

Inhalt:

- 1 Allgemeines
- 2 Zweck und Anwendungsbereich
- 3 Einflussgrößen
 - 3.1 Äußere Einflussgrößen
 - 3.1.1 Schweißprozesse
 - 3.1.2 Schweißbedingungen
 - 3.2 Innere Einflussgrößen
 - 3.2.1 Chemische Zusammensetzung des Schweißzusatzes
 - 3.2.2 Toleranzen der Zusammensetzung, bezogen auf die Drahtlänge
 - 3.2.3 Mechanisch-technologische Kennwerte des Schweißzusatzes
 - 3.2.4 Oberflächenzustand des Schweißzusatzes
 - 3.2.5 Geometrie des Schweißzusatzes
 - 3.2.6 Drall und Dressur
- 4 Prüfverfahren für Schweißzusätze
 - 4.1 Bestimmung der chemischen Zusammensetzung
 - 4.2 Zugversuch
 - 4.3 Prüfung des Oberflächenzustandes
 - 4.3.1 Visuelle Prüfung
 - 4.3.2 Rauigkeitsmessung
 - 4.3.3 Prüfung der Gleiteigenschaften
 - 4.3.4 Verdrillversuch (Twist-Test)
 - 4.3.5 Rückstandsanalyse
 - 4.3.6 Wischtest
 - 4.3.7 Wasserstoffbestimmung
 - 4.3.8 Maßprüfung
 - 4.4 Prüfung des Schweißgutes
- 5 Verpackung, Lagerung und Handhabung von Aluminium-Schweißzusätzen
 - 5.1 Lieferformen und Verpackung
 - 5.1.1 Schweißstab
 - 5.1.2 Schweißdrähte auf Spulen
 - 5.1.3 Fassdraht
 - 5.2 Lagerung
 - 5.3 Handhabung, Kondensation bei Temperaturwechseln
- 6 Schrifttum
 - 6.1 Regelwerk

1 Allgemeines

DIN EN ISO 18273 und DIN 1732-3 beschreiben Zusätze für Aluminiumwerkstoffe hinsichtlich Zusammensetzung, Verwendung, technische Lieferbedingungen (mechanisch-technologische Eigenschaften sowie deren Prüfung) an Schweißverbindungen. Diese Beschreibung reicht für den Hersteller und Verarbeiter der Schweißzusätze nicht aus, wenn – wie im Luft- und Raumfahrzeugbau – erhöhte Anforderungen an das Schweißergebnis gestellt werden.

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 DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

2 Zweck und Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt enthält Anforderungen an Schweißzusätze für Aluminiumwerkstoffe, um erhöhten Ansprüchen an Schweißverbindungen gerecht zu werden und die Reproduzierbarkeit der Schweißergebnisse zu verbessern. In diesem Sinne werden Festlegungen bezüglich Oberflächenzustand und Geometrie der Schweißzusätze sowie deren Reinheitsgrad und Toleranzen der Zusammensetzung getroffen.

Diese Festlegungen können Gegenstand von Zusatzvereinbarungen zwischen Schweißbetriebe und Herstellern sowie Lieferanten von Schweißzusätzen sein.

3 Einflussgrößen

An die Verwendungseigenschaften von Aluminium-Schweißzusätzen werden spezifische Anforderungen gestellt. Diese werden bestimmt durch die zu erwartenden Prozesse, zum Beispiel:

- manuelles MIG-Schweißen,
- teil- und vollmechanisches MIG-Schweißen,
- MIG-Schweißen,
- Laserstrahl-, Elektronenstrahl- und Laserstrahl-MIG-Hybrid-schweißen.

Anforderungen sind an die Oberflächenbeschaffenheit, die Querschnitts-Geometrie, eine gleichbleibende Zusammensetzung sowie den Reinheitsgrad mit sehr engen Toleranzgrenzen der Schweißzusätze zu stellen. Aufgrund spezieller Anforderungen kann die Porosität eine Begrenzung des Wasserstoffgehaltes notwendig werden.

Dadurch kann die Herstellung und die Prüfung des Schweißzusatzes aufwändiger sein.

Darüber hinaus erhält der Anwender Anregungen hinsichtlich einer geeigneten Lagerung und Behandlung der Schweißzusätze.

