Das ALUNOX Programm zu Un-/Mittellegiert.

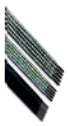
Schweißzusätze

Stabelektrode
- ESR 11
- ESR 13
- ESR 13M
- ESR 35
- ESB 44
- ESB 48
- ESB 52
- ESC 60
- ESC 70
- EM 140
- EM 170
- EM 171
- EM 180
- EM 201
- EM 202
- EM 211
- EM 212
- EM 222
- EM 235
- EM 291
- AX-EFug

Massivdraht/WIG-Stäbe
- AX-SG2
- AX-SG3
- AX-SGZink
- AX-WSG2
- AX-NiCu
- AX-Ni2,5
- AX-NiMo
- AX-NiMoCr
- AX-NiMoCr90
- AX-Mo
- AX-CrMo1
- AX-CrMo2

Gasschweißstäbe
- AX-G I
- AX-G II
- AX-G III
- AX-G IV

Fülldrahtelektroden
- FCW 11
- FCW 12
- FCW 21
- FCW 30
- FCW 140
- FCW 201


Elektrode

Stab

Spule

Fass

Bau und Feinkornbaustähle

Baustähle haben einen Kohlenstoffgehalt (C) von 0,10-0,60% und ein vorgeschriebenes Kohlenstoffäquivalent (CEV). Sie werden entweder im warmumgeformten (AR=As Rolled), normalgeglühten (N) oder kaltumgeformten (K) Zustand angeliefert.

Baustähle wie S235JR, S275J0 oder S355J2 werden im Stahlbau verwendet. Diese Stähle sind schweißbar und können spannungsarmgeglüht werden.

Baustähle wie E295, E335 und E360 werden im Maschinenbau verwendet. Wegen des höheren Kohlenstoffgehaltes sind sie nur bedingt schweißbar und dürfen im abnahmepflichtigen Stahlbau nicht verwendet werden. Dies gilt auch für den Stahl S185 wegen des nicht spezifizierten Kohlenstoffgehaltes. Baustähle sind in EN 10025-2 genormt.

Feinkornbaustähle haben ein feinkörniges Gefüge mit einer Ferritkorngröße <6, einen max. C-Gehalt von 0,20%, ein eingeschränktes Kohlenstoffäquivalent und dadurch sehr gute Schweißeigenschaften. Sie sind mikrolegiert, alterungsbeständig und haben im kaltzähen Bereich bessere Zähigkeitseigenschaften als Baustähle. Es gibt normalgeglühte (N), thermomechanisch behandelte (M) und vergütete (Q) Feinkornbaustähle.

Normalgeglühte (N) Feinkornbaustähle werden einer normalisierenden Wärmebehandlung unterzogen. Sie haben 0,2%-Dehngrenzen von 275-460 MPa und sind in EN 10025-3 genormt.

Thermomechanisch behandelte (M) Feinkornbaustähle erreichen ihre Festigkeit und Zähigkeit durch einen Walzprozess mit gezielter Temperaturführung. Dadurch werden 0,2-Dehngrenzen bis zu 960 MPa erreicht. Sie sind in EN 10025-4 genormt

Vergütete Feinkornbaustähle sind zusätzlich mit Cr, Mo und Ni legiert. Durch eine nachfolgende Vergütungsbehandlung können 0,2-Dehngrenzen bis 1300 MPa erreicht werden. Sie sind in EN 10025-6 genormt.

Wetterfeste Baustähle sind mit Chrom und Kupfer legiert und bilden an der Atmosphäre eine dichte und fest haftende Schicht, die eine weitere Korrosion verhindert. Sie sind in EN 10025-5 genormt. Sie werden artgleich geschweißt.

Schweißen von Bau- und Feinkornbaustählen

Schweißzusätze sind nach den Mindestanforderungen an die mechanischen Gütewerte des Grundwerkstoffes auszuwählen. Schweißgeeignete Bau- und Feinkornbaustähle sind ab Wanddicken von 30 mm (bis 355 MPa 0,2-Dehngrenze) bzw. ab 20 mm (>355 MPa 0,2-Dehngrenze) auf 100-150°C vorzuwärmen. Bei höherfesten Feinkornbaustählen mit einer 0,2-Dehngrenze von 460-550 MPa ist bereits ab ca. 12 mm, ab einer 0,2%-Dehngrenze von 550 MPa schon ab 8 mm vorzuwärmen. Wegen der Kaltrissgefahr sind bei höherfesten Feinkornbaustählen nur wasserstoffkontrollierte Schweißzusätze zu verwenden, z.B basische Stabelektroden. Zusätzlich sind die Vorgaben der EN 1011-2 zu beachten.

Warmfeste Stähle

Baustähle sind nur bis Temperaturen von ca. 350°C verwendbar. Darüber hinaus findet eine wesentliche Festigkeitsminderung durch Kriech- und Fließvorgänge statt. Warmfeste Stähle sind mit Cr, Mo, V, W, Co, Ti und Nb legiert. Durch Mischkristall- und Bildung von Sonderkarbiden wird eine Erhöhung des Kriechwiderstandes erreicht.

Man unterscheidet:

Ferritisch perlitische Stähle

P265GH, P355GH und 16Mo3

Bainitische Stähle

13CrMo4-5, 10CrMo9-10 und P23/P24

Martensitische 9-12% Cr-Stähle

P91, P92, E911 und X20CrMoV12-1

Schweißen von warmfesten Stählen

Warmfeste Stähle werden grundsätzlich artgleich ge-schweißt. Ferritisch perlitische Stähle werden erst ab Wand-dicken von 25 mm (P265GH) sowie 15 mm (16Mo3) auf ca. 150°C vorgewärmt.

Bainitische und martensitische Stähle sind Lufthärter und müssen daher immer vorgewärmt (100-300°C) und wärmebehandelt werden. Bei martensitischen Stählen ist die korrekte Einhaltung der Vorwärm- und Zwischenlagen-temperatur noch wichtiger. Martensitische Stähle müssen je nach Wanddicke in einem Zyklus aus der Schweißwärme über eine Zwischenabkühlung direkt wärmebehandelt werden. Die vorgegebene Wärmebehandlungs-temperatur und Zeit ist exakt einzuhalten.

	Normung		Richtanalyse (Schweißgut)						
	EN ISO	AWS	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Sonstige
Stabelektroden									
ESR 11	2560-A: E 38 0 RC 11	A 5.1: E6013	0,08	0,3	0,5				
ESR 13	2560-A: E 42 0 RR 12	A 5.1: E6013	0,08	0,4	0,5				
ESR 13M	2560-A: E 35 0 R 12	A 5.1: E6013	0,08	0,35	0,5				
ESR 35	2560-A: E 38 2 RB 12	A 5.1: E6013	0,06	0,20	0,6				
ESB 44	2560-A: E 38 2 B 12 H10	A 5.1: E7016H8	0,06	0,5	1,0				
ESB 48	2560-A: E 42 3 B 42 H10	A 5.1: E7018H8	0,07	0,4	1,0				
ESB 52	2560-A: E 42 6 B 42 H5	A 5.1: E7018-1H4	0,08	0,3	1,2				
ESC 60	2560-A: E 35 2 C 21	A 5.1: E6010	0,10	0,2	0,5				
ESC 70	2560-A: E 42 2 Mo C 21	A 5.5: E7010-A1	0,10	0,2	0,5		0,5		
EM 140	2560-A: E 42 4 Z B 42 H5	A 5.5: E7018-GH4	0,06	0,4	1,0			1,0	Cu 0,45
EM 170	2560-A: E 50 6 Mn1Ni B 42 H5	A 5.5: E9018-GH4	0,08	0,3	1,4			0,8	
EM 171	2560-A: E 46 6 2Ni B 42 H5	A 5.5: E8018-C1H4	0,07	0,2	1,2			2,5	
EM 180	18275-A: E 69 6 Mn2NiCrMo B 42 H5	A 5.5: E11018-GH4	0,06	0,3	1,5	0,5	0,4	2,0	
EM 201	3580-A: E Mo R 12	A 5.5: E8013-G	0,08	0,3	0,6		0,5		
EM 202	3580-A: E Mo B 42 H10	A 5.5: E7018-A1H8	0,08	0,4	0,6		0,5		
EM 211	3580-A: E CrMo1 R 12	A 5.5: E8013-G	0,07	0,4	0,6	1,0	0,5		
EM 212	3580-A: E CrMo1 B 42 H10	A 5.5: E8018-B2H8	0,07	0,3	0,8	1,0	0,5		
EM 222	3580-A: E CrMo2 B 42 H10	A 5.5: E9018-B3H8	0,08	0,3	0,6	2,3	1,0		
EM 235	3580-A: E CrMo5 B 42 H10	A 5.5: E8015-B6H8	0,07	0,7	0,8	5,5	0,6		
EM 291	3580-A: E CrMo91 B 42 H5	A 5.5: E9018-B9H4	0,10	0,3	0,7	9,0	1,0	0,4	V 0,2; N 0,04; Nb 0,05
AX-Efug	Ausnutelektrode - nicht genormt								
Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage									
Stabelektroden:	2,0/300/350	2,5/350	3,2/350/450	4,0/350/450	5,0/350/450				

	Normung		Richtanalyse (Draht/Stab)						
	EN ISO	AWS	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Sonstige
Massivdrähte/WIG-Stäbe, Gasschweißstäbe									
AX-SG2	14341-A: G 3Si1/G 42 4 M21 3Si1	A 5.18: ER70S-6	0,10	0,85	1,45				
AX-SG3	14341-A: G 4Si1/G 46 4 M21 4Si1	A 5.18: ER70S-6	0,08	0,9	1,7				
AX-SGZink	14341-A: G 2Ti/G 42 3 M22 2Ti	A 5.18: ER70S-G	0,07	0,8	1,4				Al 0,1; Ti 0,1 + Zr
AX-WSG2	636-A: W3Si1/W 42 5 W3Si1	A 5.18: ER70S-6	0,10	0,85	1,45				
AX-NiCu	14341-A: G Z3Ni1Cu/G 46 3 M21 Z3Ni1Cu	A 5.28: ER80S-G	0,10	0,5	1,1			0,9	Cu 0,4
AX-Ni2,5 WIG	636-A: W2Ni2/W 46 6 W2Ni2	A 5.28: ER80S-Ni2	0,10	0,6	1,1			2,5	
AX-Ni2,5 MAG	14341-A: G 2Ni2/G 46 6 M21 2Ni2	A 5.28: ER80S-Ni2	0,10	0,6	1,1			2,5	
AX-NiMo	16834-A: G Mn3Ni1Mo/G 55 3 M21 Mn3Ni1Mo	A 5.28: ER90S-G	0,08	0,6	1,6		0,3	1,0	
AX-NiMoCr	16834-A: G Mn3Ni1CrMo/G 69 5 M21 Mn3Ni1CrMo	A 5.28: ER110S-G	0,10	0,6	1,6	0,3	0,3	1,5	V 0,1
AX-NiMoCr90	16834-A: G Mn4Ni2CrMo/G 89 5 M21 Mn4Ni2CrMo	A 5.28: ER120S-G	0,10	0,6	1,7	0,4	0,5	2,1	
AX-Mo	21952-A: W MoSi/G MoSi	A 5.28: ER70S-A1	0,10	0,5	1,1		0,5		
AX-CrMo1	21952-A: W CrMo1Si/G CrMo1Si	A 5.28: ER80S-B2 mod.	0,10	0,6	1,1	1,1	0,5		
AX-CrMo2	21952-A: W CrMo2Si/G CrMo2Si	A 5.28: ER90S-B3 mod.	0,07	0,7	1,1	2,8	1,0		
AX-G I	12536: O I	A 5.2: R45-G	0,08	0,1	0,5				
AX-G II	12536: O II	A 5.2: R60-G	0,15	0,15	0,9				
AX-G III	12536: O III	A 5.2: R60-G	0,09	0,1	1,1			0,4	
AX-G IV	12536: O IV	A 5.2: R65-G	0,13	0,15	1,0		0,5		
Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage									
Stabelektroden:	0,8	1,0	1,2	1,6					
Stäbe (x 1000 mm)	1,6	2,0	2,4	3,0					

	Normung		Richtanalyse (Schweißgut)						
	EN ISO	AWS	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Sonstige
Fülldrahtelektroden									
FCW 11	17632-A: T 46 2 P C 1 H5	A 5.36: E71T1-C1A2-CS1-H4	0,06	0,3	1,2				
FCW 12	17632-A: T 46 2 P M 1 H5	A 5.36: E71T1-M21A2-CS1-H4	0,05	0,3	1,2				
FCW 21	17632-A: T 46 4 M M 3 H5	A 5.18: E70C-6MH4	0,05	0,6	1,3				
FCW 30	17632-A: T 42 4 B M 3 H5	A 5.36: E70T5-M21A4-CS1-H4	0,02	0,4	1,2				
FCW 140	17632-A: T 46 4 1Ni P C 1 H5	A 5.36: E71T1-C1A4-Ni1-H4	0,04	0,45	1,1			0,9	
FCW 201	17634-A: T MoL P C 1 H5	A 5.36: E81T1-C1PY-A1-H4	0,03	0,3	0,8		0,5		
Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage									
Spulen:	1,0	1,2	1,6						

Das ALUNOX Programm zu Un-/Mittellegiert.

Schweißzusätze

Stabelektrode
- ESR 11
- ESR 13
- ESR 13M
- ESR 35
- ESB 44
- ESB 48
- ESB 52
- ESC 60
- ESC 70
- EM 140
- EM 170
- EM 171
- EM 180
- EM 201
- EM 202
- EM 211
- EM 212
- EM 222
- EM 235
- EM 291
- AX-EFug

Massivdraht/WIG-Stäbe
- AX-SG2
- AX-SG3
- AX-SGZink
- AX-WSG2
- AX-NiCu
- AX-Ni2,5
- AX-NiMo
- AX-NiMoCr
- AX-NiMoCr90
- AX-Mo
- AX-CrMo1
- AX-CrMo2

Gasschweißstäbe
- AX-G I
- AX-G II
- AX-G III
- AX-G IV

Fülldrahtelektroden
- FCW 11
- FCW 12
- FCW 21
- FCW 30
- FCW 140
- FCW 201

Elektrode

Stab

Spule

Fass

Bau und Feinkornbaustähle
Baustähle haben einen Kohlenstoffgehalt (C) von 0,10-0,60% und ein vorgeschriebenes Kohlenstoffäquivalent (CEV). Sie werden entweder im warmumgeformten (AR=As Rolled), normalgeglühten (N) oder kaltumgeformten (K) Zustand angeliefert.

Baustähle wie S235JR, S275J0 oder S355J2 werden im Stahlbau verwendet. Diese Stähle sind schweißbar und können spannungsarmgeglüht werden.

Baustähle wie E295, E335 und E360 werden im Maschinenbau verwendet. Wegen des höheren Kohlenstoffgehaltes sind sie nur bedingt schweißbar und dürfen im abnahmepflichtigen Stahlbau nicht verwendet werden. Dies gilt auch für den Stahl S185 wegen des nicht spezifizierten Kohlenstoffgehaltes. Baustähle sind in EN 10025-2 genormt.

Feinkornbaustähle haben ein feinkörniges Gefüge mit einer Ferritkorngröße <6, einen max. C-Gehalt von 0,20%, ein eingeschränktes Kohlenstoffäquivalent und dadurch sehr gute Schweißeigenschaften. Sie sind mikrolegiert, alterungsbeständig und haben im kaltzähen Bereich bessere Zähigkeitseigenschaften als Baustähle. Es gibt normalgeglühte (N), thermomechanisch behandelte (M) und vergütete (Q) Feinkornbaustähle.

Normalgeglühte (N) Feinkornbaustähle werden einer normalisierenden Wärmebehandlung unterzogen. Sie haben 0,2%-Dehngrenzen von 275-460 MPa und sind in EN 10025-3 genormt.

Thermomechanisch behandelte (M) Feinkornbaustähle erreichen ihre Festigkeit und Zähigkeit durch einen Walzprozess mit gezielter Temperaturführung. Dadurch werden 0,2-Dehngrenzen bis zu 960 MPa erreicht. Sie sind in EN 10025-4 genormt.

Vergütete Feinkornbaustähle sind zusätzlich mit Cr, Mo und Ni legiert. Durch eine nachfolgende Vergütungsbehandlung können 0,2-Dehngrenzen bis 1300 MPa erreicht werden. Sie sind in EN 10025-6 genormt.

Wetterfeste Baustähle sind mit Chrom und Kupfer legiert und bilden an der Atmosphäre eine dichte und festhaftende Schicht, die eine weitere Korrosion verhindert. Sie sind in EN 10025-5 genormt. Sie werden artgleich geschweißt.

Schweißen von Bau- und Feinkornbaustählen
Schweißzusätze sind nach den Mindestanforderungen an die mechanischen Gütewerte des Grundwerkstoffes auszuwählen. Schweißgeeignete Bau- und Feinkornbaustähle sind ab Wanddicken von 30 mm (bis 355 MPa 0,2-Dehngrenze) bzw. ab 20 mm (>355 MPa 0,2-Dehngrenze) auf 100-150°C vorzuwärmen. Bei höherfesten Feinkornbaustählen mit einer 0,2-Dehngrenze von 460-550 MPa ist bereits ab ca. 12 mm, ab einer 0,2%-Dehngrenze von 550 MPa schon ab 8 mm vorzuwärmen. Wegen der Kaltrissgefahr sind bei höherfesten Feinkornbaustählen nur wasserstoffkontrollierte Schweißzusätze zu verwenden, z.B basische Stabelektroden. Zusätzlich sind die Vorgaben der EN 1011-2 zu beachten.

Warmfeste Stähle
Baustähle sind nur bis Temperaturen von ca. 350°C verwendbar. Darüber hinaus findet eine wesentliche Festigkeitsminderung durch Kriech- und Fließvorgänge statt. Warmfeste Stähle sind mit Cr, Mo, V, W, Co, Ti und Nb legiert. Durch Mischkristall- und Bildung von Sonderkarbiden wird eine Erhöhung des Kriechwiderstandes erreicht.

