

- Werkstoffnummer, -bezeichnung
- Wurde der Werkstoff einer Wärmebehandlung unterworfen?
- Auftrags-, Lieferschein-, Rechnungs- oder Chargennummer
- Besteht die Möglichkeit, dass kontaminierte Luft angesogen wurde (z.B. Lösungsmittel, Streusalz-Aerosole im Winter, chloridhaltiger Abrieb von Holzzementböden, halogenidhaltige Dämpfe von Betriebsmitteln) oder dass das Material mit Stoffen in Berührung kam, die bei der Planung nicht vorgesehen oder berücksichtigt wurden, z.B. Reinigungs- oder Desinfektionsmittel?

### 3 EINTEILUNG DER KORROSIONSBESTÄNDIGEN STÄHLE

#### 3.1 Allgemeines

Für die Einteilung der korrosionsbeständigen Stähle gibt es verschiedene Kriterien, entsprechend vielfältig sind die Bezeichnungen:

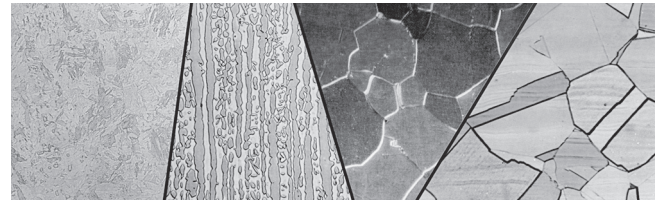
- a) mikroskopischer Aufbau (Gefüge)**
  - ferritische Stähle
  - martensitische Stähle
  - austenitische Stähle
  - ferritisch-austenitische Stähle oder Duplex-Stähle
  - ausscheidungshärtbare oder dispersionshärtbare Stähle
- b) chemische Zusammensetzung (Legierung)**
  - austenitische Chrom-Nickel-Stähle (V2A-Stähle, Cr-Ni-Stähle, AISI 300er-Serie)
  - austenitische Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle (V4A-Stähle, Cr-Ni-Mo-Stähle, AISI 300er-Serie)
  - austenitische Chrom-Mangan(-Nickel)-Stähle (AISI 200er-Serie)
  - ferritische und martensitische Chromstähle (AISI 400er-Serie)
  - Stickstoff-legierte Stähle
  - Titan- oder Niob-stabilisierte Stähle
- c) Verwendungszweck, Einsatzbereich, Eigenschaften**
  - hitzebeständige Stähle
  - kaltzähe Stähle
  - kriechfeste Stähle
  - nicht magnetisierbare Stähle
  - härtbare Stähle
  - hochsäurebeständige Stähle
  - Stähle mit verbesserter Zerspanbarkeit (Automatenstähle)

Da sich diese Einteilungen häufig überschneiden, wird **in der Praxis meist die folgende Einteilung gemacht:**

- ferritische Stähle
- martensitische Stähle
- austenitische Stähle
  - austenitische Chrom-Nickel-Stähle (V2A)
  - austenitische Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle (V4A)
- Superaustenite oder hochsäurebeständige Stähle
- ferritisch-austenitische Stähle oder Duplex-Stähle
- hitzebeständige Stähle
- warmfeste Stähle

Detaillierte Angaben wie chemische Zusammensetzung, mechanische und physikalische Eigenschaften sind in Kapitel 7 zu finden.

#### 3.2 Edelmstahlgefüge



Martensit      Duplex      Ferrit      Austenit

##### 3.2.1 Ferrit

Das ferritische Gefüge besteht aus mehr oder weniger isometrischen (kugeligen) Körnern mit deutlich erkennbaren Korngrenzen.

Ferrit kann nur sehr wenig Kohlenstoff aufnehmen, dafür aber grössere Mengen anderer Legierungselemente wie Chrom (Cr), Nickel (Ni) und Mangan (Mn), die seine Eigenschaften, wie z.B. Korrosionsbeständigkeit, beeinflussen.