3.1 Äußere Einflussgrößen

Dies sind Einflüsse, die aus dem Prozess herrühren und zu speziellen Anforderungen an den Schweißzusatz führen können.

3.1.1 Schweißprozesse

Nachstehende Schweißprozesse werden vornehmlich angewandt:

3.1.1.1 WIG-Schweißen

Beim WIG-Schweißen erfolgt die Zufuhr des Schweißzusatzes seitlich und hat nicht die Richtung des Schutzgasstroms. Dadurch werden abdampfende Bestandteile des Schweißzusatzes aus dem Prozessbereich abgeführt.

Beim manuellen WIG-Schweißen wird der Schweißzusatz diskontinuierlich mit kurzzeitig hohen Fördergeschwindigkeiten zugeführt. Es ist darauf zu achten, dass der Draht ausschließlich mit sauberen Handschuhen berührt wird.

Bei mechanisierter Drahtzufuhr wird der Schweißzusatz mit relativ geringer Drahtfördergeschwindigkeit zugeführt (meist weniger als 1 m/min). Es bestehen erhöhte Anforderungen an Drall, Oberflächenbeschaffenheit und Führung des Schweißzusatzes.

3.1.1.2 MIG-Schweißen

Beim MIG-Schweißen wird der Draht konzentrisch im Brenner gefördert. Damit gelangen abdampfende Bestandteile des Schweißzusatzes in den Lichtbogen. Dies führt zu einem erhöhten Eintrag dieser Stoffe in das Schmelzbad.

Der Draht ist die im Lichtbogen abschmelzende Elektrode. Dafür muss der Strom in den Draht geleitet werden. Dies erfolgt über das Kontaktrohr des Brenners. Hier treten Kontaktwiderstände auf, welche die Abschmelzung des Drahtes signifikant beeinflussen. Weiterhin wird der Draht über eine längere Strecke im Schlauchpaket geführt. Deshalb sind an die Geometrie und Oberflächenbeschaffenheit des Drahtes, aber auch an die Drahtführung (hierzu siehe Merkblatt DVS 0926-2) entsprechende Anforderungen zu stellen.

3.1.1.3 Strahlschweißen

Beim Laserstrahlschweißen erfolgt die Zufuhr des Schweißzusatzes seitlich. Es werden Drähte mit sehr geringen Durchmessern verwendet (z. B. 0,8 mm). Daraus ergeben sich hohe Drahtfördergeschwindigkeiten, welche besondere Anforderungen an die Fördereigenschaften, Drahtoberflächen und den Drall stellen. Weiche Drähte lassen sich schlecht zuführen.

Beim Laserstrahlschweißen wird Schutzgas seitlich zugeführt. Abdampfende Bestandteile aus dem Schweißzusatz können dadurch aus dem Prozess abgeführt werden.

Beim Elektronenstrahlschweißen kann mit Schweißzusatz gearbeitet werden. Durch die hohe Schweißgeschwindigkeit werden besonders hohe Anforderungen an den Schweißzusatz gestellt. In kritischen Fällen ist ein Überschweißen der Naht notwendig.

3.1.2 Schweißbedingungen

Mit den Schweißbedingungen lässt sich das Schweißergebnis beeinflussen.

Schweißen mit hoher Streckenenergie führt zu einem großen Schmelzbad. Damit wird das Ausgasen der Schmelze begünstigt. Die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Poren nimmt damit ab. Allerdings nimmt der Verzug zu und die Eigenschaften der Verbindung werden deutlicher beeinflusst.

Poren in Aluminiumwerkstoffen enthalten vorwiegend Wasserstoff. Deshalb sind für das Schweißen von Aluminium grundsätzlich Werkstoffe mit geringem Wasserstoffgehalt zu bevorzugen und gegebenenfalls deren Gehalte zu begrenzen.

3.2 Innere Einflussgrößen

Innere Einflussgrößen sind Einflüsse, die vom Schweißzusatz her führen.

3.2.1 Chemische Zusammensetzung des Schweißzusatzes

Anforderungen sind in DIN EN ISO 18273 enthalten. Aufgrund der Erschmelzung sind Schwankungen der chemischen Zusammensetzung möglich. Diese können sich auch in einer Beimischung von für die spezifische Legierung typischen Elementen äußern. Metallurgisch können sich diese Beimischungen ungünstig auswirken. Der Schweißprozess kann durch diese Elemente beeinflusst werden.

