

Technisches Datenblatt

UGIPURE® 4441

Chemische Analyse (%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	P	S	N
≤0.030	≤0.75	≤2.0	13.0 – 15.0	17.0 – 19.0	≤0.5	2.5 – 3.0	≤0.025	≤0.010	≤0.1

12-06-2019 – REV 02

Produktbeschreibung

Der Werkstoff UGIPURE® 4441 ist ein austenitischer Stahl für chirurgische Implantate, der während seiner Herstellung mit einer abschmelzbaren Elektrode umgeschmolzen wird. In Verbindung mit einem Fertigungsprozess, der höchste Anforderungen erfüllen muss, entsteht ein sehr reines, homogenes Gefüge ohne Deltaferrit. UGIPURE® 4441 ist außerdem biokompatibel, nichtmagnetisch und für MRT-Untersuchungen geeignet.

Klassifikation

Nichtrostender austenitischer Stahl

Normen

Werkstoffnummer		
Europa		USA
DIN 17443	Symbol	UNS
1.4441	X2CrNiMo18-15-3	S31673

- ISO 5832-1 nuance D
- ASTM F138

Mikrogefüge

Der Werkstoff UGIPURE® 4441 zeichnet sich durch sein austenitisches Gefüge ohne Restferrit (oder Deltaferrit) aus. Sein Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen (Sulfide und Oxide) ist sehr gering und entspricht folgenden Reinheitsgraden nach ASTM E45 / A oder ISO 4967 / A.

Einschlusstart	Sulfide A	Aluminiumoxide B	Silicate C	Kugelige Oxide D
Fein	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5
Grob	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0

Mechanische Eigenschaften

Zugfestigkeit

Zustand	Temperatur T (°C)	Zugfestigkeit Rm (MPa)	Streckgrenze Rp _{0,2} (MPa)	Bruchdehnung A (%)	Einschnürung Z (%)
Schnell abgeschreckt (Ø ≥ 1,6 mm)	20°C	490 - 690	≥ 190	≥ 40	
Kaltverfestigt (Ø ≥ 1,6 mm)	20°C	860 - 1100	≥ 690	≥ 12	
Gezogen (Ø < 1,6 mm)	20°C	860 - 1035		≥ 5	
Extrahart	20°C	≥ 1400			

Physikalische Eigenschaften

Temperatur (°C)	Dichte (kg/dm³)	Elastizitätsmodul (GPa)	Wärmeleitfähigkeit (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Ausdehnungskoeffizient (zwischen 20°C und T°) (10 ⁻⁶ .K ⁻¹)	Spezifischer elektrischer Widerstand (μΩ.mm)	Spezifische Wärmekapazität (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)	Magnetismus
20°C	8,0	200	15	-	0,75	500	Nein
100°C		194		16,0			
200°C		186		16,5			
300°C		179		17,0			
400°C		172		17,5			
500°C		165		18,0			



Swiss Steel Group

Produktionsstätte: Ugitech SA
www.swisssteel-group.com

Technisches Datenblatt

UGIPURE® 4441

Chemische Analyse (%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	P	S	N
≤0.030	≤0.75	≤2.0	13.0 – 15.0	17.0 – 19.0	≤0.5	2.5 – 3.0	≤0.025	≤0.010	≤0.1

12-06-2019 – REV 02

Der Werkstoff UGIPURE® 4441 ist nichtmagnetisch (kein Restferrit).*

Korrosionsbeständigkeit

Flächenkorrosion

Aufgrund seines hohen Nickel-, Chrom- und Molybdängehalts besitzt UGIPURE® 4441 eine sehr gute Beständigkeit gegen Flächenkorrosion in saurer Umgebung.