##### 3.2.2 Martensit

Das martensitische Gefüge ist ein feinnadeliges, strukturloses und sprödes Härtegefüge, i.a. ohne klar erkennbare Korngrenzen. Es entsteht durch rasches Abkühlen eines austenitischen Gefüges (Gefügeumwandlung). Die Abkühlung muss dabei so rasch erfolgen, dass der im austenitischen Ausgangsgefüge gelöste Kohlenstoff keine Zeit findet, das Eisengitter zu verlassen und somit das Gefüge verspannt. Dieses verspannte Härtegefüge weist eine hohe Härte, aber auch eine hohe Sprödigkeit auf, so dass es praktisch nicht verwendbar ist. Zum Abbau dieser Sprödigkeit muss das Gefüge erneut erwärmt (angelassen) werden und es entsteht ein Anlassgefüge. Durch das Anlassen können die mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Härte, Zähigkeit etc.) in bestimmten Bereichen eingestellt werden.

##### 3.2.3 Austenit

Das charakteristische an einem austenitischen Gefüge sind die ausgeprägten, teilweise geradlinig und parallel verlaufenden Korngrenzen. Durch entsprechende Legierungsgehalte von Ni und Mn ist dieses Gefüge auch bei Raumtemperatur stabil. Austenitische Gefüge sind unmagnetisch (im Gegensatz zu den ferritischen und martensitischen), zäh und nur durch Kaltverfestigung (Kaltverformung) «härtbar».

##### 3.2.4 Duplex

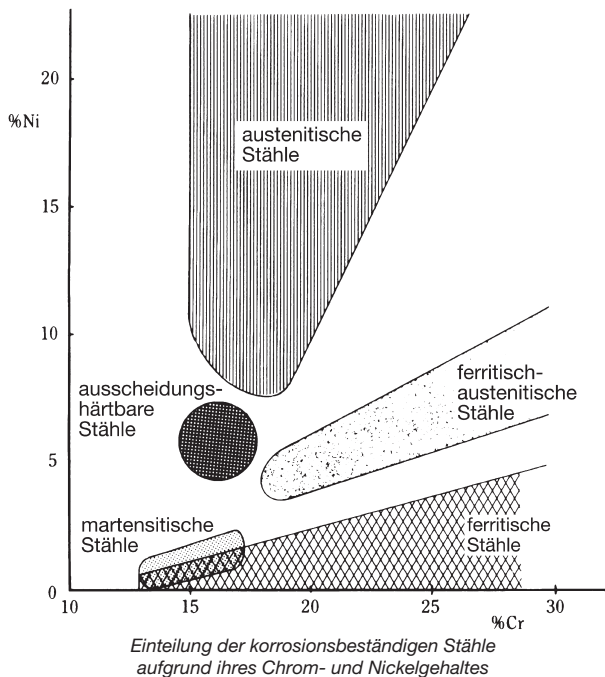
Das Duplexgefüge besteht aus zwei klar erkennbaren Bestandteilen (Phasen), nämlich zu je etwa 50% aus einer ferritischen und einer austenitischen. Entsprechend vereint dieses Gefüge viele der positiven Eigenschaften beider Gefügebestandteile.

##### 3.2.5 Ausscheidungs- oder dispersionsgehärtete Gefüge

Ausscheidungshärtbare Stähle enthalten geringe Mengen spezieller Legierungselemente wie z.B. Kupfer (Cu) und Niob (Nb). Durch Lösungsglühen werden alle Legierungselemente im Eisengefüge gelöst. Durch anschliessendes, rasches Abkühlen bleiben diese Elemente gelöst, d.h. es entsteht ein metastabiler Zustand. Da der Stahl jedoch einen stabilen Zustand anstrebt, scheiden sich die zwangsgelösten Elemente im Laufe der Zeit aus und bilden im Gefüge feine, gleichmässig verteilte Ausscheidungen, die eine Erhöhung der Festigkeit bewirken. Durch eine entsprechende Wärmebehandlung (Auslagern, Aushärten) kann dieser Ausscheidungsvorgang beschleunigt und gezielt beeinflusst werden. Ausscheidungshärtbare Stähle weisen ein austenitisches, martensitisches oder austenitisch-martensitisches Gefüge auf.

