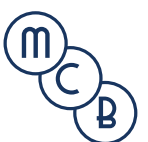


MCB Specials

Expertise creates value

# Komplett in Duplex

TECHNISCHE INFORMATIONEN • PROGRAMM • LOGISTIK





## Komplett in Duplex

Wir sind stolz darauf, Ihnen unser Duplex-Programm mit umfangreichen technischen Informationen, unserem Sortiment und unserer auf Ihre Bedürfnisse zugeschnittenen Logistik präsentieren zu können!

Mit dem entsprechenden Herstellungsprozess ist es möglich, Edelstahlqualitäten mit einem Gefüge aus sowohl Ferrit- als auch Austenit-Anteilen zu produzieren. Diese Gruppe von Edelstahlqualitäten wird als Duplex-Edelstahl bezeichnet. Das Ferrit- und Austenitverhältnis im Duplex-Edelstahl beträgt ca. 50/50 %. Im Vergleich zu den austenitischen Edelstahlqualitäten zeichnet sich Duplex besonders durch gute mechanische Eigenschaften in Kombination mit einer hohen Korrosionsbeständigkeit (bis zu einer Temperatur von ca. 315°C) aus. Zudem sind Duplex-Metalle einfach zu schweißen und zu bearbeiten. Deshalb werden sie unter anderem häufig in folgenden Bereichen eingesetzt:

- › Der Öl- und Gasindustrie
- › Der Chemie und Petrochemie
- › Der Biotechnologie
- › Der Nahrungsmittelindustrie
- › Maritime Anwendungen
- › Wasserreinigungs- und Entsalzungsanlagen
- › Der papierverarbeitenden Industrie

In dieser Broschüre werden einerseits die Edelstahlqualitäten wie AISI 304 / 316L / 316Ti / 904L und 254SMO und andererseits die Duplex-Qualitäten Lean Duplex, Duplex und Super Duplex verglichen.

Der Vergleich erfolgt auf Grundlage von:

1. Zusammensetzung
2. Korrosionswiderstand
3. Mechanische Eigenschaften
4. Schweißbarkeit, Zerspanbarkeit und andere Bearbeitungseigenschaften

Zusätzlich umfasst die Broschüre auch Information zum Lieferprogramm hinsichtlich der unterschiedlichen Duplex-Qualitäten.

## Zusammensetzung

Die Zusammensetzungen der Duplex-Edelstahlqualitäten Lean Duplex, Duplex und Super Duplex sind unterschiedlich und daher hat jeder Typ seine eigenen spezifischen Eigenschaften. Entscheidend ist die richtige Ausgewogenheit zwischen Ferritbildnern und Austenitbildnern. Tabelle 1 verleiht einen klaren Überblick über die Zusammensetzung der verschiedenen Edelstähle, einschließlich der Duplex-Metalle. Die unterschiedlichen Elemente erfüllen sämtlich ihre eigene Funktion bei den Duplex-Metallen.



### Chrom (Cr)

In Edelstahl ist Chrom das wichtigste Legierungselement. Wenn es einer oxidierenden Atmosphäre ausgesetzt wird, bildet sich eine korrosionsbeständige Chromoxidschicht. Die Korrosionsbeständigkeit steigt mit zunehmendem Chromanteil. Chrom ist jedoch ein ausgesprochener Ferritbildner. Daher muss ein hoher Anteil von Chrom in Duplex-Metallen durch andere Elemente kompensiert werden, um die gewünschte Ausgewogenheit zwischen Ferrit und Austenit zu gewährleisten.



### Nickel (Ni)

Nickel ist ein Austenitbildner und deshalb unerlässlich, um zusammen mit den Ferritbildnern wie Chrom für die entscheidende Ausgewogenheit in der Zusammensetzung der Duplex-Metalle zu sorgen. Der Nickelanteil in Duplex-Edelstahl ist ungefähr halb so groß wie der bei der Edelstahlqualität aus der Serie 300.



### Stickstoff (N)

Stickstoff erfüllt bei Duplex-Metallen vielfältige Funktionen. Der Hauptgrund für die Zugabe von Stickstoff ist eine verbesserte Beständigkeit gegen Lochfraß und Spaltkorrosion, charakteristisch für Duplex-Metalle. Weitere Einzelheiten hierzu finden Sie unter dem Absatz „Korrosionwiderstand“. Durch seine geringe Teilchengröße, etwa verglichen mit Eisen, lässt sich Stickstoff Metallen relativ einfach beimischen. Er sorgt für höheren Widerstand gegen Verformung. Zudem ist Stickstoff

auch ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für die Austenitbildung. Deshalb ist der Stickstoffanteil in Duplex-Metallen so hoch wie möglich, um die letztendliche Ausgewogenheit zwischen Ferrit und Austenit zu gewährleisten.



