

## Austenitische nichtrostende Chrom-Mangan-Stähle - der neue europäische Werkstoff 1.4618



## Euro Inox

Euro Inox ist die europäische Marktförderungsorganisation für nichtrostende Stähle (Edelstahl Rostfrei). Die Mitglieder von Euro Inox umfassen:

- europäische Produzenten von Edelstahl Rostfrei,
- nationale Marktförderungsorganisationen für Edelstahl Rostfrei sowie
- Marktförderungsorganisationen der Legierungsmittelindustrie.

Ziel von Euro Inox ist es, bestehende Anwendungen für nichtrostende Stähle zu fördern und neue Anwendungen anzuregen. Planern und Anwendern sollen praxis nahe Informationen über die Eigenschaften der nichtrostenden Stähle und ihre sachgerechte Verarbeitung zugänglich gemacht werden. Zu diesem Zweck

- gibt Euro Inox Publikationen in gedruckter und elektronischer Form heraus,
- veranstaltet Tagungen und Seminare und
- initiiert oder unterstützt Vorhaben in den Bereichen anwendungstechnische Forschung sowie Marktforschung.

ISBN 978-2-87997-333-3

ISBN 978-2-87997-321-0 Englische Fassung

ISBN 978-2-87997-335-7 Italienische Fassung

### Vollmitglieder

#### **Acerinox**

[www.acerinox.es](http://www.acerinox.es)

#### **Aperam**

[www.aperam.com](http://www.aperam.com)

#### **Outokumpu**

[www.outokumpu.com](http://www.outokumpu.com)

#### **ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni**

[www.acciaiterni.it](http://www.acciaiterni.it)

#### **ThyssenKrupp Nirosta**

[www.nirosta.de](http://www.nirosta.de)

### Assoziierte Mitglieder

#### **Acroni**

[www.acroni.si](http://www.acroni.si)

#### **British Stainless Steel Association (BSSA)**

[www.bssa.org.uk](http://www.bssa.org.uk)

#### **Cedinox**

[www.cedinox.es](http://www.cedinox.es)

#### **Centro Inox**

[www.centroinox.it](http://www.centroinox.it)

#### **Informationsstelle Edelstahl Rostfrei**

[www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

#### **International Chromium Development Association (ICDA)**

[www.icdachromium.com](http://www.icdachromium.com)

#### **International Molybdenum Association (IMOIA)**

[www.imoa.info](http://www.imoa.info)

#### **Nickel Institute**

[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

#### **Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)**

[www.turkpasder.com](http://www.turkpasder.com)

#### **Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)**

[www.puds.pl](http://www.puds.pl)

#### **SWISS INOX**

[www.swissinox.ch](http://www.swissinox.ch)

Austenitische nichtrostende Chrom-Mangan-Stähle –  
 der neue europäische Werkstoff 1.4618  
 Erste Auflage 2012  
 (Reihe Werkstoff und Anwendungen, Band 12)  
 © Euro Inox 2012

## Inhalt

1. Einführung	2
2. Geschichte der AISI 200er-Serie und derzeitige Entwicklungen	3
3. Der neue europäische Werkstoff 1.4618	5
4. Mechanische Eigenschaften	6
5. Umformbarkeit	9
6. Korrosionsverhalten	12
7. Physikalische Eigenschaften	14
8. Schweißbarkeit	15
9. Zusammenfassung	16
10. Referenzen	17

### Herausgeber

Euro Inox  
 Diamant Building, Bd. A. Reyers 80  
 1030 Brüssel, Belgien  
 Tel.: +32 2 706 82 67  
 Fax: +32 2 706 82 69  
 E-mail: info@euro-inox.org  
 Internet: www.euro-inox.org

### Autoren

J. Charles, La Plaine Saint Denis (F)  
 A. Kosmač, Brüssel (B)  
 J. Krautschick, Krefeld (D)  
 J. A. Simón, Los Barrios (Cádiz), (E)  
 N. Suutala, Espoo, (FIN)  
 T. Taulavuori, Tornio (FIN)

### Übersetzung

U. Heubner, Werdohl (D)

### Haftungsausschluss

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen vermitteln Orientierungshilfen. Gewährleistungs- und Schadenersatzansprüche gegenüber Euro Inox, dessen Mitgliedern, Mitarbeitern und Beratern sowie anderen Projektbeteiligten können hieraus nicht abgeleitet werden.

### Urheberrechtlicher Hinweis

Vervielfältigungen jedweder Art sind, auch auszugsweise, nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

# 1 Einführung

Seit mehr als 50 Jahren gibt es Bemühungen, in den austenitischen Stählen Nickel durch Mangan zu ersetzen. Damit soll der Einfluss der Nickelpreisschwankungen auf den Legierungspreis abgemildert werden. Das resultierte in der Entwicklung der so genannten AISI-200er-Serie. Diese Stähle sind zusätzlich mit Stickstoff legiert, um den Austenit noch besser zu stabilisieren und dessen mechanische Eigenschaften anzuheben. Darüber hinaus wurde Kupfer zugesetzt, um damit sowohl die Austenitstabilität als auch die Kaltformbarkeit zu verbessern. Wenn Kupfer hinzulegiert wird, kann der Stickstoffgehalt vermindert werden, was zu weicheren Mangan-Austeniten führt.

In Europa und in Nordamerika haben diese Werkstoffe bis zum Ende des letzten Jahrhunderts nur begrenzte Anwendungen gefunden, und zwar dort, wo es hauptsächlich auf ihre Kombination von hoher Festigkeit und Duktilität ankam, zum Beispiel bei der Herstellung von Förderbändern.

Infolge der Beschränkungen für Importe von Nickel finden in Indien die Stähle der AISI-200er-Serie seit den 1980er Jahren in großem Umfang vor allem für preisgünstiges Tafelgeschirr Anwendung. Da dieses typischerweise meist von Hand abgewaschen und nicht den korrosiveren Bedingungen von Spülmaschinen ausgesetzt wird, hat sich die Korrosionsbeständigkeit für diesen Zweck als vollkommen ausreichend erwiesen.

In jüngerer Zeit werden große Mengen der Stähle vom AISI-200-Typ in Asien hergestellt. Einige der dort entstandenen Sorten entsprechen nicht internationalen Normen, weil sie auf die Minimierung von Legie-

rungselementen zugeschnitten worden sind – einschließlich des Chroms, welches ein Schlüsselement für die Korrosionsbeständigkeit darstellt. Auf das Fehlen internationaler Standards und Referenzen für diese Sorten ist kürzlich hingewiesen worden, zusammen mit Hinweisen auf

- eine zu stark verallgemeinerte Anwendung dieser Sorten als vermeintliche generelle Alternative zum Werkstoff 1.4301 (AISI 304),
- das Entstehen anderer AISI-200-Typen mit niedrigen Cr- und Ni-Gehalten, hohem Verunreinigungsgrad und unzureichend definierten mechanischen Eigenschaften,
- die Tatsache, dass die nichtmagnetische Natur dieser Sorten dazu führt, dass ihre Anwender sie mit den austenitischen Chrom-Nickel-Sorten verwechseln können.