## 3.3 Die wichtigsten Legierungselemente und ihr Einfluss auf die Eigenschaften des Stahls

Das Gefüge, d.h. die mikroskopische Struktur der Stähle, wird einerseits durch die chemische Zusammensetzung (Legierung) und andererseits durch eine allfällige Wärmebehandlung massgeblich beeinflusst. Die Wirkung der wichtigsten Legierungselemente für korrosionsbeständige Edeltähle ist im folgenden kurz zusammengefasst. Der Einfluss der Austenit resp. Ferrit bildenden Elemente auf die Ausbildung des Gefüges kann aus dem Schaeffler-Diagramm (s. Kap. 7.7) und aus untenstehender Grafik herausgelesen werden.



### 3.3.1 Chrom (Cr)

Die korrosionsbeständigen Stähle verdanken ihre Beständigkeit v.a. dem Legierungselement Cr, welches auf der Stahloberfläche eine dichte, beständige und fest haftende Oxid- oder Passivschicht bildet (s.a. Kapitel 2.3). Ab einem Cr-Gehalt von mind. 10.5% spricht man von korrosionsbeständigen Stählen. Cr erhöht zudem die Festigkeit des Stahls spürbar ohne die Dehnbarkeit wesentlich zu verschlechtern. Zudem werden Warmfestigkeit und Zunderbeständigkeit markant verbessert.

### 3.3.2 Kohlenstoff (C)

Mit steigendem C-Gehalt steigt die Festigkeit des Stahls sowie die Härte bei den martensitischen Stählen. Dagegen nehmen Schweiß-, Dehn-, Schmied- und Bearbeitbarkeit ab. Cr bildet zusammen mit C leicht Karbide. Um zu verhindern, dass dem Gefüge durch die Karbidbildung Cr entzogen und dadurch die Korrosionsbeständigkeit lokal reduziert wird, muss der C-Gehalt in korrosionsbeständigen Stählen tief gehalten werden oder es muss durch Stabilisierungselemente, d.h. Elemente die noch leichter Karbide bilden als Cr, die Bildung von Cr-Karbiden verhindert werden. C fördert die Austenitbildung.

### 3.3.3 Nickel (Ni)

Ni verbessert die Beständigkeit gegen allgemeine Korrosion und Verzunderung sowie die Kerbschlagzähigkeit bei tiefen

Temperaturen. Zudem erhöht es die Festigkeit, v.a. die Warm- und Dauerfestigkeit auf Kosten der Zerspan- und Verformbarkeit. Ni ist ein Austenitbildner.

### 3.3.4 Molybdän (Mo)

Mo verbessert die Korrosionsbeständigkeit, insbesondere die Lochfrassbeständigkeit in chloridhaltigen Lösungen, schon bei Gehalten von wenigen Prozenten ganz erheblich. Auf die mechanischen Eigenschaften wirkt es sich gleich aus wie Ni. Mo ist ein Ferritbildner.

### 3.3.5 Kupfer (Cu)

Cu erhöht schon ab Konzentrationen von 1.5% die Beständigkeit des Stahls gegen reduzierende Säuren wie z.B. Schwefelsäure.

### 3.3.6 Silizium (Si), Aluminium (Al)

Si und Al sind Ferritbildner. Sie erhöhen insbesondere bei den ferritischen Stählen (Edeltähle mit relativ niedrigem C-Gehalt) die Zunderbeständigkeit, d.h. sie erhöhen die Verzunderungstemperatur.

### 3.3.7 Titan (Ti), Niob (Nb)

Ti und Nb werden den ferritischen und austenitischen Stählen als sogenannte Stabilisierungselemente zulegiert. Sie bilden leichter Karbide als Cr. Dadurch verhindern sie die Bildung von Cr-Karbiden auf den Korngrenzen und führen insbesondere in Schweißnähten zu einer Verbesserung der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion. Allerdings werden die Zerspanbarkeit und die Polierbarkeit etwas reduziert.

### 3.3.8 Mangan (Mn)

Mn erhöht die Festigkeit sowie die Verschleissfestigkeit der Stähle.

