Korrosionsbeständigkeit eines bestimmten Materials unter bestimmten Korrosionsbedingungen (Medium, Konzentration, Temperatur, Spannung etc.) zu prüfen.
Seit kurzem sind auch Geräte erhältlich, mit denen die relative Korrosionsbeständigkeit zerstörungsfrei am fertigen Bauteil geprüft werden kann, z.B. zur Schweissnahtprüfung.

4.4 Strukturelle Prüfungen

Mit diesen Verfahren kann die Grob- und Feinstruktur eines Materials untersucht werden.

4.4.1 Grobstruktur (zerstörungsfreie Prüfung ZfP)

Diese Verfahren dienen der Prüfung von Werkstücken auf innere und äussere Fehler, ohne diese zu beschädigen oder zu zerstören.

Oberflächenfehler
Diese Verfahren werden meist bei fertigen oder fast fertigen Werkstücken eingesetzt zur Feststellung von Fehlern, die bis an die Oberfläche reichen wie z.B. Risse. Die dabei zur Anwendung kommenden Verfahren sind:

- Magnetpulverprüfverfahren (eignet sich nur für magnetisierbare Materialien): Dabei wird das Werkstück mit einer fluoreszierenden, magnetisierbaren Flüssigkeit eingespritzt und dann magnetisiert. Fehler im Oberflächenbereich führen zur Störung der magnetischen Feldlinien und zu einer Anreicherung der Flüssigkeit an diesen Stellen. Bei der Betrachtung im UV-Licht werden diese Fehlstellen sichtbar.
- Farbeindringverfahren (eignet sich für alle Materialien): Das Werkstück wird mit einer roten Flüssigkeit eingesprayt, die aufgrund ihrer sehr hohen Penetrierfähigkeit in die Fehlstellen eindringt. Nach einer Weile wird die Farbe abgewischt und die Oberfläche mit einem weissen «Entwickler» eingesprayt, der die in den Fehlstellen verbliebene Farbe wieder heraussaugt und damit die Fehlstellen sichtbar macht.

Innere Fehler
Zur Feststellung von Fehlern, die nicht bis an die Oberfläche reichen (Lunker, grobe Einschlüsse, Schweissfehler, grössere Poren) werden folgende Methoden angewandt:

- Ultraschallverfahren (anwendbar für alle Werkstoffe mit relativ glatter Oberfläche): Dabei wird das Werkstück mit Ultraschall in der Grössenordnung von einigen 100 kHz bis einigen MHz durchstrahlt. An Fehlstellen wird der Schall reflektiert. Das Echo wird auf einem Bildschirm angezeigt. Das Verfahren ist gut geeignet für den mobilen Einsatz, die richtige Interpretation der Anzeige erfordert jedoch einige Erfahrung.
- Durchleuchten mit Röntgen-, Isotopen- oder Gammastrahlen: Da die Anzeige auf Filmen erfolgt, werden diese Verfahren dann angewandt, wenn das Resultat dauerhaft dokumentiert werden muss. Es ist allerdings auf Materialdicken bis ca. 150 mm limitiert. Wegen der notwendigen Strahlenschutzeinrichtungen sind diese Verfahren aufwendig und benötigen entsprechende Spezialisten. Mobile Anwendungen sind möglich.
- Computertomographie: Dieses aus der Medizin bekannte Verfahren erlaubt die 3-dimensionale Darstellung von Fehlern. Die Nachteile sind ein hoher apparativer Aufwand sowie die Notwendigkeit von entsprechenden Schutzvorrichtungen und Spezialisten.

4.4.2 Fein- und Mikrostruktur

Zur Untersuchung der Fein- und Mikrostruktur werden metallografische in Verbindung mit licht- oder elektronenmikroskopischen Methoden beigezogen. Diese Verfahren werden einerseits in der Grundlagenforschung und Entwicklung eingesetzt, andererseits dienen sie auch der Abklärung von Fehlern (z.B. Wärmebehandlungs- oder Gefügefehler) und Schäden und deren Ursache.

5 BE- UND VERARBEITUNG

5.1 Allgemeine Be- und Verarbeitungsgrundsätze

Korrosionsbeständige Edelstähle weisen aufgrund ihrer hohen Legierungsanteile von Chrom, Nickel und Molybdän Be- und Verarbeitungseigenschaften auf, die sich von denen der niedriglegierten Stähle deutlich unterscheiden und die es für einen erfolgreichen Einsatz dieser Werkstoffe zu berücksichtigen gilt. Korrosionsbeständige Stähle werden meist im Anlieferungszustand verarbeitet.
Die Verarbeitung von Edelstahl muss unbedingt von der Verarbeitung von unlegiertem Stahl getrennt werden, sogenannte Schwarz/Weiss-Trennung. Andernfalls besteht ein grosses Risiko, dass die Edelstahloberfläche mit Eisenpartikeln verunreinigt wird, was unweigerlich zu Fremdrostbefall führt. Diese Trennung gilt nicht nur räumlich sondern auch für die verwendeten Werkzeuge. Auch bei der Lagerung und beim Transport von Edelstahl sollte ein Kontakt mit unlegiertem Stahl (Stahlbänder zum Fixieren, ungeschützte Eisenträger etc.) vermieden werden.