Über den Draht wird auch Wasserstoff in das Schweißgut eingebracht. Deshalb ist für Schweißungen, die eine geringe Porenwahrscheinlichkeit aufweisen sollen, auf Schweißzusätze mit geringem Wasserstoffgehalt zurückzuzreifen, siehe Abschnitt 4.3.7.

3.2.2 Toleranzen der Zusammensetzung, bezogen auf die Drahtlänge

Innerhalb einer Charge kann die chemische Zusammensetzung des Schweißzusatzes schwanken. Dies führt in der Regel zu keinen wesentlichen Änderungen der Schweißseigenschaften.

3.2.3 Mechanisch-technologische Kennwerte des Schweißzusatzes

Für die mechanisch-technologischen Eigenschaften (Festigkeit, Bruchdehnung, Härte) der Schweißzusätze vor dem Verschweißen sind in den Normen keine Werte angegeben.

Allgemein gilt, dass Drähte mit geringer Festigkeit Probleme bei der mechanischen Förderung bereiten können.

Bei kleinem Sprungmaß (siehe Abschnitt 3.2.6) sind Drähte mit sehr hoher Festigkeit nachteilig.

Tabelle 1. Anhaltswerte für die Festigkeit von Schweißdrähten

Werkstoffbezeichnung	Anhaltswerte der Draht-Zugfestigkeit Rm [N/mm ²]
1450 Al99,5Ti	140 bis 150
2319 AlCu6MnZrTi	200 bis 300*)
4043 AlSi5	180 bis 240
4047 AlSi12	200 bis 220
5183 AlMg4,5Mn	220 bis 240
5356 AlMg5	320 bis 450
5754 AlMg3	230 bis 360

*) Bei diesem Draht wurden erhebliche Streuungen festgestellt, die Einfluss auf die Drahtförderung haben.

In den meisten Fällen sind Probleme bei der Drahtförderung nicht durch den Schweißdraht bedingt, sondern resultieren aus mechanischen Unstimmigkeiten (z. B. enge Radien des Schlauches, Verschleiß und Reibung, siehe hierzu Merkblatt DVS 0926-2).

3.2.4 Oberflächenzustand des Schweißzusatzes

Der Oberflächenzustand der Aluminiumdrähte hat Einfluss auf die Förderbarkeit.

Gemäß DIN EN ISO 544 muss die Oberfläche der Schweißzusätze frei von Verunreinigungen und Oberflächenfehlern sein, die das Schweißen nachteilig beeinflussen können.

Zur Verbesserung der Gleiteigenschaften werden Aluminiumschweißzusätze mit Gleitmitteln beschichtet. Dies betrifft Schweißdrähte auf Spulen und zum Teil auch Schweißstäbe. Gleitmittel enthalten in der Regel Kohlenwasserstoffe, wodurch Wasserstoff in das Schweißgut eingetragen werden kann.

Darüber hinaus können die Oberflächen von Schweißzusätzen durch Ziehmittlerückstände oder durch das Drahtfördersystem verunreinigt sein.

Eine möglichst geringe Oberflächenrauigkeit ist für die Drahtförderung vorteilhaft. Gemäß DIN EN 14532-3 sind Riefen in Längsachse tolerierbar, Riefen quer zur Längsachse und Unregelmäßigkeiten werden nicht akzeptiert. Grundsätzlich ist eine möglichst geringe Riefigkeit von Vorteil, weil dadurch die Reibung im Schlauchpaket abnimmt, die elektrische Kontaktierung verbessert ist und weniger Abrieb entsteht.

3.2.5 Geometrie des Schweißzusatzes

Hier sind Abweichungen vom idealen Querschnitt des Drahtes angesprochen, wie zum Beispiel ein ovaler statt runder Querschnitt sowie Abweichungen vom Nenndurchmesser. Die Grenzmaße sind in DIN EN ISO 544 festgelegt.

Beispiel:

Schweißdraht zum Metall-Schutzgasschweißen, Nenndurchmesser 1,2 mm, Grenzabmaße: -0,04 mm bis +0,01 mm:

	tatsächlicher Drahtdurchmesser in mm	Fläche in mm ²	Abweichung
Nominalwert:	1,20	1,130	-
zulässiger Größtwert:	1,21	1,149	+1,68%
zulässiger Kleinstwert:	1,16	1,056	-6,55%