Man unterscheidet:

Ferritisch perlitische Stähle
P265GH, P355GH und 16Mo3

Bainitische Stähle
13CrMo4-5, 10CrMo9-10 und P23/P24

Martensitische 9-12% Cr-Stähle
P91, P92, E911 und X20CrMoV12-1

Schweißen von warmfesten Stählen
Warmfeste Stähle werden grundsätzlich artgleich ge-schweißt. Ferritisch perlitische Stähle werden erst ab Wand-dicken von 25 mm (P265GH) sowie 15 mm (16Mo3) auf ca. 150°C vorgewärmt.

Bainitische und martensitische Stähle sind Lufthärter und müssen daher immer vorgewärmt (100-300°C) und wärmebehandelt werden. Bei martensitischen Stählen ist die korrekte Einhaltung der Vorwärm- und Zwischenlagen-temperatur noch wichtiger. Martensitische Stähle müssen je nach Wanddicke in einem Zyklus aus der Schweißwärme über eine Zwischenabkühlung direkt wärmebehandelt werden. Die vorgegebene Wärmebehandlungs-temperatur und Zeit ist exakt einzuhalten.

	Normung		Richtanalyse (Schweißgut)							
	EN ISO		AWS	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Sonstige
Stabelektroden										
ESR 11	2560-A: E 38 0 RC 11		A 5.1: E6013	0,08	0,3	0,5				
ESR 13	2560-A: E 42 0 RR 12		A 5.1: E6013	0,08	0,4	0,5				
ESR 13M	2560-A: E 35 0 R 12		A 5.1: E6013	0,08	0,35	0,5				
ESR 35	2560-A: E 38 2 RB 12		A 5.1: E6013	0,06	0,20	0,6				
ESB 44	2560-A: E 38 2 B 12 H10		A 5.1: E7016H8	0,06	0,5	1,0				
ESB 48	2560-A: E 42 3 B 42 H10		A 5.1: E7018H8	0,07	0,4	1,0				
ESB 52	2560-A: E 42 6 B 42 H5		A 5.1: E7018-1H4	0,08	0,3	1,2				
ESC 60	2560-A: E 35 2 C 21		A 5.1: E6010	0,10	0,2	0,5				
ESC 70	2560-A: E 42 2 Mo C 21		A 5.5: E7010-A1	0,10	0,2	0,5		0,5		
EM 140	2560-A: E 42 4 Z B 42 H5		A 5.5: E7018-GH4	0,06	0,4	1,0			1,0	Cu 0,45
EM 170	2560-A: E 50 6 Mn1Ni B 42 H5		A 5.5: E9018-GH4	0,08	0,3	1,4			0,8	
EM 171	2560-A: E 46 6 2Ni B 42 H5		A 5.5: E8018-C1H4	0,07	0,2	1,2			2,5	
EM 180	18275-A: E 69 6 Mn2NiCrMo B 42 H5		A 5.5: E11018-GH4	0,06	0,3	1,5	0,5	0,4	2,0	
EM 201	3580-A: E Mo R 12		A 5.5: E8013-G	0,08	0,3	0,6		0,5		
EM 202	3580-A: E Mo B 42 H10		A 5.5: E7018-A1H8	0,08	0,4	0,6		0,5		
EM 211	3580-A: E CrMo1 R 12		A 5.5: E8013-G	0,07	0,4	0,6	1,0	0,5		
EM 212	3580-A: E CrMo1 B 42 H10		A 5.5: E8018-B2H8	0,07	0,3	0,8	1,0	0,5		
EM 222	3580-A: E CrMo2 B 42 H10		A 5.5: E9018-B3H8	0,08	0,3	0,6	2,3	1,0		
EM 235	3580-A: E CrMo5 B 42 H10		A 5.5: E8015-B6H8	0,07	0,7	0,8	5,5	0,6		
EM 291	3580-A: E CrMo9 1 B 42 H5		A 5.5: E9018-B9H4	0,10	0,3	0,7	9,0	1,0	0,4	V 0,2; N 0,04; Nb 0,05
AX-Efug	Ausnutelektrode - nicht genormt									
Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage										
Stabelektroden:	2,0/300/350	2,5/350	3,2/350/450	4,0/350/450	5,0/350/450					

	Normung		Richtanalyse (Draht/Stab)							
	EN ISO		AWS	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Sonstige
Massivdrähte/WIG-Stäbe, Gasschweißstäbe										
AX-SG2	14341-A: G 3Si1/G 42 4 M21 3Si1		A 5.18: ER70S-6	0,10	0,85	1,45				
AX-SG3	14341-A: G 4Si1/G 46 4 M21 4Si1		A 5.18: ER70S-6	0,08	0,9	1,7				
AX-SGZink	14341-A: G 2Ti/G 42 3 M22 2Ti		A 5.18: ER70S-G	0,07	0,8	1,4				Al 0,1; Ti 0,1 + Zr
AX-WSG2	636-A: W3Si1/W 42 5 W3Si1		A 5.18: ER70S-6	0,10	0,85	1,45				
AX-NiCu	14341-A: G Z3Ni1Cu/G 46 3 M21 Z3Ni1 Cu		A 5.28: ER80S-G	0,10	0,5	1,1			0,9	Cu 0,4
AX-Ni2,5 WIG	636-A: W2Ni2/W 46 6 W2Ni2		A 5.28: ER80S-Ni2	0,10	0,6	1,1			2,5	
AX-Ni2,5 MAG	14341-A: G 2Ni2/G 46 6 M21 2Ni2		A 5.28: ER80S-Ni2	0,10	0,6	1,1			2,5	
AX-NiMo	16834-A: G Mn3Ni1Mo/G 55 3 M21 Mn3Ni1Mo		A 5.28: ER90S-G	0,08	0,6	1,6		0,3	1,0	
AX-NiMoCr	16834-A: G Mn3Ni1CrMo/G 69 5 M21 Mn3Ni1CrMo		A 5.28: ER110S-G	0,10	0,6	1,6	0,3	0,3	1,5	V 0,1
AX-NiMoCr90	16834-A: G Mn4Ni2CrMo/G 89 5 M21 Mn4Ni2CrMo		A 5.28: ER120S-G	0,10	0,6	1,7	0,4	0,5	2,1	
AX-Mo	21952-A: W MoSi/G MoSi		A 5.28: ER70S-A1	0,10	0,5	1,1		0,5		
AX-CrMo1	21952-A: W CrMo1Si/G CrMo1Si		A 5.28: ER80S-B2 mod.	0,10	0,6	1,1	1,1	0,5		
AX-CrMo2	21952-A: W CrMo2Si/G CrMo2Si		A 5.28: ER90S-B3 mod.	0,07	0,7	1,1	2,8	1,0		
AX-G I	12536: O I		A 5.2: R45-G	0,08	0,1	0,5				
AX-G II	12536: O II		A 5.2: R60-G	0,15	0,15	0,9				
AX-G III	12536: O III		A 5.2: R60-G	0,09	0,1	1,1			0,4	
AX-G IV	12536: O IV		A 5.2: R65-G	0,13	0,15	1,0		0,5		
Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage										
Stabelektroden:	0,8	1,0	1,2	1,6						
Stäbe (x 1000 mm)	1,6	2,0	2,4	3,0						

	Normung		Richtanalyse (Schweißgut)							
	EN ISO		AWS	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Sonstige
Fülldrahtelektroden										
FCW 11	17632-A: T 46 2 P C 1 H5		A 5.36: E71T1-C1A2-CS1-H4	0,06	0,3	1,2				
FCW 12	17632-A: T 46 2 P M 1 H5		A 5.36: E71T1-M21A2-CS1-H4	0,05	0,3	1,2				
FCW 21	17632-A: T 46 4 M M 3 H5		A 5.18: E70C-6MH4	0,05	0,6	1,3				
FCW 30	17632-A: T 42 4 B M 3 H5		A 5.36: E70T5-M21A4-CS1-H4	0,02	0,4	1,2				
FCW 140	17632-A: T 46 4 1Ni P C 1 H5		A 5.36: E71T1-C1A4-Ni1-H4	0,04	0,45	1,1			0,9	
FCW 201	17634-A: T MoL P C 1 H5		A 5.36: E81T1-C1PY-A1-H4	0,03	0,3	0,8		0,5		
Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage										
Spulen:	1,0	1,2	1,6							

Das ALUNOX Programm zu Hochlegiert.

Schweißzusätze

Stabelektroden
- EI 307 B
- EI 307 R
- EI 308 L
- EI 309 L
- EI 309Mo L
- EI 310
- EI 312
- EI 316 L
- EI 318
- EI 347
- EI 2209

Massivdrähte/WIG-Stäbe
- AX-307
- AX-308L
- AX-309
- AX-309L
- AX-309LMo
- AX-310
- AX-312
- AX-316L
- AX-317L
- AX-318L
- AX-347L
- AX-410
- AX-904L
- AX-2293
- AX-2551
- AX-2594

Fülldrahtelektroden
- AX-FD-DW307
- AX-FD-DW308L
- AX-FD-DW308LP
- AX-FD-DW309L
- AX-FD-DW309LP
- AX-FD-DW309MoL
- AX-FD-DW309MoLP
- AX-FD-DW310
- AX-FD-DW316L
- AX-FD-DW316LP
- AX-FD-DW329A

Elektrode

Stab

Spule

Fass

Nichtrostender Stahl

Nichtrostende Stähle sind per Definition Eisenlegierungen, die mindestens 10,5% Chrom und maximal 1,2% Kohlenstoff enthalten. Die wesentliche Eigenschaft der nichtrostenden Stähle ist ihre Korrosionsbeständigkeit, bedingt durch die Bildung einer schützenden Passivschicht. Die Wirksamkeit der Passivschicht steigt mit dem Chromgehalt. Durch Erhöhung des Chromgehaltes auf ca. 18% vergrößert sich die Korrosionsbeständigkeit und die Passivschicht wird stabiler.

Durch weitere Zugabe von Molybdän wird die Beständigkeit gegenüber Loch- und Spaltkorrosion erhöht, eine Zugabe von Nickel erweitert das Austenitgebiet und verbessert die Duktilität und das Umformvermögen sowie die Schweißbarkeit.

Weitere Legierungselemente die die Korrosionsbeständigkeit und die Festigkeit erhöhen sind z.B. Kupfer und Stickstoff. Kohlenstoff beeinflusst durch die Chromkarbidbildung negativ die Korrosionsbeständigkeit. Der C-Gehalt wird bei austenitischen CrNi-Stählen auf 0,08% begrenzt, oftmals wird Nb und/oder Ti hinzu legiert, um den Chrom zu stabilisieren. Ferritische und martensitische Cr-Stähle können auch höhere C-Gehalte aufweisen.

Je nach Legierungsanteil und dem daraus resultierendem Gefüge unterscheidet man z.B. nach EN 10088:

- ferritische Stähle mit hauptsächlich 0,03-0,08% C und 10,5-18,5% Cr. Zusätzlich können bis zu 1% Nb oder 0,7% Ti hinzu legiert sein.

- martensitische Stähle mit hauptsächlich 0,08-1,20% C und 11,0-19,0% Cr. Zusätzlich können bis zu 10,2% Ni, 2,8% Mo und 5,0% Cu hinzu legiert sein.

- austenitisch-ferritische (Duplex) Stähle mit hauptsächlich 0,03-0,05% C, 18-30% Cr, 3,5-8,0% Ni, 0,10-4,5% Mo und 0,05-0,40% N. Zusätzlich kann bis zu 3% Cu hinzu legiert sein.

- austenitische Stähle mit hauptsächlich ≤0,015-0,15% C, 16-28% Cr, ≤2,0-35% Ni, und ≤2,0-10,5% Mn. Zusätzlich können bis 8% Mo, 0,55% N, 1,0% Nb und 0,7% Ti hinzu legiert sein.

Schweißen von nichtrostenden Stählen

Ferritische Stähle neigen in der Wärmeeinflusszone (WEZ) beim Schweißen zum Kornwachstum, welches sich durch eine nachfolgende Wärmebehandlung nicht beseitigen lässt. Zusätzlich können sich je nach C-Gehalt Karbide ausscheiden, die die Zähigkeit weiter vermindern. Ähnliche Auswirkungen sind im Schweißgut artgleicher Zusätze zu erwarten. Aus diesem Grund werden, wann immer möglich, zum Schweissen austenitische Schweißzusätze verwendet. Außer wenn Farbgleichheit gefordert ist oder bei Angriff von schwefelhaltigen Gasen. Um Schweißeigenspannungen zu vermindern, sollte auf 200-300°C vorgewärmt werden. Eine nachfolgende Wärmebehandlung bei 700-750°C kann ebenfalls zur Verbesserung der Zähigkeit beitragen.

Martensitische Stähle sind grundsätzlich nur bedingt schweißgeeignet. Bei C-Gehalten von >0,15% ist von einer Verbindungsschweißung abzuraten. Martensitische Stähle müssen immer vorgewärmt und wärmebehandelt werden. Wegen der Gefahr der wasserstoffinduzierten Risse im martensitischen Schweißgut sollten basische Stabelektroden und Fülldrähte sowie basisches UP-Pulver verwendet werden.

Weichmartensitische Stähle haben einen sehr niedrigen C-Gehalt von <0,05% und einen Ni-Gehalt von 1-6%. Dadurch bildet sich ein „weicher" Martensit mit guter Zähigkeit, die durch nachfolgende Wärmebehandlung noch verbessert wird. Sie werden artgleich mit Schweißzusätzen geschweißt, die einen niedrigen Wasserstoffgehalt von ≤ 5 ml/100 g im Schweißgut aufweisen müssen. Wegen der auftretenden Spannungen bei der Martensitumwandlung sollte die Vorwärmung max. 100°C, die Zwischenlagentemperatur 100-160°C betragen.

Austenitische Stähle und Duplex-Stähle werden möglichst artgleich geschweißt. Eine Vorwärmung ist normaler-weise nicht erforderlich, die Zwischenlagentemperatur sollte wegen der Heißrissempfindlichkeit, vor allem bei vollaustenitischen Stählen, auf max. 120-180°C begrenzt werden.

		Normung		Richtanalyse (Schweißgut)							
		EN ISO 3581-A	AWS A 5.4	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	N
Stabelektroden	EI 307 B	E 18 8 Mn B 22	E307-15 mod.	0,13	0,5	5,0	19,0	9,0			
	EI 307 R	E 18 8 Mn R 12	E307-16 mod.	0,15	0,8	6,0	19,0	9,0			
	EI 308 L	E 19 9 L R 12	E308L-16	≤0,03	0,7	0,8	19,0	10,0			
	EIS 309	E Z23 12 L R 53	E309-16	0,10	0,9	0,8	23,0	12,0			
	EI 309 L	E 23 12 L R 12	E309L-16	0,03	0,9	1,0	24,0	13,0			
	EI 309Mo L	E 23 12 2 L R 12	E309MoL-16	0,03	0,9	0,7	22,5	13,5	2,5		
	EI 310	E 25 20 R 12	E310-16	0,10	0,5	1,5	25,0	20,0			
	EI 312	E 29 9 L R 12	E312-16	0,10	1,0	1,0	29,0	10,0			
	EI 316 L	E 19 12 3 L R 12	E316L-16	0,03	0,8	1,0	19,0	12,0	2,5		
	EI 318	E 19 12 3 Nb R 12	E318-16	0,06	0,7	0,8	19,0	12,0	2,5	0,35	
	EI 347	E 19 9 Nb R 12	E347-16	0,06	0,8	0,8	19,0	10,0		0,35	
	EIS 410	E Z13 B 42	E410-15	0,06	0,5	0,8	13,0	0,7			
	EI 2209	E 22 9 3 N L R 12	E2209-16	0,025	0,9	0,9	22,5	9,5	2,8		0,14

Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage

Stabelektroden:	2,0/300	2,5/300	3,2/350	4,0/350

		Normung		Richtanalyse (Draht/Stab)							
		EN ISO 14343-A	AWS A 5.9	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	N
Massivdrähte/WIG-Stäbe	AX-307	W/G 18 8 Mn	ER307 mod.	0,08	0,8	6,5	18,0	8,0			
	AX-308L	W/G 19 9 L Si	ER308LSi	0,02	0,8	1,7	20,0	10,0			
	AX-309	W/G 22 12 H	ER309 mod.	0,10	1,1	1,6	23,0	12,5			
	AX-309L	W/G 23 12 L Si	ER309LSi	0,025	0,8	1,7	24,5	12,5			
	AX-309LMo	W/G 23 12 2 L	ER309LMo	0,025	0,35	1,5	22,0	14,0	2,7		
	AX-310	W/G 25 20	ER310 mod.	0,12	0,8	2,5	25,0	20,0			
	AX-312	W/G 29 9	ER312	0,12	0,4	1,8	30,0	9,0			
	AX-316L	W/G 19 12 3 L Si	ER316LSi	0,02	0,8	1,7	18,0	12,0	2,7		
	AX-317L	W/G 18 16 5 N L	ER317L mod.	0,03	0,4	1,8	18,0	17,5	3,5		
	AX-318L	W/G 19 12 3 Nb Si	ER318 mod.	0,04	0,8	1,6	19,0	11,5	2,7	<1,1	
	AX-347L	W/G 19 9 Nb Si	ER347Si	0,04	0,8	1,4	19,0	10,0		<1,1	
	AX-410	G Z13	ER410	0,08	1,1	0,6	14,5				
	AX-904L	W/G 20 25 5 Cu L	ER904L	0,02	0,4	1,8	20,0	25,0	4,5	Cu 1,5	
	AX-2293	W/G 22 9 3 N L	ER2209	0,02	0,4	1,5	23,0	8,5	3,0		0,15
	AX-2551	G 25 4		0,10	0,6	1,0	25,0	5,0			
	AX-2594	W/G 25 9 4 N L	ER2594 mod.	0,02	0,5	0,8	25,5	9,0	3,7		0,15

Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage

Spule:	0,8	1,0	1,2	1,6
Stab (1.000 mm lang)	1,6	2,0	2,4	3,2

		Normung		Richtanalyse (Schweißgut)							
		EN ISO 17633-A	AWS A 5.22	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	N
Fülldrahtelektroden	AX-FD-DW307	T 18 8 Mn R M21 3	E307T0-G	0,07	0,6	6,4	19,2	8,1			
	AX-FD-DW308L	T 19 9 L R M21 3	E308LT0-4/-1	0,03	0,8	1,8	20,5	9,5			
	AX-FD-DW308LP	T 19 9 L P M21 1	E308LT1-4/-1	0,03	0,8	1,8	20,5	9,5			
	AX-FD-DW309L	T 23 12 L R M21 3	E309LT0-4/-1	0,02	0,7	1,4	24,0	13,0			
	AX-FD-DW309LP	T 23 12 L P M21 1	E309LT1-4/-1	0,03	0,7	1,3	23,3	12,6			
	AX-FD-DW309MoL	T 23 12 2 L R M21 3	E309LMoT0-4/-1	<0,04	1,0	2,0	24,0	13,0	2,5		
	AX-FD-DW309MoLP	T 23 12 2 L P M21 1	E309LMoT1-4/-1	0,025	1,0	2,0	24,0	13,0	2,5		
	AX-FD-DW310	T 25 20 R M21 3	E310T0-4/-1	<0,2	1,0	2,1	27,0	21,0			
	AX-FD-DW316L	T 19 12 3 L R M21 3	E316LT0-4/-1	0,03	0,6	1,5	19,0	12,0	2,6		
	AX-FD-DW316LP	T 19 12 3 L P M21 1	E316LT1-4/-1	0,03	0,6	1,5	19,0	12,0	2,6		
	AX-FD-DW329A	T 22 9 3 N L R M21 3	E2209T0-4/-1	0,03	0,8	1,5	23,0	9,0	3,5		0,2

Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage

Spule:	0,9	1,2	1,6

Das ALUNOX Programm zu Hochlegiert.

