

Inhalt:

- 1 Allgemeines
- 2 Begriff der Schweißbeignung
- 3 Hinweise für die Laserstrahl-Schweißbeignung
- 4 Unterteilung der Laserstrahl-Schweißbeignung
- 5 Laserstrahl-Schweißbeignung verschiedener Werkstoffgruppen

1 Allgemeines

Das Schweißen von Metallen und Legierungen mit Hilfe von Laserstrahlen ist durch

- eine schnelle Aufheizung ($> 10\,000\text{ °C/s}$)
- eine geringe Wärmeeinbringung
- einen kurzen Temperaturzyklus verbunden mit hoher Abkühlgeschwindigkeit

gekennzeichnet.

Die Eignung eines Werkstoffes zum Schweißen wird im allgemeinen durch seine chemische Zusammensetzung bestimmt. Darüber hinaus sind beim Laserstrahlschweißen die physikalischen Eigenschaften wie das Absorptionsverhalten der metallischen Oberflächen, die Wärmeleitfähigkeit der verschiedenen metallischen Werkstoffe, die Schmelz- und Verdampfungstemperatur von Bedeutung. Die Laserstrahl-Schweißbeignung ist deshalb nicht eindeutig zu benennen und sollte durch Schweißversuche ermittelt werden.

Im vorliegenden Merkblatt wird der Versuch gemacht, die Schweißbeignung der verschiedenen metallischen Werkstoffe unter Beachtung des unterschiedlichen verfahrenstechnischen Aufwandes zu beschreiben und in 3 Stufen zu unterteilen.

Diese Angaben stellen den Stand der Technik zum Ausgabedatum des Merkblattes dar und werden zu gegebener Zeit überarbeitet.

2 Begriff der Schweißbeignung

Die Schweißbeignung ist vor allem eine Werkstoffeigenschaft. Diese allein bestimmt noch nicht die Schweißbarkeit eines Bauteiles. Die Schweißbarkeit eines Bauteils nach DIN 8528 Teil 1 ist gegeben, wenn

- die Schweißbeignung der Werkstoffe
- die Schweißmöglichkeit in der Fertigung
- die Schweißsicherheit der Konstruktion

vorhanden sind und fachgerecht genutzt werden.

3 Hinweise für die Laserstrahl-Schweißbeignung

Der schnelle Wärmezyklus beim Laserstrahlschweißen wirkt sich in den meisten Fällen günstig auf die Schweißbeignung aus. Bei

den vergütbaren Stählen ist in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt eine Neigung zum Aufhärten zu berücksichtigen, die aber wegen der begrenzten Ausdehnung der Schmelz- und Wärmeinflußzonen einen wesentlich geringeren Einfluß auf die Schweißbeignung hat als bei Anwendung anderer Schmelzschweißverfahren. Dagegen können verschiedene Maßnahmen bei der Werkstofferschmelzung bzw. -zusammensetzung die Laserstrahl-Schweißbeignung entscheidend verbessern.

Bei unlegierten und niedriglegierten Stählen sind die Begleitelemente Phosphor und Schwefel besonders niedrig zu halten. Genaue Angaben zu diesen Maßnahmen lassen sich zur Zeit noch nicht verbindlich regeln, sie sind im Einzelfall gesondert festzulegen. Das gilt auch für die Begleitelemente Stickstoff und Sauerstoff, um der Poren-, Riß- und Spritzerbildung entgegenzuwirken. Insofern sind unberuhigte Baustähle für das Laserstrahlschweißen nur begrenzt geeignet.

4 Unterteilung der Laserstrahl-Schweißbeignung

In den Unterabschnitten 5.1 bis 5.13 wird die Laserstrahl-Schweißbeignung unter besonderer Beachtung der chemischen Zusammensetzung, des Wärmebehandlungszustandes sowie des verfahrens- und gerätetechnischen Aufwandes abgestuft:

- A ohne besondere Maßnahme schweißgeeignet
- B unter besonderen Maßnahmen schweißgeeignet (beispielsweise Vorwärmung, Wärmenachbehandlung, Oberflächenbeschichtung, Anwendung von Schweißzusatzwerkstoff)
- C begrenzt schweißgeeignet.

Die folgenden Angaben beziehen sich ausschließlich auf den CO₂-Laserstrahl.

Weiterhin wird angegeben, in welchem Dickenbereich die Schweißbeignung an Durchschweißungen in Wannenposition erprobt ist bzw. bei den Klammerwerten aufgrund der Erprobung an ähnlichen Werkstoffen auf die Schweißbeignung geschlossen werden kann.