### 3.3.9 Schwefel (S)

S ist als nichtmetallisches Element eigentlich eine Verunreinigung im Stahl, die verschiedene Stahleigenschaften wie Korrosionsbeständigkeit, Zähigkeit, Verform-, Polier-, Schweiß- und Schmiedbarkeit negativ beeinflusst. Normalerweise wird der S-Gehalt im Stahl so tief wie möglich gehalten. Bei den korrosionsbeständigen Automatenstählen wird S bis 0.35 % bewusst zulegiert. Die sich bildenden Mangansulfide verbessern die Zerspanbarkeit markant. Da speziell bei den korrosionsbeständigen Stählen eine Verschlechterung der Korrosionsbeständigkeit sehr unerwünscht ist, legieren verschiedene Werke ihren korrosionsbeständigen Automatenstählen ein Calcium-Silizium-Pulver zu, das die gleichen spanbrechenden Eigenschaften ergibt wie das Zulegieren von S ohne allerdings die Korrosionsbeständigkeit zu beeinflussen. Die entsprechenden Stähle sind unter verschiedenen Werksbezeichnungen wie z.B. als **PRODEC-** oder **VALIMA-Stähle** verfügbar (s. Kap. 5.3.4).

Gemäss europäischer Norm EN 10088 gilt für Stäbe, Walzdraht, Profile und das entsprechende Halbzeug ein Höchstgehalt für Schwefel von 0.030 % und für Bleche von 0.015 %. Für alle zu bearbeitenden Erzeugnisse wird ein geregelter Schwefelgehalt von 0.015 bis 0.030 % empfohlen und ist zulässig.

### 3.3.10 Stickstoff (N)

N stabilisiert das austenitische Gefüge etwa gleich stark wie C und verbessert die Festigkeitseigenschaften, allerdings auf Kosten der Zähigkeit. N wird zur Steigerung der Festigkeit speziell bei Stählen mit tiefem C-Gehalt zulegiert wie z. B. in 1.4311 und 1.4429. N verbessert zudem die Korrosionsbeständigkeit von Austeniten und Duplex-Stählen gegenüber chloridhaltigen Medien.

### 3.4 Eigenschaften der korrosionsbeständigen Stähle

Detaillierte Angaben zu den einzelnen Legierungen und Stahlgruppen finden Sie in Kapitel 7, ab Seite 115.

#### 3.4.1 ferritische Stähle

##### Eigenschaften:

Diese Werkstoffe bleiben bei allen Temperaturen ferritisch. Dies wird durch einen geringen Anteil an austenitbildenden Legierungselementen wie Ni und einen hohen Anteil an Ferritbildnern, vor allem Cr, erreicht. Ihre Eigenschaften sind: hohe Streckgrenze, hohe Dehnbarkeit, gute Tiefzieheigenschaften und gute Schweissbarkeit. Ihre Festigkeit kann durch Kaltverformen bis zu einem gewissen Grad erhöht werden. Im Vergleich mit austenitischen Stählen weisen sie eine geringere Festigkeit und Duktilität (Verformbarkeit) auf. Verglichen mit den austenitischen Stählen haben die ferritischen eine schlechtere Beständigkeit gegen Lochfrasskorrosion dafür sind sie beständiger gegen Spannungsrisskorrosion. Gebräuchliche ferritische Stähle sind vergleichsweise billig.

##### Anwendungen:

Die einfacheren ferritischen Stähle (1.4016 u.ä.) werden vorzugsweise für Haushaltsgeräte wie Kochtöpfe, Haushaltsmaschinen und Spültische eingesetzt, bei denen keine hohen Ansprüche an die Korrosionsbeständigkeit gestellt werden. Weitere Anwendungen sind Abdeckungen für Innenanwendungen und Schutzbleche. Ferritische Stähle mit sehr niedrigem Kohlen- und Stickstoffgehalt haben ihren grössten Anwendungsbereich für Einsatzbedingungen, unter denen Spannungsrisskorrosion auftreten kann. Stähle mit sehr hohem Chromgehalt, z.B. 25% Cr, kommen auch bei hohen Temperaturen zum Einsatz, da sie eine ausgeprägte Beständigkeit gegen schwefelhaltige Rauchgase aufweisen.