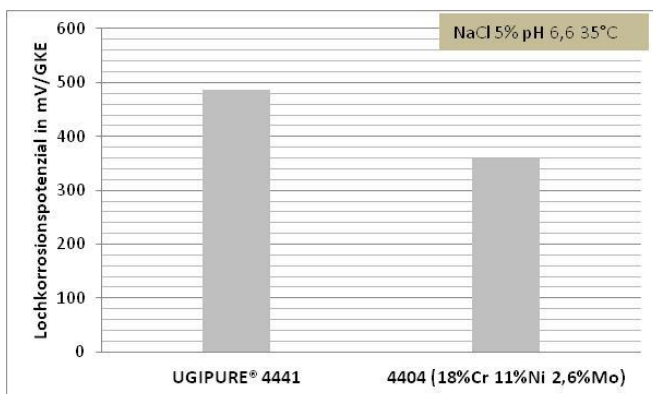
Örtliche Korrosion

– Lochkorrosion

Die Beständigkeit gegen örtliche Lochkorrosion lässt sich nach der Formel des Pitting-Index charakterisieren:

$PREN = \%Cr + 3,3\%Mo + 16\%N$. Für die Zusammensetzung von UGIPURE® 4441 ergibt sich ein hoher PREN von 27,8, wie er für die Gruppe der austenitischen Stähle mit Molybdän charakteristisch ist.

Das Lochkorrosionspotenzial wurde elektrochemisch in einem salzhaltigen Medium mit neutralem pH-Wert (Salzkonzentration 5 Masseprozent) bei 35°C bestimmt. Das folgende Diagramm zeigt die Lochkorrosionspotenziale der Werkstoffe UGIPURE® 4441 und 1.4404 (AISI 316L) im Vergleich: UGIPURE® 4441 zeichnet sich durch eine sehr hohe Lochkorrosionsbeständigkeit aus.



– Interkristalline Korrosion

UGIPURE® 4441 weist einen sehr geringen Kohlenstoffgehalt auf und erfüllt die Anforderungen der interkristallinen Korrosionstests der Normen ASTM A262 Practice E und ISO 3651-2.

Spannungsrisskorrosion

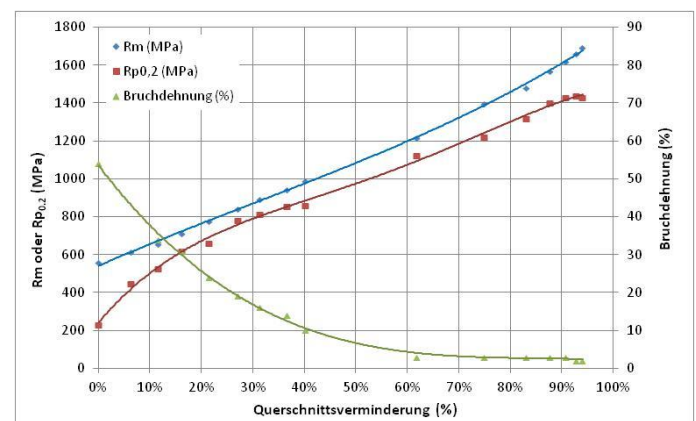
Austenitische Werkstoffe können unter bestimmten Temperatur- und Korrosionsbedingungen (Präsenz von Chloridionen) auf Spannungsrisskorrosion zurückzuführende Risse bilden.

Warmumformung Schmieden

Der Werkstoff ist zur Warmumformung zwischen 900°C und 1200°C mit anschließender schneller Abkühlung (Luft oder Wasser) geeignet. Nach der Warmumformung wird im Allgemeinen eine Lösungsglühung oder eine schnelle Abkühlung durchgeführt (siehe Hinweise in den entsprechenden Abschnitten).

Kaltumformung

Der Werkstoff UGIPURE® 4441 ist zum Kaltumformen geeignet. Seine im Vergleich zu nichtaustenitischen Werkstoffen hohe Kaltverfestigungsneigung erfordert eine entsprechende Anpassung der Werkzeuge. Die nichtmagnetische Beschaffenheit dieses Stahls bleibt auch bei einem hohen Kaltumformungsgrad erhalten (keine Bildung von Verfestigungsmartensit).