5 Laserstrahl-Schweißbeignung verschiedener metallischer Werkstoffgruppen

Die folgenden Werkstoffe entstammen vorwiegend DIN-Normen, Stahl-Eisen-Werkstoffblättern sowie Stahl-Eisen-Lieferbedingungen. Neben einer Aussage über die Schweißbeignung für bestimmte Werkstoffsorten wird eine allgemeine Aussage über die Schweißbeignung für die jeweilige Werkstoffgruppe gemacht.

5.1 Allgemeine Baustähle

DIN-Normen	DIN 17 100
Stahl-Eisen-Werkstoffblätter	SEW 011
Stahl-Eisen-Lieferbedingungen	SEL 096

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muß jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e. V. und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Technischer Ausschuß, Arbeitsgruppe „Strahlschweißen und -sondervfahren“

Der Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,09 bis etwa 0,50%. Stähle der Gütegruppe I enthalten bis zu 0,08% Phosphor bei Schwefelgehalten bis zu 0,05% und sind daher nur bedingt schweißgeeignet. Beim Laserstrahlschweißen von unberuhigt vergossenen Stählen können Poren entstehen.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr. DIN 17 007	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
1.0028	USt 34-2	C		—
1.0038	RSt 37-2	A		8
1.0044	St 44-2	A		(5)
1.0050	St 50-2	B	Vorwärmen	6
1.0060	St 60-2	B	Vorwärmen	(5)
1.0065	USt 37-1	C		—
1.0070	St 70-2	B	Vorwärmen	—
1.0116	St 37-3	A		10
1.0144	St 44-3	A		(5)
1.0161	UZSt 37-2	A		8
1.0391	EK 2	A		2
1.0570	St 52-3	A		10

5.2 Kaltzähe Baustähle

DIN-Normen DIN 17 280, DIN 17 173, DIN 17 174

Stahl-Eisen-Werkstoffblätter SEW 685

Stahl-Eisen-Lieferbedingungen —

Der Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,02 bis 0,26%. Mit Ausnahme der stickstofflegierten Stähle ist bei nicht zu hohen Kohlenstoffgehalten eine sehr gute Schweiß-eignung gegeben. Die stickstofflegierten Stähle neigen zu Porenbildung.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr. DIN 17 007	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
1.1169	20 Mn 6	A		3,5
1.4311	X 2 CrNiN 18 10	C		—
1.4406	X 2 CrNiMoN 17 12 2	C		—
1.5622	14 Ni 6	A		—
1.5633	24 Ni 8	A		—
1.5662	X 8 Ni 9	A		—
1.6903	X 10 CrNiTi 18 10 3	A		(10)
1.6905	X 10 CrNiNb 18 10 3	A		(10)
1.7219	26 CrMo 4	B	Vorwärmen	—

5.3 Warmfeste Baustähle

DIN-Normen DIN 17 155, DIN 17 175, DIN 17 177, DIN 17 240, DIN 17 243

Stahl-Eisen-Werkstoffblätter —

Stahl-Eisen-Lieferbedingungen —

Der Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,10 bis 0,50%. Kennzeichnende Legierungselemente sind Molybdän, Chrom und Vanadium. Werkstoffe mit Kohlenstoffgehalten $\leq 0,20\%$ sind im allgemeinen gut schweißgeeignet. Bei höheren Kohlenstoffgehalten muß entsprechend hoch vorgewärmt bzw. angelassen werden.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr. DIN 17 007	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
1.0482	19 Mn 5	A		3,5
1.1181	Ck 35	B	Vorwärmen	—
1.1191	Ck 45	B	Vorwärmen	—
1.4922	X 20 CrMoV 12 1	B	Anlassen	—
1.5404	21 MnV 5 3	A		—
1.5415	15 Mo 3	A		(5)
1.6513	28 NiCrMo 4	B	Vorwärmen	—
1.7242	16 CrMo 4	A		6
1.7258	24 CrMo 5	B	Vorwärmen	—
1.7733	24 CrMoV 5 5	B	Vorwärmen	—

5.4 Feinkornbaustähle

DIN-Normen DIN 17 102

Stahl-Eisen-Werkstoffblätter ... SEW 081, SEW 083, SEW 084, SEW 092, SEW 093

Stahl-Eisen-Lieferbedingungen —

Der Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,15 bis 0,21%. Einige Güten werden mit Titan oder Vanadium legiert (typische Legierungsgehalte 0,05 bis 0,12%). Zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit bzw. Zugfestigkeit können Kupfer (0,30 bis 0,40%) und/oder Nickel (0,25 bis 0,70%) zulegiert sein. Alle Feinkornbaustähle sind gut schweißgeeignet.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr. DIN 17 007	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
1.0461	StE 255	A		(5)
1.0562	StE 355	A		(10)
1.8900	StE 380	A		(5)
1.8902	StE 420	A		(5)
1.8905	StE 460	A		(5)
1.8907	StE 500	A		(5)
1.8928	StE 690 V	A		6
1.8973	StE 415.7 TM	A		8
1.8977	StE 480.7 TM	A		10