Schweißzusätze

Stabelektroden
- EI 307 B
- EI 307 R
- EI 308 L
- EI 309 L
- EI 309Mo L
- EI 310
- EI 312
- EI 316 L
- EI 318
- EI 347
- EI 2209

Massivdrähte/WIG-Stäbe
- AX-307
- AX-308L
- AX-309
- AX-309L
- AX-309LMo
- AX-310
- AX-312
- AX-316L
- AX-317L
- AX-318L
- AX-347L
- AX-410
- AX-904L
- AX-2293
- AX-2551
- AX-2594

Fülldrahtelektroden
- AX-FD-DW307
- AX-FD-DW308L
- AX-FD-DW308LP
- AX-FD-DW309L
- AX-FD-DW309LP
- AX-FD-DW309MoL
- AX-FD-DW309MoLP
- AX-FD-DW310
- AX-FD-DW316L
- AX-FD-DW316LP
- AX-FD-DW329A

Elektrode

Stab

Spule

Fass

Nichtrostender Stahl

Nichtrostende Stähle sind per Definition Eisenlegierungen, die mindestens 10,5% Chrom und maximal 1,2% Kohlenstoff enthalten. Die wesentliche Eigenschaft der nichtrostenden Stähle ist ihre Korrosionsbeständigkeit, bedingt durch die Bildung einer schützenden Passivschicht. Die Wirksamkeit der Passivschicht steigt mit dem Chromgehalt. Durch Erhöhung des Chromgehaltes auf ca. 18% vergrößert sich die Korrosionsbeständigkeit und die Passivschicht wird stabiler.

Durch weitere Zugabe von Molybdän wird die Beständigkeit gegenüber Loch- und Spaltkorrosion erhöht, eine Zugabe von Nickel erweitert das Austenitgebiet und verbessert die Duktilität und das Umformvermögen sowie die Schweißbarkeit.

Weitere Legierungselemente die die Korrosionsbeständigkeit und die Festigkeit erhöhen sind z.B. Kupfer und Stickstoff. Kohlenstoff beeinflusst durch die Chromkarbidbildung negativ die Korrosionsbeständigkeit. Der C-Gehalt wird bei austenitischen CrNi-Stählen auf 0,08% begrenzt, oftmals wird Nb und/oder Ti hinzu legiert, um den Chrom zu stabilisieren. Ferritische und martensitische Cr-Stähle können auch höhere C-Gehalte aufweisen.

Je nach Legierungsanteil und dem daraus resultierendem Gefüge unterscheidet man z.B. nach EN 10088:

- ferritische Stähle mit hauptsächlich 0,03-0,08% C und 10,5-18,5% Cr. Zusätzlich können bis zu 1% Nb oder 0,7% Ti hinzu legiert sein.
- martensitische Stähle mit hauptsächlich 0,08-1,20% C und 11,0-19,0% Cr. Zusätzlich können bis zu 10,2% Ni, 2,8% Mo und 5,0% Cu hinzu legiert sein.
- austenitisch-ferritische (Duplex) Stähle mit hauptsächlich 0,03-0,05% C, 18-30% Cr, 3,5-8,0% Ni, 0,10-4,5% Mo und 0,05-0,40% N. Zusätzlich kann bis zu 3% Cu hinzu legiert sein.
- austenitische Stähle mit hauptsächlich ≤0,015-0,15% C, 16-28% Cr, ≤2,0-35% Ni, und ≤2,0-10,5% Mn. Zusätzlich können bis 8% Mo, 0,55% N, 1,0% Nb und 0,7% Ti hinzu legiert sein.

Schweißen von nichtrostenden Stählen

Ferritische Stähle neigen in der Wärmeeinflusszone (WEZ) beim Schweißen zum Kornwachstum, welches sich durch eine nachfolgende Wärmebehandlung nicht beseitigen lässt. Zusätzlich können sich je nach C-Gehalt Karbide ausscheiden, die die Zähigkeit weiter vermindern. Ähnliche Auswirkungen sind im Schweißgut artgleicher Zusätze zu erwarten. Aus diesem Grund werden, wann immer möglich, zum Schweissen austenitische Schweißzusätze verwendet. Außer wenn Farbgleichheit gefordert ist oder bei Angriff von schwefelhaltigen Gasen. Um Schweißeigenspannungen zu vermindern, sollte auf 200-300°C vorgewärmt werden. Eine nachfolgende Wärmebehandlung bei 700-750°C kann ebenfalls zur Verbesserung der Zähigkeit beitragen.

Martensitische Stähle sind grundsätzlich nur bedingt schweißgeeignet. Bei C-Gehalten von >0,15% ist von einer Verbindungsschweißung abzuraten. Martensitische Stähle müssen immer vorgewärmt und wärmebehandelt werden. Wegen der Gefahr der wasserstoffinduzierten Risse im martensitischen Schweißgut sollten basische Stabelektroden und Fülldrähte sowie basisches UP-Pulver verwendet werden.

Weichmartensitische Stähle haben einen sehr niedrigen C-Gehalt von <0,05% und einen Ni-Gehalt von 1-6%. Dadurch bildet sich ein „weicher" Martensit mit guter Zähigkeit, die durch nachfolgende Wärmebehandlung noch verbessert wird. Sie werden artgleich mit Schweißzusätzen geschweißt, die einen niedrigen Wasserstoffgehalt von ≤ 5 ml/100 g im Schweißgut aufweisen müssen. Wegen der auftretenden Spannungen bei der Martensitumwandlung sollte die Vorwärmung max. 100°C, die Zwischenlagentemperatur 100-160°C betragen.

Austenitische Stähle und Duplex-Stähle werden möglichst artgleich geschweißt. Eine Vorwärmung ist normaler-weise nicht erforderlich, die Zwischenlagentemperatur sollte wegen der Heißrissempfindlichkeit, vor allem bei vollaustenitischen Stählen, auf max. 120-180°C begrenzt werden.

	Normung			Richtanalyse (Schweißgut)							
Stabelektroden	EN ISO 3581-A		AWS A 5.4	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	N
EI 307 B	E 18 8 Mn B 22		E307-15 mod.	0,13	0,5	5,0	19,0	9,0			
EI 307 R	E 18 8 Mn R 12		E307-16 mod.	0,15	0,8	6,0	19,0	9,0			
EI 308 L	E 19 9 L R 12		E308L-16	≤0,03	0,7	0,8	19,0	10,0			
EIS 309	E Z23 12 LR 53		E309-16	0,10	0,9	0,8	23,0	12,0			
EI 309 L	E 23 12 L R 12		E309L-16	0,03	0,9	1,0	24,0	13,0			
EI 309Mo L	E 23 12 2 LR 12		E309MoL-16	0,03	0,9	0,7	22,5	13,5	2,5		
EI 310	E 25 20 R 12		E310-16	0,10	0,5	1,5	25,0	20,0			
EI 312	E 29 9 L R 12		E312-16	0,10	1,0	1,0	29,0	10,0			
EI 316 L	E 19 12 3 L R 12		E316L-16	0,03	0,8	1,0	19,0	12,0	2,5		
EI 318	E 19 12 3 Nb R 12		E318-16	0,06	0,7	0,8	19,0	12,0	2,5	0,35	
EI 347	E 19 9 Nb R 12		E347-16	0,06	0,8	0,8	19,0	10,0		0,35	
EIS 410	E Z13 B 42		E410-15	0,06	0,5	0,8	13,0	0,7			
EI 2209	E 22 9 3 N L R 12		E2209-16	0,025	0,9	0,9	22,5	9,5	2,8		0,14
Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage											
Stabelektroden:	2,0/300	2,5/300	3,2/350	4,0/350							

	Normung			Richtanalyse (Draht/Stab)							
Massivdrähte/WIG-Stäbe	EN ISO 14343-A		AWS A 5.9	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	N
AX-307	W/G 18 8 Mn		ER307 mod.	0,08	0,8	6,5	18,0	8,0			
AX-308L	W/G 19 9 L Si		ER308LSi	0,02	0,8	1,7	20,0	10,0			
AX-309	W/G 22 12 H		ER309 mod.	0,10	1,1	1,6	23,0	12,5			
AX-309L	W/G 23 12 L Si		ER309LSi	0,025	0,8	1,7	24,5	12,5			
AX-309LMo	W/G 23 12 2 L		ER309LMo	0,025	0,35	1,5	22,0	14,0	2,7		
AX-310	W/G 25 20		ER310 mod.	0,12	0,8	2,5	25,0	20,0			
AX-312	W/G 29 9		ER312	0,12	0,4	1,8	30,0	9,0			
AX-316L	W/G 19 12 3 L Si		ER316LSi	0,02	0,8	1,7	18,0	12,0	2,7		
AX-317L	W/G 18 16 5 N L		ER317L mod.	0,03	0,4	1,8	18,0	17,5	3,5		
AX-318L	W/G 19 12 3 Nb Si		ER318 mod.	0,04	0,8	1,6	19,0	11,5	2,7	<1,1	
AX-347L	W/G 19 9 Nb Si		ER347Si	0,04	0,8	1,4	19,0	10,0		<1,1	
AX-410	G Z13		ER410	0,08	1,1	0,6	14,5				
AX-904L	W/G 20 25 5 Cu L		ER904L	0,02	0,4	1,8	20,0	25,0	4,5	Cu 1,5	
AX-2293	W/G 22 9 3 N L		ER2209	0,02	0,4	1,5	23,0	8,5	3,0		0,15
AX-2551	G 25 4			0,10	0,6	1,0	25,0	5,0			
AX-2594	W/G 25 9 4 N L		ER2594 mod.	0,02	0,5	0,8	25,5	9,0	3,7		0,15
Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage											
Spule:	0,8	1,0	1,2	1,6							
Stab (1.000 mm lang)	1,6	2,0	2,4	3,2							

	Normung			Richtanalyse (Schweißgut)							
Fülldrahtelektroden	EN ISO 17633-A		AWS A 5.22	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	N
AX-FD-DW307	T 18 8 Mn R M21 3		E307T0-G	0,07	0,8	6,4	19,2	8,1			
AX-FD-DW308L	T 19 9 L R M21 3		E308LT0-4/-1	0,03	0,8	1,8	20,5	9,5			
AX-FD-DW308LP	T 19 9 L P M21 1		E308LT1-4/-1	0,03	0,8	1,8	20,5	9,5			
AX-FD-DW309L	T 23 12 L R M21 3		E309LT0-4/-1	0,02	0,7	1,4	24,0	13,0			
AX-FD-DW309LP	T 23 12 L P M21 1		E309LT1-4/-1	0,03	0,7	1,3	23,3	12,6			
AX-FD-DW309MoL	T 23 12 2 L R M21 3		E309LMoT0-4/-1	<0,04	1,0	2,0	24,0	13,0	2,5		
AX-FD-DW309MoLP	T 23 12 2 L P M21 1		E309LMoT1-4/-1	0,025	1,0	2,0	24,0	13,0	2,5		
AX-FD-DW310	T 25 20 R M21 3		E310T0-4/-1	<0,2	1,0	2,1	27,0	21,0			
AX-FD-DW316L	T 19 12 3 L R M21 3		E316LT0-4/-1	0,03	0,6	1,5	19,0	12,0	2,6		
AX-FD-DW316LP	T 19 12 3 L P M21 1		E316LT1-4/-1	0,03	0,6	1,5	19,0	12,0	2,6		
AX-FD-DW329A	T 22 9 3 N L R M21 3		E2209T0-4/-1	0,03	0,8	1,5	23,0	9,0	3,5		0,2
Lieferformen nach EN ISO 544 Ø/Länge [mm] I andere Ø und Längen auf Anfrage											
Spule:	0,9	1,2	1,6								

Das ALUNOX Programm zu Nickel.

Schweißzusätze Nickel

Massivdrähte/ WIG-Stäbe

• AX-82	AX-2.4806
• AX-625	AX-2.4831
• AX-NiTi3	AX-2.4155
• AX-NiCu30	AX-2.4377
• AX-FeNi	AX-2.4560
• AX-2.4607	
• AX-2.4886	
• AX-2.4611	

Fülldrähte
- AX-FD-82
- AX-FD-625
- AX-FD-FeNi

Elektrode

Stab

Spule

Fass

Nickel und Nickellegierungen werden überall dort eingesetzt, wo besonders hohe Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit, Warm- und Zeitstandfestigkeit sowie Hitze- und Hochtemperaturkorrosionsbeständigkeit gestellt werden, die mit den klassischen austenitischen Werkstoffen nicht mehr erreicht werden können.

Hauptsächlich werden diese Legierungen in der Chemie und Petrochemie, im Industrieofenbau, in Gas- und Kohlekraftwerken, bei der Rauchgasentschwefelung und in Müllverbrennungsanlagen, in der Abwasseraufbereitung, in der Offshoretechnik, bei Meerwasserentsalzungsanlagen, in der Automobilindustrie und in der Luft- und Raumfahrt verwendet.

Je nach Anwendungsfall gibt es folgende Legierungen:

- Reinnickel mit 1-3,5% Ti
- Nickel-Kupfer mit ca. 30% Cu z.B Monel 400
- Nickel-Chrom mit ca. 20-45% Cr, Nb, Ti, Al
- Nickel-Chrom-Eisen mit ca. 15-40% Cr, Fe, Nb, Mo, Al, Ti z.B. Incoloy 800, 800H
- Nickel-Molybdän mit ca. 15-30% Mo, Cr, W, Al, Ti z.B. Hastelloy B-2
- Nickel-Chrom-Molybdän mit ca. 15-35% Cr, 7,6-21% Mo, Nb, W, Co, Al z.B. Inconel 625, alloy 59
- Nickel-Chrom-Kobalt mit ca. 10-30% Co, Cr, Mo, Al, Ti, W
- Nickel-Chrom-Wolfram mit ca.13-15% W, Cr, Co, Al, Mo

Schweißen von Nickel-Basis-Legierungen

Nickelbasislegierungen haben ein vollaustenitisches Gefüge und sind heißrissempfindlich.

Nachfolgend einige Hinweise:

- Auf äußerst Sauberkeit achten. Der Schweißnahtbereich muss frei von allen Rückständen wie Fett, Öl, Staub usw. sein.
- Der Nahtöffnungswinkel muss größer als bei unlegierten Stählen sein 60-70°. In kürzeren Abständen heften, Wurzelspalt 2-3 mm, Steghöhe ca. 2 mm.
- Stabelektroden rücktrocknen und mit kurzem Lichtbogen verschweißen. In der Schweißfuge zünden, Zündstellen überschweißen.
- Grundsätzlich auf das Wärmeeinbringen achten, beim MAG-Schweißen Impulstechnik verwenden.
- Nicht vorwärmen, die Zwischenlagentemperatur darf 150 (120)°C nicht überschreiten, Streckenenergie 8-12 KJ/cm, möglichst Strichraupentechnik verwenden, bei Stabelektroden max. 2,5 x Kernstabdurchmesser pendeln.
- Endkrater ausschleifen, Endkraterfüllprogramme verwenden.
- Jede Schweißlage mit rostfreier Bürste reinigen, Schlackenreste und Oxidhaut entfernen.
- nach dem Schweißen Oberfläche zusätzlich überschleifen und beizen.

Massivdrähte/WIG-Stäbe

AX-82/AX-2.4806
2.4806

EN ISO 18274:	S Ni 6082 (NiCr20Mn3Nb)
AWS A 5.14:	ERNiCr-3

Richtanalyse in % (Draht/Stab)

C	Si	Mn	Cr	Fe	Nb/Ta	Ni
0,02	0,2	3,0	20,0	1,0	2,5	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)

Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-625/AX-2.4831
2.4831

EN ISO 18274:	S Ni 6625 (NiCr22Mo9Nb)
AWS A 5.14:	ERNiCrMo-3

Richtanalyse in % (Draht/Stab)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Fe	Nb/Ta	Ni
0,02	0,2	0,2	22,0	9,0	1,5	3,3	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)

Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-NiTi3/AX-2.4155
2.4155

EN ISO 18274:	S Ni 2061(NiTi3)
AWS A 5.14:	ERNi-1

Richtanalyse in % (Draht/Stab)

C	Si	Mn	Fe	Ti	Ni
0,02	0,4	0,4	<0,2	3,0	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)

Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-NiCu30/AX-2.4377
2.4377

EN ISO 18274:	S Ni 4060 (NiCu30Mn3Ti)
AWS A 5.14:	ERNiCu-7

Richtanalyse in % (Draht/Stab)

C	Si	Mn	Cu	Fe	Ti	Ni
0,02	0,2	3,3	30,0	1,0	2,0	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)

Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-FeNi/AX-2.4560
2.4560

EN ISO 1071:	S C NiFe-2

Richtanalyse in % (Draht/Stab)

C	Si	Mn	Fe	Ni
0,1	<0,2	<1,0	42,0	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)

Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,2	1,6	2	2,4	3,2	

AX-2.4607
2.4607

EN ISO 18274:	S Ni 6059 (NiCr23Mo16)
AWS A 5.14:	ERNiCrMo-13

Richtanalyse in % (Draht/Stab)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Fe	Ni
0,01	0,1	<0,5	23,0	16,0	<1,5	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)

Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-2.4886
2.4886

EN ISO 18274:	S Ni 6276 (NiCr15Mo16Fe6W4)
AWS A 5.14:	ERNiCrMo-4

Richtanalyse in % (Draht/Stab)

C	Si	Cr	Mo	Fe	W	Ni
0,01	0,1	16,0	16,0	6,0	3,5	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)

Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-2.4611
2.4611

EN ISO 18274:	S Ni 6455 (NiCr16Mo16Ti)
AWS A 5.14:	ERNiCrMo-7

Richtanalyse in % (Draht/Stab)

C	Si	Cr	Mo	Fe	Ni
0,01	0,1	16,0	16,0	<1,5	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)

Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

Fülldrahtelektroden

AX-FD-82

EN ISO 12153:	T Ni 6182 B M21 3 (NiCr15Fe6Mn)
AWS A 5.34:	ENiCrFe3T0-4

Richtanalyse in % (Schweißgut)

C	Si	Mn	Cr	Fe	Nb/Ta	Ni
0,01	0,3	6,0	17,0	6,0	1,7	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)

Spule	Ø mm	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8

AX-FD-625

EN ISO 12153:	T Ni 6625 B M21 3 (NiCr22Mo9Nb)
AWS A 5.34:	ENiCrMo3T0-4

Richtanalyse in % (Schweißgut)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Fe	Nb/Ta	Ni
0,025	0,3	0,4	21,0	9,0	4,5	3,4	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)

Spule	Ø mm	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8

AX-FD-FeNi

EN ISO 1071:	T CZ NiFe-1M
AWS A 5.15:	ENiFeT3-CI mod.