### Molybdän (Mo)

Molybdän unterstützt die Funktion von Chrom, vor allem in chloridangereicherten Atmosphären, in denen es häufig zu Spaltkorrosion und Lochfraß kommt. Der schützende Effekt zeigt sich bei einem Chromgehalt ab 18%. Molybdän ist jedoch ein Ferritbildner und daher wird sein Gehalt auf maximal 4% begrenzt.



### Kupfer (Cu)

Der Zusatz von Kupfer an die Duplex-Metalle erhöht den Korrosionswiderstand - vor allem im Kontakt mit Schwefelsäure.

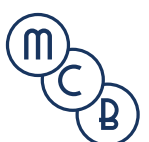


### Mangan (Mn)

Mangan ist ein Austenitbildner und eine preiswerte Alternative für Nickel (etwa ein Zehntel günstiger).

**Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung - in %**

AISI	EN	ASTM-UNS	C % min	Cr % min	Ni min	Mo min	Mn gem	N min	Ti min	Cu gem
AISI 304(L)	1.4301(4307)	S30400(403)	0.03(0,07)	17.5	8.0	-	1.1	-	-	-
AISI 316L	1.4404	S31603	0.03	16.5	10.5	2.5	1.5	-	-	-
AISI 316Ti	1.4571	S31635	0.08	16.5	10.5	2.0	1.5	-	0.35	-
904L	1.4539	N08904	0.02	19.0	24.0	4.0	2.0	-	-	1.2
254SMO	1.4547	S31254	0.02	19.5	17.5	6.0	1.0	0.2	-	0.5
Lean Duplex	1.4362	S32304	0.03	22.0	3.5	0.1	2.0	0.05	-	0.1-0.6
Duplex	1.4462	S32205/S31803	0.03	21.0	4.5	2.5	2.0	0.10	-	-
Super Duplex	1.4410	S32750	0.03	24.0	6.0	3.0	0.8	0.24	-	0.5
Super Duplex (F55)	1.4501	S32760	0.03	24.0	6.0	3.0	1.0	0.20	-	0.7





# Komplett





# in Duplex



# Korrosionswiderstand

Korrosion tritt in zahlreichen Formen auf. Einige der häufigsten sind:

- › Lochfraß
- › Spaltkorrosion
- › Spannungskorrosion

Für jede der oben genannten Korrosionsarten wurden unter Laborbedingungen beschleunigte Korrosionsprüfungen durchgeführt. Die in dieser Broschüre aufgeführten Testergebnisse basieren auf den Messmethoden und Normen der ASTM (American Society for Testing and Materials). Die Resultate sollen einen Vergleich der unterschiedlichen Edelstahlqualitäten ermöglichen.

## Lochfraß

Unter ungünstigen Bedingungen kann die Chromoxidschicht aufgebrochen werden, was stellenweise zu schädlicher Einwirkung auf das Material führen kann. In einer Atmosphäre mit aggressiven Substanzen, gepaart mit einer Beschädigung, Kratzern, Einschlüssen o.ä., kann Lochfraß entstehen. Wie hoch die Gefahr von Lochfraß ist, zeigt die kritische Lochfraßtemperatur oder „Critical Pitting Temperature“, abgekürzt CPT. Da diese Form der Korrosion unter anderem von den Elementen Chrom, Molybdän und Stickstoff abhängt, wurde dies auch in die Berechnung der PREN (einer Formel für die Berechnung der Korrosionsfestigkeit) einbezogen.

Pitting Resistance Equivalent Number (PREN):

$$\text{PREN} = \%Cr + 3,3 \times \%Mo + 16 \times \%N.$$

Diese Formel ist über die alleinige Anwendung der CPT-Temperatur hinaus eine gute Bestimmungsmethode. Es ist jedoch zu beachten, dass auch der Grad der Oberflächenbeschaffenheit einen großen Einfluss auf die erzielten Werte hat. Grafik 1 zeigt die Ergebnisse sowohl für austenitische Edelstähle als auch für Duplex-Stähle. Über die Werte von AISI 316Ti ist wenig bekannt, aber aufgrund der Anwesenheit von Titankarbiden scheint es, dass AISI 316Ti eine geringere Beständigkeit gegen Lochfraß aufweist als AISI 316L. Die Daten in der Grafik zeigen, dass Lean Duplex im Hinblick auf Lochfraß mindestens vergleichbar ist mit AISI 316L und 316Ti. Dies gilt auch für den Vergleich von Duplex mit 904L und Super Duplex mit 254SMO.