In Europa hat der Wunsch, weniger abhängig vom Nickelpreis zu werden, zu der Weiterentwicklung der ferritischen Sorten geführt. Jedoch sind diese schwieriger zu schweißen, insbesondere bei Wanddicken von mehr als 6 mm. In manchen Anwendungen sind auch nichtmagnetische Werkstoffe, d. h. Austenite, vorzuziehen. Es erschien deshalb wünschenswert, einen rostfreien AISI-200er-Stahl verfügbar zu machen mit

- einer ausreichenden und verlässlich eingehaltenen Korrosionsbeständigkeit,
- einer besseren Umformbarkeit, als sie die "klassische" Sorte 1.4372 (AISI 201) aufweist.

Zu diesem Zweck wurde unter dem Dach von Euro Inox eine Expertengruppe gebildet. Die Ergebnisse ihrer Arbeit werden in dieser Publikation vorgestellt.

## 2 Geschichte der AISI-200er Serie und derzeitige Entwicklungen

Die Entwicklung der AISI-200er-Serie begann in den frühen 1930er Jahren. Wenn auch die ersten chemischen Analysen bereits dem späteren 205-Typ entsprachen (Ni nahe an 1 % und Stabilisierung des Austenits durch zugleich hohe Gehalte an Mangan und Stickstoff – siehe Abbildungen 1 und 2), waren Mitte der 1950er Jahre die Sorten 201 und 202 die ersten mit offiziellen AISI-Bezeichnung (Ni bei 4–6 % und  $N < 0,25$  %). Größere Bekanntheit erlangten sie während des Korea-Kriegs, als es galt, Nickel einzusparen, denn während dieser Zeit war die Verwendung von Nickel weitgehend militärischen Anwendungen vorbehalten. Die Sorte 214 mit  $< 1$  % Ni und ca. 0,35 % N wurde Ende der 1950er Jahre eingeführt. Austenitische CrMn-Stähle mit Mo-Zusatz zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit erschienen Mitte der 1960er Jahre sowohl in den USA als auch in Europa.

Gleichzeitig wurden Mn und Cu enthaltende Sorten entwickelt, welche die Herstellung der 4–6 % Ni enthaltenden austenitischen Stähle AISI 211 und 203 mit verhältnismäßigem niedrigem Stickstoffgehalt ermöglichten ( $N < 0,06$  %). Damit konnten Eigenschaften eingestellt werden, welche denen des Typs AISI 304 entsprachen. Infolge einer erneut eingetretenen Ni-Verknappung gewannen diese Sorten Anfang der 1970er Jahre an Bekanntheit. Die neue AOD-Technologie erleichterte das Zulegieren von Stickstoff zu den Stählen des AISI-200-Typs (Tabelle 1). Wieder einmal endete jedoch die Nickelknappheit und mit der höheren Verfügbarkeit sank der Preis von Nickel. Für mehr als 30 Jahre bildete sodann die Sorte AISI 304 den Standard innerhalb der Familie der nichtrostenden Stähle, die ein jährliches Wachstum von 5–6 % erreichten.

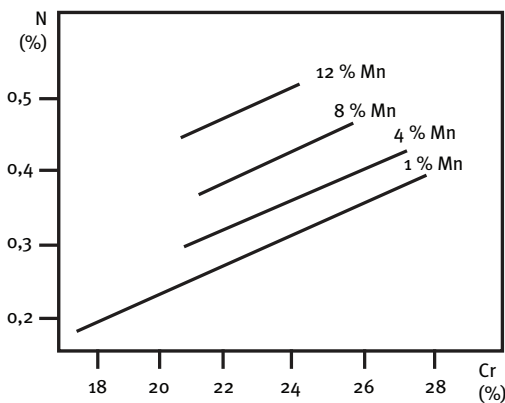


Abbildung 1. Einfluss von Cr- und Mn-Zusätzen auf die Löslichkeit von N in Stahl

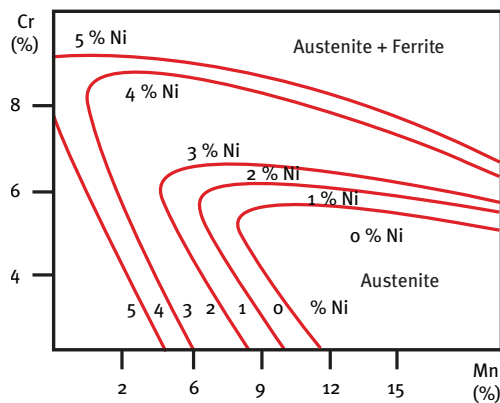


Abbildung 2. Legierungselemente und Austenitstabilität bei 1075 °C (Franks)

Für die Stähle der AISI-200er-Serie gab es noch in den 1980er und 1990er Jahren (mit Ausnahme von Indien) nur marginale Anwendungen. Mit dem neuen Jahrhundert begann eine neue Periode hoher Nickel-

preisvolatilität. Insbesondere China wurde ein größerer Anwender der rostfreien Stähle der AISI-200er-Serie. Austenitischer CrMn-Stahl wurde vor Ort hergestellt, der Rest hauptsächlich aus Indien importiert.

**Tabelle 1 . Chemische Analysen unterschiedlicher austenitischer CrMn-Stähle (AISI 200er Serie), in Masse-%**

AISI *	UNS **	Cr	Ni	Mn	N	C	S	Others
201	S20100	16,0–18,0	3,5–5,5	5,5–7,5	0,25 max.	0,15 max.	0,030 max.	
	S20103	16,0–18,0	3,5–5,5	5,5–7,5	0,25 max.	0,03 max.	0,030 max.	
201LN	S20153	16,0–17,5	4,0–5,0	6,4–7,5	0,10–0,25	0,03 max.	0,030 max.	Cu 1,0 max.
	S20161	15,0–18,0	4,0–6,0	4,0–6,0	0,08–0,20	0,15 max.	0,040 max.	
202	S20200	17,0–19,0	4,0–6,0	7,5–10,0	0,25 max.	0,15 max.	0,030 max.	
203	S20300	16,0–18,0	4,0–6,0	5,0–6,5	-	0,08 max.	0,18–0,35	Cu 1,75–2,25
204	S20400	15,0–17,0	1,5–3,0	7,0–9,0	0,15–0,30	0,03 max.	0,030 max.	
	S20430	15,5–17,5	1,5–3,5	6,5–9,0	0,05–0,25	0,15 max.	0,030 max.	Cu 2,0–4,0
205	S20500	15,5–17,5	1,5–3,5	14,0–15,5	0,32–0,40	0,12–0,25	0,030 max.	
214	S21400	17,0–18,5	1,0 max.	14,0–16,0	0,35 min.	0,12 max.	0,030 max.	
216	S21600	17,5–22,0	5,0–7,0	7,5–9,0	0,25–0,50	0,08 max.	0,030 max.	Mo 2,0–3,0
	S21603	17,5–22,0	5,0–7,0	7,5–9,0	0,25–0,50	0,03 max.	0,030 max.	Mo 2,0–3,0
	S24000	17,0–19,0	2,25–3,75	11,5–14,5	0,20–0,40	0,08 max.	0,030 max.	
EN***		Cr	Ni	Mn	N	C	S	Others
	1.4371	16,0–17,0	3,5–5,5	6,0–8,0	0,15–0,20	0,03 max.	0,015 max.	
	1.4372	16,0–18,0	3,5–5,5	5,5–7,5	0,05–0,25	0,15 max.	0,015 max.	
	1.4373	17,0–19,0	4,0–6,0	7,5–10,5	0,05–0,25	0,15 max.	0,030 max.	