#### 3.4.2 martensitische Stähle

##### Eigenschaften:

Wegen ihres vergleichsweise hohen Kohlenstoffgehaltes kann ihre Festigkeit und Härte durch eine entsprechende Wärmebehandlung in bestimmten Grenzen verändert, resp. den Anforderungen angepasst werden. Es sind Zugfestigkeiten bis über 1300 N/mm<sup>2</sup> erreichbar. Der relativ hohe Kohlenstoffgehalt reduziert jedoch die Korrosionsbeständigkeit, zudem sind diese Stähle schlecht verform- und schweisbar. Diese Stähle weisen einen C-Gehalt von 0.1 – 1.2% und einen Cr-Gehalt von 12 – 18% auf. Ein Teil dieser Stähle ist zusätzlich noch mit 0.5 – 2.5% Ni und bis zu 1.2% Mo legiert. Mit steigendem C-Gehalt steigt die erreichbare Härte (0.1% C → ca. 40 HRC, 0.9% C → ca. 58 HRC).

##### Anwendungen:

Diese Stähle werden hauptsächlich für mechanisch hochbeanspruchte Konstruktionsteile wie Verbindungselemente, Pumpenwellen, Turbinenschaufeln und Ventilspindeln sowie für gehärtete Werkzeuge und Schneidwaren mit erhöhter Beständigkeit gegen oxidierende Säuren eingesetzt.

#### 3.4.3 austenitische CrNi-Stähle («V2A»)

##### Eigenschaften:

CrNi-legierte austenitische Werkstoffe haben eine gute allgemeine Korrosionsbeständigkeit, eine gute Zähigkeit bei niedriger Dehngrenze und eine gute Sprödbrechtsicherheit auch bei tiefen Temperaturen. Ihre Festigkeit kann durch Kaltver-

formen in gewissen Grenzen erhöht werden, allerdings werden sie dadurch leicht magnetisch und ihre Korrosionsbeständigkeit sinkt. Zudem sind sie gut schweisbar. Langsames Abkühlen nach einer Wärmebehandlung oder nach dem Schweißen führt jedoch im kritischen Temperaturbereich von 500–900 °C zur Ausscheidung von Chromkarbiden auf den Korngrenzen (s.a. Kapitel 2.2.6 «Interkristalline Korrosion»).

##### Anwendungen:

Diese Werkstoffe werden vorwiegend bei geschweissten Applikationen im Bereich von säure- und chloridfreien Medien eingesetzt wie z.B. in der Nahrungsmittelindustrie, für Haushaltgeräte und für Waschmaschinen. Daneben finden sie in zunehmendem Masse Verwendung in der Innen- und Aussenarchitektur.

#### 3.4.4 austenitische CrNiMo-Stähle («V4A»)

##### Eigenschaften:

Mit zunehmendem Molybdängehalt wird die Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe stark verbessert. Damit das Gefüge jedoch austenitisch bleibt (Mo ist ein Ferritbildner), muss der Ni-Gehalt auf mindestens 10.5% erhöht werden. Durch das Zulegieren von Molybdän wird die Beständigkeit wesentlich verbessert, insbesondere gegen Lochkorrosion in chloridhaltiger Umgebung sowie in reduzierenden Säuren. In Salpetersäure und nitrosen Gasen sind Mo-Zusätze eher ungünstig.

Diese Stähle weisen eine sehr hohe Dehnbarkeit und Zähigkeit auf bei eher niedrigen Festigkeitswerten. Sie sind auch bei tiefen Temperaturen sprödbrechtsicher und gut schweisbar.

##### Anwendungen:

Die Werkstoffe 1.4404, 1.4432 und 1.4435 sind im Kontakt mit weichem Wasser, reduzierenden Säuren und mit Medien, deren Zusammensetzung und Aggressivität nur geschätzt, aber nicht mit Sicherheit festgestellt werden können, die am häufigsten eingesetzten Stähle. In stark chloridhaltigen Medien müssen jedoch vielfach höher legierte Werkstoffe (Superaustenite) eingesetzt werden.

Die hauptsächliche Anwendung dieser Stähle liegt in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, bei der Wasseraufbereitung, in der Zellstoff- und Gummiindustrie sowie im Schwimmbadbau.