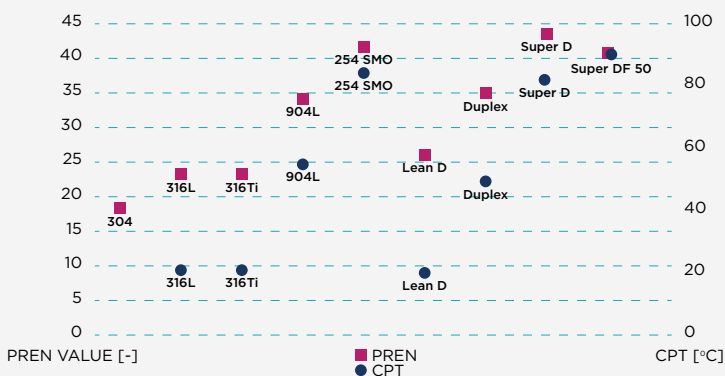
## Spaltkorrosion

Spaltkorrosion ist eine örtlich auftretende Form der Korrosion, die in einem „stationären“ korrosiven Medium auftritt. In der Praxis zeigt sich, dass Metalle eher von Spaltkorrosion bedroht sind, als von Lochfraß, da Spaltkorrosion aggressiver verläuft als Lochfraß. Deshalb sind auch die in grafik 2 angegebenen Temperaturen für Spaltkorrosion niedriger als die für Lochfraß. Die Temperaturen wurden wie beim Lochfraß bestimmt, jedoch in diesem Fall nach der Methode gemäß Norm ASTM G48B. Die Schlussfolgerung ist, dass Lean Duplex eine bessere Beständigkeit gegen Spaltkorrosion hat als AISI 316L/316Ti, sowie Duplex im Vergleich zu 904L und Super Duplex im Vergleich zu 254SMO.

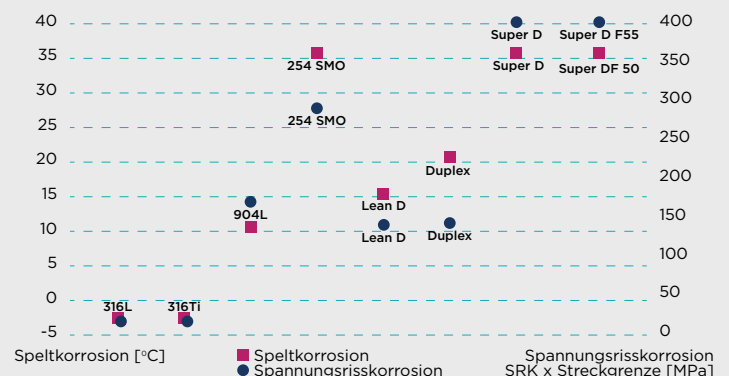
## Spannungskorrosion

Unter Spannungsrisskorrosion versteht man die Rissbildung, die durch die gleichzeitige innere oder äußere Zugspannung in einer korrosiven Umgebung entsteht. Austenitischer Edelstahl ist besonders empfindlich für Spannungskorrosion bei erhöhten Temperaturen und in chloridhaltiger Umgebung. Die Tests wurden mit einer Tropfenverdampfungsanlage mit einer Kochsalzlösung bei 120°C durchgeführt. Die in Abbildung 2 genannten Werte ergeben sich aus der Abnahme der Festigkeit multipliziert mit der Mindestfestigkeit pro Qualität nach EN-Norm. Die Ergebnisse zeigen, dass AISI 316 bei 120°C in einer chloridhaltigen Umgebung sehr empfindlich auf Spannungskorrosion reagiert und Lean Duplex eine deutlich bessere Beständigkeit aufweist. Duplex und 904L weisen eine gleichwertige Beständigkeit auf. Super Duplex liefert das beste Ergebnis hierin und ist mit 254MO vergleichbar.

Grafik 1: Lochfraß



Grafik 2: Spalt & Spannungskorrosion



## Mechanische Eigenschaften

Aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung und der daraus resultierenden ferritischen und austenitischen Struktur weisen die Duplex-Typen relativ günstige mechanische Eigenschaften auf. Tabelle 2 zeigt die Mindestwerte für Streckgrenze, Zugfestigkeit und Dehnung von austenitischen und Duplex-Typen nach EN-Norm. Die verschiedenen Duplex-Typen haben insbesondere eine deutlich höhere Streckgrenze als die austenitischen Typen. Dadurch kann mit Duplex-Typen grundsätzlich leichter konstruiert werden, was die Gesamtinvestition deutlich reduziert.