5.5 Druckwasserstoffbeständige Stähle

DIN-Normen —

Stahl-Eisen-Werkstoffblätter SEW 590

Stahl-Eisen-Lieferbedingungen —

Der Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,12 bis 0,30%. Chrom mit Gehalten von 0,90 bis 5,50% ist das wichtigste Legierungselement. Weiterhin enthalten sind Molybdän, Vanadium und Wolfram. Die dadurch gebildeten Chromkarbide bleiben auch bei höheren Temperaturen und Drücken weitgehend beständig gegen diffusen Wasserstoff. Im allgemeinen sind diese Werkstoffe gut schweißgeeignet. Bei höheren Kohlenstoffgehalten muß vorgewärmt bzw. je nach Bauteilgeometrie nach dem Schweißen angelassen werden.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr. DIN 17 007	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
1.7218	25 CrMo 4	B	Vorwärmen	—
1.7259	26 CrMo 7	B	Vorwärmen	—
1.7273	24 CrMo 10	B	Vorwärmen	—
1.7276	10 CrMo 11	A	—	—
1.7281	16 CrMo 9 3	A	—	—
1.7362	12 CrMo 19 5	A	—	—
1.7779	20 CrMoV 13 5	A	—	—
1.8212	21 CrMoW 12	B	Vorwärmen	—

5.6 Einsatzstähle

DIN-Normen DIN 17 210
 Stahl-Eisen-Werkstoffblätter —
 Stahl-Eisen-Lieferbedingungen —

Der Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,07 bis 0,29%. Chrom mit Gehalten von 0,30 bis 2,10%, Nickel mit 0,40 bis 4,75% und Molybdän mit 0,15 bis 0,50% sind kennzeichnende Legierungselemente. Der überwiegende Teil der Einsatzstähle ist ohne besondere Maßnahmen gut schweißgeeignet. Bei einigen höherlegierten Güten muß vorgewärmt werden. Vor dem Schweißen ist die Einsatzschicht zu entfernen oder der spätere Schweißnahtbereich vor Aufkohlung zu schützen.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr. DIN 17 007	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
1.0301	C 10	A	—	6
1.0401	C 15	A	—	5,5
1.5732	14 NiCr 10	A	—	—
1.5860	14 NiCr 18	A	—	(5)
1.5919	GS-15 CrNi 6	A	—	(5)
1.5920	18 CrNi 8	A	—	(5)
1.6523	21 NiCrMo 2	A	—	—
1.7012	13 Cr 2	A	—	—
1.7131	16 MnCr 5 / GS-16 MnCr 5	A	—	10
1.7321	20 MoCr 4	A	—	(5)
1.7325	25 MoCr 4	B	Vorwärmen	—

5.7 Nitrierstähle

DIN-Normen DIN 17 211
 Stahl-Eisen-Werkstoffblätter —
 Stahl-Eisen-Lieferbedingungen —

Der Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,26 bis 0,45%. Aluminium, Chrom und Vanadium als Sondernitridbildner sind kennzeichnende Legierungselemente. Bei den mit Aluminium legierten Güten liegen die typischen Gehalte bei 0,80 bis 1,20%. Als weitere Legierungselemente sind teilweise Molybdän oder Nickel vorhanden. Die hoch aluminiumhaltigen Stähle eignen sich nicht zum Laserstrahlschweißen. Ein Teil der Werkstoffe ist mit Vorwärmung schweißgeeignet. Bei bereits nitrierten Werkstücken ist die Nitridschicht im Schweißbereich vor dem Schweißen zu entfernen.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr. DIN 17 007	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
1.8504	34 CrAl 6	C	—	—
1.8506	34 CrAlS 5	C	—	—
1.8507	34 CrAlMo 5	C	—	—
1.8515	31 CrMo 12	B	Vorwärmen	—
1.8550	34 CrAlNi 7	C	—	—

5.8 Vergütungsstähle

DIN-Normen DIN 17 200
 Stahl-Eisen-Werkstoffblätter —
 Stahl-Eisen-Lieferbedingungen —

