

Technisches Merkblatt

UGIMA®-X 4460

Chemische Analyse (%)

C	Wenn	Mn	Ni	Cr	Mo	P	S	N
≤0.03	≤ 0.75	≤ 1,0	4,5 - 5,0	25,0 - 27,0	1,3 - 1,8	≤ 0,035	0.02 - 0.03	0.05 - 0.20

14-10-2024 - REV 00

Allgemeine Darstellung

UGIMA®-X 4460 ist ein austenitisch-ferritischer rostfreier Stahl, auch Duplexstahl genannt, der in allen Punkten mit dem 1.4460 identisch ist, mit Ausnahme seiner Bearbeitbarkeit, die durch die Anwendung des UGIMA®-Verfahrens-X deutlich verbessert wird:

- Im Vergleich zu den auf dem Markt erhältlichen Sorten 1.4460 wurden Produktivitätssteigerungen von 20 bis 30 % erzielt, und das Spanbruchverhalten von UGIMA®-X 4460 ist deutlich besser.
- UGIMA®-X 4460 hat eine bessere Zerspanbarkeit als die austenitische Sorte 1.4404 / AISI 316L, einschließlich UGIMA®-X 4404, insbesondere aufgrund seines guten Spanbruchverhaltens.

Klassifizierung

Schwefelhaltiger austenitisch-ferritischer (Duplex-) Edelstahl

Bezeichnung

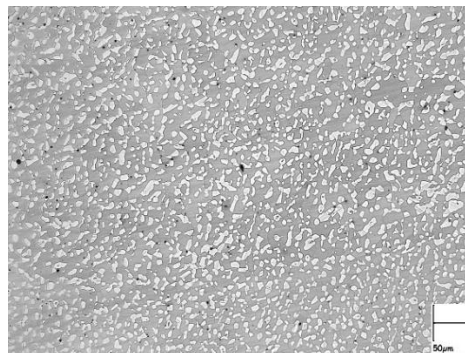
Nr. Thema

Europ	USA	Japan
EN 10088-1	AISI UNS	SUS
1.4660 X3CrNiMoN 27-5-2	329 S32900	-

Mikrostruktur

UGIMA®-X 4460 hat ein zweiphasiges Gefüge, das aus einer ferritischen Matrix mit Austenitinseln besteht. Auf dem nebenstehenden Foto, das in Querrichtung aufgenommen wurde, sind die Austenitinseln hellgrau und die ferritische Matrix dunkelgrau.

UGIMA®-Oxide sind die feinen schwarzen Partikel, die in der gesamten Matrix verteilt sind.



Schliffbilder in Querrichtung

Mechanische Eigenschaften

Werte bei Raumtemperatur

Produkte	Zugfestigkeit	Streckgrenze	Bruchdehnung	Einschnürung	Kerbschlagzähigkeit
	Rp0,2% (MPa)	Rm (MPa)	A (%)	Z (%)	KV (J) bei 20°C min.
Abgeschreckt	655	530	31	77	150
Kaltverfestigt (10% Querschnittsverringering)	920	810	20	64	120



Swiss Steel Group

Produktionsstandorte: Ugitech SA
www.swisssteel-group.com

Technisches Merkblatt

UGIMA®-X 4460

Chemische Analyse (%)

C	Wenn	Mn	Ni	Cr	Mo	P	S	N
≤0.03	≤ 0.75	≤ 1,0	4,5 - 5,0	25,0 - 27,0	1,3 - 1,8	≤ 0,035	0.02 - 0.03	0.05 - 0.20

14-10-2024 - REV 00

Physikalische Eigenschaften

Temperatur	Dichte	Elastizitätsmodul	Wärmeleitfähigkeit	Ausdehnungskoeffizient (zwischen 20°C und T°)	Elektrischer Widerstand
(°C)	(kg/dm³)	(GPa)	(W/m.°C)	(10-6/°C)	(μΩ.mm)
20	7,8	200	15		800
100		194		13,0	
200		186		13,5	
300		180		14,0	

Von der Verwendung von UGIMA®-X 4460 wird, wie bei allen anderen austenitisch-ferritischen Sorten, oberhalb von 300 °C abgeraten, da sich verspröden Phasen bilden können, die die Kerbschlagzähigkeit verschlechtern und die Korrosionsbeständigkeit beeinträchtigen (Alpha', Chi und Sigma-Phasen bei höheren Temperaturen).