5.2 Spanlose Verarbeitung – Umformen

5.2.1 Warmumformung

Eine Warmumformung ist bei allen korrosionsbeständigen Stählen möglich. Wegen der schlechten Wärmeleitfähigkeit soll die Erwärmung bis ca. 800–850 °C langsam erfolgen, darüber kann sie rasch durchgeführt werden.
Ferritische Stähle werden bei den üblichen Formgebungstemperaturen sehr weich und neigen zur «Faltenbildung» sowie zu rasch einsetzendem Kornwachstum, was nur durch starke Verformung verhindert werden kann. Teile aus ferritischem Stahl werden nach der Warmumformung meist an freier Luft abgekühlt.
Die Warmformgebung bei martensitischen Stählen ist im allgemeinen unproblematisch, wenn beim Erwärmen und Abkühlen das Gefügeumwandlungsverhalten berücksichtigt wird. Um die Rissgefahr bei martensitischen Stählen herabzusetzen, ist ein zu rasches Erkalten zu vermeiden.
Austenitische Werkstoffe sollten gleichmässig erwärmt werden. Die Atmosphäre darf weder schwefelhaltig sein noch eine aufkohlende Wirkung haben. Besonders wichtig ist dies bei hochnickelhaltigen Sorten. Werkstücke mit einem Querschnitt über 3 mm werden in Wasser abgeschreckt.
Für optimale Materialeigenschaften sollten warmgeformte Werkstücke einer thermischen Nachbehandlung unterzogen werden. Die entsprechenden Verarbeitungstemperaturen sind aus der Tabelle 7.6 auf Seite 135 ersichtlich.

5.2.2 Kaltumformung

Die gebräuchlichsten Kaltumformungsverfahren sind Drücken, Pressen, Biegen und Tiefziehen. Grundsätzlich eignen sich alle

© KOHLER 2021

korrosionsbeständigen Stähle zur Kaltumformung. Der jeweils zulässige Verformungsgrad ist jedoch höheren werkstoffspezifisch, ebenso die resultierende Kaltverfestigung.
Diese ist bei austenitischen Stählen sehr ausgeprägt. Bei sehr starker Verformung muss daher zwischen den einzelnen Verformungsstufen ein Zwischenglühen bei ca. 1000 °C eingeschaltet werden. Nach abgeschlossener Umformung sollte ein Glühen bei 1050 °C und ein Abschrecken in Wasser erfolgen. Dadurch werden die durch die Kaltverformung erzeugten Eigenschaftsänderungen abgebaut und die normalen Werkstoffeigenschaften wieder hergestellt. In vielen Fällen ist jedoch eine Kaltverfestigung erwünscht, z.B. bei federharten Drähten und Bändern. Eine extreme Erhöhung der Festigkeit kann jedoch die Korrosionsbeständigkeit beeinträchtigen und den Stahl schwach magnetisch machen. Falls nötig können diese Effekte durch ein Lösungsglühen rückgängig gemacht werden. Beim Biegen von Edelstählen muss berücksichtigt werden, dass diese stärker zurückfedern als C-Stähle.
Bei ferritischen Edelstählen wird das Kaltumformen durch ihre Kerbempfindlichkeit erschwert. Ein Erwärmen auf ca. 100–200 °C verbessert die Verformbarkeit wesentlich.
Bei martensitischen Stählen hat eine Kaltumformung vor dem Härten zu erfolgen.

5.3 Spanabhebende Bearbeitung

5.3.1 Zerspanungseigenschaften korrosionsbeständiger Stähle

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Materialeigenschaften weisen die korrosionsbeständigen Edelstähle andere Bearbeitungseigenschaften auf als normale C-Stähle. Generell kann gesagt werden, dass die Bearbeitung mit zunehmendem Legierungsgehalt schwieriger wird, d.h. für jede Legierungsgruppe müssen deshalb unterschiedliche Bearbeitungsdaten gewählt werden. Die speziellen Eigenschaften der Edelstähle beeinflussen alle vier Bearbeitungsfaktoren wie Schnittkraft, Werkzeugverschleiss, Spanform und Oberflächenfinish.
Folgende spezielle Eigenschaften der korrosionsbeständigen Stähle, v.a. der austenitischen, müssen bei ihrer Bearbeitung berücksichtig werden:

