

KARA-Produktprogramm: : Werkstoffe **K44**



Chemische Zusammensetzung

Elemente	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ti+Nb
%	0,015	0,50	0,30	17,70	1,85	0,45

Typische Werte

Europäische Bezeichnung	Amerikanische Bezeichnung
X2CrMoTi18-2 1. 4521 ⁽¹⁾	Typ 444 ⁽²⁾

(1) Gemäß EN 10088-2

(2) Gemäß ASTM A 240

Allgemeine Eigenschaften

Die generellen Eigenschaften von **K44** sind:

- > hohe Lochfraßbeständigkeit im chlorhaltigen Medium, größer als die des 18-9L (1.4301, Typ 304L) und des 18-11ML (1.4404, Typ 316L).
- > Unempfindlichkeit gegenüber Spannungsrisskorrosion und interkristalliner Korrosion.
- > Niedrige Übergangstemperatur einschl. im geschweißten Bereich.
- > Einfache Verformbarkeit.
- > Gute Schweißfähigkeit.
- > Bessere Wärmeleitfähigkeit als bei Austenit und niedrigerer Dehnungskoeffizient.

Dieser Werkstoff stimmt mit folgenden Normen überein:

- > Materialsicherheitsdatenblatt Nr. 1 von Stainless Europe für Edelstahl (Europäische Richtlinie 2001 /58/EC).
- > Richtlinie 2000/53/EC der Europäischen Kommission für Altfahrzeuge sowie Anhang II vom 27. Juni 2002.
- > Norm NFA 36 711 für „Edelstahl zum Zweck der Verwendung in Kontakt mit Nahrungsmitteln, Produkten und Getränken zum Verzehr für Mensch und Tier“ (nicht Verpackungsstahl).
- > Auflagen der NSF/ANSI 51 – Ausgabe 2009, internationale Norm für „Material für Nahrungsmittelanlagen“ und Auflagen der F.D.A. (US-Arzneimittelzulassungsbehörde) bezüglich Materialien, die mit Nahrungsmitteln in Berührung kommen.
- > Französische Anordnung Nr. 92-631 vom 8. Juli 1992 und Bestimmung Nr. 1935/2004 des Europäischen Parlaments und der Ratsversammlung vom 27. Oktober 2004 bezüglich Materialien und Produkten, die bestimmungsgemäß mit Nahrung in Kontakt kommen (und die aufgehobenen Bestimmungen 80/590/EEC und 89/109/EEC).
- > Französische Anordnung vom 13. Januar 1976 bezüglich Materialien und Produkten aus Edelstahl, die mit Nahrungsmitteln in Berührung kommen.
- > Norm EN 10028-7 „Flacherzeugnisse für Druckbehälter aus nichtrostenden Stählen“.

Anwendungen

- > Landwirtschafts- und Lebensmittelindustrie.
- > Warmwasserspeicher.
- > Heizkessel.
- > Rauchgaskanäle.
- > Wärmetauscher.
- > Sanitärrohre und Rohre für die Zuckerindustrie.
- > Solarmodule.
- > Großkücheneinrichtungen und Ausstattungen für die Außer-Haus-Verpflegung.
- > Wassertanks.

Sortiment

Form: Bleche, Zuschnitte, Coils, Schmalbänder, Ronden.

Dicke: 0,4 bis 4,0 mm (andere Dicke: fragen Sie bei uns nach).

Breite: je nach Dicke, fragen Sie bei uns nach.

Oberflächenausführung: kaltgewalzt, blankgeglüht und glänzend (andere Oberflächenausführung: fragen Sie bei uns nach).

Physikalische Eigenschaften

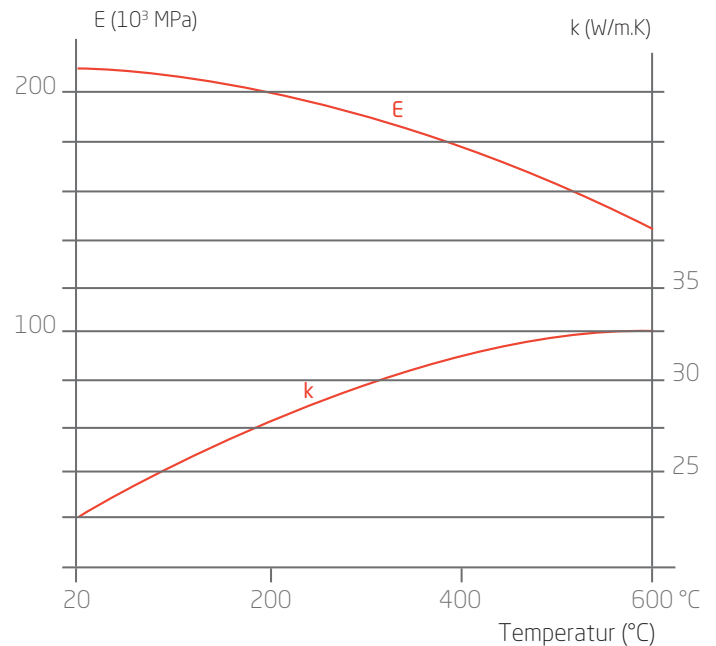
Kaltgewalztes Blech.