Bei niedrigen Temperaturen bleibt die Kerbschlagzähigkeit von UGIMA®-X 4460 bis -20°C gut (KV > 120J) und der spröde duktile Übergang beginnt erst bei -40°C.

UGIMA®-X 4460 enthält rund 65 % ferritische Phase, was ihm die folgenden magnetischen Eigenschaften verleiht:

Relative Permeabilität: $\mu_r = 125$

Remanenz: $B_r = 0,11 \text{ T}$

Sättigungspolarisationen: $J_{sat} = 0,825 \text{ T}$

Koerzitivfeldstärke: $H_c = 450 \text{ A/m}$

Korrosionsbeständigkeit

UGIMA®-X 4460 zeigt eine sehr gute Korrosionsbeständigkeit in stark chloridhaltigen Medien wie Meerwasser und in stärker nachgefragten Tests wie Salzsprühnebel nach ISO 9227 (2022) sowie in zahlreichen Medien, die Lochfraß, Spaltkorrosion oder Spannungsrisskorrosion auslösen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über das Verhalten in verschiedenen Medien oder beschleunigten Tests:

Milieu	Verhalten
Salpetersäure	Gut
Phosphorsäure	Gut
Schwefelsäure	Mäßig
Essigsäure	Gut
Soda	Gut
NaCl (Salznebel)	Ausgezeichnet
Luftfeuchtigkeit	Ausgezeichnet
Meerwasser	Gut
Öl / Gas	Gut



Lokale Korrosion

**Swiss
Steel**
Group

Swiss Steel Group

Produktionsstandorte: Ugitech SA
www.swisssteel-group.com

Technisches Merkblatt

UGIMA®-X 4460

Chemische Analyse (%)

C	Wenn	Mn	Ni	Cr	Mo	P	S	N
≤0.03	≤ 0.75	≤ 1,0	4,5 - 5,0	25,0 - 27,0	1,3 - 1,8	≤ 0,035	0.02 - 0.03	0.05 - 0.20

14-10-2024 - REV 00

Die Beständigkeit von UGIMA®-X 44060 gegen Lochfraß in chloridhaltiger Umgebung (NaCl) ist deutlich besser als die Sorte 1.4404 / AISI 316L. Dies wurde durch Messungen des Lochfraßpotentials gemäß ISO 15158 (2014) oder einfacher und nur zu Informationszwecken durch die PREN (Pitting Resistance Equivalent Number = $\text{Cr \%} + 3,3 \times \text{Mo \%} + 16 \times \text{N \%}$) überprüft.

	UGIMA®-X 4404	UGIMA®-X 4460
Lochfraßpotenzial (mV/ECS NaCl 0,86 M, pH 6,6 bei 35°C (Querrichtung der Balken))	305	500
PREN (Pitting Resistance Equivalent Number)	24	30

Warmumformung – Schmieden

Die Schmiedbarkeit von UGIMA®-X 4460 ist geringer als die der üblichen austenitischen Stähle der Typen 1.4307/1.4404. Die praktischen Regeln für die Warmumformung sind:

- **Vorheizen:** ist nicht notwendig, außer vielleicht bei großen Stücken zum alleinigen Zweck der Homogenisierung ($T^{\circ} > 900^{\circ}\text{C}$).
- **Schmieden:** Wird bei 1200 bis 900 °C durchgeführt, die besten Ergebnisse werden jedoch bei 1200 bis 1100 °C erzielt. Da das Metall bei diesen Temperaturen ferritischer wird, ist es besser formbar.
- **Abkühlung:** Es wird eine schnelle Abkühlung mit Wasser oder Öl empfohlen, um die Bildung von spröden Phasen, insbesondere der Sigma-Phase zwischen 900 und 600 °C, zu vermeiden.

Kaltumformung

Die mechanischen Eigenschaften von UGIMA®-X 4460 im abgeschreckten Zustand sind deutlich besser als die von UGIMA®-X 4404, insbesondere die Streckgrenze, die für die Dimensionierung von Teilen entscheidend ist.