Richtanalyse in % (Schweißgut)

C	Si	Mn	Fe	Ni
0,5	0,5	2,5	36,5	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)

Spule	Ø mm	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8

Weitere Durchmesser auf Anfrage.

Das ALUNOX Programm zu Nickel.

Schweißzusätze Nickel

Massivdrähte/ WIG-Stäbe
- AX-82 — AX-2.4806
- AX-625 — AX-2.4831
- AX-NiTi3 — AX-2.4155
- AX-NiCu30 — AX-2.4377
- AX-FeNi — AX-2.4560
- AX-2.4607
- AX-2.4886
- AX-2.4611

Fülldrähte
- AX-FD-82
- AX-FD-625
- AX-FD-FeNi

Elektrode

Stab

Spule

Fass

Nickel und Nickellegierungen werden überall dort eingesetzt, wo besonders hohe Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit, Warm- und Zeitstandfestigkeit sowie Hitze- und Hochtemperaturkorrosionsbeständigkeit gestellt werden, die mit den klassischen austenitischen Werkstoffen nicht mehr erreicht werden können.

Hauptsächlich werden diese Legierungen in der Chemie und Petrochemie, im Industrieofenbau, in Gas- und Kohlekraftwerken, bei der Rauchgasentschwefelung und in Müllverbrennungsanlagen, in der Abwasseraufbereitung, in der Offshoretechnik, bei Meerwasserentsalzungsanlagen, in der Automobilindustrie und in der Luft- und Raumfahrt verwendet.

Je nach Anwendungsfall gibt es folgende Legierungen:

- Reinnickel mit 1-3,5% Ti
- Nickel-Kupfer mit ca. 30% Cu z.B Monel 400
- Nickel-Chrom mit ca. 20-45% Cr, Nb, Ti, Al
- Nickel-Chrom-Eisen mit ca. 15-40% Cr, Fe, Nb, Mo, Al, Ti z.B. Incoloy 800, 800H
- Nickel-Molybdän mit ca. 15-30% Mo, Cr, W, Al, Ti z.B. Hastelloy B-2
- Nickel-Chrom-Molybdän mit ca. 15-35% Cr, 7,6-21% Mo, Nb, W, Co, Al z.B. Inconel 625, alloy 59
- Nickel-Chrom-Kobalt mit ca. 10-30% Co, Cr, Mo, Al, Ti, W
- Nickel-Chrom-Wolfram mit ca. 13-15% W, Cr, Co, Al, Mo

Schweißen von Nickel-Basis-Legierungen

Nickelbasislegierungen haben ein vollaustenitisches Gefüge und sind heißrissempfindlich.

Nachfolgend einige Hinweise:

- Auf äußerst Sauberkeit achten. Der Schweißnahtbereich muss frei von allen Rückständen wie Fett, Öl, Staub usw. sein.
- Der Nahtöffnungswinkel muss größer als bei unlegierten Stählen sein 60-70°. In kürzeren Abständen heften, Wurzelspalt 2-3 mm, Steghöhe ca. 2 mm.
- Stabelektroden rücktrocknen und mit kurzem Lichtbogen verschweißen. In der Schweißfuge zünden, Zündstellen überschweißen.
- Grundsätzlich auf das Wärmeeinbringen achten, beim MAG-Schweißen Impulstechnik verwenden.
- Nicht vorwärmen, die Zwischenlagentemperatur darf 150 (120)°C nicht überschreiten, Streckenenergie 8-12 KJ/cm, möglichst Strichraupentechnik verwenden, bei Stabelektroden max. 2,5 x Kernstabdurchmesser pendeln.
- Endkrater ausschleifen, Endkraterfüllprogramme verwenden.
- Jede Schweißlage mit rostfreier Bürste reinigen, Schlackenreste und Oxidhaut entfernen.
- nach dem Schweißen Oberfläche zusätzlich überschleifen und beizen.

Massivdrähte/WIG-Stäbe

AX-82/AX-2.4806 2.4806

EN ISO 18274: S Ni 6082 (NiCr20Mn3Nb)
AWS A 5.14: ERNiCr-3

Richtanalyse in % (Draht/Stab)						
C	Si	Mn	Cr	Fe	Nb/Ta	Ni
0,02	0,2	3,0	20,0	1,0	2,5	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)						
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-625/AX-2.4831 2.4831

EN ISO 18274: S Ni 6625 (NiCr22Mo9Nb)
AWS A 5.14: ERNiCrMo-3

Richtanalyse in % (Draht/Stab)							
C	Si	Mn	Cr	Mo	Fe	Nb/Ta	Ni
0,02	0,2	0,2	22,0	9,0	1,5	3,3	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)						
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-NiTi3/AX-2.4155 2.4155

EN ISO 18274: S Ni 2061 (NiTi3)
AWS A 5.14: ERNi-1

Richtanalyse in % (Draht/Stab)					
C	Si	Mn	Fe	Ti	Ni
0,02	0,4	0,4	<0,2	3,0	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)						
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-NiCu30/AX-2.4377 2.4377

EN ISO 18274: S Ni 4060 (NiCu30Mn3Ti)
AWS A 5.14: ERNiCu-7

Richtanalyse in % (Draht/Stab)						
C	Si	Mn	Cu	Fe	Ti	Ni
0,02	0,2	3,3	30,0	1,0	2,0	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)						
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-FeNi/AX-2.4560 2.4560

EN ISO 1071: S C NiFe-2

Richtanalyse in % (Draht/Stab)					
C	Si	Mn	Fe	Ni	
0,1	<0,2	<1,0	42,0	Rest	

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)						
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,2	1,6	2	2,4	3,2

AX-2.4607 2.4607

EN ISO 18274: S Ni 6059 (NiCr23Mo16)
AWS A 5.14: ERNiCrMo-13

Richtanalyse in % (Draht/Stab)						
C	Si	Mn	Cr	Mo	Fe	Ni
0,01	0,1	<0,5	23,0	16,0	<1,5	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)						
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-2.4886 2.4886

EN ISO 18274: S Ni 6276 (NiCr15Mo16Fe6W4)
AWS A 5.14: ERNiCrMo-4

Richtanalyse in % (Draht/Stab)						
C	Si	Cr	Mo	Fe	W	Ni
0,01	0,1	16,0	16,0	6,0	3,5	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)						
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

AX-2.4611 2.4611

EN ISO 18274 S Ni 6455 (NiCr16Mo16Ti)
AWS A 5.14: ERNiCrMo-7

Richtanalyse in % (Draht/Stab)					
C	Si	Cr	Mo	Fe	Ni
0,01	0,1	16,0	16,0	<1,5	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)						
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	

Fülldrahtelektroden

AX-FD-82

EN ISO 12153: T Ni 6182 B M 2 1 3 (NiCr15Fe6Mn)
AWS A 5.34: ENiCrFe3T0-4

Richtanalyse in % (Schweißgut)						
C	Si	Mn	Cr	Fe	Nb/Ta	Ni
0,01	0,3	6,0	17,0	6,0	1,7	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)						
Spule	Ø mm	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8

AX-FD-625

EN ISO 12153: T Ni 6625 B M 2 1 3 (NiCr22Mo9Nb)
AWS A 5.34: ENiCrMo3T0-4

Richtanalyse in % (Schweißgut)							
C	Si	Mn	Cr	Mo	Fe	Nb/Ta	Ni
0,025	0,3	0,4	21,0	9,0	4,5	3,4	Rest

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)						
Spule	Ø mm	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8

AX-FD-FeNi

EN ISO 1071: T CZ NiFe-1M
AWS A 5.15: ENiFeT3-CI mod.

Richtanalyse in % (Schweißgut)							
C	Si	Mn	Fe	Ni			
0,5	0,5	2,5	36,5	Rest			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)						
Spule	Ø mm	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8

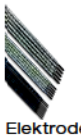
Weitere Durchmesser auf Anfrage.

Das ALUNOX Programm zu Kupfer.

Schweißzusätze

Massivdrähte/WIG-Stäbe

• AX-CuAg	2.1211
• AX-CuAl8	2.0921
• AX-CuAl9Fe	2.0937
• AX-CuAl8Ni2	2.0922
• AX-CuAl8Ni6	2.0923
• AX-CuMn13Al7	2.1367
• AX-CuSi3	2.1461
• AX-CuSi3A	2.1461
• AX-CuSn	2.1006
• AX-CuSn6	2.1022
• AX-CuSn12	2.1056
• AX-CuNi10Fe	2.0873
• AX-CuNi30Fe	2.0837



Elektrode

Stab

Spule

Fass

Kupfer
ist als Werkstoff bereits seit langer Zeit bekannt und wurde wegen seiner guten Umformbarkeit zum ersten verwendeten Metall. Kupfer kann mit vielen Metallen Legierungen bilden, dadurch können mechanisch-technologische Eigenschaften wie Zugfestigkeit, Dehngrenze, Härte, Verschleißwiderstand, und andere gezielt beeinflusst werden.

Kupfer hat eine Dichte von 8,9 g/cm³ und gehört zu den Nichteisen-Metallen. Wegen seiner kubischflächenzentrierten Gitterstruktur (wie austenitischer Stahl) ist eine sehr gute Tieftemperaturzähigkeit und Kaltverformbarkeit gegeben.

Kupfer hat eine hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit und eine gute Korrosionsbeständigkeit gegenüber vielen Medien.

Kupferwerkstoffe werden nach ihrem Behandlungszustand eingeteilt in:

- Ausscheidungshärtende
- nicht Ausscheidungshärtende Werkstoffe

Ausscheidungshärtende Kupfer-Legierungen werden wegen schweißtechnisch nachteiligen Ausscheidungen für Schweißkonstruktionen praktisch nicht verwendet.

Je nach Erzeugung liegen Kupferlegierungen als Knet- oder Gusslegierung vor. Sie unterteilen sich in Reinkupfer, niedriglegiert bis max. 5% und hochlegiert von mehr als 5% Legierungsbestandteile. Die niedriglegierten sind mit Ag, Mg, Zn, Pb oder Si-legiert, die wichtigsten hochlegierten mit Zn (Messing), Sn (Bronze), Sn+ Zn (Rotguss), Ni+Zn (Neusilber), Ni oder mit Al.

Der Sauerstoffgehalt im Kupfer hat schweißtechnisch einen entscheidenden Einfluss. Er wird er zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit hinzugegeben, bewirkt aber zusätzlich eine verstärkte Aufnahme von Wasserstoff. Dies führt zu einer Rissbildung und zu Gefügeauflockerungen (Wasserstoffkrankheit).

Diese Kupferwerkstoffe sind daher nicht schweißbar. Kupfersorten, die im Apparate- und Behälterbau eingesetzt werden, sind deswegen entweder sauerstofffrei erschmolzen oder mit P desoxidiert.

Schweißen von Kupfer und Kupferlegierungen
Kupfer neigt auch beim Schweißen zur Sauerstoff- und Wasserstoffaufnahme aus der Umgebungsluft. Es ist daher auf einen ausreichenden Gasschutz zu achten.

Wegen der hohen Wärmeleitfähigkeit besonders der un- und niedriglegierten Kupferwerkstoffe muss entweder der Grundwerkstoff vorgewärmt oder ein Schweißverfahren mit hoher Energiedichte gewählt werden. Die Höhe der Vorwärmtemperatur richtet sich nach der Leitfähigkeit des Grundwerkstoffes und der Wanddicke. Ab 3 mm muss bei unlegierten Kupfer ca. 300°C vorgewärmt werden, bei einer Wanddicke von 15 mm sind dies bereits ca. 500°C.

Für saubere und fehlerfreie Schweißnähte und als Schutz der Wurzelseite ist in vielen Fällen die Verwendung von Flussmitteln vorteilhaft. Sie werden vor dem Schweißen auf die Oberfläche des Werkstückes aufgebracht, lösen während der Erwärmung die vorhandenen Oxidschichten und verhindern deren Neubildung. Flussmittel werden hauptsächlich beim Gas- und Lichtbogenschweißen eingesetzt.

Wegen der höheren Energiedichte kann bei Schutzgasschweißprozessen vielfach darauf verzichtet werden. Beim WIG-Schweißen werden Flussmittel nur noch in Ausnahmefällen, beim MIG-Schweißen gar nicht mehr verwendet.

Beim Lichtbogenhandschweißen ist das Flussmittel oft schon in der Umhüllung vorhanden. Bei hohen Vorwärmtemperaturen, ab ca. 300°C, sollte Flussmittel als Kantenschutz für die Nahtflanken verwendet werden.

Wegen der hohen Wärmeausdehnung und dadurch bedingt der hohen Schrumpfung von Kupferwerkstoffen müssen ausreichende Heftstellen oder Klemmfixierungen verwendet werden.

Als Schweißverfahren für Kupferwerkstoffe kommt hauptsächlich das WIG- und das MIG-Verfahren zur Anwendung.

Das Gasschweißen ist auf unlegiertes Kupfer, das Lichtbogenhandschweißen nur noch auf Instandsetzungs- und Restaurationsarbeiten beschränkt.

AX-CuAg 2.1211

EN ISO 24373: S-Cu 1897 (CuAg1)
AWS A 5.7: ERCu

Richtanalyse in %							
Cu	P	Mn	Ag				
Basis	<0,05	<0,2	1,0				

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,0	1,2				
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuAl9Fe 2.0937

EN ISO 24373: S-Cu 6180 (CuAl10Fe)
AWS A 5.7: ERCuAl-A2

Richtanalyse in %							
Cu	Al	Ni	Fe	Mn			
Basis	10,0	<1,0	1,5	<1,0			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,2					

AX-CuAl8Ni6 2.0923

EN ISO 24373: S-Cu 6328 (CuAl9Ni5)
AWS A 5.7: ERCuNiAl

Richtanalyse in %							
Cu	Al	Ni	Fe	Mn			
Basis	9,0	4,5	3,5	1,3			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm		2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuSi3 2.1461

EN ISO 24373: S-Cu 6560 (CuSi3Mn1)
AWS A 5.7: ERCuSi-A

Richtanalyse in %							
Cu	Si	Sn	Fe	Mn			
Basis	3,0	0,1	0,1	1,0			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuSn 2.1006

EN ISO 24373: S-Cu 1898 (CuSn1)
AWS A 5.7: ERCu

Richtanalyse in %							
Cu	Si	Sn	Al	Mn			
Basis	0,3	0,8	0,01	0,3			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuSn12 2.1056

EN ISO 24373: S-Cu 5410 (CuSn12P)
AWS A 5.7:

Richtanalyse in %							
Cu	Sn	P	Fe				
Basis	12,0	<0,35	<0,1				

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuNi30Fe 2.0837

EN ISO 24373: S-Cu 7158 (CuNi30)
AWS A 5.7: ERCuNi

Richtanalyse in %							
Cu	Ni	Mn	Fe	Ti			
Basis	30,0	1,0	0,55	0,5			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,2	1,6				
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuAl8 2.0921

EN ISO 24373: S-Cu 6100 (CuAl8)
AWS A 5.7: ERCuAl-A1

Richtanalyse in %							
Cu	Al	Fe					
Basis	8,0	0,4					

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuAl8Ni2 2.0922

EN ISO 24373: S-Cu 6327 (CuAl8Ni2)
AWS A 5.7:

Richtanalyse in %							
Cu	Al	Ni	Fe	Mn			
Basis	8,7	2,3	1,3	1,8			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm		2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuMn13Al7 2.1367

EN ISO 24373: S-Cu 6338 (CuMn13Al7)
AWS A 5.7: ERCuMnNiAl

Richtanalyse in %							
Cu	Al	Ni	Fe	Mn			
Basis	8,0	2,0	2,5	13,0			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,2	1,6				

AX-CuSi3A 2.1461

EN ISO 24373: S-Cu 6560 (CuSi3Mn1)
AWS A 5.7: ERCuSi-A

Richtanalyse in %							
Cu	Si	Sn	Fe	Mn			
Basis	2,8	0,1	0,1	1,0			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2		

AX-CuSn6 2.1022

EN ISO 24373: S-Cu 5180 (CuSn6P)
AWS A 5.7: ERCuSn-A

Richtanalyse in %							
Cu	Sn	P					
Basis	6,0	0,25					

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuNi10Fe 2.0873

EN ISO 24373: S-Cu 7061 (CuNi10)
AWS A 5.7:

Richtanalyse in %							
Cu	Ni	Mn	Fe	Ti			
Basis	10,0	1,0	1,50	0,5			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,2					
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2		

Weitere Durchmesser auf Anfrage.

Das ALUNOX Programm zu Kupfer.