- ausgeprägte Tendenz zur Kaltverfestigung: Bei Folgeschnitten trifft das Werkzeug eine deutlich härtere Oberfläche als beim ersten Schnitt, was zu einer Erhöhung der Schnittkraft führt. Dies kann bei der Feinbearbeitung wegen der geringen Schnitttiefe zu Problemen führen.
- niedrige Wärmeleitfähigkeit: Dieser Umstand führt zu einer höheren Wärmebelastung der Werkzeugschneide.
- hohe Zähigkeit: Die erforderlichen höheren Schnittkräfte führen zu einer zusätzlichen Wärmebelastung der Werkzeuge.
- Schmieren, Fressen: Hochlegierte Stähle neigen zur Bildung von Aufbauschneiden, die zu einer schlechten Oberflächenqualität sowie zu einer zusätzlichen Beanspruchung der Schneidkante führen.
- schlechte Spanbrucheigenschaften führen zur Bildung von langen, lockenartigen Spänen, die sich nur schwer vom Werkzeug entfernen lassen und ein unbeaufsichtigtes Laufenlassen der Maschine verunmöglichen (s. a. Kap. 5.3.3).

5.3.2 allgemeine Bearbeitungsgrundsätze

Bei der Bearbeitung von korrosionsbeständigen Stählen sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Zur Vermeidung von Vibrationen (Rattern) dürfen nur starr gebaute Maschinen eingesetzt werden mit einer bis zu 50 % Leistung als für die Bearbeitung von C-Stahl nötig wäre.
- Werkzeuge und Werkstück müssen fest eingespannt sein.
- Werkzeuge sollen möglichst kurz eingespannt und frühzeitig geschärft oder ersetzt werden.
- Da korrosionsbeständige Stähle eine geringere Wärmeleitfähigkeit aufweisen als C-Stähle, muss für eine genügende Kühlung mit einem geeigneten Kühlmittel gesorgt werden. Andernfalls sind Überhitzungsschäden sowohl am Werkzeug wie auch am Werkstück unvermeidlich.
- Korrosionsbeständige Stähle neigen beim Bearbeiten zum Aufhärten. Die Schnitttiefe ist deshalb so zu wählen, dass die aufgehärtete Schicht des vorangehenden Schnittes sicher entfernt wird.
- Unterbrochene Schnitte sollten soweit möglich vermieden werden, da sie zu einer zusätzlichen Kaltverfestigung führen.
- Für optimale Schneid- und Kühlmittel können Lieferanten oder Hersteller Auskunft geben.

5.3.3 Zerspanbarkeit

Ferritische Stähle
Diese neigen bisweilen zum Schmieren und es kann deshalb vorteilhaft sein, ihre Festigkeit auf etwa 200 HB zu erhöhen.

Martensitische Stähle
Sie weisen ähnliche Verarbeitungsdaten auf wie normale Baustähle gleicher Festigkeit. Die spanabhebende Bearbeitung erfolgt meistens in ungehärtetem Zustand.

Konventionell hergestellte austenitische Stähle
Sie weisen als Folge ihrer hohen Zähigkeit und ihrem hohen Ni-Gehalt eine ausgeprägte Neigung zu Kaltverschweissungen und zur Kaltverfestigung auf. Da sie zudem zur Bildung von langen, lockenartigen Spänen neigen, ist ihre spanabhebende Bearbeitung deutlich schwieriger als bei niedriglegierten Stählen. Zur Verhinderung von Aufbauschneiden und zur Reduktion der Kaltverfestigung wird mit geringeren Schnittgeschwindigkeiten und höherem Vorschub gearbeitet. Eine ausreichende Kühlung ist dabei sehr wichtig.

Automatenstähle
Wie bereits erwähnt, sind austenitische korrosionsbeständige Stähle wegen ihres hohen Legierungsgehaltes, v.a. an Ni, schwieriger zu zerspanen als normale C-Stähle. Analog zu den niedrig legierten Automatenstählen wird deshalb den korrosionsbeständigen Automatenstählen S (bis zu 0.35 %) zulegiert. Dieser bildet harte und spröde Mangansulfide, die als Spanbrecher wirken, so dass nur kurze Späne entstehen, wie dies bei Bearbeitungsautomaten gewünscht wird. Diese Stähle werden deshalb vorwiegend im Décolletagebereich eingesetzt. Durch den Schwefel werden jedoch andere Eigenschaften negativ beeinflusst, wie:

- Automatenstähle sind nicht schweissbar
- Sprödbruchgefahr bei der Kaltumformung
- Verminderung der Korrosionsbeständigkeit
- Automatenstähle (auch ohne erhöhten Schwefelgehalt s. Kapitel 5.3.4.) sind schwierig zu polieren und können nicht elektropoliert werden.