\*AISI = Bezeichnungen des American Iron and Steel Institute (AISI)

\*\*UNS = Bezeichnungen nach dem Unified Numbering System (UNS)

\*\*\*EN = Werkstoffnummern gemäß EN 10088-2

### 3 Der neue europäische Werkstoff 1.4618

Während die technische Entwicklung das Anwendungspotential eines Werkstoffs bestimmt, entscheiden häufig wirtschaftliche Faktoren über seinen Markterfolg. In den vergangenen Jahren lag der entscheidende wirtschaftliche Faktor meist in der Volatilität der Rohstoffpreise, insbesondere desjenigen von Nickel. In Anwendungen mit starkem Wettbewerb zwischen unterschiedlichen Werkstoffen geben in der Regel Preisfaktoren den Ausschlag.

Im Fall von AISI-200er-Sorten, die Alternativen zu den klassischen AISI-300er-Sorten (d.h. Sorten mit hoher Korrosionsbeständigkeit, niedriger 0,2 %- Dehngrenze und hoher Umformbarkeit) hätten darstellen können, fehlte es bisher an einem gut definierten und standardisierten Angebot. Die meisten der bisher entwickelten Sorten waren in Hinblick auf Beständigkeit gegenüber allgemeinem oder lokalem Korrosionsangriff einschließlich der Spannungsrisskorrosion nicht ausreichend hoch legiert.

Eine neu entwickelte CrMn-Sorte (mit  $\geq 16,5$  % Cr;  $\geq 4,5$  % Ni) ist zugeschnitten auf einen optimalen Kompromiss zwischen Kostenverminderung durch niedrigen Ni-Gehalt, hohe Umformbarkeit und eine so nahe wie möglich an dem Werkstoff 1.4301 liegende Korrosionsbeständigkeit. Verbesserungen in der Erschmelzungspraxis haben es ermöglicht, den Kohlenstoffgehalt zu vermindern und Stickstoff hinzuzufügen, was der Umformbarkeit zugutekommt. Die Tiefziehfähigkeit ist durch das Zulegieren von Kupfer verbessert.

Tabelle 2 zeigt die von europäischen Herstellern rostfreier Stähle vereinbarte Spezifikation von 1.4618. Der Werkstoff liegt am oberen

Ende der AISI-201-Spezifikation und ist darüber hinaus mit Kupfer legiert.

**Tabelle 2. Chemische Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften des Werkstoffs 1.4618**

Werkstoffnummer	1.4618
Kurzname	X9CrMnNiCu17-8-5-2
Chemische Zusammensetzung (Masse-%)	C <0,10, Si <1,00, Mn 5,50-9,50, P <0,070, S <0,010, Cr 16,50-18,50, Ni 4,50-5,50, Cu 1,00-2,50, N <0,15
$R_{p0,2}$ (MPa) min.	220
$R_m$ (MPa)	520-850
$A_{80}$ (%) min.	40
KV (J) min.	100

Obgleich der Stahl 1.4618 in die Bandbreite der chemischen Analyse der Sorte AISI 201 fällt, unterscheidet er sich vom Werkstoff 1.4371 in dreifacher Hinsicht:

- Er liegt innerhalb der hochlegierten Seite des AISI 201-Zusammensetzungsbands, was die Korrosionsbeständigkeit erhöht.
- Sein zulässiger Schwefelgehalt ist niedrig, was die Korrosionsbeständigkeit weiter verbessert.
- Kupfer ist aus metallurgischen Gründen zulegiert, um mechanische Eigenschaften zu erhalten, die in Hinblick auf die Bruchdehnung nahe bei der Sorte 1.4301 (AISI 304) liegen. Die 0,2 %-Dehngrenze der Stähle der AISI-200er-Serie ist aber höher als diejenige der Stähle der AISI 300er Serie.

Dieser Werkstoff ist noch nicht in der Norm EN 10088-1:2005 enthalten. Bis zur nächsten Revision dieser Norm kann der Werkstoff mit Zeugnissen gemäß ASTM A 240 grade 201 geliefert werden, ergänzt durch die Zustimmung des Kunden zum Gehalt an Kupfer.

## 4 Mechanische Eigenschaften

Tabelle 2 zeigt typische mechanische Eigenschaften des Stahls 1.4618. Er verhält sich ähnlich wie EN 1.4310 (AISI 301) – das heißt die 0,2 % - Dehngrenze ( $R_{p0,2}$ ) ist etwas höher als diejenige der Sorte 1.4301 (AISI 304).

In bestimmten Umgebungen wird 1.4618 manchmal als preiswertere Alternative zu 1.4301 oder 1.4307 betrachtet. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen, dass in Hinblick auf die mechanischen Eigenschaften 1.4618 den Sorten 1.4301 (AISI 304) und 1.4307

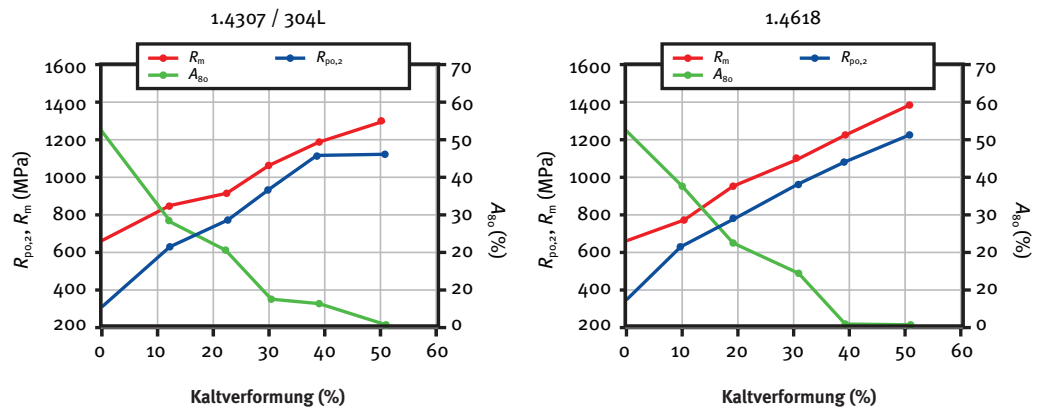
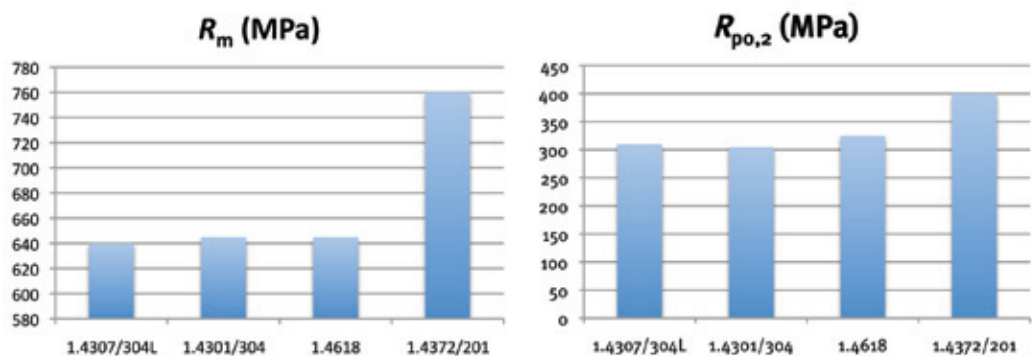


Abbildung 3. Mechanische Eigenschaften in Abhängigkeit von der Kaltverformung für 1.4307/304L (links) und 1.4618 (rechts)

Die mechanischen Eigenschaften bleiben sehr ähnlich, obwohl 1.4618 etwas höhere mechanische Eigenschaften im kaltverfestigten Zustand aufweist als der Stahl 1.4307 (AISI 304L).