#### 3.4.5 Superaustenite

##### Eigenschaften:

Superaustenite sind hochlegiert mit Cr, Ni, N und insbesondere Mo. Der PRE-Wert ist > 40. Ihre hohe Beständigkeit gegen allgemeine Korrosion, besonders in Säuren die Halogenide (Chloride, Bromide, Jodide oder Fluoride) enthalten, übertrifft herkömmliche korrosionsbeständige Stähle. Unter diesen Betriebsbedingungen sind den normalen korrosionsbeständigen Stählen enge Grenzen gesetzt. In solchen Fällen musste bisher oft auf teure Nickelbasislegierungen oder Titan ausgewichen werden. Superaustenite sind jedoch kostengünstige Alternativen und können in vielen Fällen den beständigsten Nickelbasislegierungen und Titan gleichgestellt werden.

##### Anwendungen:

Diese Werkstoffe wurden für höchste Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit entwickelt. Sie werden daher unter schwierigsten Korrosionsbedingungen in der Chemie, Pharmazie und in Kontakt mit Meerwasser (Meerwasserentsalzungs-, Offshore) eingesetzt, wo sie sich seit Jahren bewähren.



## 3.4.6 Duplexstähle

### Eigenschaften:

Duplexstähle haben viele der positiven Eigenschaften ferritischer und austenitischer Stähle in sich vereint. Durch den hohen Cr- und Mo-Gehalt weisen diese Stähle eine hohe Beständigkeit gegen Loch- und Spaltkorrosion in Schwefelwasserstoffhaltigen Medien (z.B. Luftraum in Jauchebehältern) auf. Zudem weisen sie eine hohe mechanische Festigkeit sowie eine hohe Beständigkeit gegen Korrosionsermüdung, Erosion und Verschleiss auf. Im Vergleich mit austenitischen Stählen weisen Duplexstähle eine gute Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion auf.

Duplexstähle sind anfällig für intermetallische Ausscheidungen. Im Bereich von 350–525 °C muss mit der 475 °C-Versprödung gerechnet werden, während sich die Sigma-Phase im Bereich von 700–975 °C bilden kann. Bei normalen Schweiß- und Wärmebehandlungsvorgängen besteht jedoch keine Versprödungsgefahr. Diese Stähle dürfen nicht über längere Zeit Temperaturen oberhalb 250 °C ausgesetzt werden.

### Anwendungen:

Diese Stähle werden eingesetzt, wenn gute mechanische Eigenschaften in Kombination mit guten Korrosionseigenschaften gefordert werden, wie z.B. für Pumpenwellen, Maschinenteile, Offshore-Technik, Bauindustrie und Meerwasser-Entsalzung.

## 3.4.7 Zusammenfassung diverser Eigenschaften

Gefüge	härbar	magnetisierbar	schweisbar
ferritisch	–	✓	✓
martensitisch	✓	✓	3)
austenitisch	1)	2)	✓
superaustenitisch	–	–	✓
Duplex	–	✓	✓

- 1) nur über Kaltverformung möglich
- 2) kann bei starker Kaltverformung leicht magnetisch werden
- 3) nur mit speziellen Massnahmen

## 3.4.8 hitzebeständige Stähle

### Eigenschaften:

- gutes Oxidationsverhalten, speziell bei zyklischen Lastbedingungen
- hohe Verzunderungstemperatur
- relativ hohe Dehngrenze und Zugfestigkeit bei höheren Temperaturen
- hohe Zeitdehngrenze und Zeitstandfestigkeit
- gute Gefügestabilität
- gute Beständigkeit gegen Hochtemperaturkorrosion und Hochtemperaturerosion in mässig aggressiven Atmosphären

Die meisten Hochtemperaturlegierungen neigen nach der Erwärmung auf Temperaturen von 550–850 °C bei Raumtemperatur zur Versprödung. Die Ursache dafür ist das Ausscheiden von intermediären Phasen, wie Sigma-, Chi- und Lavesphasen. Um die Bildung dieser Phasen zu reduzieren, werden die Hochtemperatur-Legierungen von **Outokumpu** (153 MA, 253 MA, 353 MA) mit Silizium, Stickstoff und Cer legiert.