Der Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,18 bis 0,65%. Einige Sondergüten enthalten bis zu 1,3%. Hauptlegierungselemente sind Mangan, Chrom, Nickel und Molybdän. Als weitere Legierungselemente sind teilweise Silizium oder Vanadium vorhanden. Nur die niedriggekohten Güten sind ohne besondere Maßnahmen schweißgeeignet. Bei höheren Kohlenstoffgehalten muß entweder durch Vorwärmung oder durch eine Anlaßglühung der starken Aufhärtung begegnet werden.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr. DIN 17 007	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
1.0402	C 22	A	—	10
1.0501	C 35	B	Vorwärmen	—
1.1133	20 Mn 5	A	—	(5)
1.1170	28 Mn 6	A	—	(5)
1.1223	Cm 60	B	Vorwärmen	—
1.3401	X 120 Mn 12	C	—	—
1.5120	38 MnSi 4	B	Vorwärmen	—
1.5710	36 NiCr 6	B	Vorwärmen	—
1.7033	34 Cr 4	B	Vorwärmen	—
1.7220	34 CrMo 4 / GS-34 CrMo 4	B	Vorwärmen	—

5.9 Unlegierte Werkzeugstähle und Schnellarbeitsstähle

DIN-Normen DIN 17 350
 Stahl-Eisen-Werkstoffblätter 320-69 (Schnellarbeitsstähle)
 Stahl-Eisen-Lieferbedingungen —

Der Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,42 bis 1,45%. Bei den Schnellarbeitsstählen sind die Hauptlegierungselemente Wolfram, Vanadium, Cobalt, Chrom und Molybdän. Der überwiegende Teil dieser Werkstoffe muß als nicht schweißgeeignet eingestuft werden. Auch wenn es durch die sehr geringe Wärmeeinbringung beim Laserstrahlschweißen möglich ist, diese Werkstoffe zunächst rißfrei zu schweißen, steht jedoch die starke Versprödung der Schweißnaht einer Verwendung entgegen.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr. DIN 17 007	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
1.1625	C 80 W 2	C	—	—
1.1663	C 125 W	C	—	—
1.1730	C 45 W	B	Vorwärmen	—
1.3249	S 2-9-2-B	C	—	—
1.3342	SC 6-5-2	C	—	—
1.3343	S 6-5-2	C	—	—

5.10 Automatenstähle

DIN-Normen	DIN 1651
Stahl-Eisen-Werkstoffblätter	—
Stahl-Eisen-Lieferbedingungen	—

Der Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,09 bis etwa 0,65%. Kennzeichnende Legierungselemente sind Schwefel und Phosphor mit Gehalten von 0,15 bis 0,40% bzw. 0,06 bis 0,10% sowie Blei mit 0,15 bis 0,30%. Durch die damit verbundene Heißrißgefahr und Neigung zur Porenbildung sind diese Werkstoffe für das Laserschweißen nicht geeignet.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr. DIN 17 007	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
1.0711	9 S 20	C	—	—
1.0718	9 SMnPb 28	C	—	—
1.0726	35 S 20	C	—	—
1.0728	60 S 20	C	—	—

5.11 Nichtrostende Stähle

DIN-Normen	DIN 17 440, DIN 17 441, DIN 17 442, DIN 17 443, DIN 17 224
Stahl-Eisen-Werkstoffblätter	SEW 400
Stahl-Eisen-Lieferbedingungen	SEL 421, SEL 422

Der durchschnittliche Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,02 bis 0,15%. Einige Güten sind mit Kohlenstoff bis zu Gehalten von 1,10% legiert. Kennzeichnende Legierungselemente sind Chrom und Nickel mit Gehalten von 12,0 bis 26,0% bzw. 0,3 bis 26,0%. Je nach Zusammensetzung unterscheidet man ferritische, austenitische und martensitische Werkstoffe. Während rein ferritische bzw. voll austenitische Güten im allgemeinen gut schweißgeeignet sind, besteht bei martensitischen die Gefahr der Rißbildung. Austenitische Stähle mit hohen Nickelgehalten ($\geq 20\%$) neigen zudem zur Heißrißbildung.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr. DIN 17 007	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
1.4000	X 6 Cr 13	A	—	3,5
1.4006	X 10 Cr 13	A	—	(5)
1.4021	X 20 Cr 13	A	—	—
1.4034	X 46 Cr 13	B	Glühung	—
1.4057	X 20 CrNi 17 2	A	—	(5)
1.4104	X 12 CrMoS 17	C	—	—
1.4111	X 110 CrMoV 15	C	—	—
1.4122	X 35 CrMo 17	B	Glühung	—
1.4301	X 5 CrNi 18 10	A	—	6
1.4310	X 12 CrNi 17 7	A	—	6
1.4316	X 2 CrNi 19 9	A	—	5,5
1.4401	X 5 CrNiMo 17 12 2	A	—	(5)
1.4404	X 2 CrNiMo 17 13 2	A	—	(5)
1.4460	X 8 CrNiMo 27 5	A	—	—
1.4462	X 2 CrNiMoN 22 5 3	A	—	2
1.4509	X 8 CrTiNb 18	A	—	2,5
1.4511	X 6 CrNb 17	A	—	2
1.4512	X 6 CrTi 12	A	—	6
1.4532	X 7 CrNiMoAl 15 7	A	—	(5)
1.4534	X 3 CrNiMoAl 13 8 2	A	—	(5)
1.4541	X 6 CrNiTi 18 10	A	—	10
1.4550	X 6 CrNiNb 18 10	A	—	(10)
1.4568	X 7 CrNiAl 17 7	A	—	(5)
1.4571	X 6 CrNiMoTi 17 12 2	A	—	10
1.4580	X 6 CrNiMoNb 17 12 2	A	—	6
1.4583	X 10 CrNiMoNb 18 12	A	—	(5)
1.4828	X 15 CrNiSi 20 12	A	—	6

