

# Metallografische Präparation von rostfreiem Stahl

**Korrosionsbeständige Stähle** enthalten mindestens 11% Chrom und sind unter dem Begriff „rostfreie Stähle“ zusammengefasst. In dieser Gruppe von hochlegierten Stählen gibt es vier Kategorien die nach dem Gefüge der Legierungen bei Raumtemperatur benannt werden: ferritische, martensitische, austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex) Stähle.

Das Hauptmerkmal der rostfreien Stähle ist ihre Korrosionsbeständigkeit. Diese Eigenschaft kann durch den Zusatz von bestimmten Legierungselementen verstärkt werden und sich auch auf andere Eigenschaften wie Zähigkeit oder Oxidationsverhalten vorteilhaft auswirken. Zum Beispiel erhöhen Niob und Titan den Widerstand gegen interkristalline Korrosion da sie Kohlenstoff zur Karbidbildung absorbieren. Stickstoff steigert die Festigkeit und Schwefel verbessert die Zerspanbarkeit durch die Bildung von Mangansulfiden die einen kurzen Span bewirken.

Wegen ihrer Korrosionsbeständigkeit und ausgezeichneten Oberflächenqualität spielen rostfreie Stähle in der Flugzeug-, Lebensmittel-, chemischen und medizinischen Industrie eine große Rolle, werden aber auch in Großküchenausstattung, Architektur und sogar Schmuck eingesetzt. Die Metallografie von rostfreiem Stahl ist ein wichtiger Teil der Qualitätskontrolle während des Herstellungsprozesses. Metal-



Teile aus rostfreiem Stahl für den Flugzeugbau

lografisch werden hauptsächlich Korngrößenbestimmung und die Beurteilung von Deltaferrit und Sigma-Phase durchgeführt und Größe und Verteilung von Karbiden beurteilt. Zusätzlich wird die Metallografie noch für Schadensfälle und zur Untersuchung von Korrosions- und Oxidationsvorgängen eingesetzt.

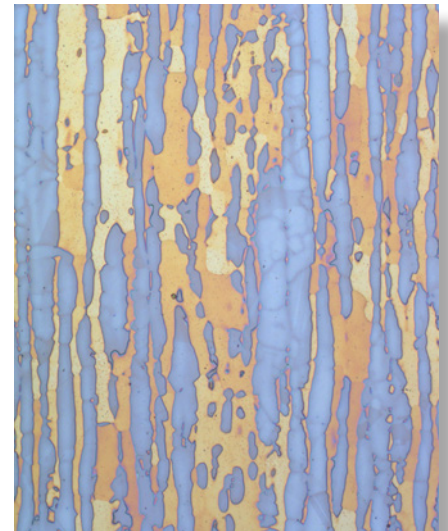


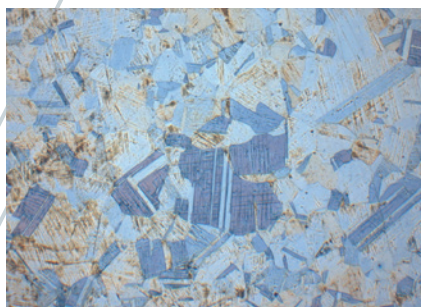
Abb. 1: Duplex Stahl elektrolytisch geätzt mit 40%iger Natronlauge, Austenit blau, Ferrit gelb 150x

## Schwierigkeiten während der metallografischen Präparation

**Schleifen und Polieren:** Verformung und Kratzer in ferritischen und austenitischen Stählen. Erhalten der Karbide und Einschlüsse.



Rostfreier Stahl nach 3 µm Politur mit Restverformung vom Schleifen



Ungenügend polierter rostfreier Stahl zeigt Verformung nach Farbätzung Beraha II 100x

## Lösung:

Sorgfältiges Diamantpolieren und Endpolieren mit Siliziumoxid oder Tonerde



# Herstellung und Verwendung von rostfreiem Stahl

**Die Produktion** von hochlegierten Stählen ist ein komplexer Ablauf von wiederholten Schmelzprozessen. Eine Mischung von Eisen und gut sortiertem Stahlschrott wird zunächst im Lichtbogenofen geschmolzen und in Rohblöcke oder im Stranggussverfahren in Barren oder Knüppel gegossen. Für viele Anwendungen können diese Produkte zu Halbzeugen wie Stangen, Stäben oder Platten weiterverarbeitet werden. Für Stähle mit hoher Qualität werden die Roherzeugnisse einem zweiten Schmelzverfahren unterzogen. Dieser zweite Schmelzprozess kann eine zwei- oder sogar dreifache Erschmelzung im Vakuuminduktionsofen und eine zusätzliche Schmelzung im Vakuum-Lichtbogenofen sein oder ein Elektro-Schlacke-Umschmelzverfahren, das auch unter Druck und Schutzgas durchgeführt werden kann. Der Hauptgrund für diesen zweiten Schmelzvorgang ist die Reduzierung von Verunreinigungen wie Oxiden, Sulfiden und Silikaten, so dass mit wiederholtem Schmelzen der Reinheitsgrad verbessert wird und homogene Blöcke mit ausgezeichneten mechanischen und physikalischen Eigenschaften gegossen werden können. Die hohen Energiekosten dieser Umschmelzverfahren spiegeln sich in den Preisen von wärme- und korrosionsbeständigen Stählen für spezielle Anwendungen wieder.

