

Schwarz-Weiss-Verbindungen für Betriebstemperaturen $\leq 300^\circ\text{C}$ (keine Wärmenachbehandlung nach dem Schweißen)

In vielen Bereichen der Technik werden innerhalb einer Anlage unterschiedliche Stähle entsprechend der jeweiligen Beanspruchung eingesetzt. Ihre Auswahl richtet sich nach den Anforderungen an mechanische, korrosionschemische oder thermische Eigenschaften. Die nachfolgenden Ausführungen beschreiben die zu beachtenden Besonderheiten, sowie das Vorgehen zur Auswahl eines geeigneten Schweißzusatzes.

Grundlegende Betrachtungen

Beim Zusammenbau einer Schweißkonstruktion werden in den meisten Fällen die Standardschweißverfahren E-Hand-, MAG-, WIG- und UP-Schweißen eingesetzt. Deshalb wird hier nur auf diese eingegangen.

Für die Auswahl des geeigneten Schweißzusatzes sind folgende Punkte zu beantworten:

- Besitzt die Schweißnaht, die aus den beiden aufgeschmolzenen Grundwerkstoffen und dem Schweißzusatz besteht, eine ausreichende Zähigkeit und ist sie auch rissunempfindlich?
- Ist das Gefüge der Schweißnaht bei Betriebstemperatur langfristig stabil?
- Führt das unterschiedliche Wärmedehnverhalten der Grundwerkstoffe und der Schweißnaht zu unzulässigen Spannungen?
- Muss die Schweißverbindung korrosionsbeständig sein?

Der Aufschmelzgrad / die Aufmischung

Der grundlegende Nachteil aller Schmelzschweißverfahren für das Verbinden verschiedenartiger Stähle besteht darin, dass die Grundwerkstoffe aufgeschmolzen werden und sich mit dem abgeschmolzenen Schweißzusatz vermischen. Unter ungünstigen Bedingungen kann es in der Naht zu einer kritischen Legierungszusammensetzung, verbunden mit unerwünschter Zähigkeitsabnahme kommen. Um das zu vermeiden, sollte möglichst wenig Grundwerkstoff aufgeschmolzen und immer ausreichend Schweißzusatz zugegeben werden, weil dann die Eigenschaften der Naht weitgehend von der Schweißzusatzlegierung bestimmt werden.

Das Verhältnis der Anteile von aufgeschmolzenem Grundwerkstoff zu abgeschmolzenem Schweißzusatz wird als Aufschmelzgrad bzw. Aufmischung bezeichnet. Es hängt im Wesentlichen von der Nahtform, der Werkstückdicke, den Schweißparametern und der Schweißposition ab.

Richtwerte für Aufschmelzgrade

E-Hand, basische Stabelektrode:	20-30%
E-Hand, Rutil-Elektrode	15-25%
MIG/MAG-Schweißen	20-30%
MIG/MAG-Impuls-Schweißen	10-25%
WIG-Schweißen	10-100%
UP-Schweißen	30-60%

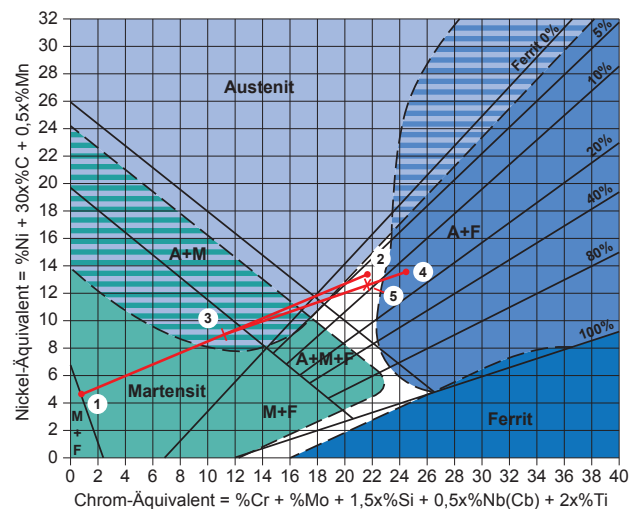
Das Schaeffler-Diagramm

Die Anteile der aufgeschmolzenen Grundwerkstoffe und des abgeschmolzenen Schweißzusatzes vermischen sich im Schweißbad nahezu gleichmässig miteinander. Das dabei entstehende Schweißnahtgefüge lässt sich näherungsweise mit Hilfe des Schaeffler-Diagrammes abschätzen.

Das Formblatt auf der Rückseite kann als Hilfsmittel für eine Abschätzung dienen, welcher Schweißzusatz für eine bestimmte Mischverbindung am besten geeignete ist.

Vorgehensweise zur Gefügeabschätzung der Schweißnaht für eine Mischverbindung S355J2 mit 1.4571:

