

X10CrAlSi13	1.4724	ferritisches Gefüge
X15CrNiSi25-4	1.4821	ferritisch-austenitisches Gefüge („Duplex“)
X8CrNiTi18-10	1.4878	austenitisches Gefüge
- Nickel kann die Beständigkeit gegen Schwefelgriff, z.B. durch schwefelhaltige Verbrennungsgase, verringern. Deshalb werden bei Schwefelgriff Ni-freie bzw. Ni-arme (Ni \leq 5 %) Stähle eingesetzt. Jedoch sind einige Nickelbasis-Legierungen trotz des hohen Nickelanteiles hoch beständig gegen Schwefelgriff (Siehe Abschnitt L).

3. Einteilung der hitzebeständigen Stähle

3.1. Ferritische Stähle

Eigenschaften

- unempfindlich gegenüber reduzierenden (schwefelhaltigen) Gasen.
- bedingte Schweißseignung.
- Versprödungsgefahr von Schweißgut, Übergang und Wärmeeinflusszone beim Schweißen.

Kritische Temperaturbereiche

- 400 – 500°C: Durch Aushärtung findet eine Versprödung statt (475°C-Versprödung). Diese kann durch kurzzeitiges Glühen über 600°C beseitigt werden.
- 650 – 800°C: Bildung der spröden Sigma-Phase. Diese kann durch Glühen über 850°C wieder gelöst werden.
- 950°C und höher: Starkes Kornwachstum und Carbidausscheidungen an den Korngrenzen. Eine Beseitigung ist nicht möglich.

Schweißtechnische Verarbeitung

- Sorgfältige Nahtvorbereitung.
- Heften in kurzen Abständen (Schweißfolge beachten!).
- Vorwärmung zum Schweißen, meist 200°C.
- Möglichst geringer Wärmeeintrag beim Schweißen, Zwischenlagentemperatur max. 300°C.
- Beim Schweißen größerer Nahtquerschnitte für die Fülllagen austenitische Zusätze verwenden.
- Nachträgliches Anlassen zum Spannungsabbau.

3.2. Ferritisch-austenitische Stähle

Eigenschaften

- Die Beständigkeit gegenüber schwefelhaltigen Gasen ist höher als bei austenitischen Stählen, da Stähle mit Ni ≤ 5 % relativ unempfindlich gegen Schwefelangriff sind.
- Bessere Schweißseignung als ferritische Stähle.

Schweißtechnische Verarbeitung

- Ferritisch-austenitische Stähle erfordern eine exakte Wärmeführung.
- Bei Schwefelangriff artgleiche/artähnliche Schweißzusätze wählen (Ni ≤ 5 %).
- Wanddicken $s \geq 12$ mm sollten beim Schweißen mit geringer Streckenenergie auf 100 – 150°C vorgewärmt werden. Die Zwischenlagentemperatur sollte 250°C nicht überschreiten.

3.3. Austenitische Stähle

Eigenschaften

- Empfindlich gegenüber schwefelhaltigen Gasen, dies gilt auch für austenitisches Schweißgut.
- Gute Beständigkeit gegen aufkohlende und stickstoffhaltige Ofenatmosphäre.
- Gute Verarbeitbarkeit bei Raumtemperatur.
- Gute Schweißbarkeit.

Kritischer Temperaturbereich

- 500 – 850°C: Bildung der spröden Sigma-Phase. Diese kann durch Glühen über 1050°C wieder gelöst werden.

Schweißtechnische Verarbeitung

- Keine Vorwärmung.
- Geringe Wärmeeinbringung beim Schweißen.
- Beim artgleichen Schweißen des Legierungstypes 25Cr/20Ni (z.B. W.-Nr 1.4841) erstarrt das Schweißgut vollaustenitisch und ist erhöht heißrissanfällig, deshalb geringstmöglichen Wärmeeintrag beim Schweißen mittels Strichraupenschweißung anstreben, nicht pendeln.
- Zwischenlagentemperatur max. 150°C.

4. Zulassungen und Eignungsprüfungen

Viele hitzebeständige Werkstoffe werden in nicht druckbeaufschlagten Anlagen wie z.B. Heiz- und Abgasanlagen eingesetzt. Deshalb ist meist keine Zulassung und Eignungsprüfung durch technische Abnahmegesellschaften für die Grundwerkstoffe und Schweißzusätze erforderlich.

Weitere Hinweise entnehmen Sie bitte den Stahl-Eisen-Werkstoffblättern SEW 470 und SEW 595.