## Verwendung

Die Korrosionsbeständigkeit von rostfreien Stählen beruht auf dem Legieren von Chrom mit Eisen und ist abhängig von der Bildung einer passiven Oberflächen-Oxidschicht die sich bei einer mechanischen Verletzung spontan nachbildet. Es gibt verschiedene Arten von Korrosion, zum Beispiel Loch-, Spannungsriß-, Schwingungsriß- und interkristalline Korrosion. Durch die Zugabe bestimmter Legierungselemente neben Chrom kann der Widerstand gegen eine spezifische Art von Korrosion erhöht werden, z.B. verbessert Molybdän den Widerstand gegen Lochfraß. Die Hauptlegierungen, Eigenschaften und Beispiele von Anwendungen der vier Arten von rostfreiem Stahl werden im Folgenden kurz beschrieben:

**Ferritische rostfreie Stähle** sind nicht härtbare Legierungen mit geringem Kohlenstoffgehalt und 11-17% Chrom.

Eigenschaften: magnetisch, resistent gegen atmosphärische Korrosion, mäßige Festigkeit und Zähigkeit.

Anwendungen: Magnetventile, Rasierklingen, Zierleisten

**Martensitische rostfreie Stähle** sind härtbare Legierungen mit einem mittleren Kohlenstoffgehalt, 12-18% Chrom und 2-4% Nickel.

Eigenschaften: sehr hohe Korrosionsbeständigkeit, beständig gegen hohe Temperaturen und gute Dauerfestigkeit.

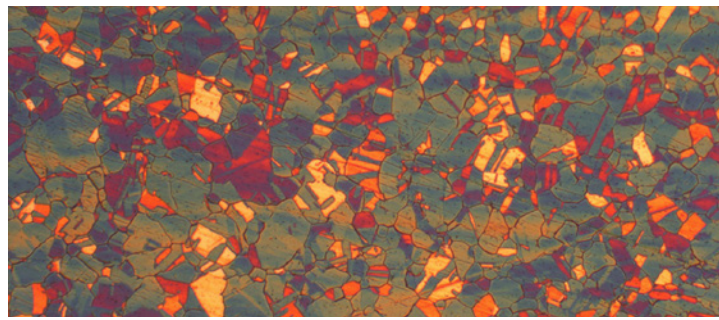
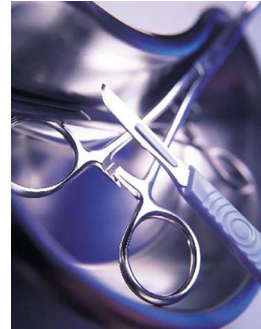
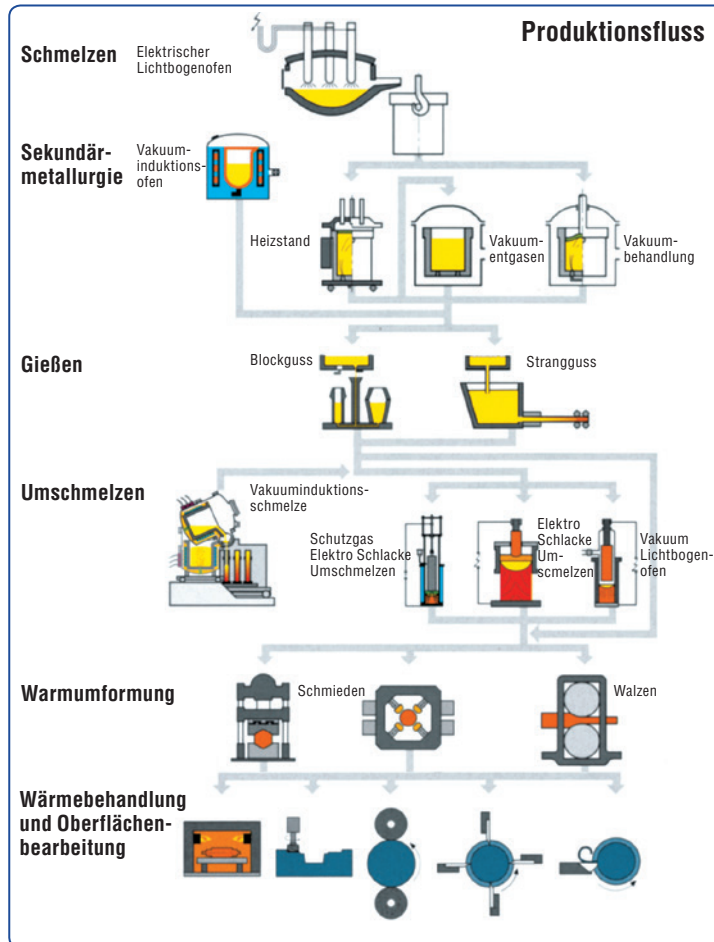


Abb. 2:  
Austenitischer  
Stahl geätzt nach  
Beraha II.