(AISI 304L) ähnlich ist und erheblich weicher als 1.4372 (AISI 201).

Abbildung 4 zeigt, dass 1.4618 viel geringere  $R_{p0,2}$ - und  $R_m$ -Werte aufweist als 1.4372 (AISI 201) und dass die Umformbarkeit verbessert ist. Im kaltverfestigten Zustand zeigt 1.4618 eine sehr stabile Austenitstruktur und ist weniger anfällig für eine martensitische Phasenumwandlung als die austenitische Sorte 1.4307.





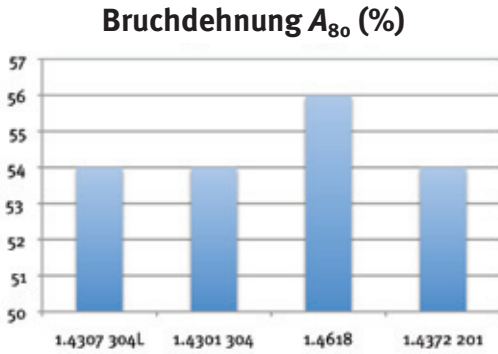


Abbildung 4. Vergleich der mechanischen Eigenschaften mehrerer austenitischer Stähle bei Raumtemperatur (2B - kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt, kalt nachgewalzt, 3 mm)

Einer der bestimmenden Faktoren für die Umformbarkeit von Stahl ist die Legierungszusammensetzung. Die Charakteristika, welche die Umformbarkeit von rostfreiem Stahl beeinflussen, beinhalten die 0,2 %-Dehngrenze, die Zugfestigkeit, die Duktilität und den Einfluss der Kaltverfestigung auf diese Eigenschaften. Die 0,2 %-Dehngrenze von 1.4618 ist gemäß Abbildung 4 mäßig und nur etwas höher als die der austenitischen CrNi-Sorten. Das Tiefziehverhältnis ist jedoch vergleichbar mit dem der austenitischen CrNi-Sorten.

Typische Raum- und Tieftemperatur-Werte der mechanischen Eigenschaften werden in Abbildung 5 zur allgemeinen Information für 1.4372 gezeigt. Die Zugfestigkeit steigt mit abnehmender Temperatur deutlich an, wie es auch bei austenitischen Chrom-Nickel-Stählen gefunden wird. Auch die 0,2 %-Dehngrenze steigt an, aber in geringerem Ausmaß.

Zugleich kann eine Abnahme der Duktilität beobachtet werden, wie aus den Messwerten für die Bruchdehnung ersichtlich. Jedoch bleiben die Bruchdehnungswerte bis herab zu  $-100\text{ °C}$  hoch.

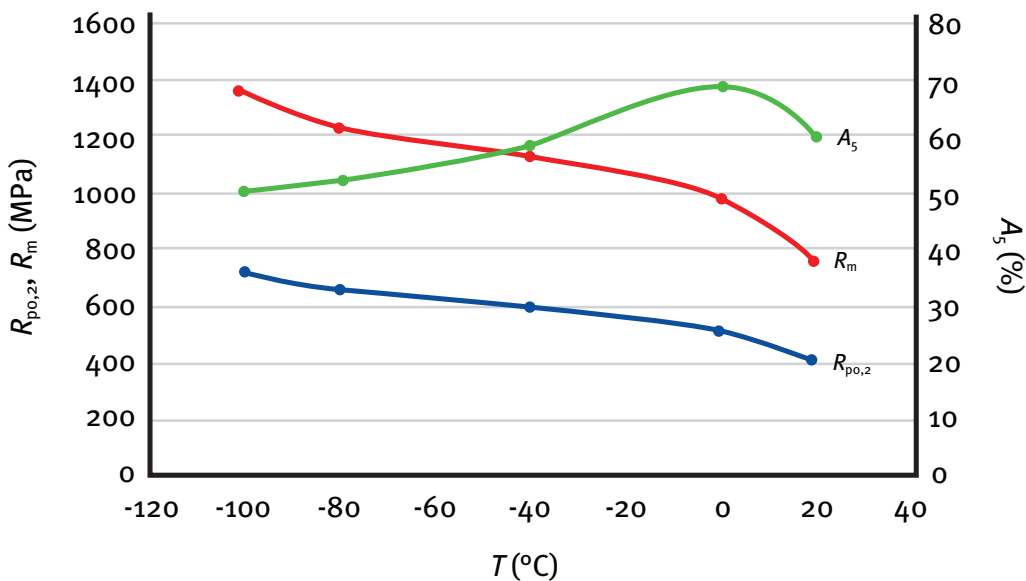
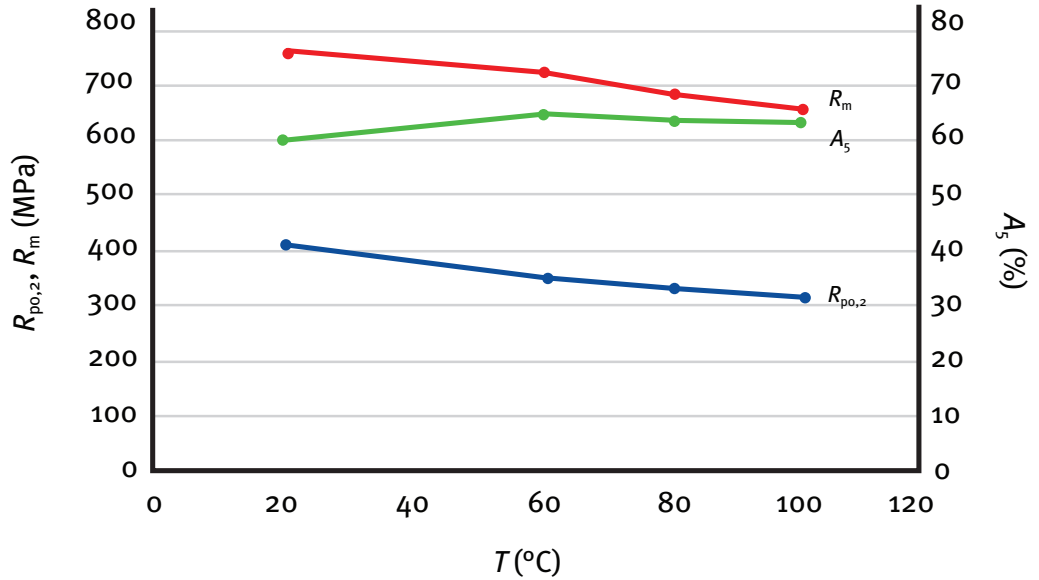


Abbildung 5. Mechanische Eigenschaften von 1.4372 im Tieftemperatur-Bereich ( $N = 20$ , Dicke 2 mm, Ni 3,6–4,5 %, C 0,03–0,06 %)

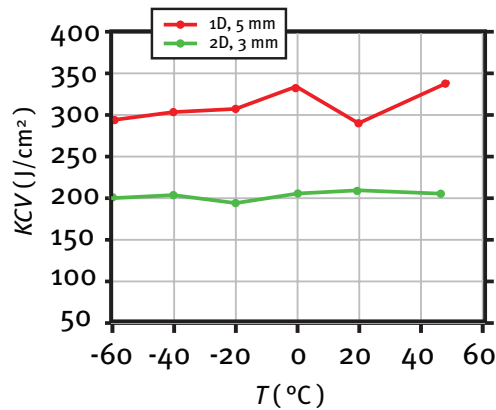
Abbildung 6.  
Mechanische  
Eigenschaften von  
1.4372 im Hochtemperatur-Bereich (N = 20,  
Dicke 2 mm, Ni 3,6–4,5 %, C 0,03–0,06 %)



Der Einfluss tiefer Temperaturen muss bei der Werkstoffauswahl in einigen Anwendungen beachtet werden. Austenitische nichtrostende Stähle werden vielfach in Tieftemperatur-Anwendungen eingesetzt. Hier ist eine hohe Bruchzähigkeit wichtig für die Betriebssicherheit.