Schweißzusätze

Massivdrähte/WIG-Stäbe

- AX-CuAg 2.1211
- AX-CuAl8 2.0921
- AX-CuAl9Fe 2.0937
- AX-CuAl8Ni2 2.0922
- AX-CuAl8Ni6 2.0923
- AX-CuMn13Al7 2.1367
- AX-CuSi3 2.1461
- AX-CuSi3A 2.1461
- AX-CuSn 2.1006
- AX-CuSn6 2.1022
- AX-CuSn12 2.1056
- AX-CuNi10Fe 2.0873
- AX-CuNi30Fe 2.0837

Elektrode

Stab

Spule

Fass

Kupfer
ist als Werkstoff bereits seit langer Zeit bekannt und wurde wegen seiner guten Umformbarkeit zum ersten verwendeten Metall. Kupfer kann mit vielen Metallen Legierungen bilden, dadurch können mechanisch-technologische Eigenschaften wie Zugfestigkeit, Dehngrenze, Härte, Verschleißwiderstand, und andere gezielt beeinflusst werden.

Kupfer hat eine Dichte von 8,9 g/cm³ und gehört zu den Nichteisen-Metallen. Wegen seiner kubisch flächenzentrierten Gitterstruktur (wie austenitischer Stahl) ist eine sehr gute Tieftemperaturzähigkeit und Kaltverformbarkeit gegeben.

Kupfer hat eine hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit und eine gute Korrosionsbeständigkeit gegenüber vielen Medien.

Kupferwerkstoffe werden nach ihrem Behandlungszustand eingeteilt in:

- Ausscheidungshärtende
- nicht Ausscheidungshärtende Werkstoffe

Ausscheidungshärtende Kupfer-Legierungen werden wegen schweißtechnisch nachteiligen Ausscheidungen für Schweißkonstruktionen praktisch nicht verwendet.

Je nach Erzeugung liegen Kupferlegierungen als Knet- oder Gusslegierung vor. Sie unterteilen sich in Reinkupfer, niedriglegiert bis max. 5% und hochlegiert von mehr als 5% Legierungsbestandteile. Die niedriglegierten sind mit Ag, Mg, Zn, Pb oder Si-legiert, die wichtigsten hochlegierten mit Zn (Messing), Sn (Bronze), Sn+ Zn (Rotguss), Ni+Zn (Neusilber), Ni oder mit Al.

Der Sauerstoffgehalt im Kupfer hat schweißtechnisch einen entscheidenden Einfluss. Er wird er zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit hinzugegeben, bewirkt aber zusätzlich eine verstärkte Aufnahme von Wasserstoff. Dies führt zu einer Rissbildung und zu Gefügeauflockerungen (Wasserstoffkrankheit).

Diese Kupferwerkstoffe sind daher nicht schweißbar. Kupfersorten, die im Apparate- und Behälterbau eingesetzt werden, sind deswegen entweder sauerstofffrei erschmolzen oder mit P desoxidiert.

Schweißen von Kupfer und Kupferlegierungen
Kupfer neigt auch beim Schweißen zur Sauerstoff- und Wasserstoffaufnahme aus der Umgebungsluft. Es ist daher auf einen ausreichenden Gasschutz zu achten.

Wegen der hohen Wärmeleitfähigkeit besonders der un- und niedriglegierten Kupferwerkstoffe muss entweder der Grundwerkstoff vorgewärmt oder ein Schweißverfahren mit hoher Energiedichte gewählt werden. Die Höhe der Vorwärmtemperatur richtet sich nach der Leitfähigkeit des Grundwerkstoffes und der Wanddicke. Ab 3 mm muss bei unlegierten Kupfer ca. 300°C vorgewärmt werden, bei einer Wanddicke von 15 mm sind dies bereits ca. 500°C.

Für saubere und fehlerfreie Schweißnähte und als Schutz der Wurzelseite ist in vielen Fällen die Verwendung von Flussmitteln vorteilhaft. Sie werden vor dem Schweißen auf die Oberfläche des Werkstückes aufgebracht, lösen während der Erwärmung die vorhandenen Oxidschichten und verhindern deren Neubildung. Flussmittel werden hauptsächlich beim Gas- und Lichtbogenschweißen eingesetzt.

Wegen der höheren Energiedichte kann bei Schutzgasschweißprozessen vielfach darauf verzichtet werden. Beim WIG-Schweißen werden Flussmittel nur noch in Ausnahmefällen, beim MIG-Schweißen gar nicht mehr verwendet.

Beim Lichtbogenhandschweißen ist das Flussmittel oft schon in der Umhüllung vorhanden. Bei hohen Vorwärmtemperaturen, ab ca. 300°C, sollte Flussmittel als Kantenschutz für die Nahtflanken verwendet werden.

Wegen der hohen Wärmeausdehnung und dadurch bedingt der hohen Schrumpfung von Kupferwerkstoffen müssen ausreichende Heftstellen oder Klemmfixierungen verwendet werden.

Als Schweißverfahren für Kupferwerkstoffe kommt hauptsächlich das WIG- und das MIG-Verfahren zur Anwendung.

Das Gasschweißen ist auf unlegiertes Kupfer, das Lichtbogenhandschweißen nur noch auf Instandsetzungs- und Restaurationsarbeiten beschränkt.

AX-CuAg 2.1211 — EN ISO 24373: S-Cu 1897 (CuAg1); AWS A 5.7: ERCu

Richtanalyse in %			
Cu	P	Mn	Ag
Basis	<0,05	<0,2	1,0

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,0	1,2				
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuAl9Fe 2.0937 — EN ISO 24373: S-Cu 6180 (CuAl10Fe); AWS A 5.7: ERCuAl-A2

Richtanalyse in %				
Cu	Al	Ni	Fe	Mn
Basis	10,0	<1,0	1,5	<1,0

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)	
Spule	Ø mm 1,2

AX-CuAl8Ni6 2.0923 — EN ISO 24373: S-Cu 6328 (CuAl8Ni5); AWS A 5.7: ERCuNiAl

Richtanalyse in %				
Cu	Al	Ni	Fe	Mn
Basis	9,0	4,5	3,5	1,3

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm		2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuSi3 2.1461 — EN ISO 24373: S-Cu 6560 (CuSi3Mn1); AWS A 5.7: ERCuSi-A

Richtanalyse in %				
Cu	Si	Sn	Fe	Mn
Basis	3,0	0,1	0,1	1,0

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuSn 2.1006 — EN ISO 24373: S-Cu 1898 (CuSn1); AWS A 5.7: ERCu

Richtanalyse in %				
Cu	Si	Sn	Al	Mn
Basis	0,3	0,8	0,01	0,3

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuSn12 2.1056 — EN ISO 24373: S-Cu 5410 (CuSn12P); AWS A 5.7:

Richtanalyse in %			
Cu	Sn	P	Fe
Basis	12,0	<0,35	<0,1

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuNi30Fe 2.0837 — EN ISO 24373: S-Cu 7158 (CuNi30); AWS A 5.7: ERCuNi

Richtanalyse in %				
Cu	Ni	Mn	Fe	Ti
Basis	30,0	1,0	0,55	0,5

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,2	1,6				
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuAl8 2.0921 — EN ISO 24373: S-Cu 6100 (CuAl8); AWS A 5.7: ERCuAl-A1

Richtanalyse in %		
Cu	Al	Fe
Basis	8,0	0,4

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuAl8Ni2 2.0922 — EN ISO 24373: S-Cu 6327 (CuAl8Ni2); AWS A 5.7:

Richtanalyse in %				
Cu	Al	Ni	Fe	Mn
Basis	8,7	2,3	1,3	1,8

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm		2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuMn13Al7 2.1367 — EN ISO 24373: S-Cu 6338 (CuMn13Al7); AWS A 5.7: ERCuMnNiAl

Richtanalyse in %				
Cu	Al	Ni	Fe	Mn
Basis	8,0	2,0	2,5	13,0

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)			
Spule	Ø mm	1,2	1,6

AX-CuSi3A 2.1461 — EN ISO 24373: S-Cu 6560 (CuSi3Mn1); AWS A 5.7: ERCuSi-A

Richtanalyse in %				
Cu	Si	Sn	Fe	Mn
Basis	2,8	0,1	0,1	1,0

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2		

AX-CuSn6 2.1022 — EN ISO 24373: S-Cu 5180 (CuSn6P); AWS A 5.7: ERCuSn-A

Richtanalyse in %		
Cu	Sn	P
Basis	6,0	0,25

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6		
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	

AX-CuNi10Fe 2.0873 — EN ISO 24373: S-Cu 7061 (CuNi10); AWS A 5.7:

Richtanalyse in %				
Cu	Ni	Mn	Fe	Ti
Basis	10,0	1,0	1,50	0,5

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,2					
Stab	Ø x 1000 mm	1,6	2,0	2,4	3,2		

Weitere Durchmesser auf Anfrage.

Das ALUNOX Programm zu Aluminium.

Schweißzusätze Aluminium

Stabelektroden
- AX-EAlSi5
- AX-EAlSi12

Massivdrähte/ WIG-Stäbe
- AX-1040
- AX-1450
- AX-4043
- AX-4047
- AX-5087
- AX-5183
- AX-5356
- AX-5754
- AX-4043 Spritzdraht
- AX-4047 Spritzdraht

Elektrode

Stab

Spule

Fass

Aluminium ist nach Sauerstoff und Silizium das dritthäufigste Element der Erdkruste und damit das häufigste Metall. Aluminium ist ein relativ weiches und zähes Metall, die Zugfestigkeit von reinem Aluminium liegt bei 49 MPa, die von seinen Legierungen bei 300 bis 700 MPa.

Das reine Leichtmetall Aluminium bildet an Luft sehr schnell eine dünne Oxidschicht. Sie macht reines Aluminium bei pH-Werten von 4 bis 9 sehr korrosionsbeständig. Diese Oxidschicht schützt auch vor weiterer Oxidation, ist aber bei der elektrischen Kontaktierung und beim Schweißen hinderlich.

Aluminium weist gegenüber Stahl sehr große Unterschiede in folgenden physikalischen Eigenschaften auf:

Dichte:
2,7 g/cm3-Stahl 7,85

Schmelzpunkt:
660°C/Al-Oxid 2050°C
-Stahl ca. 1500°C

Wärmeleitfähigkeit:
2,2 W/cm x K-Stahl 0,8858

Elektrische Leitfähigkeit:
35 S x m/min2-Stahl 10

Löslichkeit von Wasserstoff im erstarrten Zustand:
0,05 cm3-Stahl 8

Aluminium und seine Legierungen werden vor allen Dingen wegen der geringen Dichte (Gewicht), der guten Korrosionsbeständigkeit und der guten Leitfähigkeit hauptsächlich in folgenden Branchen eingesetzt:

- Automobiltechnik
- Schiff/ Schienenfahrzeugbau
- Luft- und Raumfahrt
- Behälterbau
- Bauindustrie
- Verpackungsindustrie
- Elektrotechnik

Es gibt folgende Legierungen:

- Al-Knetlegierungen
- nicht aushärtbar, wie:
  AW-1050A (Al 99,5)
  AW-5005 (AlMg1)
  AW-5019 (AlMg5)
  AW-5083 (AlMg4,5Mn0,7)
- aushärtbar, wie:
  AW-6005A (AlSiMg (A))
  AW-6060 (AlMgSi)
  AW-6082 (AlSi1MgMn)
  AW-7020 (AlZn4,5Mg1)
- Al-Gusslegierungen
  AlSi- und
  AlSiMg-Legierungen

  mit 5 bis max. 20% Si

Schweißen von Aluminium

Aluminium wird hauptsächlich im WIG- und MIG-Verfahren verschweißt. Das Schweißen mit der Stabelektrode hat eher eine untergeordnete Bedeutung. Beim Schweißen von Aluminium müssen bestimmte Regeln beachtet werden. Dies fängt schon bei der Nahtvorbereitung an. Die vorhandene Oxidschicht muss im Schweißnahtbereich vollständig entfernt werden, die Schweißnahtkanten müssen zusätzlich vor allen Dingen im Wurzelbereich gebrochen werden, um auch dort Oxideinschlüsse zu vermeiden.

Wegen der hohen Löslichkeit von Aluminium für Wasserstoff im schmelzflüssigen und der sehr geringen Löslichkeit im festen Bereich ist die Porenanfälligkeit sehr hoch. Durch geeignete Maßnahmen wie erhöhte Sauberkeit, z.B. auch neue Handschuhe und Bürsten, kann sie verringert werden.

Zusätzlich ist wegen der großen Wärmeleitfähigkeit von Aluminium ist vor allem bei größeren Wanddicken ein Vorwärmen erforderlich, um Poren zu reduzieren und Bindefehler und mangelnde Durchschweißung zu vermeiden. Beim MIG-Schweißen wird durch die Verwendung von Argon-Helium-Gemischen mit 30-70% Helium dieses unterstützt, vielfach kann auf ein Vor-wärmen verzichtet werden. Mit steigendem Heliumanteil verringert sich durch die bessere Ausgasung die Porenanzahl, gleichzeitig verbessert sich der Einbrand und die Schweißnaht wird breiter und flacher. Der Lichtbogen wird aber auch etwas unruhiger.

Es wird schon bei niedrigen Stromstärken der Sprühlichtbogen erreicht. Dünnblech und Zwangslagen-schweißungen werden daher im MIG-Impulsverfahren durchgeführt.

Nicht aushärtbare Aluminium-Knetlegierungen werden artgleich oder artähnlich mit Al99,5 und AlMg geschweißt. Aushärtbare Legierungen werden mit AlMg4,5Mn oder AlMg4,5MnZr geschweißt. Es ist aber zu berücksichtigen, dass die Festigkeit im Bereich der Schweißnaht und der Wärmeeinflusszone geringer ist, sie kann auch durch ein nachträgliches Auslagern nicht mehr gesteigert werden. Aluminium-Gusslegierungen werden wieder artgleich oder artähnlich mit AlSi geschweißt.

AX-1040	EN ISO 18273	S Al 1040
Al 99,5	AWS A 5.10	ER1100

Richtanalyse in %							
Al	Sonstige						
mind. 99,5	0,5						

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-1450	EN ISO 18273	S Al 1450
Al 99,5Ti	AWS A 5.10	

Richtanalyse in %							
Al	Ti	Sonstige					
mind. 99,5	0,15	0,35					

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-4043	EN ISO 18273	S Al 4043
AlSi5	AWS A 5.10	ER4043

Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn					
Basis	5	0,2					

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-4047	EN ISO 18273	S Al 4047
AlSi12	AWS A 5.10	ER4047

Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn					
Basis	5	0,2					

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-5087	EN ISO 18273	S Al 5087
AlMg4,5MnZr	AWS A 5.10	

Richtanalyse in %							
Al	Mg	Mn	Cr	Ti	Zr		
Basis	4,5-5,2	0,7	0,15	0,1	0,2		

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-5183	EN ISO 18273	S Al 5183
AlMg4,5Mn	AWS A 5.10	ER5183

Richtanalyse in %							
Al	Mg	Mn	Cr	Ti			
Basis	4,9	0,8	0,15	0,15			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-5356	EN ISO 18273	S Al 5356
AlMg5	AWS A 5.10	ER5356

Richtanalyse in %							
Al	Mg	Mn	Cr	Ti			
Basis	5	0,35	0,1	0,15			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-5754	EN ISO 18273	S Al 5754
AlMg3	AWS A 5.10:	

Richtanalyse in %							
Al	Mg	Mn	Cr	Ti			
Basis	3	0,3	0,1	0,13			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-4043 (Spritzdraht)		
AlSi5		

Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn	Cr	Fe			
Basis	5	0,2	0,1	0,1			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,6	2,5	3,17	4		

AX-4047 (Spritzdraht)		
AlSi12		

Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn	Cr	Fe			
Basis	12	0,2	0,1	0,2			

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,6	2,5	3,17	4		

AX-EASi5	DIN 1732	EL-AlSi5
	AWS A 5.3	E4043

Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn	Fe				
Basis	5	0,2	0,4				

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Stab-elektroden	Ø Länge in mm	2,5/300	3,2/350	4,0/350			

AX-EASi12	DIN 1732	EL-AlSi12
	AWS A 5.3	E4047

Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn	Fe				
Basis	12	0,5	0,5				

Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Stab-elektroden	Ø Länge in mm	2,5/300	3,2/350	4,0/350			

Das ALUNOX Programm zu Aluminium.

Schweißzusätze Aluminium

Stabelektroden
- AX-EAlSi5
- AX-EAlSi12

Massivdrähte/ WIG-Stäbe
- AX-1040
- AX-1450
- AX-4043
- AX-4047
- AX-5087
- AX-5183
- AX-5356
- AX-5754
- AX-4043 Spritzdraht
- AX-4047 Spritzdraht

Elektrode

Stab

Spule

Fass

Aluminium ist nach Sauerstoff und Silizium das dritthäufigste Element der Erdkruste und damit das häufigste Metall. Aluminium ist ein relativ weiches und zähes Metall, die Zugfestigkeit von reinem Aluminium liegt bei 49 MPa, die von seinen Legierungen bei 300 bis 700 MPa.

Das reine Leichtmetall Aluminium bildet an Luft sehr schnell eine dünne Oxidschicht. Sie macht reines Aluminium bei pH-Werten von 4 bis 9 sehr korrosionsbeständig. Diese Oxidschicht schützt auch vor weiterer Oxidation, ist aber bei der elektrischen Kontaktierung und beim Schweißen hinderlich.

Aluminium weist gegenüber Stahl sehr große Unterschiede in folgenden physikalischen Eigenschaften auf:

Dichte:
2,7 g/cm3-Stahl 7,85

Schmelzpunkt:
660°C/Al-Oxid 2050°C
-Stahl ca. 1500°C

Wärmeleitfähigkeit:
2,2 W/cm x K-Stahl 0,8858

Elektrische Leitfähigkeit:
35 S x m/min2-Stahl 10

Löslichkeit von Wasserstoff im erstarrten Zustand:
0,05 cm3-Stahl 8

Aluminium und seine Legierungen werden vor allen Dingen wegen der geringen Dichte (Gewicht), der guten Korrosionsbeständigkeit und der guten Leitfähigkeit hauptsächlich in folgenden Branchen eingesetzt:

- Automobiltechnik
- Schiff/ Schienenfahrzeugbau
- Luft- und Raumfahrt
- Behälterbau
- Bauindustrie
- Verpackungsindustrie
- Elektrotechnik

Es gibt folgende Legierungen:

- Al-Knetlegierungen
- nicht aushärtbar, wie:
  AW-1050A (Al 99,5)
  AW-5005 (AlMg1)
  AW-5019 (AlMg5)
  AW-5083 (AlMg4,5Mn0,7)
- aushärtbar, wie:
  AW-6005A (AlSiMg (A))
  AW-6060 (AlMgSi)
  AW-6082 (AlSi1MgMn)
  AW-7020 (AlZn4,5Mg1)
- Al-Gusslegierungen
  AlSi- und
  AlSiMg-Legierungen

  mit 5 bis max. 20% Si

Schweißen von Aluminium

Aluminium wird hauptsächlich im WIG- und MIG-Verfahren verschweißt. Das Schweißen mit der Stabelektrode hat eher eine untergeordnete Bedeutung. Beim Schweißen von Aluminium müssen bestimmte Regeln beachtet werden. Dies fängt schon bei der Nahtvorbereitung an. Die vorhandene Oxidschicht muss im Schweißnahtbereich vollständig entfernt werden, die Schweißnahtkanten müssen zusätzlich vor allen Dingen im Wurzelbereich gebrochen werden, um auch dort Oxideinschlüsse zu vermeiden.