100x



Anwendungen: Messer, Skalpell, Haken und Pinzetten in der Chirurgie, Antriebssysteme und Hochleistungsteile für Flugzeuge, Produktionsausrüstungen für die Elektronikindustrie.

**Austenitische rostfreie Stähle** sind nicht härtbare Legierungen und enthalten 0.03-0.05% Kohlenstoff; Hauptlegierungselemente sind Chrom (17-24%), Nickel (8-25%) und Molybdän (2-4%); Titan und Niob in geringen Mengen als Karbidbildner.

Eigenschaften: hohe Zähigkeit, hohe Korrosionsbeständigkeit, resistent gegen oxidierende Säuren und alkalische Medien, sehr gut kaltverformbar, leicht zu bearbeiten und zu zerspanen.

Anwendungen: Schrauben, Bolzen und Implantate in der Medizin, Kessel und Röhren in der chemischen, pharmazeutischen und Lebensmittelindustrie, Kochutensilien.

**Austenitisch-ferritische rostfreie Stähle (Duplex)** haben einen niedrigen Kohlenstoffgehalt und enthalten generell mehr Chrom (21-24%) und weniger Nickel (4-6%) als die austenitischen Stähle sowie 2-3% Molybdän. Eigenschaften: Dau-

erfestigkeit in korrosiven Medien, guter Widerstand gegen Spannungsrißkorrosion.

Anwendungen: Ausrüstungen für die chemische und Off Shore Industrie, in der Umwelttechnik, Architektur.



# Schwierigkeiten bei der Präparation von rostfreiem Stahl

Die weichen ferritischen und zähen austenitischen rostfreien Stähle sind beide anfällig für Verformung. Nach dem Endpolieren sind die Probenoberflächen dieser Stähle meistens hochglänzend. Wenn sie aber nicht sorgfältig mit Diamant vorgepoliert werden können nach dem Ätzen wieder Verformungen sichtbar werden (Abb. 3). Aufgrund ihrer Härte sind martensitische rostfreie Stähle relativ leicht zu polieren. Generell ist darauf zu achten, dass die Karbide erhalten bleiben.

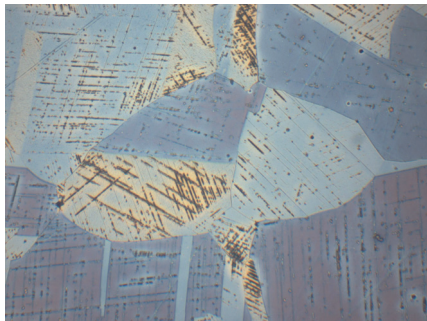


Abb. 3: Nicht ausreichend polierter austenitischer Stahl zeigt nach dem Ätzen wieder Verformung (Beraha II) 500x

## Empfehlungen für die Präparation von rostfreien Stählen

Durch die Anfälligkeit für mechanische Verformung muss die Verwendung von sehr groben Schleifpapieren und hohen Schleifdrücken vermieden werden. Als Regel empfiehlt sich zum Planschleifen das feinstmögliche Papier, bezogen auf die Probengröße und Oberflächenrauigkeit der Proben, zu verwenden. Das Feinschleifen mit Diamant erfolgt auf einer Feinschleifscheibe (Largo) oder, als Alternative für einige Edelstahlarten, auf dem MD-Plan Tuch. Nach dem Feinschleifen erfolgt eine gründliche Diamantpolitur auf einem mittelweichen Tuch, und zur Endpolitur kann Siliziumoxid (OP-S) oder Tonerde (OP-AA) verwendet werden. Diese letzte Präparationsstufe sollte sehr sorgfältig durchgeführt werden und kann mehrere Minuten dauern. Eine gute Endpolitur ist die beste Voraussetzung für ein gutes, kontrastreiches Ätzen (siehe Abschnitt „Ätzen“).

