

## Schweisszusätze für Nickel, Nickel-Legierungen und Mischverbindungen mit Stählen

Nickel und Nickel-Legierungen haben sich durch ihre ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit gegen eine Vielzahl von Medien und durch ihre Hochtemperaturbeständigkeit ein grosses Anwendungsgebiet erobert.

### Einige wichtige physikalische Eigenschaften

1. Keine Phasenänderung von 0°K bis zum Schmelzpunkt
2. KFZ-Raumgitter; dadurch gut umformbar und tief-temperaturzäh
3. Kein Sprödbereich
4. Bei Raumtemperatur ferromagnetisch
5. Gute Lösungsfähigkeit für zahlreiche Legierungselemente
6. Empfindlich gegenüber Heissrissen (S, P, Pb, B, Zr)

### Rein-Nickel

Zeichnet sich aus durch eine niedrige Festigkeit und hohe Zähigkeit. Starke Beeinflussung der Eigenschaften durch Kohlenstoff und Schwefel beachten; d.h. Aufkohlung beim Schweißen möglichst vermeiden. Schwefel bildet mit Nickel ein niedrig schmelzendes Ni-Sulfid (Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>), das die Heissrissbildung fördert. Beim Schweißen ist auf extreme Sauberkeit zu achten. Gase, wie N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> und Co in Gehalten über 5% führen zu Porenbildung beim Schweißen.

Schweisszusätze enthalten hierzu Gas abbindende Elemente; deshalb sollte das Schweißen ohne Schweisszusatz möglichst vermieden werden.

### Nickel-Legierungen

Nickel kann je nach gewünschtem Eigenschaftsprofil mit vielen Elementen legiert werden. Die wichtigsten Legierungselemente sind Cr, Mo, Co, Fe, W, Nb, Ti. Je nach Legierungstyp zeichnen sich die Nickellegierungen aus durch hohe Beständigkeit gegenüber allgemeiner Korrosion, interkristalliner Korrosion, Lochkorrosion bzw. Spaltkorrosion sowie Spannungsrisskorrosion.

### Nickel-Kupfer-Legierungen

Ni und Cu sind im flüssigen und festen Zustand völlig miteinander mischbar. Technisch bedeutsame Legierungen sind z.B. LC-NiCu30Fe und NiCu30Al mit ausgezeichneter Beständigkeit gegen Korrosion und Erosion in diversen Wässern.

### Nickel-Chrom-(Eisen)-Legierungen

Sie zeichnen sich aus durch eine hohe Korrosionsbeständigkeit, gute Zunderbeständigkeit und hohen elektrischen Widerstand. Bedeutsame Legierungen sind z.B. LC-NiCr15Fe (alloy 600L) mit C < 0,025% für korrosionsbeanspruchte Anwendungen und NiCr15Fe (alloy 600) für temperaturbeanspruchte Anwendungen. Werden den Legierungen Al, Ti und Nb zulegiert, kann durch Warmaushärtung die Zeitstandfestigkeit gesteigert werden. Co, Mo, W und V dienen zur Steigerung der Warmfestigkeit. Ausgehärtete Legierungen sind schwierig schweisbar; sie sollten deshalb möglichst im lösungsgeglühten Zustand geschweisst werden.

### Nickel-Molybdän-(Chrom)-Legierungen

Nickel-Molybdän-Legierungen besitzen höchste Beständigkeit gegenüber einer Vielzahl von reduzierenden Medien einschliesslich Schwefelsäure, Phosphorsäure sowie Salzsäure. Wichtigste Legierungen sind NiMo28 (alloy B-2), NiMo29Cr (alloy B-4) und NiMo30Cr (alloy B-3). Beim Schweißen zeichnen sich diese Legierungen auf Grund des niedrigen Si-Gehaltes durch schlechtes Anfließen aus. Werden diese Legierungen mit höheren Cr-Gehalten legiert, erhöht sich die Beständigkeit gegenüber oxidierenden Medien. Wichtigste Vertreter sind heute NiCr22Mo9Nb (alloy 625), NiCr21Mo14W (alloy C-22) und NiCr23Mo16Al (alloy 59). Beim alloy 625 ist zu beachten, dass diese Legierung im Temperaturbereich von 600-800°C zur Versprödung neigt. Beim Schweißen sowie im Betrieb sollte der Werkstoff in diesem Temperaturbereich möglichst nicht längere Zeit verweilen.

### Nickel-Eisen-Legierungen

Eigentlich handelt es sich dabei um Eisenlegierungen mit hohem Ni-Gehalt. Bedeutsam sind diese auf Grund ihrer physikalischen Eigenschaften. Wichtigster Legierungstyp ist hier eine Legierung aus Fe mit 36% Ni (Invar 36).