Kaltverfestigungskurve des Werkstoffs UGIPURE® 4441



Swiss Steel Group

Produktionsstätte: Ugitech SA
www.swisssteel-group.com

Technisches Datenblatt

UGIPURE® 4441

Chemische Analyse (%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	P	S	N
≤0.030	≤0.75	≤2.0	13.0 – 15.0	17.0 – 19.0	≤0.5	2.5 – 3.0	≤0.025	≤0.010	≤0.1

12-06-2019 – REV 02

Zerspanbarkeit

Aufgrund seiner sehr geringen Einschlussspopulation ermöglicht UGIPURE® 4441 keinen optimalen Spanbruch bei Schneidprozessen. Wann immer dies möglich ist, sollten deshalb die Schnittbedingungen und Werkzeugpositionen so eingestellt werden, dass eine Ansammlung von Spänen im Umfeld der Werkzeuge vermieden wird (siehe unten).

Wie alle molybdänhaltigen austenitischen Stahlsorten (1.4401, 1.4404, 1.4435...) zeichnet sich UGIPURE® 4441 außerdem durch eine hohe mechanische Festigkeit und starke Kaltverfestigungsneigung aus, was höhere Schnittkräfte erfordert und daher zu einem schnelleren Verschleiß der Werkzeuge führt, als es bei nicht molybdänhaltigen austenitischen Edelstählen wie etwa 1.4307 der Fall ist. Die Schnittbedingungen müssen entsprechend angepasst werden.

Drehen

Da dieser Werkstoff nicht über eine optimierte Einschlussspopulation zur Verbesserung der Zerspanbarkeit verfügt, müssen die Schnittgrößen reduziert werden, um die Abnutzung der Werkzeuge zu begrenzen und zufrieden stellende Standzeiten zu erreichen. Diese Reduzierung ist jedoch verhältnismäßig begrenzt. Gegenüber UGI® 4435ICH, einem vergleichbaren Werkstoff mit verbesserter Zerspanbarkeit, beträgt sie z.B. weniger als von 25 bis 30 %.

Die Hauptschwierigkeit beim Drehen von UGIPURE® 4441 beruht auf dem schlechten Spanbruch. Diese Tatsache erfordert besondere Strategien beim Schneiden, zum Beispiel:

- Erhöhung des Vorschubs, wann immer dies möglich ist (und gleichzeitige Verringerung der Schnittgeschwindigkeit, wenn diese nicht bereits sehr niedrig ist), um den Spanbruch zu fördern;
- Ausrichtung der Schneidflächen der Werkzeuge nach unten, um die Spanabfuhr durch die Schwerkraft zu unterstützen; dies gilt insbesondere für die Endbearbeitungsphase, in der der Vorschub im Allgemeinen nicht vergrößert werden kann;
- Ausgiebige Schmierung mit gezielt ausgerichtetem Schmiermittelstrahl, um den Bruch der erzeugten langen Späne mechanisch zu unterstützen.

Bohren

Beim Bohren sind die erforderlichen besonderen Maßnahmen aufgrund der eingeschränkten Zerspanbarkeit von UGIPURE® 4441 von noch größerer Bedeutung als beim Drehen. Zu empfehlen sind Bohrer mit Zentralkühlung, um die Zerspanung durch den Druck des Schmiermittels an der Werkzeugspitze mechanisch zu unterstützen und die Spanabfuhr über die Spannnuten der Bohrer zu erleichtern.

Wenn sich lange Späne bilden, die über die Spannnuten der Bohrer nur schwer abgeführt werden können, müssen die Späne im Allgemeinen je nach Tiefe der Bohrungen ein- oder mehrmals gebrochen werden.