Wie alle austenitischen Stähle hat 1.4618 eine außergewöhnlich hohe Zähigkeit und zeigt zu tieferen Temperaturen hin keine solche Duktil/Spröde-Übergangstemperatur, wie sie die ferritischen und die martensitischen nichtrostenden Stähle kennzeichnet. Die Veränderung der Schlagzähigkeit mit der Temperatur ist deshalb gering, so dass der Werkstoff erfolgreich im Tieftemperaturbereich eingesetzt werden kann. Abbildung 7 zeigt dies beispielhaft für den Temperaturbereich bis herab zu  $-60$  °C.

Abbildung 7.  
Schlagzähigkeit von  
1.4618 (1D – warmgewalzt, gegläht, gebeizt;  
2D – kaltgewalzt, gegläht, gebeizt)



## 5 Umformbarkeit

Austenitische nichtrostende Stähle sind fast ohne Ausnahme gut geeignet für das Tiefziehen. Die wichtigsten Charakteristika, welche die Tiefziehfähigkeit beeinflussen, sind die 0,2 %-Dehngrenze, die Zugfestigkeit und die Duktilität. Die chemische Zu-

sammensetzung ist ein weiterer wichtiger Faktor. In der Regel wird die Tiefziehfähigkeit durch höhere Nickel- und Kupfergehalte verbessert. Aus diesem Grund verhält sich 1.4618 in Hinblick auf die Umformbarkeit sehr günstig.

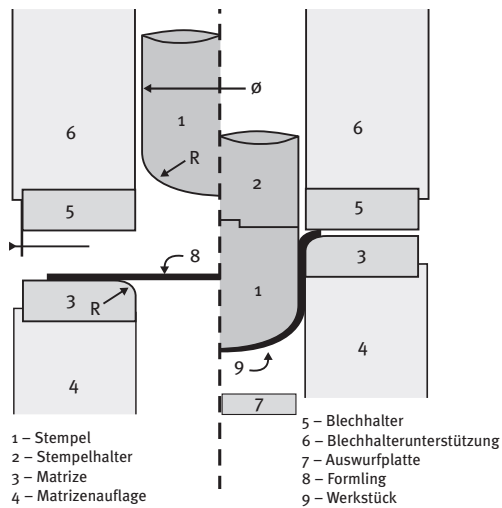
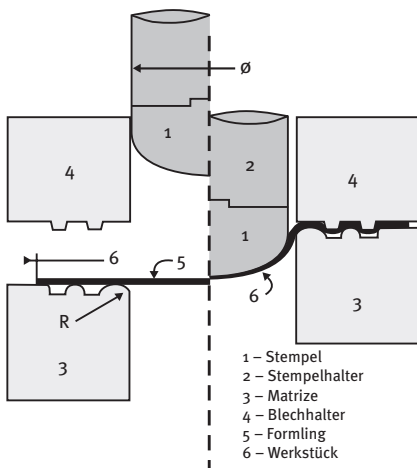
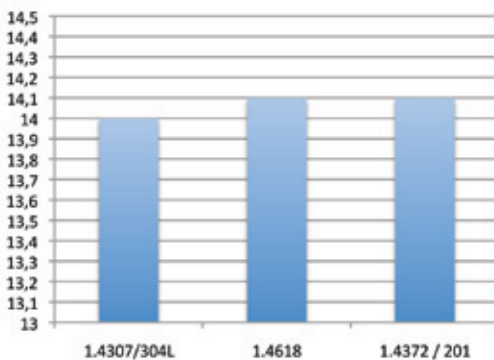


Abbildung 8. Strecken (links) im Vergleich zum Tiefziehen (rechts)



Abbildung 9. Probe nach dem Erichsen-Test (links) und dem Nöpfchentest (rechts)

Erichsentiefung (mm)



Grenzziehverhältnis -  $LDR = \frac{D}{d}$

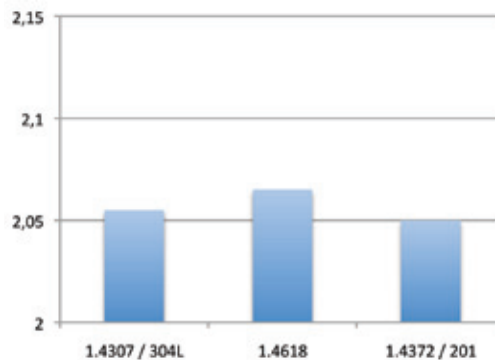
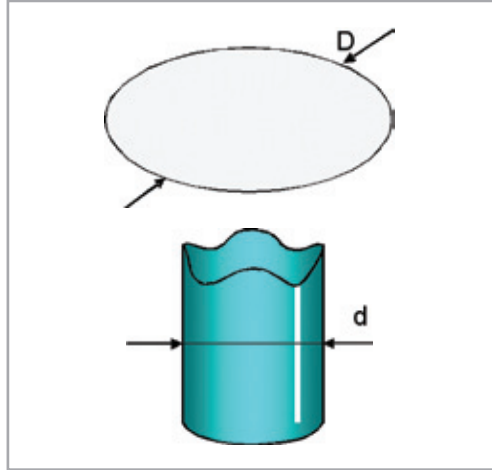


Abbildung 10. Vergleich der Umformfähigkeit

Abbildung 11. Grenzziehverhältnis (LDR) =  $D/d$ . Typische LDR-Werte für nicht-rostenden Stahl liegen zwischen 1,8 und 2.



Das Grenzformänderungsdiagramm, auch bekannt als Umformgrenzkurve, ist eine direkte und sinnvolle Darstellung der Umformbarkeit. Die Fläche unter der Kurve umfasst alle biaxialen Formänderungskombinationen, die der Werkstoff 1.4618 ohne Bruch ertragen kann.

Um ein Grenzformänderungsdiagramm zu ermitteln, wird ein Raster aus Kreisen, häufig von 2,5 mm Durchmesser, vor der Umformung auf die Blechoberfläche gedruckt. Überall dort, wo eine Formänderung stattfindet, werden die jeweiligen Kreise zu Ellipsen, ausgenommen in den Gebieten reiner zweiachsiger Umformung. Die großen und die kleinen Achsen der Ellipsen werden dann mit den Kreisen des ursprünglichen Rasters verglichen, um die größere und die kleinere Formänderung an jeder Stelle zu ermitteln. Die Grenzformänderungskurve wird dann durch diejenigen Formänderungskombinationen bestimmt, die zum Bruch führen.

Die Werte für das Grenzziehverhältnis sind im Vergleich zum klassischen Stahl 1.4372 (AISI 201) verbessert. Die Kombination von wenigstens 1 % Cu als Legierungselement mit einem optimalen Stickstoffgehalt verbessert offenbar die Umformbarkeit von 1.4618 im Vergleich zu anderen Sorten der AISI-200er-Serie erheblich.