Beim Einsatz in hohen Temperaturen und im Kontakt mit heissen Gasen bildet sich eine dichte Oxidschicht an der

Stahloberfläche. Die dichte Beschaffenheit ist besonders wichtig, damit die Oxidationsschicht gut haftet und eine weitere Oxidation verhindert wird.

Neben Cr und Ni werden diese neuen Werkstoffe mit Si, N und C legiert und zusätzlich mit geringen Mengen von seltenen Erden mikrolegiert. Dies führt zu einer beträchtlichen Steigerung der Oxidationsbeständigkeit, besonders unter zyklischen Lastbedingungen, sowie einer hohen Dauerdehngrenze und einer guten Schweißbarkeit. Aufgrund ihrer Zusammensetzung sind diese Werkstoffe in der Wärmeeinflusszone sowie im Schweißgut auf Warmrisse nicht empfindlich.

Infolge der besonderen Einsatzbedingungen müssen bei hitzebeständigen Stählen folgende Schädigungsmechanismen berücksichtigt werden:

### Schwefelangriffe

S und S-Verbindungen sind oft in Rauchgasen sowie in verschiedenen Prozessgasen vorhanden und greifen hitzebeständige Legierungen an. In oxidierenden Umgebungen steigert ein hoher Cr- und Si-Gehalt die Beständigkeit einer Legierung gegen S-Angriffe. In reduzierender Atmosphäre, wo sich keine schützende Oxidschicht bilden kann, müssen Werkstoffe mit hohem Nickelgehalt vermieden werden. Dies gilt besonders für Legierungen mit einem Ni-Gehalt von >50% und einem Cr-Gehalt <20%. Bei Ni-haltigen Legierungen steigert ein Cr-Gehalt >25% die Beständigkeit gegen S-Angriffe.

### Kohlenstoffaufnahme

In kleinen Mengen können C sowie N die mechanischen Eigenschaften eines Werkstoffes verbessern. Eine übermässige Aufnahme dieser Elemente führt jedoch zu einer Verminderung der Oxidationsbeständigkeit und einer Versprödung des Werkstoffes. Dies ist auf die Ausscheidung von Cr-Karbid und / oder Cr-Nitriden an den Korngrenzen zurückzuführen. Die daraus resultierende Cr-Verarmung des Gefüges verringert die Fähigkeit, die beschädigte Oxidschicht eines Werkstoffes zu regenerieren. Hitzebeständige Werkstoffe werden dadurch anfälliger auf die Einwirkungen von aggressiven Substanzen, speziell in wechselnd aufkohlenden und oxidierenden Atmosphären. Aufkohlungen können in Öfen bei der Wärmebehandlung von Werkstücken erfolgen, wenn diese mit Ölrückständen behaftet sind.

### Stickstoffaufnahme

Die Gefahr einer N-Aufnahme ist besonders gross bei Öfen, die mit O<sub>2</sub>-freien Schutzgasen (Ammoniakspaltgas oder N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>-Gemisch) bei hohen Temperaturen arbeiten. Durch Erhöhen des Ni-Gehaltes kann die Beständigkeit eines Werkstoffes gegen C- und N-Aufnahme verbessert werden. Der gleiche Effekt lässt sich aber auch durch Zugabe starker Oxidbildner wie Cr, Si und Al erzielen.

### Nasskorrosion

Hitzebeständige Stähle sind aufgrund ihrer Zusammensetzung nur gegen Heissgaskorrosion beständig. Unter nasschemischen Bedingungen neigen sie zu Sensibilisierung und interkristalliner Korrosion.

### Anwendungen:

Die Gruppe der Hochtemperaturlegierungen umfasst Mo-freie Werkstoffe, die vorwiegend in gasförmigen Medien bei hohen Temperaturen eingesetzt werden, wie z.B. Ofenroste, Abgasleitungen, Chargiereinrichtungen, Hochtemperatur-Wärmetauscher.

## 3.4.9 korrosionsbeständige Stähle mit verbesserter Zerspanbarkeit (s. Kapitel 3.3.9 und 5.3.4.)