5.3.4 korrosionsbeständige Stähle mit verbesserter Zerspanbarkeit ohne erhöhten Schwefelgehalt

Die oben erwähnten Nachteile schwefellegierter Automatenstähle führten zur Entwicklung von korrosionsbeständigen Stählen ohne erhöhten Schwefelgehalt (z.B. PRODEC- oder

© KOHLER 2021

VALIMA-Qualitäten). Bei diesen werden durch Zulegieren von Calcium-Silicium-Pulver und durch eine spezielle Schmelzmetallurgie feine und gleichmässig verteilte, weiche, rundliche CaSiAl-Oxide und CaMn-Sulfide erzeugt.

Die Vorteile dieser Stähle sind:
- verbesserte Zerspanungseigenschaften
- Wahl höherer Schnittparameter
- höhere Standzeit der Werkzeuge infolge Schmierwirkung und geringerer Härte der spanbrechenden Einschlüsse
- dadurch weniger Unterbrüche in der Produktion und kürzere Produktionszeiten
- Senkung der Produktionskosten
- keine Einbussen an Korrosionsbeständigkeit und Schweissbarkeit
- gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit

5.4 Polieren

5.4.1 Polieren unterschiedlicher Stahlgruppen

Eine hochglanzpolierte Oberfläche lässt sich bei Werkstücken aus korrosionsbeständigem Stahl nur dann erzielen, wenn unstabilisierte Legierungen eingesetzt werden. Mit Ti resp. Ta/Nb stabilisierte Stähle (z.B. 1.4541 und 1.4571) bilden harte Karbide, die in einer weicheren ferritischen oder austenitischen Matrix eingelagert sind. Beim Hochglanzpolieren werden diese harten Teile entweder weniger stark abgetragen und stehen dann heraus oder sie werden herausgerissen und hinterlassen kometenschweifartige Abdrücke in der polierten Oberfläche, sogenannte «Polierschwänze». Martensitische Sorten (z.B. 1.4034) lassen sich nur in gehärtetem Zustand einwandfrei polieren.
Sowohl beim Schleifen wie auch beim Polieren von austenitischen Stählen muss die geringere Wärmeleitfähigkeit und der höhere Wärmeausdehnungskoeffizient berücksichtigt werden. Bei zu hohen Schleifgeschwindigkeiten oder zu hohem Anpressdruck kann es zu einem Hitzestau und zu Verwerfungen und Verfärbungen kommen.

5.4.2 mechanisches Polieren

Voraussetzung für einwandfreie Polierresultate ist eine Oberfläche, die frei ist von Kratzern, mechanischen Beschädigungen und Fehlstellen, d.h. dass die Oberfläche einwandfrei feingeschliffen wurde bis mindestens Korn 400. Ein zu grober Schliff wird durch das Polieren nicht beseitigt. Kleine Furchen, Riefen und Unebenheiten werden aber ausgeglichen und zugeschmiert. Für die verschiedenen Stufen des Polierens kommen Polierscheiben aus unterschiedlichen Materialien zum Einsatz wie Fiberbürste, Sisalkordelscheibe, imprägnierte Sisalscheibe, harte und weiche Baumwollscheiben.
Zum Polieren korrosionsbeständiger Stähle werden verschiedene Polierpasten eingesetzt wie geschmolzene Tonerde («Wiener Kalk», weich) oder Chromoxid («Chromgrün», hart).

5.4.3 elektrochemisches Polieren

Unter elektrochemischem Polieren versteht man eine elektrochemische Behandlung, die zur Einebnung und zum Glänzen einer ursprünglich matten und rauhen Oberfläche führt. Im Prinzip handelt es sich um die Umkehrung des galvanischen Prozesses, wobei das zu behandelnde Werkstück am Pluspol (Anode) einer Gleichstromquelle liegt. Entscheidendes Merkmal des Verfahrens ist ein bevorzugter Abtrag der Rauhigkeitsspitzen, die zunächst zu einer Verringerung der Mikro-Rauhigkeit und bei einer Verlängerung der Behandlungszeit auch zu einem Abbau der Makro-Rauhigkeit führt. Das Elektropolieren korrosionsbeständiger Edelstähle führt zusätzlich zu einer Passivierung der Oberfläche, was sich positiv auf das Korrosionsverhalten auswirkt.
Grundsätzlich lassen sich alle korrosionsbeständigen Edelstähle elektropolieren, unabhängig von ihrer Legierungszusammensetzung und ihren mechanischen Eigenschaften. Für ein befriedigendes Resultat müssen allerdings folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- möglichst feines, gleichmässiges und homogenes Gefüge mit möglichst wenig nichtmetallischen Einschlüssen und anderen Fehlstellen
- gute elektrische Leitfähigkeit
- gleiches anodisches Auflösungsverhalten der verschiedenen Legierungsbestandteile
- keine elektrochemisch resistenten Legierungsbestandteile
- gleichartige Gefügestruktur bei gefügten Teilen, z.B. Schweissstellen
- ausreichende Schichtdicke bei plattierten Werkstoffen