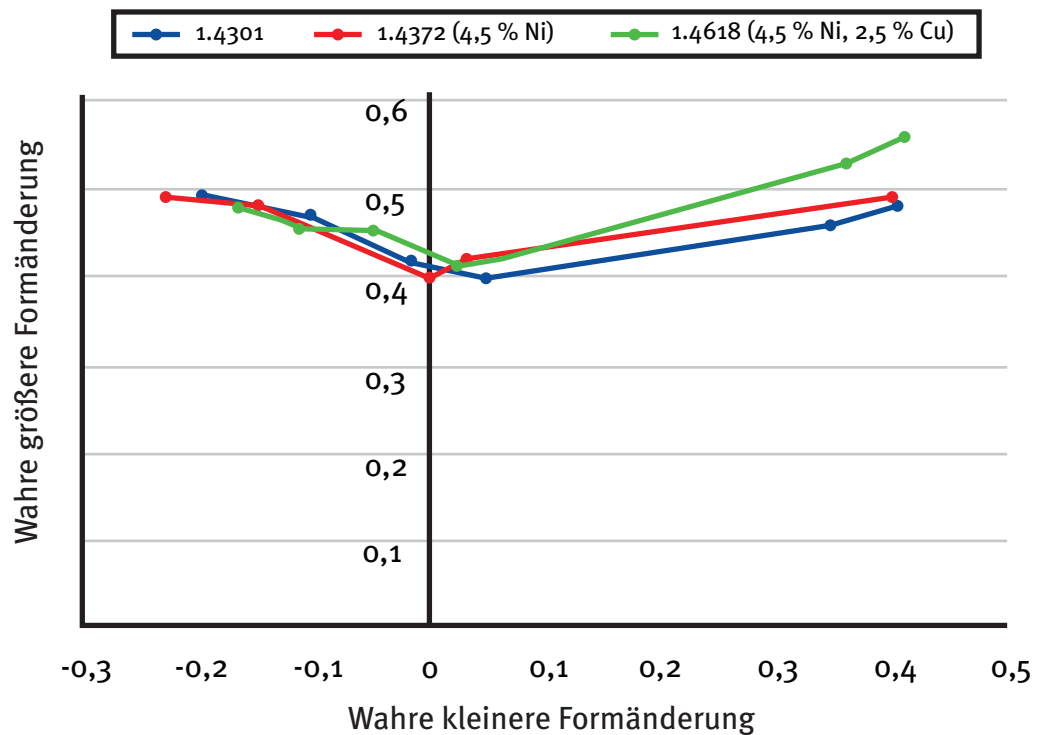


Abbildung 12. Grenzformänderungsdiagramm unterschiedlicher austenitischer Stähle für 1 mm Wanddicke

In Hinblick auf die Anfälligkeit für das Auftreten verzögerter Spannungsrisse verhält sich 1.4618 gemäß Tabelle 3 nahezu wie 1.4301 (AISI 304) und deutlich besser als andere CrMn-Austenite. Salzsprühtests an tiefgezogenen Näpfchen haben jedoch bei 1.4618 Rissausbreitungen in den kritischsten Bereichen gezeigt, die an 1.4301 (AISI 304) nicht beobachtet wurden. Metallogra-

phische Nachuntersuchungen haben hier deutlich gemacht, dass diese Risse zumeist von korrodierten Stellen wie kleinen Spalten und Löchern etc. ihren Ausgang nehmen. Das stimmt mit früheren Ergebnissen überein, welche eine leicht verringerte Beständigkeit von 1.4618 gegenüber Lokalkorrosion im Vergleich zu 1.4301 (AISI 304) zeigen.

**Tabelle 3. Anfälligkeit für verzögerte Spannungsrisse unterschiedlicher austenitischer Stähle als Funktion des Tiefziehverhältnisses im Swift-Näpfchen-Test**

Swift-Näpfchen-Test / Tiefziehverhältnis								
Sorte	Ni (%)	Cu (%)	1,4	1,6	1,8	2,0	2,12	2,14
1.4301	8,1	0,5	+	+	+	+	+	+
1.4618	4,7	2,4	+	+	+	+	+	
1.4372	4,4	0,3	+	+	+	--	--	--
1.4372	3,6	0,3	+	+	--	--	--	--
"204Cu"	1,1	1,7	+	--	--	--	--	
+ = Erfolgreich -- = Verzögerte Spannungsrisse								



## 6 Korrosionsverhalten

Die Beständigkeit von 1.4618 gegenüber Lochkorrosion ist in einer 0,02 M NaCl-Lösung (23 °C, pH 7) mittels potentiodynamischer Messungen ermittelt worden. Wie man in Abbildung 13 erkennt, ist in diesem Test

das Lochkorrosionspotential ähnlich demjenigen des klassischen CrMn-Stahls 1.4372 (AISI 201), aber etwas geringer als dasjenige des hier vergleichend geprüften austenitischen CrNi-Stahls 1.4301 (AISI 304).

Abbildung 13. Kritisches Lochkorrosionspotential unterschiedlicher korrosionsbeständiger Stähle als Maß für ihre Lochkorrosionsbeständigkeit bei potentiodynamischer Messung in einer 0,02 M NaCl-Lösung von pH 7 bei 23 °C

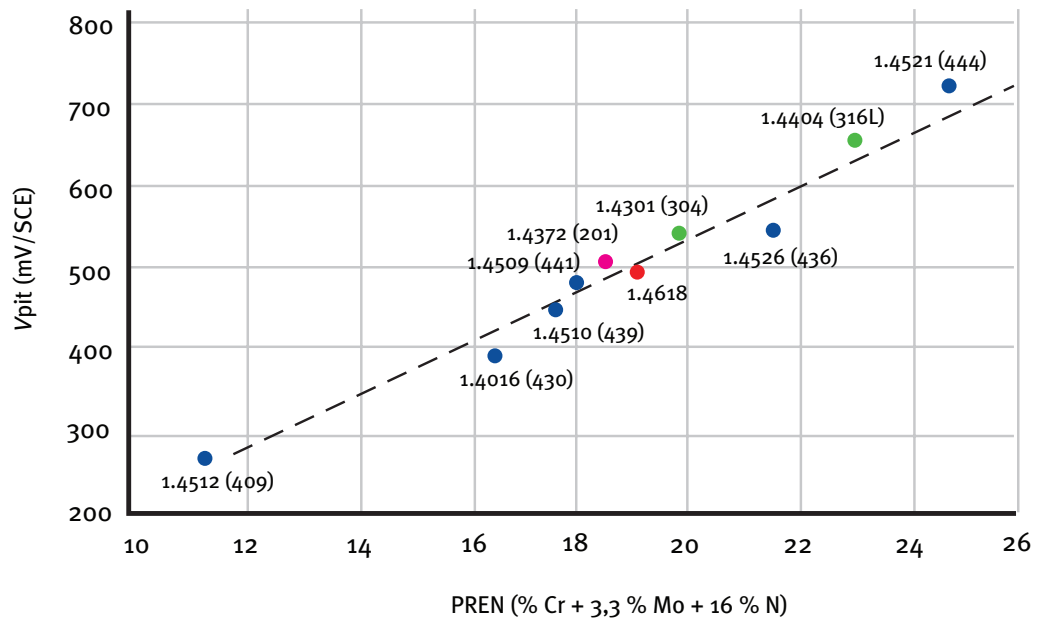
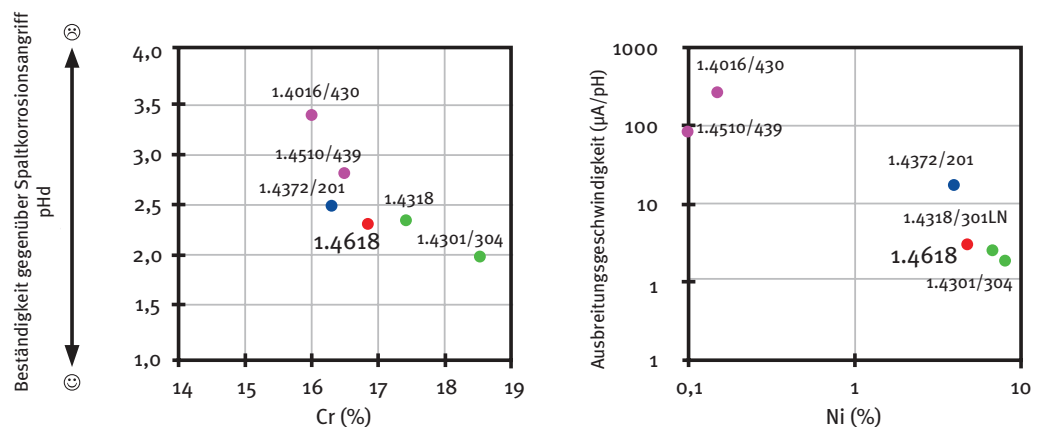