Wegen der hohen Löslichkeit von Aluminium für Wasserstoff im schmelzflüssigen und der sehr geringen Löslichkeit im festen Bereich ist die Porenanfälligkeit sehr hoch. Durch geeignete Maßnahmen wie erhöhte Sauberkeit, z.B. auch neue Handschuhe und Bürsten, kann sie verringert werden.

Zusätzlich ist wegen der großen Wärmeleitfähigkeit von Aluminium ist vor allem bei größeren Wanddicken ein Vorwärmen erforderlich, um Poren zu reduzieren und Bindefehler und mangelnde Durchschweißung zu vermeiden. Beim MIG-Schweißen wird durch die Verwendung von Argon-Helium-Gemischen mit 30-70% Helium dieses unterstützt, vielfach kann auf ein Vor-wärmen verzichtet werden. Mit steigendem Heliumanteil verringert sich durch die bessere Ausgasung die Porenanzahl, gleichzeitig verbessert sich der Einbrand und die Schweißnaht wird breiter und flacher. Der Lichtbogen wird aber auch etwas unruhiger.

Es wird schon bei niedrigen Stromstärken der Sprühlichtbogen erreicht. Dünnblech und Zwangslagen-schweißungen werden daher im MIG-Impulsverfahren durchgeführt.

Nicht aushärtbare Aluminium-Knetlegierungen werden artgleich oder artähnlich mit Al99,5 und AlMg geschweißt. Aushärtbare Legierungen werden mit AlMg4,5Mn oder AlMg4,5MnZr geschweißt. Es ist aber zu berücksichtigen, dass die Festigkeit im Bereich der Schweißnaht und der Wärmeeinflusszone geringer ist, sie kann auch durch ein nachträgliches Auslagern nicht mehr gesteigert werden. Aluminium-Gusslegierungen werden wieder artgleich oder artähnlich mit AlSi geschweißt.

AX-1040	EN ISO 18273				S Al 1040		
Al 99,5	AWS A 5.10				ER1100		
Richtanalyse in %							
Al	Sonstige						
mind. 99,5	0,5						
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-1450	EN ISO 18273				S Al 1450		
Al 99,5Ti	AWS A 5.10						
Richtanalyse in %							
Al	Ti	Sonstige					
mind. 99,5	0,15	0,35					
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-4043	EN ISO 18273				S Al 4043		
AlSi5	AWS A 5.10				ER4043		
Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn					
Basis	5	0,2					
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-4047	EN ISO 18273				S Al 4047		
AlSi12	AWS A 5.10				ER4047		
Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn					
Basis	5	0,2					
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-5087	EN ISO 18273				S Al 5087		
AlMg4,5MnZr	AWS A 5.10						
Richtanalyse in %							
Al	Mg	Mn	Cr	Ti	Zr		
Basis	4,5-5,2	0,7	0,15	0,1	0,2		
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-5183	EN ISO 18273				S Al 5183		
AlMg4,5Mn	AWS A 5.10				ER5183		
Richtanalyse in %							
Al	Mg	Mn	Cr	Ti			
Basis	4,9	0,8	0,15	0,15			
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-5356	EN ISO 18273				S Al 5356		
AlMg5	AWS A 5.10				ER5356		
Richtanalyse in %							
Al	Mg	Mn	Cr	Ti			
Basis	5	0,35	0,1	0,15			
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-5754	EN ISO 18273				S Al 5754		
AlMg3	AWS A 5.10						
Richtanalyse in %							
Al	Mg	Mn	Cr	Ti			
Basis	3	0,3	0,1	0,13			
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4	
Stab	Ø mm x1000mm	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0

AX-4043 (Spritzdraht)							
AlSi5							
Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn	Cr	Fe			
Basis	5	0,2	0,1	0,1			
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,6	2,5	3,17	4		

AX-4047 (Spritzdraht)							
AlSi12							
Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn	Cr	Fe			
Basis	12	0,2	0,1	0,2			
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Spule	Ø mm	1,6	2,5	3,17	4		

AX-EASi5	DIN 1732				EL-AlSi5		
	AWS A 5.3				E4043		
Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn	Fe				
Basis	5	0,2	0,4				
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Stab-elektroden	Ø Länge in mm	2,5/300	3,2/350	4,0/350			

AX-EASi12	DIN 1732				EL-AlSi12		
	AWS A 5.3				E4047		
Richtanalyse in %							
Al	Si	Mn	Fe				
Basis	12	0,5	0,5				
Lieferformen (gemäß EN ISO 544)							
Stab-elektroden	Ø Länge in mm	2,5/300	3,2/350	4,0/350			

Das ALUNOX Programm zu Schweißzusätze Hartauftragung.

Schweißzusätze

Stabelektroden Fe-Basis
- EI 307 R | 1.4370
- EI 307 B | 1.4370
- EI 312 | 1.4337
- EH 245
- EH 330
- EH 340
- EH 360 R
- EH 360 B
- EH 380
- EH 515
- EH 526
- EH 528
- EH 531
- EH 540

Massivdrähte/ WIG-Stäbe Fe-Basis
- AX-307 | 1.4370
- AX-312 | 1.4337
- AX-250 | 1.8401
- AX-350 | 1.8405
- AX-450W | 1.2567
- AX-500 | 1.8425
- AX-600 | 1.4718
- AX-650W | 1.3348
- AX-650 | 1.2606

Fülldrähte Fe-Basis
- AX-FD-DW307 | 1.4370
- AX-FD-312 | 1.4337
- AX-FD-CrMn
- AX-FD-250
- AX-FD-400
- AX-FD-600
- AX-FD-600TIC/O
- AX-FD-HC
- AX-FD-43 | UP&OA
- AX-FD-45 | UP&OA
- AX-FD-WZ50

Speziallegierungen
- AX-MaCr1 | 1.4122
- AX-MaCr2 | 1.4115
- AX-MaCo12 | 1.6356
- AX-FD MaCr1 | 1.4122
- AX-FD MaCr2 | 1.4115

Kobalt-Basis-Legierungen
- AX-ES1 | Stellite®1
- AX-ES6 | Stellite®6
- AX-ES12 | Stellite®12
- AX-ES21 | Stellite®21
- AX-Co1 | Stellite®1
- AX-Co6 | Stellite®6
- AX-Co12 | Stellite®12
- AX-Co21 | Stellite®21
- AX-FD-Co1 | Stellite®1
- AX-FD-Co6 | Stellite®6
- AX-FD-Co12 | Stellite®12
- AX-FD-Co21 | Stellite®21

Elektrode

Stab

Spule

Fass

Verschleißmechanismen und Hartauftragung

Durch Verschleiß entsteht jährlich ein Verlust von mehreren Milliarden Euro weltweit. Unter dem Begriff Verschleiß versteht man sowohl den Materialverlust selbst als auch den Vorgang, der zu dem Materialverlust führt. Der Materialverlust aus der Oberfläche eines Werkstückes wird durch mechanische Ursachen infolge einer tribologischen Beanspruchung verursacht.

Eine tribologische Beanspruchung wird durch Kontakt und Relativbewegung eines festen, flüssigen oder gasförmigen Gegenkörpers hervorgerufen und führt dadurch zu Reibung und Verschleiß.

Die verschiedenen Verschleißmechanismen führen zu charakteristischen Erscheinungsformen entsprechend der untenstehenden Tabelle.

Um eine möglichst hohe Standzeit zu erreichen ist es notwendig, das vorliegende tribologische System genau zu erkennen und danach den Schweißzusatz auszuwählen.
Ein Schweißzusatz, der bei einer gleitenden Beanspruchung eine gute Standzeit erreicht, kann bei einer prallenden oder stoßenden Beanspruchung völlig versagen.
Oftmals sind auch mehrere Mechanismen für den Verschleiß verantwortlich.

Durch Schweißen einer Hartauftragung wird eine verschleißfeste Auftragsschicht erzeugt, die dem Angriff besonders gut widersteht.

Entscheidend für eine erfolgreiche Hartauftragung ist die Kenntnis der Verschleißart und die richtige Auswahl und die korrekte Durchführung der Hartauftragsschweißung.

Durchführung der Auftragsschweißung

Wenn die Oberfläche des Werkstückes sehr stark abgetragen ist, ist es oftmals sinnvoll, sogenannte Ergänzungslagen mit einem artgleichen oder niedrig legierten (weicheren) Schweißzusatz aufzufüllen, um die ursprüngliche Form vor der eigentlichen Hartauftragung wieder herzustellen.

Pufferlagen zwischen Werkstück und Auftragung sind immer dann sinnvoll, wenn der Grundwerkstoff rissanfällig ist, z.B. bei hochgekohlten oder legierten rissempfindlichen Stählen. Für die Pufferlage wird in der Regel ein Schweißzusatz vom Typ 1.4370, wie AX-307, EI 307 R, EI 307 B oder AX-FD-DW307 verwendet.

Vor der Hartauftragung wie auch vor dem Schweißen der Ergänzungs- und/ oder der Pufferlage ist das Werkstück auf der Auftragsfläche von allen Verunreinigungen wie Fett, Öl, Farbe, Zunder und sonstigen Rückständen zu befreien.

Ebenfalls sind stark verformte oder sonstige in Mitleidenschaft gezogene Bereiche durch Schleifen oder Fräsen zu entfernen. Mit einer Elektrode wie AX-EFug ausgefugte Bereiche sind ebenfalls zu überschleifen. Die aufzutragende Oberfläche muss sauber, trocken und metallisch blank sein.

Risse oder sonstige Fehlstellen müssen ebenfalls komplett entfernt werden.

Die Vorwärmung- und Zwischenlagentemperatur hängt sowohl vom Grundwerkstoff als auch von der Auftragslegierung ab. Die Angaben der Grundwerkstoff-Hersteller sind ebenfalls zu beachten. Bei Fragen steht Ihnen das Team der ALUNOX mit Rat und Tat zur Seite.

Verschleiß-mechanismus	Erscheinungsform	Auswirkung und Folgen
Adhäsion	Fresser, Löcher, Kuppen, Schuppen	Materialabtrag durch Bildung und Abtrennung von Oberflächenanhaftungen
Abrasion	Kratzer, Riefen, Furchen, Mulden, Wellen	Materialabtrag durch mikrospanende oder ritzende Beanspruchung
Oberflächenzerrüttung	Risse, Grübchen, Schuppen	Materialabtrag durch Materialermüdung in der Oberfläche
Tribochemische Reaktion	Reaktionsprodukte wie Oxidschichten und Partikel	Materialabtrag durch chemische Reaktionen an der Kontaktfläche

			Richtanalyse [%]									
	EN/EN ISO	AWS	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	W	Sonstige	Härte
Spezialle gierungen												
Massivdraht												
AX-MaCr1	14343-A: G Z17MoH	A 5.9: ER430 mod.	0,4	0,5	0,5	17,5	0,5	1				50 HRC
AX-MaCr2	14343-A: G Z17Mo	A 5.9: ER430 mod.	0,2	0,4	0,3	17,5	0,5	1,1				40 HRC
Fülldraht												
AX-FD MaCr1	14700: T ZFe8		0,4			17	0,4	1			V+; Fe Rest	48-50 HRC
AX-FD MaCr2	14700: T Fe7		0,2			17	0,4	1			Fe Rest	42-44 HRC
Anwendungsbeispiele: Wasserturbinen, Verdichter, Walzen, Gas-, Wasser- und Dampfarmaturen												
Kobaltbasis-Legierungen												
Stabelektrode												
AX-ES1	14700: E Co3	A 5.13: ECrCo-C	2,2	1,2	1	30				12,5	Fe 3,0; Co Rest	55 HRC
AX-ES6	14700: E Co2	A 5.13: ECrCo-A	1	0,9	1	28				4,5	Fe 3,0; Co Rest	42 HRC
AX-ES12	14700: E Co3	A 5.13: ECrCo-B	1,4	1	1	28				8,5	Fe 3,0; Co Rest	48 HRC
AX-ES21	14700: E Co1	A 5.13: ECrCo-E	0,3	1	1	28	3	5,5			Fe 3,0; Co Rest	30 HRC - kaltverf. bis 45 HRC
Stranggußstäbe												
AX-Co1	14700: R ZCo3	A 5.21: ERCoCr-C mod.	2,5	2	1	30				15	Fe 3,0; Co Rest	52-58 HRC
AX-Co6	14700: R Co2	A 5:21. ERCoCr-A	1,2	2	1	30				5	Fe 3,0; Co Rest	40-42 HRC
AX-Co12	14700: R Co3	A 5:21. ERCoCr-B	1,4	2	1	28				8,2	Fe 3,0; Co Rest	47-51 HRC
AX-Co21	14700: R Co1	A 5.21: ERCoCr-E	0,35	1,5	1,2	28	3	6			Fe 3,0; Co Rest	32 HRC - kaltverf. bis 45 HRC
Fülldraht												
AX-FD Co1	14700: T Co3	A 5.21: ERCCoCr-C	2,3	1	1	29				12	Fe 4,0; Co Rest	53 HRC
AX-FD Co6	14700: T Co2	A 5.21: ERCCoCr-A	1,05	1	1	29				4,5	Fe 4,0; Co Rest	42 HRC
AX-FD Co12	14700: T Co2	A 5.21: ERCCoCr-B	1,6	1	1,5	29				8	Fe 3,0; Co Rest	46 HRC
AX-FD Co21	14700: T Co1	A 5.21: ERCCoCr-E	0,25	1	1	28,5	3	5,5			Fe 4,0; Co Rest	33 HRC - kaltverf. bis 47 HRC
Anwendungsbeispiele: Armaturen, Ventilsitze und -kegel in Verbrennungsmotoren, hochbeanspruchte Warmarbeitswerkzeuge												

	Normung		Richtanalyse des Pulvers [%]								
	EN	AWS	C	Cr	Mo	Ni	W	Co			Härte [HRC]
Kobaltbasis-Legierungen											
AX-Co1 P	14700: P Co3	A 5.21: Typ CoCr-C	2,4	31,0			13,0	Rest			53
AX-Co6 P	14700: P Co2	A 5.21: Typ CoCr-A	1,1	28,0		1,0	4,5	Rest			41
AX-Co12 P	14700: P Co2	A 5.21: Typ CoCr-B	1,4	30,0			8,5	Rest			48
AX-Co21 P	14700: P ZCo1	A 5.21: Typ CoCr-E	0,25	28,0	5,0	2,8		Rest			32

Lieferformen:	**Verfahren**	**Korngröße** (andere Korngrößen auf Anfrage)		**Anwendungsbeispiele**
	PTA	50-150 µm	AX-Co1 P, AX-Co6 P, AX-Co12 P, AX-Co21 P	Armaturen, Ventilsitze und -kegel, Extruderschnecken, Warmarbeitswerkzeuge, Sitz- und Führungsflächen, Schneidmesser, Rührkörper, Motorsägeschienen
	PS/HVOF	20-45 µm	AX-Co1 P, AX-Co6 P, AX-Co12 P, AX-Co21 P	

	EN/EN ISO	AWS	C	Si	Cr	Mo	Fe	B	Ni	Sonstige	bei RT
Nickelbasis-Legierungen											
AX-Alloy 40 P	14700: P Ni3	A 5.21: Typ NiCr-A	0,3	3,5	8,0		3,0	1,6	Rest		40
AX-Alloy 50 P	14700: P Ni3	A 5.21: Typ NiCr-B	0,6	3,8	11,0		4,0	2,5	Rest		50
AX-Alloy 60 P	14700: P Ni1	A 5.21: Typ NiCr-C	0,8	4,3	16,0		4,5	3,5	Rest		60
AX-625 P	18274: S Ni 6625 (in Anlehnung)	A 5.14: ER NiCrMo-3 (in Anlehnung)	<0,05	<0,5	22,0	9,0	4,0		Rest	Mn <0,5, Nb 3,6	

Lieferformen:	**Verfahren**	**Korngröße** (andere Korngrößen auf Anfrage)		**Anwendungsbeispiele**
	PTA	50-150 µm	AX-Alloy 40 P, AX-Alloy 50 P, AX-Alloy 60 P, AX 625 P	Matritzen, Preßformen, Extruder- und Förderschnecken, Motorsägeschienen, Schneidmesser, Rührkörper, Warmscheren, Pflugschare, Baggerzähne, Brecher
	FSS; FSW	32-106 µm	AX-Alloy 40 P, AX-Alloy 50 P, AX-Alloy 60 P	
	PS/HVOF	20-45 µm	AX-Alloy 40 P, AX-Alloy 50 P, AX-Alloy 60 P, AX 625 P	

	EN/EN ISO	AWS	C	Si	Cr	Mo	Ni	Fe		Sonstige	Härte [HB]
AX-316 P	14343-A: P 19 12 3 L (in Anlehnung)	A 5.9: ER 316 (in Anlehnung)	0,1	0,8	17,0	2,2	13,0	Rest			150-200
AX-316 P/LC	14343-A: P 19 12 3 L (in Anlehnung)	A 5.9: ER 316L (in Anlehnung)	<0,03	0,8	17,0	2,25	12,5	Rest		Mn 0,1	150-200

Lieferformen:	**Verfahren**	**Korngröße** (andere Korngrößen auf Anfrage)		**Anwendungsbeispiele**
	PTA	50-150 µm	AX 316 P, AX-316 P/LC	Buchsen, Sitzflächen, Rotorwellen, Lauf- und Dichtflächen, Armaturen
	PS/HVOF	20-45 µm	AX 316 P, AX-316 P/LC	

PTA: Plasmapulver-Auftragschweißen
FSS: Flammspritzschweißen
FSW: Flammspritzen mit nachfolgendem Einschmelzen (Warmverfahren)
PS/HVOF: Plasma- und Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen

Das ALUNOX Programm zu Metallpulver Auftragsschweißen.