In der Praxis bedeutet dies, dass sich Nb- oder Ti-stabilisierte Stähle (z.B. 1.4541, 1.4571) oder sogenannte Automatenstähle (z.B. 1.4305) nur sehr bedingt oder gar nicht für das Elektropolieren eignen. Nichtmetallische Einschlüsse, mit denen bei grosstechnisch erzeugten Stählen immer gerechnet werden muss, werden je nach dem stärker oder schwächer angeätzt als die Matrix und sind daher nach dem Elektropolieren sichtbar. In Automatenlegierungen werden jedoch, unabhängig von ihrer Herstellungsart, absichtlich Einschlüsse als Spanbrecher erzeugt. Automatenlegierungen sind daher nicht befriedigend elektropolierbar.
Ein Stahl, der beim Elektropolieren einwandfreie Resultate liefern soll, muss sehr rein, d.h. in einem speziell reinen Verfahren aus speziell reinem Schrott hergestellt sein:

[S] < 0.005 % (EN 10088-3: [S] < 0.030 %)
[P] < 0.010 % (EN 10088-3: [P] < 0.045 %)

Stähle mit so tiefen Schwefel und Phosphorgehalten müssen in einem Sonderverfahren in einer Sondercharge hergestellt werden.

5.5 Schweissen

5.5.1 Generelles

Beim Schweissen von Edelstahl ist es wichtig, dass die Wärmezufuhr begrenzt wird, um die wärmebeeinflusste Zone (WEZ) so klein wie möglich zu halten. Automatische Verfahren wie MIG- und WIG-Schweissen sind in diesem Fall vorteilhaft.
Verschweissungen von Edelstählen mit unlegierten Stählen sind durchaus möglich, allerdings muss dabei unbedingt dem Problem einer möglichen Kontaktkorrosion die nötige Beachtung geschenkt werden.
Angaben zur Berechnung der Ferritzahlen sowie ein Schaeffler-Diagramm finden sich in Kapitel 7, Tabelle 7.7.

5.5.2 Schweissverfahren

Die gebräuchlichsten Schweissverfahren für korrosionsbeständige Stähle sind:
- Lichtbogen-Handschweissverfahren
- WIG/TIG-Schweissen
- MIG/MAG-Schweissen

© KOHLER 2021

Weitere Verfahren für spezielle Anwendungen, auf die nicht im Detail eingegangen werden soll, sind u.a.:
– Unterpulverschweissen
– Elektroschlackeschweissen
– Plasmaschweissen
– Laserschweissen
– Elektronenstrahlschweissen (unter Vakuum)
– Hochleistungsschweissen

Lichtbogenschweissung
Lichtbogenschweissen mit einer ummantelten Elektrode ist das einfachste und verbreitetste Verfahren. Die effiziente Wärmequelle (Lichtbogentemperatur ca. 6000 °C), die Einfachheit der Methode und die Anwendbarkeit in jeder Lage befürworten dieses Verfahren. Diese Methode wird bei Materialstärken über 1 mm angewendet.

WIG/TIG-Schweissung
(**W**olfram/**T**ungsten **I**nert **G**as)
Bei diesem Verfahren wird die erforderliche Wärme durch einen Lichtbogen erzeugt, der zwischen einer nichtabschmelzenden Wolfram-Elektrode und dem Werkstück gezündet wird. Als Schutzgas verwendet man vorwiegend reines Argon oder Argon mit einem Zusatz von einigen Prozent Wasserstoff. Bleche bis zu einer Materialdicke von 2 mm kann man ohne Zusatzwerkstoff schweissen. Bei grösseren Blechdicken benötigt man einen Schweisszusatzdraht.

MIG/MAG-Schweissung
(**M**etal **I**nert/**A**ktiv **G**as)
Der Lichtbogen wird hier zwischen dem Zusatzwerkstoff (Draht) und dem Werkstück gezündet. Beim MIG-Verfahren arbeitet man mit inerten Helium-Argon-Gemischen, während beim MAG-Verfahren mit reaktiven Helium-Argon-Kohlen-dioxid-Gasgemischen gearbeitet wird. Diese Verfahren empfehlen sich für Materialdicken über 5 mm.