Abbildung 14. Links: Spaltkorrosion auf Teilen aus unterschiedlichen rostfreien Stählen nach ihrem Auseinanderbau in Abhängigkeit vom Chromgehalt. Rechts: Spaltkorrosionsgeschwindigkeit bei unterschiedlichen korrosionsbeständigen Stählen in Abhängigkeit von ihrem Nickelgehalt



Die Spaltkorrosionsbeständigkeit der Sorte 1.4618 ist gemäß Abbildung 14 (links) besser als diejenige der Sorte 1.4372 aus der AISI-200er-Serie und etwas geringer als diejenige des Stahls 1.4301 (AISI 304).

Auf die Spaltkorrosion hat Nickel als Legierungselement einen großen Einfluss, weil es die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Spaltkorrosion vermindert. Abbildung 14 (rechts) gibt dies anschaulich wieder. Mit 4,5 % Ni ist 1.4618 deshalb beständiger gegenüber

dem Fortschreiten der Spaltkorrosion als die anderen hier untersuchten CrMn-Stähle der AISI-200er-Serie.

Die Beständigkeit gegenüber interkristalliner Korrosion (IK) ist gemäß EN ISO 3651-2 (Strauss-Test) vergleichend zu anderen korrosionsbeständigen Stählen geprüft worden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 wiedergegeben. Wie man erkennt, waren nach den Sensibilisierungswärmebehandlungen bei 700 und 650 °C mit nachfolgender rascher Abkühlung

**Tabelle 4. Interkristalline Korrosion - Testbedingungen und Prüfergebnisse (Strauss-Test)**

Sorte	EN ISO 3651-2		
	700 °C, 30 min + Wasserabkühlung	650 °C, 10 min + Wasserabkühlung	700 °C, 30 min + Abkühlung mit 600 °C/h
<b>1.4618</b> (0,05 % C, 4,5 % Ni)	beständig	beständig	IK-Angriff
<b>1.4301</b> (0,05 % C, 8,1 % Ni)	beständig	beständig	IK-Angriff
<b>1.4307</b> (0,02 % C, 8,1 % Ni)	beständig	beständig	beständig
<b>1.4372</b> (0,05 % C, 4,5 % Ni)	beständig	beständig	IK-Angriff

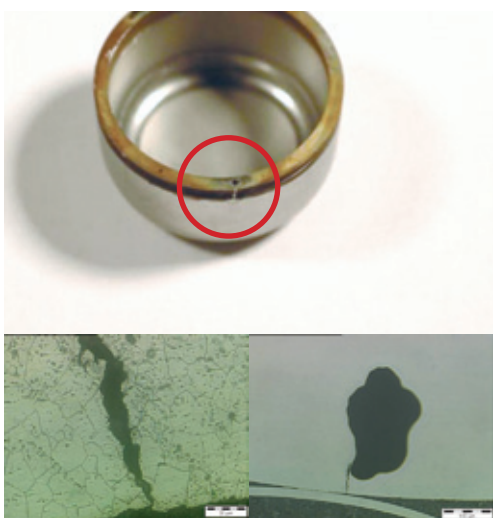


Abbildung 15. Spannungskorrosionsriss an einem Näpfchen nach der Prüfung

alle geprüften Werkstoffe IK-beständig. Nur im Fall einer langsamen Abkühlung nach der 700 °C-Sensibilisierung war außer bei der Sorte 1.4307 ein IK-Angriff feststellbar.

**Tabelle 5. Spannungsrissskorrosions-Prüfergebnisse nach 1000 h Auslagerung in einem Salzsprühnebel-Test gemäß ASTM B 117**

Stahlsorte	LDR	Anzahl der Risse / Anzahl der geprüften Proben
1.4301	1,83	0 / 3
	1,94	0 / 3
1.4618	1,83	2 / 3
	1,94	3 / 3

## 7 Physikalische Eigenschaften

Physikalische Eigenschaften, welche für die erfolgreiche Anwendung von nichtrostenden Stählen wichtig sind, umfassen die thermische Ausdehnung, den elektrischen Widerstand und die spezifische Wärme.

Der mittlere thermische Ausdehnungskoeffizient zwischen 20 °C und 200 °C sowie 400 °C ist für den Werkstoff 1.4618 in Tabelle 6 angegeben. Man erkennt dort, dass er sehr ähnlich den für die Werkstoffe 1.4372 (AISI 201) und 1.4301 (AISI 304) angegebenen Werten ist.

Der spezifische elektrische Widerstand von 1.4618 liegt im Bereich von 0 °C bis 100 °C zwischen demjenigen der Werkstoffe 1.4372 (AISI 201) und 1.4301 (AISI 304), wie Tabelle 7 zu entnehmen ist.

Die spezifische Wärme von 1.4618 ist gemäß den in Tabelle 8 angegebenen Daten derjenigen der Werkstoffe 1.4372 (AISI 201) und 1.4301 (AISI 304) gleich oder sehr ähnlich.