## Schweißbarkeit

Innerhalb bestimmter Grenzen lässt sich Duplex mit allen gängigen Schweißverfahren gut schweißen. Die richtige Wahl des Schweißzusatzwerkstoffs (mit einem um ca. 3% höheren Ni-Gehalt als das Grundmaterial) und eine gute Kontrolle des thermischen Zyklus ermöglichen eine Schweißverbindung, die sowohl hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften als auch der Korrosionsbeständigkeit dem Grundmaterial entspricht. Besonders wichtig ist die Abkühlgeschwindigkeit im Bereich von 1200°C - 800°C. Eine zu hohe Abkühlgeschwindigkeit führt zu einem zu hohen Ferritanteil, der die Zähigkeit und Beständigkeit gegen Lochfraß und interkristalline Korrosion beeinträchtigt. In der Regel wird der Ferritanteil in der Schweißnaht auf ca. 60% begrenzt. Eine zu niedrige Abkühlgeschwindigkeit kann zur unerwünschten Bildung von Chromkarbiden führen, was die Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit negativ beeinflussen kann. Für dicke Bleche (ab 15 mm) wird eine Vorwärmung empfohlen. Bei Duplex-Typen ist der Einsatz von Schutzgas erforderlich.

## Sonstige Bearbeitungseigenschaften

### Zerspanen

Duplex-Qualitäten sind schwieriger zu zerspanen als AISI 316L. Bei gleicher Schnitttiefe und gleichem Vorschub ist die Schnittgeschwindigkeit um ca. 20% geringer. Die geringeren Schnittgeschwindigkeiten bei Duplex-Typen sind auf höhere mechanische Festigkeit und das Fehlen von Schwefel zurückzuführen.

### Sägen

Duplex-Metalle sind schwieriger zu sägen als Stahl. Als Faustregel gilt, dass die

Schnittgeschwindigkeit und der Vorschub wie bei AISI 316L eingestellt werden müssen.

### Schneiden

Duplex kann wie austenitische Edelstähle geschnitten werden, mit dem Unterschied, dass die Kräfte deutlich höher sind. Als Anhaltspunkt gilt, dass 85% der Dicke von Edelstahl AISI 316 als maximale Dicke für Lean Duplex und Duplex verwendet werden kann. Bei Super Duplex beträgt die maximale Schnittdicke ca. 65% der Dicke austenitischer Metalle.

### Perforieren/Stanzen

Die Kombination aus hoher Festigkeit schneller Stanzbewegung erschwert das Perforieren von Duplex-Metallen. Ein Anhaltspunkt ist, dass sich eine bestimmte Dicke bei Duplex wie die doppelte Dicke von austenitischen Edelstählen verhält.

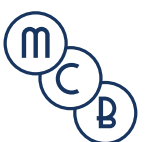
### Plasma- und Laserschneiden

In dieser Hinsicht sind Duplex-Metalle vollständig mit austenitischen Metallen vergleichbar.

**Tabelle 2: Mechanische Eigenschaften**

AISI	EN	ASTM-UNS	Min. 0,2% Streckgrenze* MPa	Min. Zerreißfestigkeit* MPa	Verlangerung%
AISI 304(L)	1.4301(4307)	S30400 (S30403)	210	520	45
AISI 316L	1.4404	S31603	220	520	45
AISI 316Ti	1.4571	S31635	220	520	40
904L	1.4539	N08904	220	520	35
254SMO	1.4547	S31254	300	650	40
Lean Duplex	1.4362	S32304	400	630	25
Duplex	1.4462	S32205/S31803	460	640	25
Super Duplex	1.4410	S32750	530	730	20
Super Duplex (F55)	1.4501	S32760	530	730	25

*\*min mechanische Werte gemäß EN-Norm bei Raumtemperatur*



## Liefermöglichkeiten Lean Duplex, Duplex und Super Duplex

Neben dem untenstehenden Lagersortiment bietet MCB Specials auch hervorragende Lieferoptionen mit kurzen Lieferzeiten für spezielle Ausführungen wie Flansche, Schweißfittings, Gewinderohrverbindungen, Lochbleche und Sonderbleche. Wir können nach jeder gewünschten Norm und/oder Zertifizierung (NACE, NorSok, ASME, usw.) liefern.