Es muss betont werden, dass ursprüngliche Verformungen, die durch die erste Schleifstufe entstehen und nicht durch das Feinschleifen abgetragen werden, Spuren hinterlassen und durch das Endpolieren nicht entfernt werden können. Tabelle 1 zeigt eine Präparationsmethode für eingebettete Einzelproben aus rostfreiem Stahl,

30 mm Durchmesser, mit dem halbautomatischen TegraSystem. Tabelle 2 zeigt eine Präparationsmethode für 6 Proben aus rostfreiem Stahl, 65x30 mm, uneingebettet oder kalteingebettet, mit dem vollautomatischen Struers MAPS oder den halbautomatischen AbraPlan/AbraPol Geräten.

### Elektrolytisches Polieren

Für Forschungszwecke oder schnelle Gefügebeurteilungen ist das elektrolytische Polieren für rostfreie Stähle eine Alternative zum mechanischen Polieren, da es keine mechanische Verformung der Oberfläche verursacht. Elektrolytisches Polieren gibt ausgezeichnete Ergebnisse für Gefügeuntersuchungen (Abb. 4), es ist aber nicht zur Identifizierung von Karbiden geeignet.

Vor dem elektrolytischen Polieren müssen die Proben bis Körnung 1000 auf Siliziumkarbid-Papier geschliffen werden. Je feiner die ursprüngliche Probenoberfläche, um so besser wird das Ergebnis durch das elektrolytische Polieren (Präparationsmethode siehe unten).

### Ätzen

Das Ätzen von rostfreiem Stahl erfordert etwas Erfahrung und Geduld. Die Literatur für Ätzmittel ist umfangreich und es wird empfohlen verschiedene Ätzmittel auszuprobieren und sich einige Ätzlösungen zuzulegen die auf das Material abgestimmt sind welches regelmäßig im Labor untersucht wird.

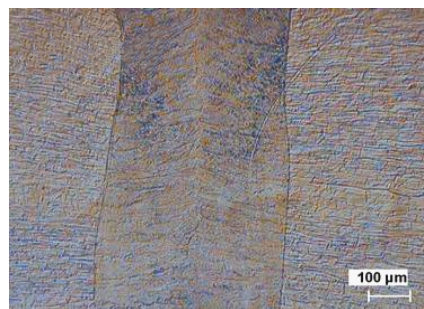


Abb. 4: Schweißnaht aus rostfreiem Stahl elektrolytisch poliert und geätzt, DIC

Elektrolyt: A3  
Maskenausschnitt: 1 cm<sup>2</sup>  
Spannung: 35 V  
Flussrate: 13  
Zeit: 25 Sek.

Externes Ätzen in rostfreier Ätzenschale mit 10% wässriger Oxalsäure:

Spannung: 15V  
Zeit: 60 Sek.

Präparationsmethode für elektrolytisches Polieren und Ätzen von rostfreiem Stahl. Vorschleifen von Hand je eine Minute auf SiC-Papier Körnung 320, 500 und 1000.

## Schleifen

| Stufe |                         | PG           | FG                     |
|-------|-------------------------|--------------|------------------------|
|       | Unterlage               |              | MD-Largo               |
|       | Abrasive                | Type         | SiC                    |
|       |                         | Size         | #220                   |
|       | Schmiermittel/Lubricant | Wasser       | DiaPro Allegro/Largo 9 |
|       | UpM                     | 300          | 150                    |
|       | Kraft [N]               | 25 pro Probe | 40 pro Probe           |
|       | Zeit                    | Bis plan     | 5                      |

## Polieren

| Stufe |                      | DP           | OP               |
|-------|----------------------|--------------|------------------|
|       | Unterlage            | MD-Dac       | MD-Chem          |
|       | Abrasive             | Type         | Diamond          |
|       |                      | Size         | 3 µm             |
|       | Suspension/Lubricant | DiaPro Dac 3 | OP-S NonDry OP-A |
|       | UpM                  | 150          | 150              |
|       | Kraft [N]            | 20 pro Probe | 15 pro Probe     |
|       | Zeit                 | 4 Min.       | 2-3 Min.         |

Hinweis: Die DiaPro Diamantsuspension kann durch die Diamantsuspension P, 9µm und 3µm unter Verwendung von blauem Schmiermittel ersetzt werden

Tabelle 1: Präparationsmethode für eingebettete Proben aus rostfreiem Stahl, 30 mm Durchmesser, mit dem halbautomatischen TegraSystem für Einzelproben.









Da rostfreie Stähle resistent gegen Korrosion sind, sind sehr starke Säuren erforderlich um das Gefüge sichtbar zu machen. Beim Umgang mit den Ätzmitteln sind die Sicherheitsvorschriften zu beachten. In vielen Labors werden die in der Literatur angegebenen Ätzmittel entsprechend den zu ätzenden Stählen abgeändert oder auch aus persönlichen und praktischen Erwägungen modifiziert.

Im Folgenden werden einige Ätzmittel angegeben die sich im Laboralltag bewährt haben:

### Chemisches Ätzen

Vorsicht: Beim Umgang mit Chemikalien sollen immer die empfohlenen Sicherheitsbestimmungen eingehalten werden.