Abgeschrecktes Produkt	Zugfestigkeit	Streckgrenze	Bruchdehnung	Einschnürung	Kerbschlagzähigkeit
	(MPa)	(MPa)	A (%)	Z (%)	KV (J) bei 20°C min.
UGIMA-X 4404	550	260	45	75	180
UGIMA-X 4460	650	530	31	75	150

UGIMA®-X 4460 ist eine stickstoffangereicherte Sorte, deren mechanische Eigenschaften bei der Kaltumformung durch Ziehen oder Drahtziehen stark ansteigen. Es handelt sich um eine Sorte, die stark kaltverfestigend ist und deren Zugfestigkeit nach der Kaltumformung über 800 MPa und deren Streckgrenze über 650 MPa betragen kann.



Swiss Steel Group

Produktionsstandorte: Ugitech SA
www.swisssteel-group.com

Technisches Merkblatt

UGIMA®-X 4460

Chemische Analyse (%)

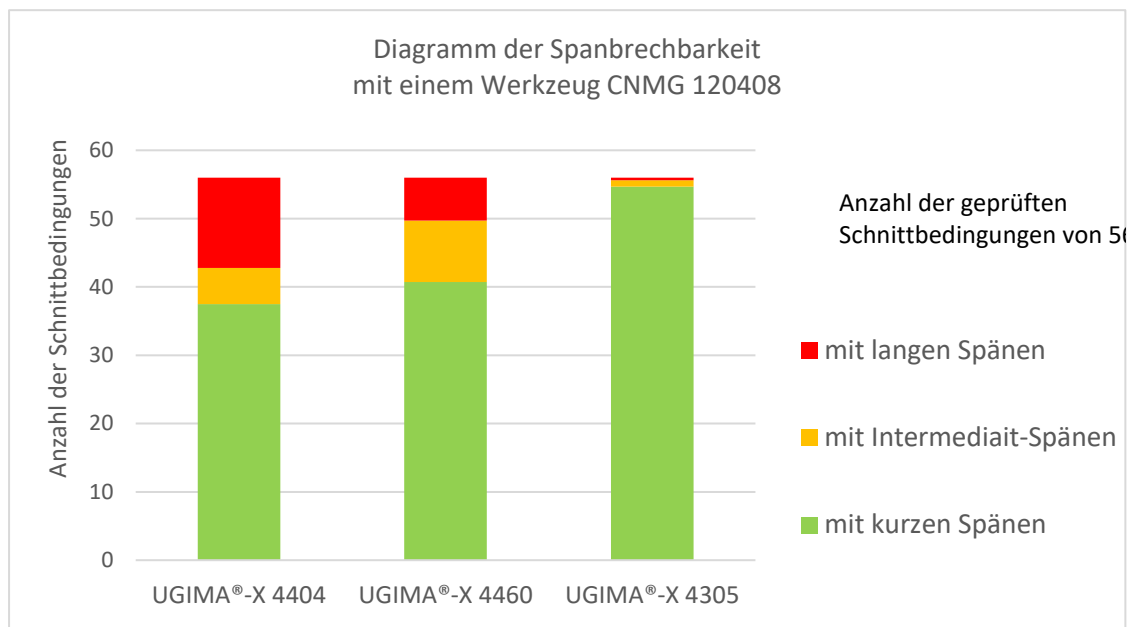
C	Wenn	Mn	Ni	Cr	Mo	P	S	N
≤0.03	≤ 0.75	≤ 1,0	4,5 - 5,0	25,0 - 27,0	1,3 - 1,8	≤ 0,035	0.02 - 0.03	0.05 - 0.20

14-10-2024 - REV 00

Bearbeitbarkeit

Duplexstähle gelten wegen ihrer hohen mechanischen Eigenschaften, der starken Kaltverformbarkeit des in ihnen enthaltenen Austenits und ihres sehr niedrigen Schwefelgehalts oft als schwer zu bearbeiten. Dies ist jedoch bei UGIMA®-X 4460 nicht der Fall, da der Schwefelgehalt zwischen 0,02 und 0,03 % liegt und vor allem der UGIMA®-X -Prozess eine ähnliche oder sogar bessere Zerspanungsleistung als die austenitischen Sorten 1.4404 / 316L ermöglicht. So ist die Produktivität beim Drehen mit einem UGIMA®-X 4460 auf dem Niveau eines UGIMA®-X 4404.

Darüber hinaus wurde das Spanbruchverhalten des UGIMA®-X 4460 stark verbessert. Sie ist besser als das eines UGIMA®-X 4404 und tendiert dazu, sich dem eines UGIMA®-X 4305 anzunähern, wie die folgende Grafik zeigt.