Lean Duplex - 1.4362 / Bleche	CR, finish 2E	HR, finish 1D						
2000 x 1000	2 mm	-						
3000 x 1500	3 mm	4/5 mm						
6000 x 2000	2/3/4 mm	5/6/8/10/15/20 mm						
<i>Andere Produkte und/oder Abmessungen auf Anfrage</i>								
Duplex - 1.4462 / Bleche	CR, finish 2E	HR, finish 1D						
2000 x 1000	1/1.5/2/3/4 mm	5/6/8/10/12/15/20/25/30/40 mm						
2500 x 1250	1.5/2/3 mm	4/5/6/8/10 mm						
3000 x 1500	1,5/2/3 mm	4/5/6/8/10/12/15/20/25/30 mm						
4000 x 2000	-	6/8/10 mm						
6000 x 1500	-	6/8/10 mm						
6000 x 2000	2/3/4 mm	5/6/8/10/12/15/20/25/30/35/40/50 mm						
Duplex - 1.4462 / Flach Stabstahl HR(4-6 mtr)	5	6	8	10	12	15	20	Dicke
Breite 30		x	x	x		x		
Breite 40		x	x	x	x	x		
Breite 50	x	x	x	x	x	x	x	
Breite 60		x	x	x		x	x	
Breite 70			x					
Breite 75						x		
Breite 80			x	x	x	x	x	
Breite 100				x			x	
Duplex - 1.4462 / Winkel Profile HR(6 mtr)								
30x30x3 mm	40x40x4mm	50x50x5mm	60x60x6mm	70x70x7mm	80x80x8mm	100x100x10 mm		
Duplex - 1.4462 / Stabstahl	CR (3 mtr)	HR (5-6 mtr)						
Rund	6/8/10/12/15/16/35 mm	-						
Rund	20/25/30/40/50 mm	20/25/30/40/50 mm						
Rund	-	60/70/75/80/90/100/110/120/130/150/160/180/200 mm						

### Duplex - 1.4462 / Rohre Rund, nahtlos (6m Länge)

20.0 x 2.0	33.4 x 2.77 (1" 10S)	60.3 x 2.0	114.3 x 3.05 (4" 10S)
21.3 x 2.0	33.4 x 3.38 (1" 40S)	60.33 x 2.77 (2" 10S)	114.3 x 3.6
21.34 x 2.11 (1/2" 10S)	33.7 x 2.0	60.33 x 3.91 (2" 40S)	114.3 x 6.02 (4" 40S)
21.34 x 2.77 (1/2" 40S)	42.16 x 2.77 (1 1/4" 10S)	60.33 x 5.54 (2" 80S)	139.7 x 4.0
21.34 x 3.73 (1/2" 80S)	42.16 x 3.56 (1 1/4" 40S)	76.1 x 3.05	168.3 x 3.4 (6" 10S)
25.0 x 2.0	42.4 x 2.0	88.9 x 2.6	168.3 x 7.11 (6" 40S)
26.67 x 2.11 (3/4" 10S)	48.26 x 2.77 (1 1/2" 10S)	88.9 x 3.05 (3" 10S)	219.1 x 8.18 (8" 40S)
26.67 x 2.77 (3/4" 40S)	48.26 x 3.68 (1 1/2" 40S)	88.9 x 5.49 (3" 40S)	
26.67 x 3.73 (3/4" 80S)	48.26 x 5.08 (1 1/2" 80S)	88.9 x 2.6	

*Zugehörige Schweißfittings und Flansche sind verfügbar*

### Super Duplex

MCB Specials hat sehr gute Möglichkeiten in Bleche, Stabstahl, Rohre und Schweißfittings

**Bei MCB Specials beraten Sie Spezialisten zur Auswahl der geeigneten Materialien und Bearbeitungsmethoden. Darüber hinaus bieten wir metallurgische Unterstützung und Anwendungsberatung.**

#### **MCB Specials**

+31 (0)36 54 95 151

info@mcbspecialchars.eu

www.mcbspecialchars.eu

Obwohl MCB Specials diese Publikation mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt hat, können wir keine Haftung für eventuelle Schäden übernehmen, die durch Unvollständigkeit oder Ungenauigkeit in dieser Broschüre entstehen. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Genehmigung von MCB Specials in irgendeiner Form reproduziert oder veröffentlicht werden.

[www.mcbspecials.eu](http://www.mcbspecials.eu)