## Schleifen

| Stufe   |                          | PG  | FG  |
|---|--------------------------|--|--|
|  | Unterlage                | Stone 3A36   | MD-Largo   |
|  | Abrasive                 | Type $Al_2O_3$   | Diamond  |
|   |                          | Size #150  | 9 $\mu m$  |
|  | Suspension/<br>Lubricant | Wasser   | DiaPro<br>Allegro/Largo 9  |
|  | UpM                      | 1450   | 150  |
|  | Kraft [N]                | 50 pro Probe   | 50 pro Probe   |
|  | Zeit                     | Bis plan   | 9 Min.   |

## Polieren










| Stufe   |                          | DP 1  | DP 2  | OP  |
|---|--------------------------|--|--|--|
|    | Unterlage                | MD-Mol APS   | MD-Nap   | MD-Chem  |
|    | Abrasive                 | Type Diamond   | Diamond  | Silica/Alumina   |
|   |                          | Size 3 $\mu m$   | 1 $\mu m$  | 0.04 $\mu m$ / -   |
|    | Suspension/<br>Lubricant | DiaPro<br>Mol B 3  | DiaPro<br>Nap B 1  | OP-S NonDry<br>OP-A  |
|  | UpM                      | 150  | 150  | 150  |
|  | Kraft [N]                | 50 pro Probe   | 25 pro Probe   | 25 pro Probe   |
|  | Zeit                     | 6 Min.   | 4 Min.   | 2-3 Min.   |

Tabelle 2: Präparationsmethode für 6 Proben aus rostfreiem Stahl, 65x30 mm, kalteingebettet oder uneingebettet, mit Struers MAPS oder AbraPlan/AbraPol.

### Für martensitische Stähle

- 925 ml Ethanol
- 25 g Pikrinsäure
- 50 ml Salzsäure

### Für austenitische Stähle:

- 1) Wischätzung:
  - 500 ml dest. Wasser
  - 300 ml Salzsäure
  - 200 ml Salpetersäure
  - 50 ml gesättigte Eisen-III-Chlorid-Lösung
  - 2.5 mg Kupfer-II-Chlorid
- 2) 100 ml Wasser  
300 ml Salzsäure  
15 ml  $H_2O_2$  (30%)
- 3) V2A Beize  
100 ml Wasser  
100 ml Salzsäure  
10 ml Salpetersäure  
Bei Raumtemperatur oder bis zu 50°C ätzen.

### Farbätzung nach Beraha II:

- Stammlösung aus
- 800 ml dest. Wasser
- 400 ml Salzsäure
- 48 g Ammoniumhydrogenfluorid
- Zum Ätzen gibt man zu 100 ml dieser Stammlösung
- 1-2 g Kaliummetabisulfit hinzu.

### Elektrolytisches Ätzen

- Für austenitisch-ferritische Stähle (Duplex)
- 40% wässrige NaOH Lösung

- Für alle rostfreien Stähle:
- 10% wässrige Oxalsäure



## Gefügeinterpretation

**Ferritische rostfreie Stähle** sind bei Raumtemperatur magnetisch und nicht härtbar, aber ihre Eigenschaften können durch Kaltverformung beeinflusst werden. Das Gefüge im geglähten Zustand besteht aus ferritischem Korngefüge mit feinen Karbiden. Ferritische Stähle, die zur spanabhebenden Bearbeitung verwendet werden, enthalten große Mengen von Mangansulfiden um das Freischneiden zu fördern (Abb. 5)

**Martensitische rostfreie Stähle** sind magnetisch und härtbar. Durch die schnelle Abkühlung entsteht Martensit und mit anschließenden Wärmebehandlungen können die Eigenschaften der Legierungen optimiert werden. Abhängig von der Wärmebehandlung kann das Gefüge rein martensitisch sein oder eine sehr feine, vergütete Struktur aufweisen. Die verschiedenen Legierungen und Halbzeuge in unterschiedlichen Abmessungen erfordern für die Wärmebehandlung sehr komplexe Temperatur- und Zeitverhältnisse. Delta-Ferrit (Abb. 6) ist normalerweise unerwünscht, da bei langen Glühzeiten von Stählen mit hohem Chromgehalt, bei Temperaturen zwischen 700 und 900°C, der Delta-Ferrit in die harte und spröde intermetallische Sigma-Phase aus Eisen-Chrom umgewandelt wird. Nochmaliges Erhitzen auf 1050°C mit anschließendem Abschrecken kann die Sigma-Phase und damit die Versprödung wieder rückgängig machen.