Beim Einsatz von Vollhartmetallbohrern sollte der Vorschub maximiert (und die Schnittgeschwindigkeit gleichzeitig reduziert) werden, um einen besseren Spanbruch zu erzielen.

Wenn mit Hartmetallplättchen bestückte HSS-Bohrer verwendet werden, können dagegen hohe Schnittgeschwindigkeiten und ein geringer Vorschub zu besseren Ergebnissen führen, da die Schnittkräfte am Werkzeug kleiner sind und gleichzeitig der Spanbruch durch die Vibrationen unterstützt wird, die beim Bohren mit hohen Drehzahlen häufig auftreten.

Schweißbarkeit

Trotz seiner starken Neigung zur Warmrissbildung, die auf die primär austenitische Erstarrung zurückzuführen ist, lässt sich UGIPURE® 4441 dank seines niedrigen Schwefelgehalts nach den meisten herkömmlichen Verfahren schweißen.

Von einer maschinengeschweißten Implantat-Konzeption wird jedoch dringend abgeraten.

Wärmebehandlung

Lösungsglühen (schnelles Abschrecken)

Durch schnelles Abschrecken wird eine optimale Korrosionsbeständigkeit des Stahls erreicht. Die Wärmebehandlung muss bei 1050°C bis 1120°C durchgeführt werden, anschließend erfolgt eine rasche Abkühlung mit Wasser oder Luft (bei Produkten mit kleinem Querschnitt).



Swiss Steel Group

Produktionsstätte: Ugitech SA
www.swisssteel-group.com

Technisches Datenblatt

UGIPURE® 4441

Chemische Analyse (%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	P	S	N
≤0.030	≤0.75	≤2.0	13.0 – 15.0	17.0 – 19.0	≤0.5	2.5 – 3.0	≤0.025	≤0.010	≤0.1

12-06-2019 – REV 02

Oberflächenbehandlung

Entzundern

Wenn bei einer Warmbearbeitung oxidierte Flächen auftreten, müssen diese dekapiert werden. Hierzu wird ein Säurebad aus Salzsäure oder Schwefelsäure oder einem Nitrofluorwasserstoff-Säuregemisch verwendet. Eine Erwärmung des Bads (z.B. auf 50°C) ermöglicht eine Verkürzung der Eintauchzeit. Zum Schluss müssen die Flächen grundsätzlich sorgfältig abgespült werden.

Passivieren

Rostfreie Stähle müssen im Allgemeinen nicht passiviert werden: An der Luft bildet sich spontan eine Passivschicht, die nach 24 Stunden eine gewisse Stabilität erreicht.

Dagegen können rostfreie Stähle durch den Kontakt mit Kohlenstoff- oder schwach legierten Stählen verunreinigt werden (Eisenkontamination). In diesem Fall ist eine 30-minütige Passivierung mit Salpetersäure bei Raumtemperatur erforderlich. Abschließend muss die Oberfläche abgespült bzw. neutralisiert werden.

Elektropolieren

UGIPURE® 4441 kann unter den für molybdänhaltige austenitische Stähle üblichen Bedingungen elektropoliert werden.

Lieferbare Produkte

Produkt	Form	Ausführung	Toleranz	Abmessungen
Stabstahl	Rund	geschält	9 bis 11	22 bis 130 mm
		geschliffen	7 bis 9	1,8 bis 80 mm
		kaltgezogen	9	1,8 bis 55 mm
Walzdraht	Rund	Gebeizt		5 bis 32 mm
Knüppel	Platz			50 bis 120 mm

Weitere Produkte auf Anfrage

Anwendungen

Der Werkstoff UGIPURE® 4441 ist zur Herstellung von chirurgischen Implantaten aller Art geeignet, die zum längeren oder endgültigen Verbleib im menschlichen Körper bestimmt sind:

- Prothesen,
- Schrauben,
- Platten...



Swiss Steel Group

Produktionsstätte: Ugitech SA
www.swisssteel-group.com