5.5.3 Schweissbarkeit der verschiedenen Edelstähle

Ferritische Stähle
Ferritische Stähle zeigen keine Gefügeumwandlungen. Sie sind daher nicht oder nur bedingt härtbar. Dies erleichtert das Schweissen im Vergleich zu den martensitischen Stählen. Die ferritischen Stähle neigen jedoch zu Kornwachstum. Dies führt zu einer Versprödung, d.h. einer verminderten Zähigkeit nach dem Schweissen.
Es empfiehlt sich daher, die Werkstücke vor dem Schweissen auf ca. 200 °C vorzuwärmen und nachher bei 750 °C nachzuglühen. Als Schweisszusatz verwendet man ferritische, ferritisch-austenitische oder austenitische Materialien. Fehlen die Möglichkeiten, das Werkstück vorzuwärmen oder nachzuglühen, muss ein austenitisches Schweissgut verwendet werden.

Martensitische Stähle
Infolge des hohen C-Gehaltes unterliegen diese Stähle bei der Abkühlung aus der Schweisstemperatur einer Gefügeumwandlung und neigen zu Härterissen. Nur unter Beachtung besonderer Massnahmen kann die Rissbildung vermieden werden. Empfehlenswert ist ein Vorwärmen des Werkstückes vor dem Schweissen auf 200–300 °C und ein nachfolgendes Glühen bei 700–750 °C. Bei Stählen, die einen Kohlenstoffgehalt über 0.30 % aufweisen, sollte vom Schweissen abgesehen werden.

Austenitische Stähle
Die austenitischen Stähle sind sehr gut schweissbar. Wie jedoch bereits im Kapitel «Korrosion» erwähnt, muss die Gefahr der Bildung von Karbidausscheidung auf den Korngrenzen und der interkristallinen Korrosion berücksichtigt werden. Austenitische Stähle haben einen hohen Ausdehnungs- oder besser gesagt Schrumpfungskoeffizienten. Dieses Phänomen muss beim Vorschweissen (Heften) von grösseren Edelstahlkonstruktionen berücksichtigt werden; andernfalls muss damit gerechnet werden, dass sich die Konstruktion massiv verziehen kann.

Ferritisch - austenitische Stähle (Duplex)
Diese Stähle liegen bezüglich der Schweissbarkeit zwischen den ferritischen und austenitischen Werkstoffen. Werden diese Stähle beim Schweissen einer längeren Erwärmung im Bereich von 650–850 °C ausgesetzt, so bildet sich eine intermetallische Ausscheidung, die so genannte «Sigmaphase», die eine Verminderung der Zähigkeit bewirkt. Durch ein Rekristallisationsglühen bei 950–1000 °C kann die Sigmaphase wieder aufgelöst und das Material auf die normale Zähigkeit regeneriert werden. Zum Schweissen verwendet man austenitische und ferritisch-austenitische Zusatzwerkstoffe.

5.5.4 Anlauffarben und Schweissfehler

Wie bereits im Kapitel 2.3 erwähnt wurde, schützen sich die korrosionsbeständigen Stähle durch die Bildung einer sehr beständigen, stabilen Chromoxidschicht (Passivschicht).
Anlauffarben entstehen bei Wärmebehandlungen oder beim Schweissen ohne ausreichenden Oxidationsschutz durch Reaktion des Stahls mit dem oberflächlich anhaftenden Restsauerstoff. Dabei wird die Passivschicht zerstört und durch eine neue Schicht mit grundsätzlich anderem Aufbau und v.a. ohne schützende Wirkung ersetzt. Der Aufbau dieser neuen Schicht und damit auch ihre Korrosionsbeständigkeit ist in erster Linie von der eingebrachten Maximaltemperatur sowie vom Temperatur-Zeitverlauf abhängig.
Aus entsprechenden Korrosionsversuchen geht hervor, dass Anlauffarben keine Passivschichten sind und daher die Korrosionsbeständigkeit lokal deutlich herabsetzen. Anlauffarben müssen daher entweder durch geeignete Massnahmen (z.B. im Innern von geschweissten Rohren durch Formieren) vermieden oder nachträglich vollständig entfernt werden, damit sich auch im Bereich der Schweissnaht wieder die ursprüngliche Passivschicht mit der ursprünglichen Korrosionsbeständigkeit bilden kann.
Auch Schweissfehler können die Korrosionsbeständigkeit lokal herabsetzen und müssen daher vollständig entfernt werden. Als Schweissfehler gelten z.B.:

– unvollständige Aufschmelzung
– Einbrandkerben
– Poren
– Schlackeneinschlüsse
– Spritzer
– Zündkerben

Schweissfehler müssen durch Schleifen und/oder Reparaturschweissen entfernt werden.