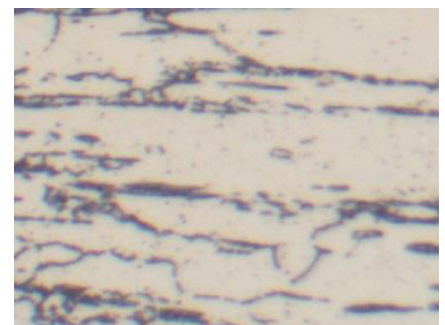


Abb. 5: Ferritischer rostfreier Stahl mit Zeilen von Mangansulfiden und kleinen Karbiden, elektrolytisch geätzt mit 10% Oxalsäure



Abb. 6: Angelassener martensitischer rostfreier Stahl mit Delta-Ferrit, geätzt mit Pikrinsäure

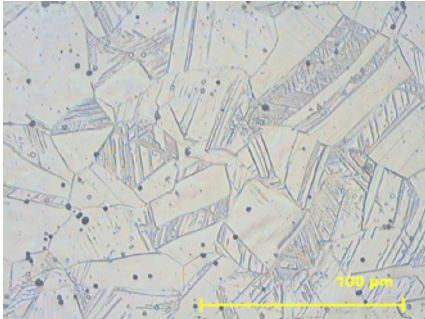


Abb. 7: Kaltverformter Austenit mit Zwillingen, geätzt mit V2A Beize

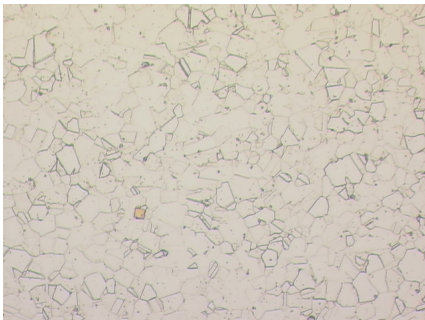


Abb. 8: Austenit mit Karbiden und einigen Titankarbonitriden 200x

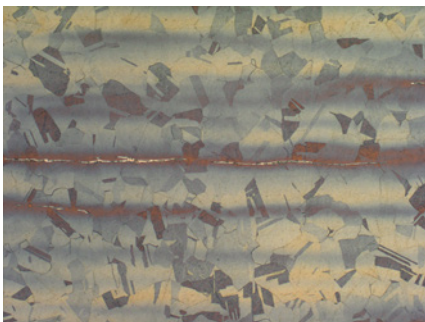


Abb. 9: Austenitischer Stahl mit Zeilen von Delta-Ferrit und Mikrosegierungen, die blaue Farbe zeigt Bereiche der Verarmung von Legierungselementen an 125x

**Austenitische rostfreie Stähle** sind nicht härtbar, sondern schnelle Abkühlung ergibt ein weiches, nichtmagnetisches Material dessen Eigenschaften durch Kaltverformung verändert werden können. Das Gefüge besteht aus einem Korngefüge das Zwillinge aufweisen kann (Abb. 7). Wärmeeinwirkung zwischen 600-700°C fördert die Bildung von komplexen Karbiden im Austenitkorn. Das führt zu einer Verarmung von Chrom im Austenit was wiederum die Anfälligkeit für interkristalline Korrosion oder Oxidation erhöht. Bleibt der Kohlenstoffgehalt unter 0,015% und werden geringe Mengen von Titan und Niob beigegeben wird das Risiko der interkristallinen Korro-

sion verringert, da diese Elemente statt Chrom als Karbidbildner wirken (Abb. 8).

Deltaferrit kann durch kritische Bedingungen während der Wärmebehandlung von martensitischen rostfreien Stählen auftreten oder durch die Kaltverformung von austenitischen Stählen (Abb. 9).

**Austenitisch-Ferritische rostfreie Stähle (Duplex)** bestehen aus Ferrit und Austenit. Durch elektrolytisches Ätzen mit 40%iger Natronlauge kann das Gefüge sichtbar gemacht und die Anteile jeder Phase ermittelt werden (siehe Abb. 1 und Abb. 10). Diese Stähle sind zäh und werden besonders in der Lebensmittel-, Papier-, und Erdölindustrie verwendet.

#### Zusammenfassung

Rostfreie Stähle enthalten hohe Anteile von Chrom und Nickel und sind resistent gegen Korrosion. Ferritische und austenitische Stähle sind weich beziehungsweise zäh und neigen während der metallografischen Präparation zu Verformung und Kratzern. Zusätzlich gelingt es nicht immer die Karbide zu erhalten.



*Für erfolgreiches mechanisches Polieren wird empfohlen, dass*

- grobe Schleifmittel zum Planschleifen vermieden werden
- Feinschleifen und Polieren mit Diamant sehr gründlich durchgeführt wird um alle Verformung durch das Planschleifen abzutragen
- ein sorgfältiges Endpolieren mit Siliziumoxid oder Tonerde durchgeführt wird um eine weitgehend verformungsfreie Probenoberfläche zu erzielen.