Metallpulver

Kobaltbasis-Legierungen
- AX-Co 1 P
- AX-Co 6 P
- AX-Co 12 P
- AX-Co 21 P

Nickelbasis-Legierungen
- AX-Alloy 40 P
- AX-Alloy 50 P
- AX-Alloy 60 P
- AX-625 P

Eisenbasis-Legierungen
- AX-316 P
- AX-316 P/LC

Metallpulver-Herstellung

Die zur Herstellung des Metallpulvers erforderlichen Legierungen und weitere Zuschläge werden in einem Ofen erschmolzen und miteinander vermischt. Die Verdüsung erfolgt in einem geschlossenen Behälter. Hier wird der Gießstrahl mittels eines Inertgases unter hohem Druck zerstäubt. Während der relativ langen Fall- und Erstarrungszeit bilden sich die Tropfen zu einer kugeligen Form aus. Diese Form beeinflusst sehr positiv das Fließverhalten und damit auch die Dosierbarkeit des Pulvers.

Die Abkühlphase des Pulvers erfolgt ebenfalls unter Inertgas. Dadurch wird eine Oxidation verhindert und es kann somit ein niedriger Sauerstoffgehalt des Pulvers gewährleistet werden. Vor dem Einsatz des Pulvers wird dieses noch auf die erforderliche Korngröße und -verteilung abgesiebt. Dies hängt von dem Verfahren, wie PTA (Plasma-Pulver-Auftragschweißen) oder eines der Flammspritzverfahren wie FSS, FSK oder FSWPS/HVOF ab.

Plasmapulver-Auftragschweißen (PTA)

Das PTA-Schweißen (PTA Plasma-Transferred-ARC) ist ein thermisches Beschichtungsverfahren zum Auftragen von verschleiß- und korrosionsbeständigen Schichten. Ähnlich wie beim WIG-Verfahren brennt der Hauptlichtbogen zwischen Wolframelektrode und Werkstück.
Er wird durch einen Pilotlichtbogen, der zwischen Wolframelektrode und Kupfer-Anode brennt, gezündet und stabilisiert. Haupt- und Pilot-Lichtbogen haben jeweils eine eigene Stromquelle.

Durch Ionisierung des Argon-Gases im Lichtbogen wird ein Plasmagas mit hoher Energiedichte erzeugt. Durch eine äußere Düse wird ebenfalls Argon zugeführt, welches als Schutzgas das Schmelzbad vor der Umgebungsluft und damit vor Sauerstoff schützt. Das Pulver wird durch eine Dosiereinrichtung mit Hilfe von Pulverfördergas (Argon) zugeführt. Durch das Plasmapulver-Verfahren können Auftragschweißungen mit sehr niedriger Aufmischung von 5-10% und hoher Wirtschaftlichkeit von bis zu 20 kg/h erzeugt werden. Die Vorwärm- und Zwischenlagen-temperaturen richten sich nach dem Grundwerkstoff und der Lagenzahl.

Flammspritzverfahren

Bei allen Flammspritzverfahren gleich ist, das keine eigentliche Aufschmelzung, sondern je nach Verfahren eine mehr oder weniger starke Verklammerung mit dem Grundwerkstoff erfolgt. Diese hängt von der Art des Verfahrens und von der Aufprallgeschwindigkeit von bis zu 250 m/s, HVOF bis 400 m/s ab.
Vor dem Spritzverfahren muss die Oberfläche des Werkstückes von allen Verunreinigungen wie Rost, Fett und Öl gereinigt werden. Außerdem muss die Oberfläche durch Strahlen oder Drehen aufgerauht werden, um eine bessere Verklammerung zu erreichen.

Die hauptsächlichen Flammspritz-Verfahren sind:

- Flammspritzen
- Flammspritzschweißen
- Plasma/ Hochgeschwindigkeit-Flammspritzen

Beim Flammspritzen wird das Spritzpulver mit Hilfe einer Brenngas-Sauerstoff-Flamme aufgeschmolzen und auf die Oberfläche des Werkstückes gespritzt.

Beim Verfahren ohne thermische Nachbehandlung (Kaltverfahren) wird das Gefüge des Grundwerkstoffes durch die niedrige Temperatur von <300°C nicht beeinflusst, der Verzug ist sehr gering. Beim Verfahren mit thermischer Nachbehandlung wird die aufgespritzte Schicht nachträglich bei Temperaturen von 1000-1200°C eingesintert. Dies betrifft alle selbstfließende Legierungen, die mit Bor und Slizium legiert sind wie AX-Alloy 40 P, 50 P und 60 P. Durch diesen Sintervorgang werden dichte Schichten erzeugt, die besser haften und eine glattere Oberfläche aufweisen.

Beim Flammspritzschweißen wird das Spritzpulver durch einen Brenner aufgesprüht und gleichzeitig eingeschmolzen.

Beim Plasma- und Hochgeschwindigkeitflammspritzen wird das Spritzpulver einem Plasmagasstrom zugeführt. Bedingt durch die sehr hohe Temperatur des Plasmagases von bis zu 30.000°C und die hohe Geschwindigkeit von bis zu 1000 m/s werden sehr dichte, festhaftende und hochwertige Schichten erzeugt.

		EN/EN ISO	AWS	Richtanalyse [%] C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	W	Sonstige	Härte
Pufferlage	**Stabelektrode**												
	EI 307 R	3581-A: E 18 8 Mn R 12	A 5.4: E307-16 mod.	0,15	0,8	6	19	9				Fe Rest	200 HB
	EI 307 B	3581-A: E 18 8 Mn B 22	A 5.4: E307-15 mod.	0,13	0,5	5	19	9				Fe Rest	200 HB
	EI 312	3581-A: E 29 9 R 12	A 5.4: E312-16	0,1	1	1	29	10				Fe Rest	240 HB
	Massivdraht												
	AX-307	14343-A: G 18 8 Mn	A 5.9: ER307 mod.	0,08	0,8	6,5	18	8				Fe Rest	200 HB
	AX-312	14343-A: G 29 9	A 5.9: ER312	0,12	0,4	1,8	30	9				Fe Rest	240 HB
	Fülldraht												
	AX-FD-DW307	17633-A: T 18 8 Mn R M21 3	A 5.22: E307T0-G	0,07	0,6	6,4	19,2	8,1				Fe Rest	200 HB
	AX-FD-312	17633-A: T 29 9 R M21 3	A 5.22: E312T0-4	0,1	0,8	1,3	29	8,6				Fe Rest	240 HB
Mn-Hartstahl	**Stabelektrode**												
	EH 245	14700: E Fe9	A 5.13: EFeMn-A	0,7		12		3				Fe Rest	200 HB - kaltverf. bis 450 HB
	Fülldraht												
	AX-FD-CrMn	14700: T Fe9	A 5.21: ERCFeMnCr	0,4	0,4	16	14	1,2	0,5	0,2		Fe Rest	230 HB - kaltverf. bis 48 HRC
	Anwendungsbeispiele: Gleise, Gleitbahnen, Förderrollen, Kranräder, Strahlanlagen, Pufferlagen												
Schlagfeste Auftragung	**Stabelektrode**												
	EH 330	14700: E Fe1		0,1	0,7	0,9	3					Fe Rest	300 HB
	EH 340	14700: E Fe3		0,2	0,9	0,4	2,70	0,1	0,4			Fe Rest	42 HRC
	EH 360 R	14700: E Fe8		0,4	0,5	0,3	7			0,5		Fe Rest	59 HRC
	EH 360 B	14700: E Fe8		0,4	0,5	0,3	7			0,5		Fe Rest	59 HRC
	Massivdraht												
	AX-250	14700: S Fe1		0,06	0,45	1,1	1					Ti 0,2; Fe Rest	225-275 HB
	AX-350	14700: S Fe2		0,7	0,45	2	1					Ti 0,2; Fe Rest	40 HRC
	AX-500	14700: S Fe2		1,1	0,45	1,9	1,8					Ti 0,15; Fe Rest	50-52 HRC
	AX-600	14700: S Fe8		0,5	3	0,5	9,2					Fe Rest	59 HRC
	AX-650	14700: S Fe8		0,35	1,1	0,4	5,5		1,2	0,25	1,3	Fe Rest	56 HRC
	Fülldraht												
	AX-FD-250	14700: T Fe1		0,1	0,5	2	2,5		0,3			Fe Rest	280-320 HB
	AX-FD-400	14700: T Fe1		0,2	0,6	2	3		0,3			Fe Rest	38-42 HRC
	AX-FD-600	14700: T Fe8		0,5	1	2,2	6,5		0,6	0,2		Fe Rest	52-57 HRC
	AX-FD-600-TIC/O	14700: T Fe8		1,8	1,6	1,4	7		1,4			Ti 5,0; Fe Rest	56-58 HRC
	Anwendungsbeispiele: Kranrollen, Laufräder, Seilrollen, Förderschnecken, Brecherbacken, Baggerzähne, Kaltarbeitswerkzeuge												
Abrasionsbeständige Auftragung	**Stabelektrode**												
	EH 515	14700: E Fe14		2,9		0,3	35					Fe Rest	60 HRC
	EH 526	14700: E Fe15		4			20					Nb 6,5; Fe Rest	55 HRC
	EH 528	14700: E Fe16		7			24					Nb 7,0; Fe Rest	64 HRC
	EH 531	14700: E ZFe16		4,2	1,3	0,3	31					B 1,2; Fe Rest	63 HRC
	EH 540	14700: E ZFe16		6	1		22		6	1	2	Nb 6,0; Fe Rest	65 HRC
	Fülldraht												
	AX-FD-HC	14700: T ZFe14		4,8	1,2	0,6	29					Fe Rest	55-59 HRC
	AX-FD-43	14700: T ZFe14		5,2	1,1	0,4	22					Nb 7,0; Fe Rest	61-63 HRC
	AX-FD-45	14700: T ZFe16		5,2	1	0,4	21		7	1	2	Nb 7,0; Fe Rest	63-65 HRC
	Anwendungsbeispiele: Mischerflügel, Betonpumpen, Mahlwalzen, Förderschnecken, Sinterbrecher, Verschleißplatten												
Werkzeugstahl	**Stabelektrode**												
	EI 312	3581-A: E 29 9 R 12	A 5.4: E312-16	0,1	1	1	29	10				Fe Rest	240 HB
	EH 380	14700: E Fe4	A 5.13: EFe6	1	1	1,3	5		8	2,5	1,9	Fe Rest	57-63 HRC
	Massivdraht												
	AX-312	14343-A: G 29 9	A 5.9: ER312										
	AX-450W	14700: S Fe3		0,2	0,2	0,3	2,4			0,6	4,5	Fe Rest	44 HRC
	AX-650W	14700: S Fe4		0,9	0,3	0,3	4		8,5	2	1,8	Fe Rest	58 HRC
	AX-MaCo12	14700: S ZFe5		0,01	0,4	0,1	0,2	18	4			Co 12; Fe Rest	33 HRC (u)/52 HRC (4h/480°C)
	Fülldraht												
	AX-FD-312	17633-A: T 29 9 R M21 3	A 5.22: E312T0-4	0,1	0,8	1,3	29	8,6				Fe Rest	240 HB
	AX-FD-WZ50	14700: T Fe3		0,3	0,6	0,4	3			0,6	4,5	Fe Rest	48-50 HRC
	Anwendungsbeispiele: Warm- und Kaltarbeitswerkzeuge, Druckgussformen, Matritzen, Stempel, Holzbearbeitungswerkzeuge												

		EN/ISO	AWS	Richtanalyse (%) C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	W	Sonstige	Härte
Spezialauftragswerkstoffe	**Messerstahl**												
	AX-MaCr1	14343-A: G Z17MoH	A 5.9: ER430 mod.	0,4	0,5	0,5	17,5	0,5	1				50 HRC
	AX-MaCr2	14343-A: G Z17Mo	A 5.9: ER430 mod.	0,2	0,4	0,3	17,5	0,5	1,1				40 HRC
	Fülldraht												
	AX-FD MaCr1	14700: T Z Fe8		0,4			17	0,4	1			V+; Fe Rest	48-50 HRC
	AX-FD MaCr2	14700: T Fe7		0,2			17	0,4	1			Fe Rest	42-44 HRC
	Anwendungsbeispiele: Wasserturbinen, Verdichter, Walzen, Gas-, Wasser- und Dampfarmaturen												
Kobaltbasis-Legierungen	**Stabelektrode**												
	AX-6S1	14700: E Co 3	A 5.13: ECoCr-C	2,2	1,2	1	30					12,5 Fe 3,0; Co Rest	55 HRC
	AX-6S6	14700: E Co2	A 5.13: ECoCr-A	1	0,9	1	29					4,5 Fe 3,0; Co Rest	42 HRC
	AX-6S12	14700: E Co 3	A 5.13: ECoCr-B	1,4	1	1	28					8,5 Fe 3,0; Co Rest	48 HRC
	AX-6S21	14700: E Co1	A 5.13: ECoCr-E	0,3	1	1	28	3	5,5			Fe 3,0; Co Rest	30 HRC - kaltverf. bis 45 HRC
	Stranggußstäbe												
	AX-Co1	14700: R Z Co3	A 5.21: ERCoCr-C mod.	2,5	2	1	30					15 Fe 3,0; Co Rest	52-58 HRC
	AX-Co6	14700: R Co2	A 5.21: ERCoCr-A	1,2	2	1	30					5 Fe 3,0; Co Rest	40-42 HRC
	AX-Co12	14700: R Co3	A 5.21: ERCoCr-B	1,4	2	1	28					9,2 Fe 3,0; Co Rest	47-51 HRC
	AX-Co21	14700: R Co1	A 5.21: ERCoCr-E	0,35	1,5	1,2	28	3	6			Fe 3,0; Co Rest	32 HRC - kaltverf. bis 45 HRC
	Fülldraht												
	AX-FD Co1	14700: T Co3	A 5.21: ERCoCr-C	2,9	1	1	29					12 Fe 4,0; Co Rest	53 HRC
	AX-FD Co6	14700: T Co2	A 5.21: ERCoCr-A	1,05	1	1	29					4,5 Fe 4,0; Co Rest	42 HRC
	AX-FD Co12	14700: T Co2	A 5.21: ERCoCr-B	1,8	1	1,5	29					8 Fe 3,0; Co Rest	48 HRC
	AX-FD Co21	14700: T Co1	A 5.21: ERCoCr-E	0,35	1	1	28,5	3	5,5			Fe 4,0; Co Rest	33 HRC - kaltverf. bis 47 HRC
	Anwendungsbeispiele: Armaturen, Ventilsitze und -kegel in Verbrennungsmotoren, hochbeanspruchte Warmbearbeitungswerkzeuge												

		Normung EN	AWS	Richtanalyse des Pulvers (%) C	Cr	Mo	Ni	W	Co			Härte [HRC]
Kobaltbasis-Legierungen	AX-Co1 P	14700: P Co3	A 5.21: Typ CoCr-C	2,4	31,0			13,0	Rest			53
	AX-Co6 P	14700: P Co2	A 5.21: Typ CoCr-A	1,1	28,0		1,0	4,5	Rest			41
	AX-Co12 P	14700: P Co2	A 5.21: Typ CoCr-B	1,4	30,0			8,5	Rest			48
	AX-Co21 P	14700: P Z Co1	A 5.21: Typ CoCr-E	0,25	28,0	5,0	2,8		Rest			32
	Lieferformen:	**Verfahren**	**Korngröße (andere Korngrößen auf Anfrage)**					**Anwendungsbeispiele**				
		PTA	50-150 µm	AX-Co1 P, AX-Co6 P, AX-Co12 P, AX-Co21 P				Armaturen, Ventilsitze und -kegel, Extrudierschnecken, Warmarbeitswerkzeuge, Sitz- und Führungsflächen, Schneidmesser, Rührkörper, Mischaggregaten				
		PS/HVOF	20-45 µm	AX-Co1 P, AX-Co6 P, AX-Co12 P, AX-Co21 P								

		EN/ISO	AWS	C	Si	Cr	Mo	Fe	B	Ni	Sonstige	bei RT
Nickelbasis-Legierungen	AX-Alloy 40 P	14700: P Ni3	A 5.21: Typ NiCr-A	0,3	3,5	8,0		3,0	1,6	Rest		40
	AX-Alloy 50 P	14700: P Ni3	A 5.21: Typ NiCr-B	0,6	3,8	11,0		4,0	2,5	Rest		50
	AX-Alloy 60 P	14700: P Ni1	A 5.21: Typ NiCr-C	0,8	4,3	16,0		4,5	3,5	Rest		60
	AX-625 P	18274: S Ni 6625 (in Anlehnung)	A 5.14: ER NiCrMo-3 (in Anlehnung)	<0,05	<0,5	22,0	9,0	4,0		Rest	Mn <0,5, Nb 3,6	
	Lieferformen:	**Verfahren**	**Korngröße (andere Korngrößen auf Anfrage)**					**Anwendungsbeispiele**				
		PTA	50-150 µm	AX-Alloy 40 P, AX-Alloy 50 P, AX-Alloy 60 P, AX 625 P				Meißtzen, Prellformen, Extruder- und Fräsenschnecken, Motorventilsuchsen, Schneidmesser, Rührkörper, Wärmetauscher, Pflugschaare, Baggerzähne, Brecher				
		PSB, PSW	32-106 µm	AX-Alloy 40 P, AX-Alloy 50 P, AX-Alloy 60 P								
		PS/HVOF	20-45 µm	AX-Alloy 40 P, AX-Alloy 50 P, AX-Alloy 60 P, AX 625 P								

		EN/ISO	AWS	C	Si	Cr	Mo	Ni	Fe	Sonstige	Härte [HB]
	AX-316 P	14343-A: P 19 12 3 L (in Anlehnung)	A 5.9: ER 316 (in Anlehnung)	0,1	0,8	17,0	2,2	13,0	Rest		150-200
	AX-316 P/LC	14343-A: P 19 12 3 L (in Anlehnung)	A 5.9: ER 316 L (in Anlehnung)	<0,03	0,8	17,0	2,25	12,5	Rest	Mn 0,1	150-200
	Lieferformen:	**Verfahren**	**Korngröße (andere Korngrößen auf Anfrage)**					**Anwendungsbeispiele**			
		PTA	50-150 µm	AX 316 P, AX-316 P/LC				Buchsen, Sitzflächen, Rotorwellen, Laufflächen, Armaturen			
		PS/HVOF	20-45 µm	AX 316 P, AX-316 P/LC							

PTA: Plasmapulver-Aufragschweißen
PSB: Plasmapulzschweißen
PSW: Plasmapulzen mit nachfolgendem Breschmelzen (Warmverfahren)
PS/HVOF: Plasma- und Hochgeschwindigkeits-Plasmaspritzen

ALUNOX ist die
sichere Entscheidung für Sie.