- Berechne aus der Grundwerkstoff-Analyse das Chrom- und Nickel-Äquivalent für den unlegierten Stahl, z.B. S355J2 und trage den Schnittpunkt für beide Werte in das Diagramm ein. (Punkt 1)
- Berechne aus der Grundwerkstoff-Analyse das Chrom- und Nickel-Äquivalent für den hochlegierten Stahl, z.B. 1.4571 und trage den Schnittpunkt für beide Werte in das Diagramm ein. (Punkt 2)
- Verbinde beide Punkte miteinander und teile die Strecke in der Mitte (Punkt 3). (Anmerkung: Würde man beide Werkstoffe ohne Schweißzusatz miteinander verschweißen, z.B. WIG-verlaufen lassen, würde man ein Gefüge erhalten, das an dieser Stelle im Martensit-Gebiet liegt und damit sehr spröde ist. Dies ist unbedingt zu vermeiden).
- Berechne aus der Schweißzusatz-Analyse das Chrom- und Nickel-Äquivalent für den Schweißzusatz, z.B. die Elektrode Fox CN 23/12-A und trage den Schnittpunkt für beide Werte in das Diagramm ein. (Punkt 4)
- Verbinde Punkt 4 mit Punkt 3. Für einen Aufschmelzgrad von z.B. 20% (Fox CN 23/12-A = 15-25%) liegt das Gefüge der Schweißnaht im Punkt 5 (zwischen Punkt 3 und Punkt 4) und besteht somit aus Austenit mit 9% Deltaferrit. (Anmerkung: Da das Gefüge der Schweißnaht bei einem Aufschmelzgrad von 20% aus 20% Grundwerkstoff und 80% Schweißzusatz besteht, liegt das Schweißnahtgefüge auf der Verbindungsstrecke von Punkt 3 zu Punkt 4, jedoch näher an Punkt 4 als an Punkt 3).

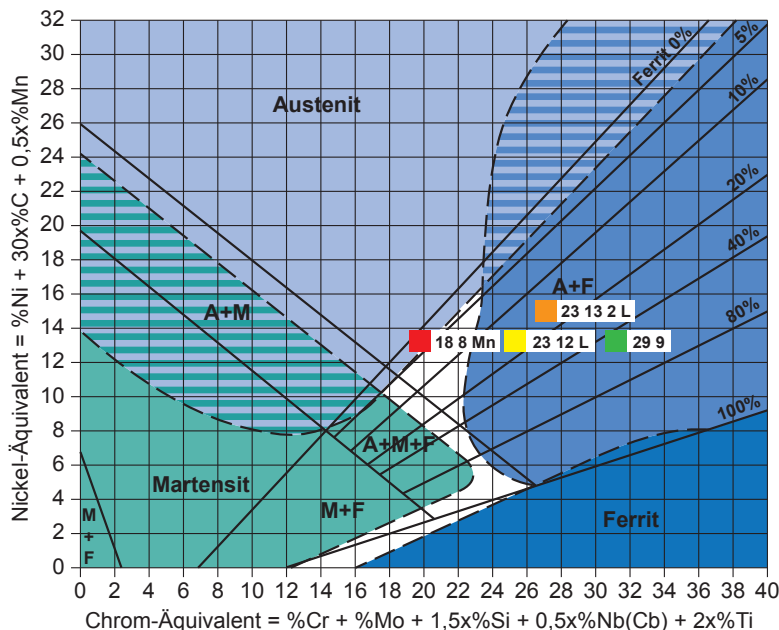


Je nach zu verbindenden Grundwerkstoffen und benötigten Eigenschaften der Schweißnaht gibt es unterschiedliche Schweißzusatzlegierungen für Schwarz-Weiss-Verbindungen. Das Bild auf dieser Seite zeigt das Schaeffler-Diagramm mit den eingezeichneten Lagen für das Gefüge der verschiedenen Schweißzusatz-Legierungen. Die Festlegung, welche Legierung die am besten geeignete ist, hat so zu erfolgen, dass unter Berücksichtigung der Aufmischung mit den beteiligten Grundwerkstoffen, nach Möglichkeit kein martensitisches (sprödes) oder vollaustenitisches (heissrisempfindliches) Schweißnaht-Gefüge entsteht.

Ausser den eingezeichneten austenitischen Schweißzusatz-Legierungen gibt es noch Nickel-Basis-Schweißzusätze. Diese werden zum Schweißen von Schwarz-Weiss-Verbindungen eingesetzt, die entweder nach dem Schweißen spannungsarm geüglut werden müssen, oder die bei Betriebstemperaturen oberhalb von +300°C betrieben werden. Diese Fälle werden in einer anderen Praktiker-Info erläutert.

Hilfsmittel zur Ermittlung des geeigneten Schweißzusatzes für Schwarz-Weiss-Verbindungen gültig bis 0,2%C, 4,0% Mn, 1,0% Si, 3,0% Mo, 1,5% Nb

			Grundwerkstoff 1			Grundwerkstoff 2			Schweißzusatz		
			GW-Analyse Werte in %	Faktor	Äquivalent	GW-Analyse Werte in %	Faktor	Äquivalent	SZW-Analyse Werte in %	Faktor	Äquivalent
Cr-Äquivalent	Cr + Mo + 1,5xSi + 0,5xNb + 2xTi	Cr		x 1,0 =			x 1,0 =			x 1,0 =	
		Mo		x 1,0 =			x 1,0 =			x 1,0 =	
		Si		x 1,5 =			x 1,5 =			x 1,5 =	
		Nb		x 0,5 =			x 0,5 =			x 0,5 =	
		Ti		x 2,0 =			x 2,0 =		Schweißzusätze enthalten kein Titan		
Summe: Cr-Äquivalent									Summe: Cr-Äquivalent		
Ni-Äquivalent	Ni + 30xC + 0,5xMn	Ni		x 1,0 =			x 1,0 =			x 1,0 =	
		C		x 30,0 =			x 30,0 =			x 30,0 =	
		Mn		x 0,5 =			x 0,5 =			x 0,5 =	
Summe: Ni-Äquivalent									Summe: Ni-Äquivalent		



04.01 Schwarz-Weiss-Verbindungen für Betriebstemperaturen ≤ 300°C | Seite 2 von 2 | Stand: 2016-04-12

Diese Information ist ein Hilfsmittel für den Praktiker. Sie gibt grundsätzliche technische Sachverhalte vereinfacht wieder und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Gewährleistung der Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck bedarf in jedem Fall einer ausdrücklichen schriftlichen Vereinbarung.