Eine vierstufige Präparationsmethode mit halb-automatischen oder automatischen Schleif- und Poliergeräten gibt gute und reproduzierbare Ergebnisse. Rostfreie Stähle sind schwierig chemisch zu ätzen. Die empfohlenen Ätzmittel sind sehr korrosiv und erfordern entsprechende Vorsicht im Umgang.

Alternativ bietet sich elektrolytisches Polieren und Ätzen an. Es ergibt eine verformungsfreie Oberfläche für eine gute Gefügebeurteilung, die Karbide bleiben dabei jedoch nicht erhalten.

Abb. 10: Gefüge eines Schmiedeteils aus Duplex Stahl, elektrolytisch geätzt mit 40%iger Natronlauge zeigt den Ferrit blau, Austenit weiß und feine Nadeln aus Sigma-Phase.

150x

**Struers ApS**

Pederstrupvej 84  
 DK-2750 Ballerup, Denmark  
 Phone +45 44 600 800  
 Fax +45 44 600 801  
 struers@struers.dk  
 www.struers.com

**NETHERLANDS**

**Struers GmbH Nederland**  
 Zomerdijk 34 A  
 3143 CT Maassluis  
 Telefoon +31 (10) 599 7209  
 Fax +31 (10) 5997201  
 netherlands@struers.de

**NORWAY**

**Struers ApS, Norge**  
 Sjøskogenveien 44C  
 1407 Vinterbro  
 Telefon +47 970 94 285  
 info@struers.no

**AUSTRIA**

**Struers GmbH**  
 Zweigniederlassung Österreich  
 Betriebsgebiet Puch Nord 8  
 5412 Puch  
 Telefon +43 6245 70567  
 Fax +43 6245 70567-78  
 austria@struers.de

**POLAND**

**Struers Sp. z o.o.**  
 Oddział w Polsce  
 ul. Jasnogórska 44  
 31-358 Kraków  
 Phone +48 12 661 20 60  
 Fax +48 12 626 01 46  
 poland@struers.de

**ROMANIA**

**Struers GmbH, Sucursala Bucuresti**  
 Str. Preciziei nr. 6R  
 062203 sector 6, Bucuresti  
 Phone +40 (31) 101 9548  
 Fax +40 (31) 101 9549  
 romania@struers.de

**SWITZERLAND**

**Struers GmbH**  
 Zweigniederlassung Schweiz  
 Weissenbrunnstraße 41  
 CH-8903 Birmsdorf  
 Telefon +41 44 777 63 07  
 Fax +41 44 777 63 09  
 switzerland@struers.de

**SINGAPORE**

**Struers Singapore**  
 627A Aljunied Road,  
 #07-08 BizTech Centre  
 Singapore 389842  
 Phone +65 6299 2268  
 Fax +65 6299 2661  
 struers.sg@struers.dk

**SPAIN**

**Struers España**  
 Camino Cerro de los Gamos 1  
 Building 1 - Pozuelo de Alarcón  
 CP 28224 Madrid  
 Teléfono +34 917 901 204  
 Fax +34 917 901 112  
 struers.es@struers.es

**FINLAND**

**Struers ApS, Suomi**  
 Hietalahdenranta 13  
 00180 Helsinki  
 Puhelin +358 (0)207 919 430  
 Faksi +358 (0)207 919 431  
 finland@struers.fi

**SWEDEN**

**Struers Sverige**  
 Box 20038  
 161 02 Bromma  
 Telefon +46 (0)8 447 53 90  
 Telefax +46 (0)8 447 53 99  
 info@struers.se

**UNITED KINGDOM**

**Struers Ltd.**  
 Unit 11 Evolution @ AMP  
 Whittle Way, Catcliffe  
 Rotherham S60 5BL  
 Tel. +44 0845 604 6664  
 Fax +44 0845 604 6651  
 info@struers.co.uk

**USA**

**Struers Inc.**  
 24766 Detroit Road  
 Westlake, OH 44145-1598  
 Phone +1 440 871 0071  
 Fax +1 440 871 8188  
 info@struers.com

**AUSTRALIA & NEW ZEALAND**

**Struers Australia**  
 27 Mayneview Street  
 Milton QLD 4064  
 Australia  
 Phone +61 7 3512 9600  
 Fax +61 7 3369 8200  
 info.au@struers.dk

**BELGIUM (Wallonie)**

**Struers S.A.S.**  
 370, rue du Marché Rollay  
 F- 94507 Champigny  
 sur Marne Cedex  
 Téléphone +33 1 5509 1430  
 Télécopie +33 1 5509 1449  
 struers@struers.fr

**BELGIUM (Flanders)**

**Struers GmbH Nederland**  
 Zomerdijk 34 A  
 3143 CT Maassluis  
 Telefoon +31 (10) 599 7209  
 Fax +31 (10) 5997201  
 netherlands@struers.de