ALUNOX
Schweißtechnik GmbH

Gießerallee 37a
D-47877 Willich

Tel +49 (2154) 94 53-0
Fax +49 (2154) 9453-30
www.alunox.eu

ALUNOX
welding alloys group

ALUNOX ist Ihr Programm:
Hartauftrag/Verschleiß und Reparaturen.

ALUNOX
welding alloys group

Das ALUNOX Programm zu Schweißzusätze Hartauftragung.

Schweißzusätze

Stabelektroden Fe-Basis
- El 307 R | 1.4370
- El 307 B | 1.4370
- El 312 | 1.4337
- EH 245
- EH 330
- EH 340
- EH 360 R
- EH 360 B
- EH 380
- EH 515
- EH 526
- EH 528
- EH 531
- EH 540

Massivdrähte/ WIG-Stäbe Fe-Basis
- AX-307 | 1.4370
- AX-312 | 1.4337
- AX-250 | 1.8401
- AX-350 | 1.8405
- AX-450W | 1.2567
- AX-500 | 1.8425
- AX-600 | 1.4718
- AX-650W | 1.3348
- AX-650 | 1.2606

Fülldrähte Fe-Basis
- AX-FD-DW307 | 1.4370
- AX-FD-312 | 1.4337
- AX-FD-CrMn
- AX-FD-250
- AX-FD-400
- AX-FD-600
- AX-FD-600TiC/O
- AX-FD-HC
- AX-FD-43 | UP&OA
- AX-FD-45 | UP&OA
- AX-FD-WZ50

Speziallegierungen
- AX-MaCr1 | 1.4122
- AX-MaCr2 | 1.4115
- AX-MaCo12 | 1.6356
- AX-FD MaCr1 | 1.4122
- AX-FD MaCr2 | 1.4115

Kobalt-Basis-Legierungen
- AX-EB1 | Stellite*1
- AX-EB6 | Stellite*6
- AX-EB12 | Stellite*12
- AX-EB21 | Stellite*21
- AX-Co1 | Stellite*1
- AX-Co6 | Stellite*6
- AX-Co12 | Stellite*12
- AX-Co21 | Stellite*21
- AX-FD-Co1 | Stellite*1
- AX-FD-Co6 | Stellite*6
- AX-FD-Co12 | Stellite*12
- AX-FD-Co21 | Stellite*21

Elektrode

Stab

Spule

Fass

Verschleißmechanismen und Hartauftragung
Durch Verschleiß entsteht jährlich ein Verlust von mehreren Milliarden Euro weltweit. Unter dem Begriff Verschleiß versteht man sowohl den Materialverlust selbst als auch den Vorgang, der zu dem Materialverlust führt. Der Materialverlust aus der Oberfläche eines Werkstückes wird durch mechanische Ursachen infolge einer tribologischen Beanspruchung verursacht.

Eine tribologische Beanspruchung wird durch Kontakt und Relativbewegung eines festen, flüssigen oder gasförmigen Gegenkörpers hervorgerufen und führt dadurch zu Reibung und Verschleiß.

Die verschiedenen Verschleißmechanismen führen zu charakteristischen Erscheinungsformen entsprechend der unterstehenden Tabelle.

Um eine möglichst hohe Standzeit zu erreichen ist es notwendig, das vorliegende tribologische System genau zu erkennen und danach den Schweißzusatz auszuwählen.
Ein Schweißzusatz, der bei einer gleitenden Beanspruchung eine gute Standzeit erreicht, kann bei einer prallenden oder stoßenden Beanspruchung völlig versagen.
Oftmals sind auch mehrere Mechanismen für den Verschleiß verantwortlich.

Durch Schweißen einer Hartauftragung wird eine verschleißfeste Auftragsschicht erzeugt, die dem Angriff besonders gut widersteht.

Entscheidend für eine erfolgreiche Hartauftragung ist die Kenntnis der Verschleißart und die richtige Auswahl und die korrekte Durchführung der Hartauftragsschweißung.

Durchführung der Auftragsschweißung
Wenn die Oberfläche des Werkstückes sehr stark abgetragen ist, ist es oftmals sinnvoll, sogenannte Ergänzungslagen mit einem artgleichen oder niedrig legierten (weicheren) Schweißzusatz aufzufüllen, um die ursprüngliche Form vor der eigentlichen Hartauftragung wieder herzustellen.

Pufferlagen zwischen Werkstück und Auftragung sind immer dann sinnvoll, wenn der Grundwerkstoff rissanfällig ist, z.B. bei hochgekohlten oder legierten rissempfindlichen Stählen. Für die Pufferlage wird in der Regel ein Schweißzusatz vom Typ 1.4370, wie AX-307, El 307 R, El 307 B oder AX-FD-DW307 verwendet.

Vor der Hartauftragung wie auch vor dem Schweißen der Ergänzungs- und/ oder der Pufferlage ist das Werkstück auf der Auftragsfläche von allen Verunreinigungen wie Fett, Öl, Farbe, Zunder und sonstigen Rückständen zu befreien.

Ebenfalls sind stark verformte oder sonstige in Mitleidenschaft gezogene Bereiche durch Schleifen oder Fräsen zu entfernen. Mit einer Elektrode wie AX-EFug ausgefugte Bereiche sind ebenfalls zu überschleifen. Die aufzutragende Oberfläche muss sauber, trocken und metallisch blank sein.

Risse oder sonstige Fehlstellen müssen ebenfalls komplett entfernt werden.

Die Vorwärmung- und Zwischenlagentemperatur hängt sowohl vom Grundwerkstoff als auch von der Auftragslegierung ab. Die Angaben der Grundwerkstoff-Hersteller sind ebenfalls zu beachten. Bei Fragen steht Ihnen das Team der ALUNOX mit Rat und Tat zur Seite.

Verschleiß-mechanismus	Erscheinungsform	Auswirkung und Folgen
Adhäsion	Fresser, Löcher, Kuppen, Schuppen	Materialabtrag durch Bildung und Abtrennung von Oberflächenanhaftungen
Abrasion	Kratzer, Riefen, Furchen, Mulden, Wellen	Materialabtrag durch mikrospanende oder ritzende Beanspruchung
Oberflächenzerrüttung	Risse, Grübchen, Schuppen	Materialabtrag durch Materialermüdung in der Oberfläche
Tribochemische Reaktion	Reaktionsprodukte wie Oxidschichten und Partikel	Materialabtrag durch chemische Reaktionen an der Kontaktfläche

Das ALUNOX Programm zu Metallpulver Auftragsschweißen.

Metallpulver

Kobaltbasis-Legierungen
- AX-Co 1 P
- AX-Co 6 P
- AX-Co 12 P
- AX-Co 21 P

Nickelbasis-Legierungen
- AX-Alloy 40 P
- AX-Alloy 50 P
- AX-Alloy 60 P
- AX-625 P

Eisenbasis-Legierungen
- AX-316 P
- AX-316 P/LC

Metallpulver-Herstellung
Die zur Herstellung des Metallpulvers erforderlichen Legierungen und weitere Zuschläge werden in einem Ofen erschmolzen und miteinander vermischt. Die Verdüsung erfolgt in einem geschlossenen Behälter. Hier wird der Gießstrahl mittels eines Inertgases unter hohem Druck zerstäubt. Während der relativ langen Fall- und Erstarrungszeit bilden sich die Tropfen zu einer kugeligen Form aus. Diese Form beeinflusst sehr positiv das Fließverhalten und damit auch die Dosierbarkeit des Pulvers.

Die Abkühlphase des Pulvers erfolgt ebenfalls unter Inertgas. Dadurch wird eine Oxidation verhindert und es kann somit ein niedriger Sauerstoffgehalt des Pulvers gewährleistet werden. Vor dem Einsatz des Pulvers wird dieses noch auf die erforderliche Korngröße und -verteilung abgesiebt. Dies hängt von dem Verfahren, wie PTA (Plasma-Pulver-Auftrag-schweißen) oder eines der Flammspritzverfahren wie FSS, FSK oder FSWPS/HVOF ab.

Plasmapulver-Auftrag-schweißen (PTA)
Das PTA-Schweißen (PTA Plasma-Transferred-ARC) ist ein thermisches Beschichtungsverfahren zum Auftragen von verschleiß- und korrosionsbeständigen Schichten. Ähnlich wie beim WIG-Verfahren brennt der Hauptlichtbogen zwischen Wolframelektrode und Werkstück.
Er wird durch einen Pilotlichtbogen, der zwischen Wolframelektrode und Kupfer-Anode brennt, gezündet und stabilisiert. Haupt- und Pilot-Lichtbogen haben jeweils eine eigene Stromquelle.

Durch Ionisierung des Argon-Gases im Lichtbogen wird ein Plasmagas mit hoher Energiedichte erzeugt. Durch eine äußere Düse wird ebenfalls Argon zugeführt, welches als Schutzgas das Schmelzbad vor der Umgebungsluft und damit vor Sauerstoff schützt. Das Pulver wird durch eine Dosiereinrichtung mit Hilfe von Pulverfördergas (Argon) zugeführt. Durch das Plasmapulver-Verfahren können Auftragschweißungen mit sehr niedriger Aufmischung von 5-10% und hoher Wirtschaftlichkeit von bis zu 20 kg/h erzeugt werden. Die Vorwärm- und Zwischenlagen-temperaturen richten sich nach dem Grundwerkstoff und der Lagenzahl.

Flammspritzverfahren
Bei allen Flammspritz-verfahren gleich ist, das keine eigentliche Aufschmelzung, sondern je nach Verfahren eine mehr oder weniger starke Verklammerung mit dem Grundwerkstoff erfolgt. Diese hängt von der Art des Verfahrens und von der Aufprallgeschwindigkeit von bis zu 250 m/s, HVOF bis 400 m/s ab. Vor dem Spritzverfahren muss die Oberfläche des Werkstückes von allen Verunreinigungen wie Rost, Fett und Öl gereinigt werden. Außerdem muss die Oberfläche durch Strahlen oder Drehen aufgeraut werden, um eine bessere Verklammerung zu erreichen.

Die hauptsächlichen Flammspritz-Verfahren sind:

- Flammspritzen
- Flammspritzschweißen
- Plasma/ Hochgeschwindigkeit-Flammspritzen

Beim Flammspritzen wird das Spritzpulver mit Hilfe einer Brenngas-Sauerstoff-Flamme aufgeschmolzen und auf die Oberfläche des Werkstückes gespritzt.

Beim Verfahren ohne thermische Nachbe-handlung (Kaltverfahren) wird das Gefüge des Grundwerkstoffes durch die niedrige Temperatur von <300°C nicht beeinflusst, der Verzug ist sehr gering. Beim Verfahren mit thermi-scher Nachbehandlung wird die aufgespritzte Schicht nachträglich bei Temperaturen von 1000-1200°C eingesintert. Dies betrifft alle selbst-fließende Legierungen, die mit Bor und Silizium legiert sind wie AX-Alloy 40 P, 50 P und 60 P. Durch diesen Sintervorgang werden dichte Schichten erzeugt, die besser haften und eine glattere Oberfläche aufweisen.

Beim Flammspritz-schweißen wird das Spritzpulver durch einen Brenner aufgesprüht und gleichzeitig eingeschmolzen.

Beim Plasma- und Hochgeschwindigkeit-flammspritzen wird das Spritzpulver einem Plasmagasstrom zugeführt. Bedingt durch die sehr hohe Temperatur des Plasmagases von bis zu 30.000°C und die hohe Geschwindigkeit von bis zu 1000 m/s werden sehr dichte, festhaftende und hochwertige Schichten erzeugt.

		EN/EN ISO	AWS	Richtanalyse (%) C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	W	Sonstige	Härte
Pufferlage	**Stabelektrode**												
	B 307 R	3581-A: E18 8MnR12	A5.4: E307-16 mod.	0,15	0,8	6	19	9				Fe Rest	200 HB
	B 307 B	3581-A: E18 8MnB22	A5.4: E307-15 mod.	0,13	0,5	5	19	9				Fe Rest	200 HB
	B 312	3581-A: E29 9 R12	A5.4: E312-16	0,1	1	1	29	10				Fe Rest	240 HB
	Massivdraht												
	AX-307	14343-A: G 18 8Mn	A5.9: ER307 mod.	0,08	0,8	6,5	18	8				Fe Rest	200 HB
	AX-312	14343-A: G 29 9	A5.9: ER312	0,12	0,4	1,8	30	9				Fe Rest	240 HB
	Fülldraht												
	AX-FD-DW307	17633-A: T18 8MnRM21 3	A5.22: E307T0-G	0,07	0,6	6,4	19,2	8,1				Fe Rest	200 HB
	AX-FD-312	17633-A: T29 9RM21 3	A5.22: E312T0-4	0,1	0,8	1,3	29	8,6				Fe Rest	240 HB
Mn-Hartstahl	**Stabelektrode**												
	BH245	14700: E Fe9	A5.13: EFeMn-A	0,7		12		3				Fe Rest	200 HB - kaltvert. bis 450 HB
	Fülldraht												
	AX-FD-CrMn	14700: T Fe9	A5.21: ERCFeMnCr	0,4	0,4	16	14	1,2	0,5	0,2		Fe Rest	230 HB - kaltvert. bis 48 HRC
	Anwendungsbeispiele: Gleise, Glattbahnen, Förderrollen, Kennräder, Strahlanlagen, Pufferlagen												
Schlagfeste Auftragung	**Stabelektrode**												
	BH330	14700: E Fe1		0,1	0,7	0,9	3					Fe Rest	300 HB
	BH340	14700: E Fe3		0,2	0,9	0,4	2,70	0,1	0,4			Fe Rest	42 HRC
	BH360 R	14700: E Fe8		0,4	0,5	0,3	7			0,5		Fe Rest	59 HRC
	BH360 B	14700: E Fe8		0,4	0,5	0,3	7			0,5		Fe Rest	59 HRC
	Massivdraht												
	AX-250	14700: S Fe1		0,08	0,45	1,1	1					Ti0,2; Fe Rest	225-275 HB
	AX-350	14700: S Fe2		0,7	0,45	2	1					Ti0,2; Fe Rest	40 HRC
	AX-500	14700: S Fe2		1,1	0,45	1,9	1,8					Ti0,15; Fe Rest	50-52 HRC
	AX-600	14700: S Fe8		0,5	3	0,5	9,2					Fe Rest	59 HRC
	AX-650	14700: S Fe8		0,35	1,1	0,4	5,5		1,2	0,25	1,3	Fe Rest	56 HRC
	Fülldraht												
	AX-FD-250	14700: T Fe1		0,1	0,5	2	2,5		0,3			Fe Rest	280-320 HB
	AX-FD-400	14700: T Fe1		0,2	0,8	2	3		0,3			Fe Rest	38-42 HRC
	AX-FD-600	14700: T Fe8		0,5	1	2,2	6,5		0,6	0,2		Fe Rest	52-57 HRC
	AX-FD-600-TiC/O	14700: T Fe8		1,8	1,6	1,4	7		1,4			Ti5,0; Fe Rest	56-58 HRC
	Anwendungsbeispiele: Kranrollen, Laufräder, Seilrollen, Förderschnecken, Brecherbacken, Baggerzähne, Kaltarbeitswerkzeuge												
Abrasionsbeständige Auftragung	**Stabelektrode**												
	BH515	14700: E Fe14		2,9		0,3	35					Fe Rest	60 HRC
	BH526	14700: E Fe15		4			20					Nb6,5; Fe Rest	55 HRC
	BH528	14700: E Fe16		7			24					Nb7,0; Fe Rest	64 HRC
	BH531	14700: E ZFe16		4,2	1,3	0,3	31					B1,2; Fe Rest	63 HRC
	BH540	14700: E ZFe16		6	1		22		6	1	2	Nb6,0; Fe Rest	65 HRC
	Fülldraht												
	AX-FD-HC	14700: T ZFe14		4,8	1,2	0,6	29					Fe Rest	55-59 HRC
	AX-FD-43	14700: T ZFe14		5,2	1,1	0,4	22					Nb7,0; Fe Rest	61-63 HRC
	AX-FD-45	14700: T ZFe16		5,2	1	0,4	21		7	1	2	Nb7,0; Fe Rest	63-65 HRC
	Anwendungsbeispiele: Mischerflügel, Betonpumpen, Mahlwalzen, Förderschnecken, Sinterbrecher, Verschleißplatten												
Werkzeugstahl	**Stabelektrode**												
	B 312	3581-A: E29 9 R12	A5.4: E312-16	0,1	1	1	29	10				Fe Rest	240 HB
	BH380	14700: E Fe4	A5.13: EFe6	1	1	1,3	5		8	2,5	1,9	Fe Rest	57-63 HRC
	Massivdraht												
	AX-312	14343-A: G 29 9	A5.9: ER312										
	AX-450W	14700: S Fe3		0,2	0,2	0,3	2,4			0,6	4,5	Fe Rest	44 HRC
	AX-650W	14700: S Fe4		0,9	0,3	0,3	4		8,5	2	1,8	Fe Rest	58 HRC
	AX-MaCo12	14700: S ZFe5		0,01	0,4	0,1	0,2	18	4			Co12; Fe Rest	33 HRC (≥52 HRC (4h/480°C)
	Fülldraht												
	AX-FD-312	17633-A: T29 9RM21 3	A5.22: E312T0-4	0,1	0,8	1,3	29	8,6				Fe Rest	240 HB
	AX-FD-WZ50	14700: T Fe8		0,3	0,6	0,4	3			0,6	4,5	Fe Rest	48-50 HRC
	Anwendungsbeispiele: Warm- und Kaltarbeitswerkzeuge, Druckgussformen, Matrizen, Stempel, Holzbearbeitungswerkzeuge												