Angelassen (typische Werte)

Dichte	d	kg/dm ³	20 °C	7,7
Schmelztemperatur		°C		1495
Spezifische Wärme	c	J/kg.K	20 °C	430
Wärmeleitfähigkeit	k	W/m.K	20 °C	23
Mittlerer Wärmeausdehnungskoeffizient	α	10 ⁻⁶ /K	20-200 °C 20-400 °C 20-600 °C 20-800 °C	10,8 11,6 12,0 12,5
Elektrischer Widerstand	ρ	Ω mm ² /m	20 °C	0,8
Magnetische Permeabilität	μ	ca. 0,8 kA/m DC oder AC	20 °C	800
Elastizitätsmodul	E	MPa.10 ³	20 °C	220

Curie Punkt: 650°C

Die Wärmeleitfähigkeit der Sorte **K44** ist höher als die der austenitischen Stähle des Typs 304L - 316L. ($k = 15\text{W/m}^\circ\text{C}$) und ihr durchschnittlicher Wärmeausdehnungskoeffizient ist geringer ($\alpha=17.10^{-6}$ im Temperaturbereich von 20°C bis 200°C für 304L (18-9L) oder 316L (18-11ML).



Mechanische Eigenschaften

Angelassener Zustand

In Übereinstimmung mit ISO 6892-1, part 1, Prüfkörper quer zur Walzrichtung.

Prüfkörper

$L_0 = 80$ mm (Dicke < 3 mm)

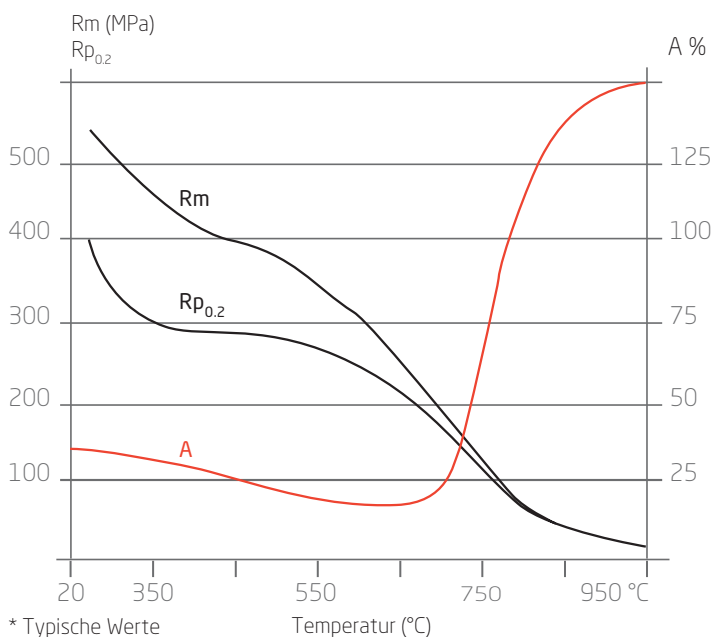
$L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ (Dicke ≥ 3 mm)

Zustand	R _m ⁽¹⁾ (MPa)	R _{p0,2} ⁽²⁾ (MPa)	A ⁽³⁾ (%)	HRB
kaltgewalzt*	520	370	29	84

* Typische Werte 1 MPa = 1 N/mm²

⁽¹⁾ Zugfestigkeit (UTS) ⁽²⁾ Streckgrenze (YS) ⁽³⁾ Streckdehnung (A)

Bei hoher Temperatur*



* Typische Werte

Im Temperaturbereich von 100°C, R_{p0,2} von **K44** ist > 300MPa

Zustand	R _{p0,2} - 20°C (MPa)	R _{p0,2} - 100°C (MPa)
K44/444	370	330
304 (18-9E)	320	260
316L (18-11ML)	320	170

Die Streckgrenze der ferritischen Stähle ist höher als die der austenitischen Stähle.