### Schweisszusätze und Schweisstechnologie

Alle Schweißverfahren für nichtrostende Stähle können auch für Nickel-Legierungen eingesetzt werden. Schweisszusätze enthalten ausreichende Mengen an Ti, Al und Nb um Stickstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff aus dem Schutzgas bzw. der Umgebungsatmosphäre abzubinden. Schweisszusatz-Auswahl: siehe Rückseite

### Schweisstechnische Besonderheiten

1. Schweißnahtbereich muss metallisch absolut blank sein.
2. Teile mit mehr als 10-15% Kaltverformung vor dem Schweißen weichglühen.
3. Zähfliessendes Schweissbad; deshalb Nahtöffnungswinkel erhöhen (70-80°) und beim Schweißen mit dem Schweisszusatz leicht pendeln.
4. Zum Schleifen, Drehen, Fräsen immer schwefelfreie Werkzeuge und Kühlmittel verwenden.
5. Mit begrenzter Streckenenergie schweißen.
6. Zwischenlagentemperatur max. 120°C (alloy C-Typen: max. 80°C)
7. Schweißen ohne Schweisszusatz möglichst vermeiden.
8. Endkrater ausreichend füllen um Endkraterisse zu vermeiden.
9. Jede Schweissraupe vor dem Überschweißen gründlich bürsten.
10. Zum WIG-Schweißen Ar bzw. ArHe-Schutzgasgemische vorziehen.
11. Zum MIG-Schweißen Ar bzw. ArHeH<sub>2</sub>-Schutzgase vorziehen.
12. Als Wurzelschutz Argon bzw. Ar mit max. 5% H<sub>2</sub> vorziehen.

Zuordnung der Schweisszusätze zu den verschiedenen hoch nickelhaltigen Legierungen					
alloy	ASTM/UNS	W.-Nr.	Kurzname	Artgleicher SZW	Überlegierter SZW
<b>Nickel-Legierungen</b>				<b>UTP</b>	<b>UTP</b>
200	N 02200	2.4466	Ni99,2	80 Ni / A 80 Ni	
201	N 02201	2.4068	LC-Ni99	80 Ni / A 80 Ni	
205	N 02205	2.4061	LC-Ni99,6	80 Ni / A 80 Ni	
<b>Nickel-Kupfer-Legierungen</b>				<b>UTP</b>	<b>UTP</b>
400	N 04400	2.4360	NiCu30Fe	80 M / A 80 M	
K-500	N 05500	2.4375	NiCu30Al	80 M / A 80 M	
<b>Nickel-Molybdän-Legierungen</b>				<b>UTP</b>	<b>UTP</b>
B-2	N 10665	2.4617	NiMo28	703 Kb / A 703	6202 Mo / A 6202 Mo
B-3	N 10675	2.4600	NiMo29Cr	6202 Mo / A 6202 Mo	
B-4	N 10629	2.4600	NiMo29Cr	6202 Mo / A 6202 Mo	
B-10	N 10624	2.4604	NiMo24Cr	6208 Mo / A 6208 Mo	
<b>Nickel-Chrom-Molybdän-Legierungen</b>				<b>UTP</b>	<b>UTP</b>
G-3	N 06985	2.4619	NiCr22Mo7Cu	6222 Mo / A 6222 Mo	
625	N 06625	2.4856	NiCr22Mo9Nb	6222 Mo / A 6222 Mo	
C-4	N 06455	2.4610	NiMo16Cr16Ti	704 Kb / A 704	759 Kb / A 759
C-276	N 10276	2.4819	NiMo16Cr15W	776 Kb / A 776	759 Kb / A 759
C-22	N 06022	2.4602	NiCr21Mo14W	722 Kb / A 722	759 Kb / A 759
686	N 06686	2.4606	-	759 Kb / A 759	
2000	N 06200	2.4675	NiCr23Mo16Cu	759 Kb / A 759	
59	N 06059	2.4605	NiCr23Mo16Al	759 Kb / A 759	
<b>Nickel-Chrom-Cobalt-Molybdän-Legierungen</b>				<b>UTP</b>	<b>UTP</b>
617	N 06617	2.4663	NiCr23Co12Mo	6170 Co / A 6170 Co	
<b>Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen</b>				<b>UTP</b>	<b>UTP</b>
600	N 06600	2.4816	NiCr15Fe	7015 Mo / A 068 HH	068 HH / A 068 HH
600 L	N 06600	2.4817	LC-NiCr15Fe	068 HH / A 068 HH	
75	-	2.4951	NiCr20Ti	068 HH / A 068 HH	
80 A	-	2.4952	NiCr20TiAl	068 HH / A 068 HH	
825	N 08825	2.4858	NiCr21Mo	4225 / A 4225	6222 Mo / A 6222 Mo
20	N 08020	2.4660	NiCr20CuMo	4225 / A 4225	6220 Mo / A 6220 Mo
601	N 06601	2.4851	NiCr23Fe	6225 Al / A 6225 Al	6170 Co / A 6170 Co
601 H	N 06601	2.4851	NiCr23Fe	6225 Al / A 6225 Al	6170 Co / A 6170 Co
602 CA	-	2.4633	NiCr25FeAlY	6225 Al / A 6225 Al	
602 GT	-	2.4647	NiCr25FeAl3YC	6226 Al / A 6226 Al	
690	N 06690	2.4642	NiCr29Fe	6230 Mn / A 6230 Mn	
718	N 07718	2.4668	NiCr18NbMo	5521 Nb / A 5521 Nb	
45 TM	-	2.4889	NiCr28FeSiCe	3127 LC / A 3127 LC	
<b>Eisen-Nickel-Chrom-Legierungen</b>				<b>UTP</b>	<b>UTP</b>
800	N 08800	1.4876	X10NiCrAlTi32-21	2133 Mn / A 2133 Mn	068 HH / A 068 HH
800 L	N 08800	1.4558	X2NiCrAlTi32-0	2133 Mn / A 2133 Mn	068 HH / A 068 HH
800 H	N 08810	1.4958	X5NiCrAlTi31-20	2133 Mn / A 2133 Mn	068 HH / A 068 HH
800 HP	N 08811	1.4959	X8NiCrAlTi32-21	2133 Mn / A 2133 Mn	068 HH / A 068 HH
AC 66	-	1.4877	X6NiCrNbCe32-27	068 HH / A 068 HH	6222 Mo / A 6222 Mo
DS	-	1.4862	X8NiCrSi38-18	19 37 Mn / A 068 HH	068 HH / A 068 HH
<b>Eisen-Nickel-Chrom-Molybdän-Legierungen</b>				<b>UTP</b>	<b>UTP</b>
33	R 20033	1.4591	X1CrNiMoCuN33-32-1	A 3133 LC	
28	N 08028	1.4563	X1NiCrMoCu31-27-4	3127 LC / A 3127 LC	759 Kb / A 759
31	N 08031	1.4562	X1NiCrMoCu32-28-7	759 Kb / A 759	
<b>Eisen-Chrom-Nickel-Legierungen</b>				<b>UTP</b>	<b>UTP</b>
-	N 08926	1.4529	X1NiCrMoCuN25-20-7	4225 / A 4225	6222 Mo / A 6222 Mo
904 L	N 08904	1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	Böhler CN 20/25 M-IG	6222 Mo / A 6222 Mo
(254 SMO)	-	1.4547	X1CrNiMoCuN20-18-7	6222 Mo / A 6222 Mo	759 Kb / A 759 Kb
24	-	1.4565	X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4	759 Kb / A 759 Kb	
-	-	1.4566	X3CrNiMnMoCuNbN23-17-5-3	759 Kb / A 759 Kb	