© KOHLER 2021

5.5.5 Nachbehandlung nach dem Schweissen

Damit korrosionsbeständige Stähle eine einwandfreie Passivschicht aufbauen können, müssen sie eine saubere und gleichmässige Oberfläche aufweisen. Jede Art von Verunreinigungen wie z.B. Fingerabdrücke, Markierkreidestriche, Fett- oder Ölspuren oder Reste von Anlauffarben behindert den Zutritt des Sauerstoffs zur Oberfläche und damit die Bildung der Passivschicht.
Das Ausmass und die Methode der Nachbehandlung werden durch die geforderte Korrosionsbeständigkeit und Oberflächenqualität sowie durch die vorhandenen Möglichkeiten bestimmt. Eine korrekte Konstruktion sowie gute Planungs- und Herstellungsverfahren reduzieren den Bedarf der Nachbehandlung und somit auch die Kosten.
Es gibt mechanische und chemische Reinigungsverfahren, die je nach Anforderung einzeln oder kombiniert eingesetzt werden.

Mechanische Nachbehandlungsmethoden

SCHLEIFEN
Schleifen ist gewöhnlich die einzige Methode zum Entfernen von Schweissfehlern und tiefen Kratzern. Eine Lamellenschleifscheibe ist ausreichend, um Anlauffarben und Verunreinigungen zu entfernen.

Folgendes ist zu beachten:
- selbstschärfende, eisenfreie Schleifscheiben verwenden, die ausschliesslich für korrosionsbeständige Werkstoffe eingesetzt werden
- niemals Schleifmittel einsetzen, die vorher für unlegierten Stahl verwendet wurden
- zu grobe Körnung vermeiden: Grobschleifen mit K40–K60, anschliessend Feinschleifen mit K180 oder feiner
- bei hohen Anforderungen an die Oberfläche kann Polieren notwendig sein
- Oberfläche nicht durch zu hohen Schleifdruck überhitzen, um Schleifrisse und Verfärbungen zu vermeiden
- Fehler müssen vollständig entfernt werden!
- Oberflächenrauheit: Schweissnähte und Oberflächen, die zu grob geschliffen oder gestrahlt wurden, begünstigen das Absetzen von Ablagerungen. Die Gefahr einer Korrosion und Verunreinigung eines Produktes wird erhöht. Grobes Schleifen führt zu hohen Zugspannungen in der Oberfläche. Das Risiko von Spannungsriss- und Lochkorrosion wird stark erhöht. Für eine Reihe von Anwendungen existieren zudem Vorgaben über die höchstzulässige Oberflächenrauheit (R_a-Werte).

KUGELSTRAHLEN
Strahlen mit Glas- oder Stahlkugeln eignet sich zum Entfernen von Wärmeoxiden und Eisenverunreinigungen. Die Strahlmittel müssen jedoch völlig sauber sein, d.h. sie dürfen vorher nicht für unlegierten Stahl verwendet worden sein. Die Rauheit der Oberfläche stellt den Begrenzungsfaktor dieser Methode dar. Mit wenig Druck und geringem Einfallswinkel lassen sich gute Resultate erzielen. Strahlen mit Glaskugeln liefert beim Entfernen von Anlauffarben eine bessere Oberflächenqualität als Schleifen.
Beim Kugelstrahlen entstehen zusätzliche Druckspannungen in der Oberfläche, die sich im Gegensatz zu Zugspannungen positiv auf die Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion und Ermüdung auswirken.

BÜRSTEN
Bei dieser Behandlung sind nur Bürsten aus korrosionsbeständigem Stahl oder Kunststoff zu verwenden. Diese Methode beeinträchtigt die Oberfläche nur wenig; die Anlauffarben werden zwar entfernt, jedoch ist sie keine Garantie für die vollständige Entfernung der chromverarmten Schicht.

Chemische Nachbehandlungsmethoden
Mit den chemischen Methoden lassen sich Oxide, die durch hohe Wärmeeinwirkung entstanden sind, sowie Eisenverunreinigungen entfernen, ohne die Oberfläche nennenswert anzugreifen. Die Chemikalien bauen die Oberflächenschicht durch kontrollierte Korrosion ab. Sie entfernen selektiv die am wenigsten korrosionsbeständigen Oberflächenbereiche wie Anlauffarben und die chromverarmte Schicht und ermöglichen dadurch den Aufbau einer beständigen Passivschicht. Eine Behandlung mit chemischen Mitteln ist infolge der deutlich geringeren resultierenden Oberflächenrauheit einer groben, nur mechanischen Nachbearbeitung vorzuziehen.

Bei den chemischen Verfahren müssen unbedingt die entsprechenden Umweltschutzbestimmungen beachtet werden, (s.a. Abschnitt «Neutralisation/Entsorgung»). Dies bedingt entsprechend eingerichtete Beizräume und eventuell einen angemessenen Personenschutz (Schutzanzug, Atemmaske).