Wie alle ferritischen Stahlsorten ist der Werkstoff K44 anfällig für Versprödung, wenn er über einen längeren Zeitraum Temperaturen um die 475 °C ausgesetzt wird.

Es ist wichtig, diese Eigenschaft bei Strukturberechnungen, beispielsweise für Warmwasserspeicher, zu berücksichtigen.

Die höhere Streckgrenze bei Raumtemperaturen bleibt indes bei den hohen Betriebstemperaturen dieser Art der Anwendung (Warmwasserspeicher) bestehen und ermöglicht bei vergleichbaren Belastungsbedingungen eine Begrenzung der Materialdicke.

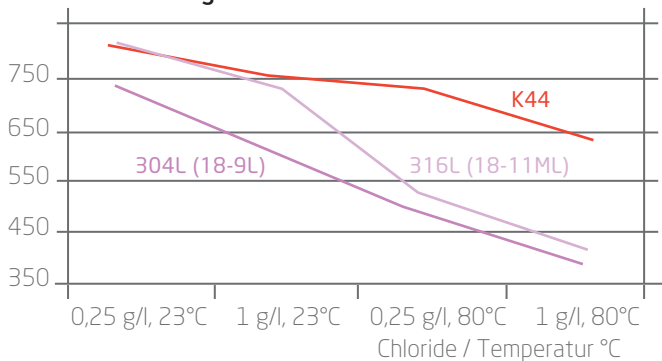
Die zu berücksichtigenden Konstruktionsvorschriften, in denen die Dimensionierungen der Druckgeräte geregelt sind: die normen EN 13445, CODAP 2005, ASME VIII und DIN 44899.

Korrosionsbeständigkeit

Beständigkeit gegen Lochfraßkorrosion

Die Sorte K44 ist dank seines Chrom- und Molybdängehaltes sowie seiner Doppelstabilisierung mit Niob und Titan in besonderer Weise beständig gegen alle Korrosionsarten. Sein PREN*-Wert beträgt 24/25 und äußert sich durch eine ausgezeichnete Lochfraßbeständigkeit, die noch besser ist, als die der austenitischen Stähle der Typen 304L, 316L und 316Ti.

Wirkung der Temperatur und der Konzentration des Cl für die Korrosionsbeständigkeit.



In Salznebel

Nach 2000 h Salznebeltest gemäß der Norm NFX 41002, der K44 in der Ausführung 2B oder glanzgeglüht (2R) zeigt keine Anzeichen von Korrosion.

Interkristalline Korrosion

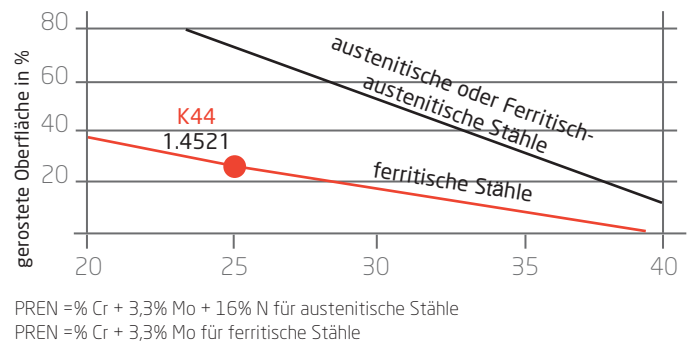
Die Sorte K44 weist aufgrund der Kohlenstoff- und Stickstoffstabilisierung durch den Titan- und Niobzusatz eine gute Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion auf (Strauß-Test). Durch die Gegenwart des Molybdäns und den hohen Chromanteil können nach einer Erwärmung von 600 bis 900°C Fällungen (Laves-Phasen) auftreten.

Diese Fällungen beeinträchtigen in einem stark oxidierenden Milieu (Huey-Test) die interkristalline Korrosionsanfälligkeit, führen jedoch zu keiner Veränderung des Verhaltens bei der herkömmlichen Durchführung des Strauß-Tests. Im Falle des Einsatzes unter erhärteten Belastungsbedingungen sollte eine derartige thermische Behandlung vermieden werden.