Wärmebehandlung

Der abgeschreckte Zustand der Sorte 1.4460 wird nach einer Erhitzung auf 1030/1100°C und anschließender rascher Abkühlung mit Öl oder Wasser erreicht. Diese Wärmebehandlung ermöglicht:

- ein Gleichgewicht der vorhandenen Phasen (Ferrit + Austenit) zu erreichen,
- sicherzustellen, dass keine unerwünschten versprödhenden Phasen wie die Sigma-Phase vorhanden sind, die die Kerbschlagzähigkeit und die Korrosionsbeständigkeit beeinträchtigen würden.

Oberflächenbehandlung

Das Abbeizen von UGIMA®-X 4460 erfolgt unter Verwendung von Fluor-Stickstoff-Mischungen, deren Verhältnis innerhalb folgender Grenzen variieren kann:

- Salpetersäure HNO₃ - 20 bis 25 Vol.-% - (Dichte der Säure vor der Verdünnung: 1,43)
- HF-Fluorwasserstoffsäure - 1 bis 4 Vol.-% - (Dichte der Säure vor der Verdünnung: 1,18)



Swiss Steel Group

Produktionsstandorte: Ugitech SA
www.swisssteel-group.com

Technisches Merkblatt

UGIMA®-X 4460

Chemische Analyse (%)

C	Wenn	Mn	Ni	Cr	Mo	P	S	N
≤0.03	≤ 0.75	≤ 1,0	4,5 - 5,0	25,0 - 27,0	1,3 - 1,8	≤ 0,035	0.02 - 0.03	0.05 - 0.20

14-10-2024 - REV 00

Diese Bäder werden am besten bei Temperaturen um 60°C eingesetzt; bei höheren Temperaturen bestehen erhebliche Risiken durch die Verdunstung von Flusssäure und erhöhte Risiken für die Umwelt.

Bei niedrigen Temperaturen werden die Beizzeiten deutlich verlängert, was zu Lasten der Produktivität der industriellen Linien geht.

Schweißen

UGIMA®-X 4460 weist einen höheren Ferritgehalt in den geschmolzenen Bereichen auf, wenn das Schweißgut die gleiche Zusammensetzung wie das Grundmetall hat. Diese Besonderheit ist bei der Bestimmung der optimalen Zusammensetzungen des Schweißguts zu berücksichtigen. Darüber hinaus ist es auch wahrscheinlich, dass die Wärmeeinflusszonen mehr Ferrit aufweisen als das Grundmetall. Um diesen Unterschied zu begrenzen, sind hohe lineare Schweißenergien zu bevorzugen, um eine langsamere Abkühlung zu bewirken. Allerdings sollte man sich auf Energien beschränken, die keine Bildung von Sigma-Phasen induzieren. Es gibt also einen Bereich linearer Schweißenergie, der die beiden oben genannten Risiken minimiert. Dieser Bereich ist umso höher, je dicker die zu schweißenden Teile sind (d. h. die Abkühlung beim Schnellschweißen).

Das Vorwärmen der Werkstücke vor dem Schweißen ist nicht erwünscht.

Nach dem Schweißen darf keine Wärmebehandlung durchgeführt werden, es sei denn, das Abschrecken ist erforderlich, wie im Abschnitt „Wärmebehandlungen“ beschrieben.

Bei der MIG-Schweißung kann man sich für Schweißzusatzwerkstoffe auf Nickelbasis wie Ni 6660 entscheiden, um Duktilität und Korrosionsbeständigkeit in der Schmelzzone zu gewährleisten.

Verfügbare Produkte

Produkt	Form	Endausführung	Toleranz	Abmessungen
Stabstahl	Rund	Gewalzt, überdreht	11 bis 13	20 bis 120 mm
	Rund	Geschält, poliert	9 bis 11	20 bis 120 mm
	Rund	Gezogen	9	5 bis 55 mm
	Rund	Geschliffen	7 bis 9	20 bis 80 mm
Walzdraht	Rund	Gebeizt		5,5 bis 32 mm

Weitere Abmessungen auf Anfrage.

Anwendungen

- Maschinenbauindustrie - Kolbenstangen
- Chemische Industrie
- Erdöl- und petrochemische Industrie



Swiss Steel Group

Produktionsstandorte: Ugitech SA
www.swisssteel-group.com