**Tabelle 6. Thermischer Ausdehnungskoeffizient**

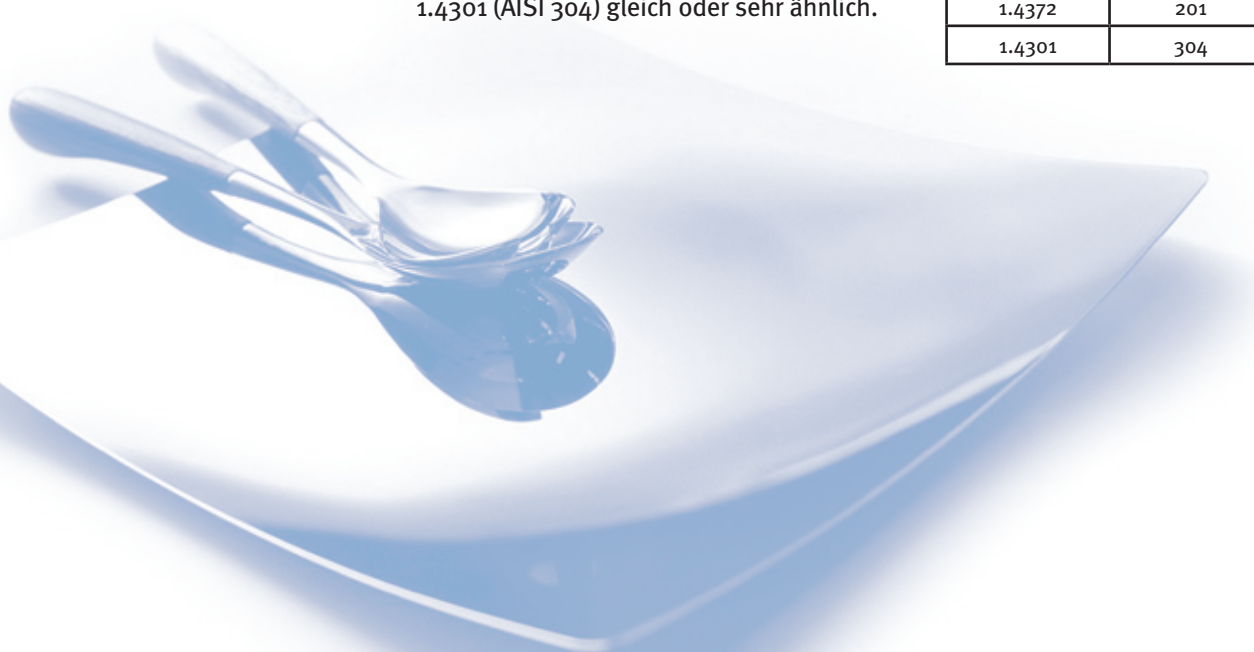
EN	ASTM	Mittlere thermischer Ausdehnungskoeffizient zwischen 20 °C und °C (10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	
		200	400
1.4618	-	17,4	18,5
1.4372	201	16,6	17,9
1.4301	304	17,0	18,5

**Tabelle 7. Elektrischer Widerstand**

EN	ASTM	Elektrischer Widerstand (Ω·mm <sup>2</sup> /m)			
		0 °C	25 °C	50 °C	100 °C
1.4618	-	0,76	0,77	0,79	0,85
1.4372	201	0,80	0,81	0,84	0,89
1.4301	304	0,72	0,75	0,76	0,81

**Tabelle 8. Spezifische Wärme**

EN	ASTM	Spezifische Wärme (J/g·K)
		39 - 41 °C
1.4618	-	0,51
1.4372	201	0,51
1.4301	304	0,48





## 8 Schweißbarkeit

Tabelle 9 zeigt typische Schweißbedingungen für den Werkstoff 1.4618. Der Werkstoff 1.4618 verhält sich hier fast ebenso wie der Werkstoff 1.4301 (AISI 304). Es sind keine spezifischen Schweißparameter zu beach-

ten und in den meisten Fällen können die gleichen Schweißzusatzwerkstoffe wie für 1.4301 (AISI 304) oder 1.4310 (AISI 301) verwendet werden.

**Tabelle 9. Typische Schweißbedingungen für 1.4618**

Schweißverfahren	Ohne Schweißzusatzwerkstoff	Mit Schweißzusatzwerkstoff			Schutzgas
	Typische Dickenbereiche	Dicke	Schweißzusatzwerkstoff		
			Schweißdraht	Coil	
Punktschweißung Nahtschweißung	<2mm <2mm				
<b>GTAW / TIG</b>	<1,5 mm	>0,5 mm	ER 308 L (Si) W.Nr. 1.4370 ER 347 (Si)	ER 308 L (Si) W.Nr. 1.4370 ER 347 (Si)	Ar Ar + 5 % H <sub>2</sub> Ar + He
<b>PAW / Plasma</b>	<1,5 mm	>0,5 mm	ER 310	ER 308 L (Si) W.Nr. 1.4370 ER 347 (Si)	Ar Ar + 5 % H <sub>2</sub> Ar + He Ar + 2 % CO <sub>2</sub>
<b>GMAW / MIG</b>		>0,8 mm		ER 308 L (Si) W.Nr. 1.4370 ER 347 (Si)	Ar + 2 % O <sub>2</sub> Ar + He Ar + 3 % CO <sub>2</sub> + 1 % H <sub>2</sub>
<b>SAW</b>		>2 mm		ER 308 L ER 347 (Si)	
<b>Elektrode</b>		Reparaturen	E 308 E 308 L E 347		
<b>Laser</b>	<5 mm				He eingeschränkt: Ar-N <sub>2</sub>

## 9 Zusammenfassung

Für den neu entwickelten Werkstoff 1.4618 werden umfangreiche Daten vorgestellt. Man kann daraus schließen, dass der Werkstoff 1.4618 als Vertreter der AISI-200er-Serie eine optimale chemische Zusammensetzung hat, die ihn weniger abhängig von Metallpreis-Schwankungen macht, wobei er in mechanischen Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit ähnlich den Werkstoffen 1.4301 (AISI 304) und 1.4310 (AISI 301) ist.

Der neue Werkstoff zeigt gutes Tiefziehverhalten, ohne bedeutende Anfälligkeit für verzögerte Spannungsrisse. Die bisher gewonnenen Erfahrungen zeigen, dass der Werkstoff 1.4618 eine dem Werkstoff 1.4301 (AISI 304) sehr ähnliche Schweißbarkeit aufweist. Das Schweißen kann mit den gleichen Schweißzusätzen erfolgen.

Der Werkstoff 1.4618 ist so zugeschnitten, dass er Werkstoffe wie 1.4301 (AISI 304) in zahlreichen Fällen ersetzen kann. Sein im Vergleich zum Werkstoff 1.4307 (AISI 304L) höherer Kohlenstoffgehalt schränkt seine Anwendungsmöglichkeiten für größere geschweißte Wanddicken allerdings ein.

Der neue Werkstoff 1.4618 ist gemeinsam entwickelt worden von Acerinox, Aperam, Outokumpu und Thyssen-Krupp Stainless und unter dem Dach von Euro Inox.

## 10 Referenzen

- [1] *New 200-series steels: an opportunity or a threat to the image of stainless steel?*, Brüssel: ISSF, 2005
- [2] CHARLES, Jacques, "The new 200-series: an alternative answer to Ni surcharge?", *Proceedings of the Stainless Steel USA Int. Conf.*, Houston, 2006
- [3] *Die ferritische Lösung*, Brüssel, ISSF, 2007
- [4] CHARLES, Jacques, "A new European 200 series standard to substitute 304 austenitics?", *Proceedings, 6<sup>th</sup> European Stainless Steel Science and Market Conference*, Helsinki, Jernkontoret, 2008, pp. 427-436
- [5] TAULAVUORI, Tero, OHLINGSCHLÄGER, T., SÄYNÄJÄKANGAS, J.: "A novel view on material selection of stainless steels by optimizing material costs and product properties", *Proceedings, 6<sup>th</sup> European Stainless Steel Science and Market Conference*, Helsinki, Jernkontoret, 2008, pp.335-341
- [6] *ASM Specialty Handbook, Stainless Steels*, Davis, J.R. (ed.), ASM International, 1996

ISBN 978-2-87997-333-3