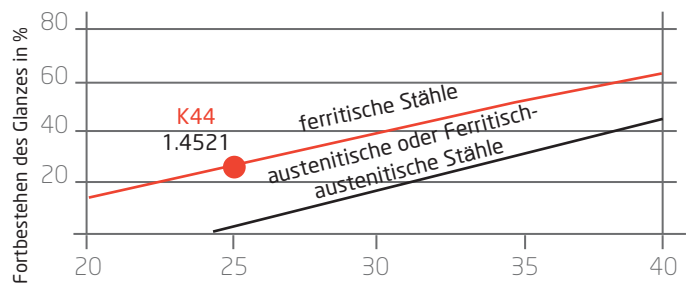
*PREN = %Cr+3.3%Mo+16%N.

Atmosphärische Korrosion

Neuere, in unterschiedlichen Ländern durchgeführte Untersuchungen zeigen, dass ferritische Edelstähle eine höhere Beständigkeit gegen atmosphärische Korrosion aufweisen als austenitische oder austenitisch-ferritische (DUPLEX) Edelstähle mit vergleichbaren PREN-Werte, insbesondere in Bezug auf Abrostung und lang anhaltenden Glanz.



PREN = % Cr + 3,3% Mo + 16% N für austenitische Stähle
PREN = % Cr + 3,3% Mo für ferritische Stähle