**CANADA**

**Struers Ltd.**  
 7275 West Credit Avenue  
 Mississauga, Ontario L5N 5M9  
 Phone +1 905-814-8855  
 Fax +1 905-814-1440  
 info@struers.com

**CHINA**

**Struers Ltd.**  
 No. 1696 Zhang Heng Road  
 Zhang Jiang Hi-Tech Park  
 Shanghai 201203, P.R. China  
 Phone +86 (21) 6035 3900  
 Fax +86 (21) 6035 3999  
 struers@struers.cn

**CZECH REPUBLIC & SLOVAKIA**

**Struers GmbH Organizační složka vědeckotechnický park Pílepešská 1920,**  
 CZ-252 63 Roztoky u Prahy  
 Phone +420 233 312 625  
 Fax +420 233 312 640  
 czechrepublic@struers.de  
 slovakia@struers.de

**GERMANY**

**Struers GmbH**  
 Carl-Friedrich-Benz-Straße 5  
 D- 47877 Willich  
 Telefon +49 (0) 2154 486-0  
 Fax +49 (0) 2154 486-222  
 verkauf@struers.de

**FRANCE**

**Struers S.A.S.**  
 370, rue du Marché Rollay  
 F-94507 Champigny  
 sur Marne Cedex  
 Téléphone +33 1 5509 1430  
 Télécopie +33 1 5509 1449  
 struers@struers.fr

**HUNGARY**

**Struers GmbH**  
 Magyarországi Fióktelepe  
 2040 Budaörs  
 Szabadság utca 117  
 Phone +36 2380 6090  
 Fax +36 2380 6091  
 Email: hungary@struers.de

**IRELAND**

**Struers Ltd.**  
 Unit 11 Evolution @ AMP  
 Whittle Way, Catcliffe  
 Rotherham S60 5BL  
 Tel. +44 0845 604 6664  
 Fax +44 0845 604 6651  
 info@struers.co.uk

**ITALY**

**Struers Italia**  
 Via Monte Grappa 80/4  
 20020 Arese (MI)  
 Tel. +39-02/38236281  
 Fax +39-02/38236274  
 struers.it@struers.it

**JAPAN**

**Marumoto Struers K.K.**  
 Takanawa Muse Bldg. 1F  
 3-14-13 Higashi-Gotanda,  
 Shinagawa  
 Tokyo  
 141-0022 Japan  
 Phone +81 3 5488 6207  
 Fax +81 3 5488 6237  
 struers@struers.co.jp

**Application Notes**

Metallografische Präparation von rostfreien Stählen

Elisabeth Weidmann, Struers A/S, Copenhagen  
 Anne Guesnier, Struers A/S, Copenhagen  
 Bill Taylor, Struers, Ltd., Glasgow, UK.

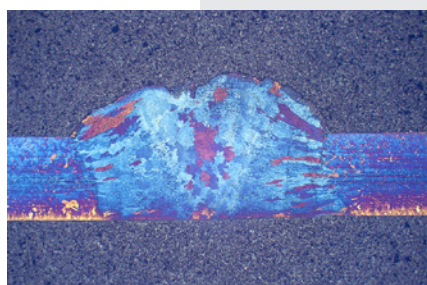
**Danksagung**

Wir bedanken uns bei der Fa. Böhler Edelstahl GmbH, Kapfenberg, Österreich, für die großzügige Unterstützung mit Probenmaterial und Information und die Erlaubnis der Wiedergabe des Fotos von Teilen auf Seite 1 und des Diagrams "Produktionsfluss" auf Seite 2. Unser besonderer Dank gilt J. Hofstätter und A. Dreindl für ihre Unterstützung und für die Abbildungen 1, 2, 6, 9, 10.

Wir danken Dr. H. Schnarr, Struers GmbH, Willich, Deutschland, für die Abb. 4 und 7.

**Bibliographie**

Schumann, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1968  
 Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung, W. Domke, Verlag W. Giradet, Essen, 1977  
 Metals Handbook, Desk Edition, ASM, Metals Park, Ohio, 44073, 1985  
 Color Metallography, E. Beraha, B. Shpigler, ASM, Metals Park, Ohio, 44073, 1977  
 Handbuch der metallographischen Ätzverfahren, M. Beckert, H. Klemm, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1976  
 Metallography, Principles and Practice, George F. Vander Voort, McGraw-Hill Book Company, 1984  
 Merkblatt 821, Edelstahl Rostfrei-Eigenschaften Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, BRD  
 Metallographic instructions for color etching by immersion, E. Weck, E. Leistner, Deutscher Verlag für Schweisstechnik (DVS), Düsseldorf, 1983



Schweiße aus rostfreiem  
 Stahl farbeätzt nach  
 Beraha II.

20x