5.12 Aluminiumwerkstoffe

DIN-Normen	DIN 1725 Teil 1 und Teil 2
Werkstoffblätter	—
Lieferbedingungen	—

Aufgrund des Reflexionsverhaltens und der guten Wärmeleitung nur bei ausreichend hoher Energiedichte schweißgeeignet (Einkoppeleffekt). Dies ist ohne Oberflächenbeschichtung (Oxidation, Graphitschicht) nur mit leistungsstarken Lasern hoher Strahlqualität (unter Beachtung von Intensität) möglich. Reines Aluminium, AlSi-Legierungen, AlCu-Legierungen zeigen im allgemeinen gute Schweißbeignung. Höhere Gehalte der Legierungselemente Magnesium und Zink sowie die Verwendung von Aluminiumdruckguß führen häufig zur Porenbildung.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr.	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
3.0255	Al 99,5	A	—	6
3.0515	AlMn 1	A	—	—
3.1325	AlCuMg 1	A	—	—
3.1841.61	G-AlCu4Ti wa	A	—	—
3.2315	AlMgSi 1	A	—	5
3.2341.01	G-AlSi5Mg	A	—	—
3.2581.01	G-AlSi 12	A	—	1,5
3.3555	AlMg 5	C	—	—
3.3561.01	G-AlMg 5	C	—	—
3.4365	AlZnMgCu 1,5	C	—	—

5.13 Titan/Titanlegierungen

DIN-Normen	DIN 17 850, DIN 17 851
Werkstoffblätter	—
Lieferbedingungen	—

Die Aufnahme geringer Mengen an Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff führt bereits zu einer starken Versprödung der Schweißverbindung. Ein Schweißen ist deshalb nur unter Edelgas (Helium, Argon, He/Ar-Gemische) oder im Vakuum möglich. Beim Schweißen unter Schutzgas ist darauf zu achten, daß der Gasschutz bis zum völligen Erkalten (etwa 80 °C) des Nahtbereiches in Bezug auf die Korrosionsbeständigkeit aufrechterhalten werden muß.

Bei aushärtbaren Legierungen ist zu beachten, daß die Zugfestigkeit im Schweißnahtbereich derjenigen des lösungsgeglühten Zustandes entspricht. Derartige Legierungen sollten möglichst erst nach dem Schweißen ausgehärtet werden.

Höhere Gehalte des Legierungselementes Zinn führen zur Porenbildung.

Typische Werkstoffe

Werkstoff-Nr.	Bezeichnung	Schweiß-eignung	Maßnahme	erprobte Nahttiefe bis mm
3.7025	Ti 1	B	2) 3)	6
3.7035	Ti 2	B	2) 3)	6
3.7110	TiAl 5 Fe 2,5	B	2) 3)	3
3.7115	TiAl 5 Sn 2,5	C	2)	—
3.7134	TiAl 8 Mo 1 V 1	B	2)	1
3.7145	TiAl 6 Sn 2 Zr 4 Mo 2 Si	B	2)	3
3.7165	TiAl 6 V 4	B	1) 2) 3)	5
3.7185	TiAl 4 Mo 4 Sn 2 Si	B	2)	2
—	TiV 13 Cr 11 Al 3	B	2)	2,5
—	TiV 15 Cr 3 Sn 3 Al 3	B	2)	3

1) Anlassen zur Steigerung der Schweißnahtfestigkeit.

2) besondere Gasschutz-Maßnahmen beachten.

3) Zusatzwerkstoff erforderlich.