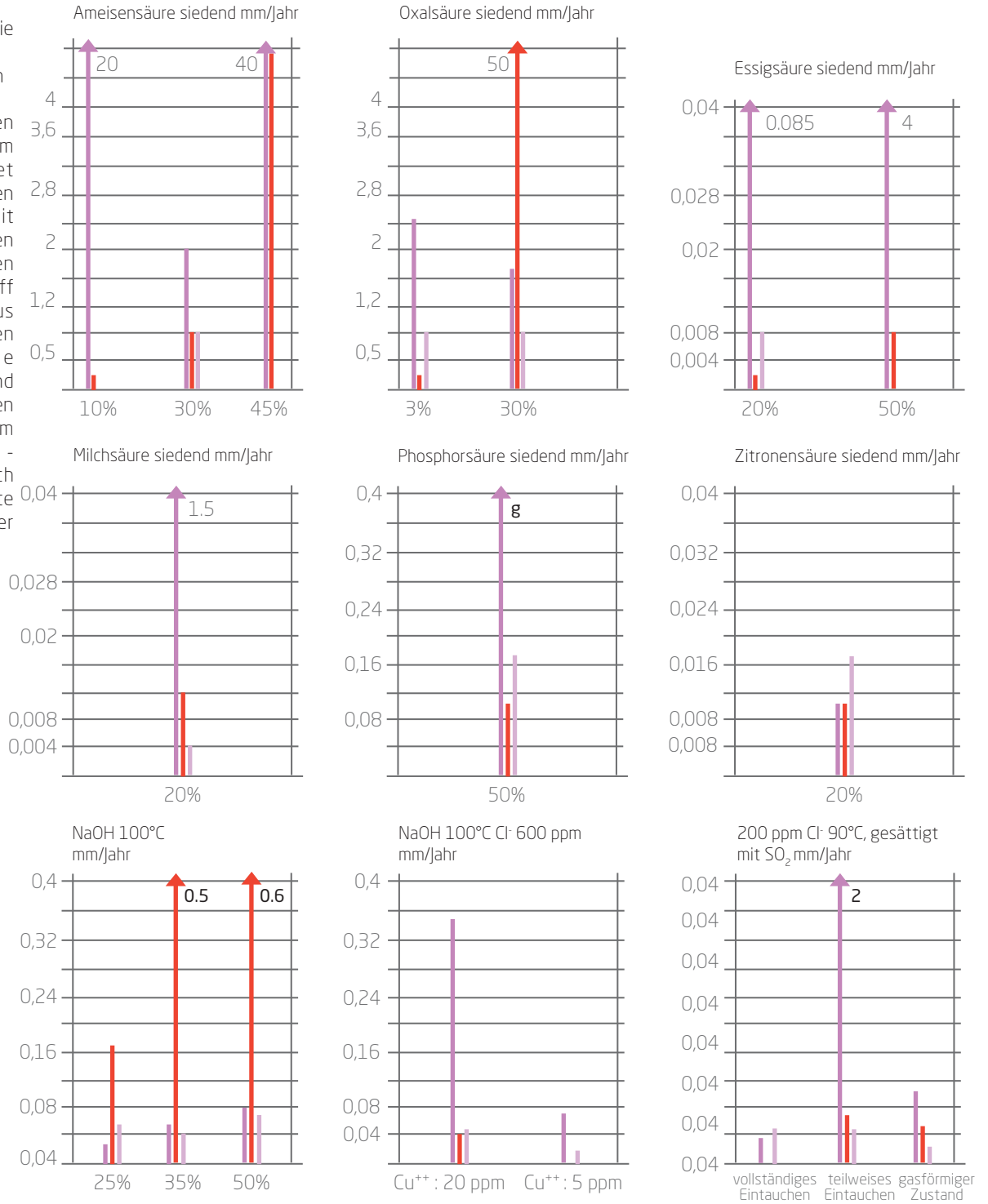


**Quelle: «Atmospheric Corrosion Resistance of High Cr ferritic Stainless Steels for Architectural Exterior Applications» Y. Yazawa, T. Ujira, K. Yamato, H. Kalto «Stainless steel 95», Düsseldorf 1996.

Säurekorrosion

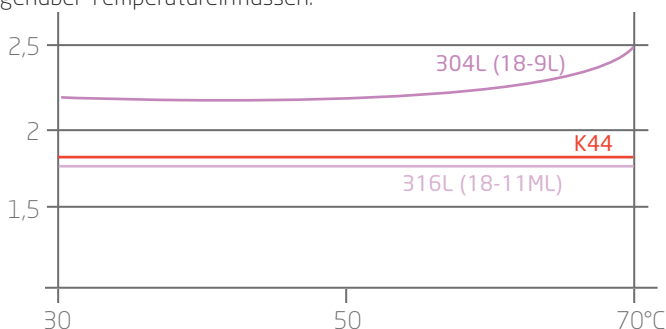
Trotz der Tatsache, dass die Korrosionsgeschwindigkeit bei ferritischen Edelstählen im Allgemeinen höher ist als bei austenitischen Edelstählen mit gleichem Molybdängehalt, eignet sich die Sorte **K44** für den Einsatz im Kontakt mit zahlreichen mineralischen oder organischen Säuren (siehe unten). Der Werkstoff ist darüber hinaus äußerst beständig gegen Rauchgaskondensate (Kondensationsgas) und ist vom wissenschaftlichen und technischen Zentrum für Bauwesen (CSTB - Frankreich) behördlich genehmigt für ölbefeuerte Heizkessel mit hoher Energieeffizienz.

- K44
- 304L (18-9L)
- 316 (18-11ML)



Spaltkorrosion

Aufgrund des Molybdänanteils zeigt sich die Stahlsorte **K44** besonders beständig gegen eine Auslösung von Spaltkorrosion, im gleichen Maße wie die austenitische Stahlsorte 316L (18-11ML). Sie wird ermittelt durch den Depassivierungs-pH-Wert in einer NaCl-Lösung (2M). Der pH-Wert liegt etwa bei 1,8 und ist relativ unempfindlich gegenüber Temperatureinflüssen.



Spannungsrissskorrosion

Wie alle ferritischen Stahlsorten ist die Sorte **K44** unempfindlich gegenüber Spannungsrissskorrosion. Eine Probe in warmem Meerwasser bei einem gehaltenen Spannungsniveau von 95% der Streckgrenze: kein Bruch nach 3000 Stunden.

Zeit bis zur Rissbildung (in Stunden)

	304L (18-9L)	316L (18-11ML)	K44
42% MgCl ₂ siedend	< 2	< 16	> 1700 Keine Rissbildung
42% CaCl ₂ bei 100°C	< 25	< 75	> 1700 Keine Rissbildung

Verformbarkeit

Unser Werkstoff **K44** kann unter Verwendung aller gängigen Verfahren (Falzen, kurvilineares Fließformen, etc.) kalt umgeformt werden. Wir empfehlen bei der Verformung von ferritischen Edelstählen, darunter der **K44**, das Tiefziehverfahren gegenüber dem Streckziehverfahren zu bevorzugen. Das bedeutet: das Material mitfließen zu lassen, indem man die Kraft vom Niederhalter auf ein Minimum reduziert und damit keine Falten entstehen lässt.

Streckziehverfahren (Prüfverfahren nach Erichsen)

Werkstoffe	Europäische Bezeichnung	ASTM A240	Erichsen* (mm)
K44	1.4521	Type 444	8,6

* Blechdicke 0,8 mm.