Mischverbindungen Ni-Legierungen		mit un-/niedriglegiertem Stahl		mit hochlegiertem Stahl	
		Elektrode UTP	Draht / Stab UTP	Elektrode UTP	Draht / Stab UTP
Rein-Ni	alloy 205 / LC-Ni99,6 alloy 200 / LC-Ni99,2	80 Ni od. 068 HH	A 80 Ni od. A 068 HH	80 Ni od. 068 HH	A 80 Ni od. A 068 HH
NiCu-Leg.	alloy 400 / NiCu30Fe alloy K-500 / NiCu30Al	80 M od. 80 Ni	A 80 M od. A 80 Ni	068 HH od. 80 Ni	A 068 HH od. A 80 Ni
NiMo-Leg.	alloy B-2 / NiMo 28 alloy B-4 / NiMo 29 Cr	80 Ni od. 068 HH	A 80 Ni od. A 068 HH		A 6202 Mo od. A 759
NiCrMo-Leg.	alloy 625 / NiCr22Mo9Nb alloy C-22 / NiCr21Mo14W alloy 59 / NiCr23Mo16Al	jeweils zum Nickel-Basis-Grundwerkstoff artgleicher Schweisszusatz oder ...			
		068 HH od. 6222 Mo	A 068 HH od. A 6222 Mo	068 HH od. 6222 Mo	A 068 HH od. A 6222 Mo
NiCrFe-Leg.	alloy 600 L / LC-NiCr15Fe alloy 601 / NiCr23Fe	068 HH	A 068 HH	068 HH	A 068 HH
FeNiCr-Leg.	alloy 800 L / X2NiCrAlTi32-20	068 HH	A 068 HH	068 HH	A 068 HH

05.01 Schweisszusätze für Nickel, Nickel-Legierungen und Mischverbindungen mit Stählen | Seite 2 von 2 | Stand: 2016-04-12  
 Diese Information ist ein Hilfsmittel für den Praktiker. Sie gibt grundsätzliche technische Sachverhalte vereinfacht wieder und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.  
 Die Gewährleistung der Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck bedarf in jedem Fall einer ausdrücklichen schriftlichen Vereinbarung.