Soudage

Unser Werkstoff **K44** ist für das Widerstandspunktschweißen sowie für das Widerstandsrollnahtschweißen geeignet.

Schweißverfahren	Ohne Schweißzusatz	Mit Schweißzusatz		Schutzgas*	
	Richtstärken	Stärken	Hartlot		* Wasserstoff und Stickstoff in allen Fällen verboten
			Stange	Draht	
Widerstand: Punkt, Naht	≤ 2 mm				
TIG	< 1,5 mm	> 0,5 mm	G 19 12 3L ⁽¹⁾ ER 316L ⁽²⁾ n°1.4430 ⁽⁵⁾		Argon Argon + Helium
PLASMA	< 1,5 mm	> 0,5 mm		G 19 12 3L Si ⁽¹⁾ ER 316L Si ⁽²⁾ n°1.4430 ⁽⁵⁾	Argon Argon + Helium
MIG		> 0,8 mm		G 19 12 3L Si ⁽¹⁾ ER 316L Si ⁽²⁾ n°1.4430 ⁽⁵⁾	Argon + 2% CO ₂ Argon + 2% O ₂ Argon + 2% CO ₂ + Helium
Electrode		Reparatur	E 19 12 3L ⁽³⁾ E 316L ⁽⁴⁾		
Laser	< 5 mm				Helium Unter Bedingungen: Argon

⁽¹⁾ Gemäß EN ISO 14343, ⁽²⁾ Gemäß AWS A5.9, ⁽³⁾ Gemäß EN 1600, ⁽⁴⁾ Gemäß AWS A5.4, ⁽⁵⁾ Gemäß VDEH

Der Zusatz von Wasserstoff und Stickstoff ins Argon ist zu vermeiden, da die Verformbarkeit der Nähte verringert wird. Aus ähnlichen Gründen ist die Verwendung von Stickstoff verboten, die Verwendung von CO₂ auf 3% begrenzt. Um die Vergrößerung des Kornes in der WEZ zu begrenzen, vermeidet man am besten übermäßige Schweißenergien.

Für eine Stärke von 1,5 mm beim automatischen WIG-Schweißverfahren darf z.B. die Schweißenergie nicht 1,5 mm überschreiten. Ein anderes Beispiel: Durch das Impuls-MIG/MAG Schweißen ist eine bessere Kontrolle der Nahtgeometrie sowie der Korngröße möglich (die Schweißenergie liegt unter der beim konventionellen MIG verwendeten Energie). In der Regel ist es nicht nötig, eine Wärmebehandlung nach dem Schweißverfahren durchzuführen. Die Nähte müssen mechanisch oder chemisch gebeizt sowie passiviert werden und nach dem Beizen dekontaminiert werden. Das Autogenschweißen ist zu vermeiden.

Behandlungen

Polierschliff

Generell eignen sich stabilisierte ferritische Edelstähle, insbesondere jedoch der **K44**, für die Polierbehandlung mit Schleifbändern: Politur 3 bis 6. Wegen des der Stabilisierung dienenden Titan- und Niobgehaltes lässt sich jedoch kein qualitativ hochwertiger Spiegelglanz erzielen. Die Polierbehandlung mit Schleifmitteln, die Eisensalze enthalten, ist verboten. Sollte der Edelstahl mit Eisen oder Eisensalzen verunreinigt worden sein, muss eine abschließende Dekontamination durchgeführt werden. Im Vorfeld jeder Art von Wärmebehandlung muss das Metall gründlich entfettet werden.

Glühen

Bei 925°C, nach der Kaltumformung mit anschließender Luftabkühlung. Auf keinen Fall darf, für langanhaltende Verarbeitungen, eine Temperatur von 1000°C überschritten werden (> 5 Minuten).

Beizen

Mischung aus Salpetersäure und Flusssäure (20% HNO₃ + 1% HF). Entzunderungspasten für die Schweißstellen.

Passivierung / Décontamination

Lösung auf kaltem Wege 20 bis 25 % HNO₃. Passivierungspasten für die Schweißnähte.

Tiefungsversuch nach Swift

Werkstoffe	Europäische Bezeichnung	ASTM A240	LDR* (mm)
K44	1.4521	Type 444	2,10-2,15

Biegung

Für Blechstärken unter 0,8 mm kann das Biegen in einem Arbeitsschritt erreicht werden (Quer- und Längsrichtung).

Für Stärken über 0,8 mm empfehlen wir einen Radius größer oder gleich der Hälfte der Dicke.