BEIZEN
Dies ist die am häufigsten eingesetzte chemische Methode zum Entfernen von Anlauffarben und Eisenverunreinigungen. Zum Beizen wird normalerweise folgende Säuremischung verwendet:

8–20 % Salpetersäure (HNO_3)
0.5–5 % Fluorwasserstoffsäure (HF)
Rest: Wasser

Chloridhaltige Lösungen wie Salzsäure (HCl) dürfen wegen der Gefahr von Lochkorrosion nicht verwendet werden!

Beizbarkeit der verschiedenen Werkstoffe:

Werkstoff	C max. [%]	Cr [%]	Ni [%]	Mo [%]	Beizbarkeit
1.4301	0.07	18.3	9.3	–	1
1.4306	0.030	19.0	11.0	–	1
1.4307	0.030	18.5	9.0	–	1
1.4404	0.030	17.5	11.5	2.2	2
1.4571	0.08	17.5	12.0	2.2	2
1.4432	0.030	17.5	11.5	2.7	2
1.4435	0.030	18.0	13.7	2.7	2
1.4462	0.030	22.0	5.5	3.0	3
1.4439	0.030	17.5	13.5	4.5	3
1.4539	0.020	20.0	25.0	4.5	3
254 SMO	0.020	20.0	18.0	6.5	4
654 SMO	0.020	24.0	22.0	7.3	nicht beizbar

Beizbarkeit: 1 = sehr leicht, ... 4 = sehr schwer

Folgende Faktoren sind für ein wirkungsvolles Beizen wichtig:
- Oberfläche: Sie muss frei sein von organischen Verunreinigungen.
- Temperatur: Die Wirkung der Beizlösung nimmt mit steigender Temperatur stark zu; dadurch lässt sich die Beizgeschwindigkeit wesentlich erhöhen. Die Temperatur sollte zwischen 25 °C und max. 65 °C liegen.

© KOHLER 2021

– Säuremischung: Zusammensetzung, Konzentration und Gehalt an freien Metallionen.
– Stahlsorten: Hochlegierte, korrosionsbeständige Werkstoffe erfordern eine aggressivere Säuremischung und/oder eine höhere Badtemperatur.
– Art und Dicke der Oxidschicht: Diese hängt in hohem Masse von der Schweissmethode ab. Je nach Wärmezufuhr bilden sich unterschiedliche Schweissoxide. Bei Verwendung von Schutzgas ist die Oxidbildung am geringsten.
– Oberflächenbeschaffenheit: Eine grobe, warmgewalzte Oberfläche kann schwieriger zum Beizen sein, als eine glatte, kaltgewalzte oder geschliffene Oberfläche.

BEIZMETHODEN
– Beizbad:
Beizen im Bad ist eine bequeme Methode, soweit dies von der Stückgrösse her durchführbar ist. Bei zu hohen Temperaturen kann bei niedrig- und hochlegierten Stählen ein Überbeizen auftreten, was eine rauhe Oberfläche zur Folge hat. Der Beizeffekt hängt nicht nur von der Säurekonzentration und Temperatur ab, sondern auch vom Gehalt freier Metallionen (meist Fe) in der Beizlösung.
Folgendes Verhältnis kann als Richtwert angesehen werden:
Der Gehalt an freiem Fe in mg/l sollte die Badtemperatur in °C nicht überschreiten.
Ist der Metallionengehalt zu hoch, so sollte die Beizflüssigkeit ganz oder teilweise durch frische Säure ersetzt werden.

– Sprühbeize
Sie besteht normalerweise aus Salpetersäure (HNO_3) und Fluorwasserstoffsäure (HF), die mit einem Bindemittel und oberflächenaktiven Substanzen gemischt werden damit sie nicht so schnell vom Werkstück abfliessen. Sie wird grossflächig aufgesprüht. Für mildere Beizeigenschaften kann auch Phosphorsäure verwendet werden. Diese Methode ist für grosse Werkstücke geeignet, die in einem Bad nicht mehr Platz haben. Zum Sprühbeizen sind i.a. spezielle Räume mit einsprechenden Einrichtungen (Abwasser, Belüftung, Schutzanzüge für die Beizer) notwenig.

– Beizpaste
Die Paste besteht gewöhnlich aus einer Säuremischung von HNO_3 und HF mit einem Bindemittelzusatz. Sie eignet sich zum Beizen begrenzter Bereiche, vorwiegend in Schweisszonen. Bei Temperaturen unter +5 °C ist die Wirkung sehr gering. Bei Materialtemperaturen über 40 °C besteht die Gefahr, dass die Paste verdunstet. Die Beizwirkung wird dadurch stark vermindert und das Abspülen erschwert.

– Passivierung/Dekontaminierung
Diese Prozedur erfolgt auf die gleiche Art und Weise wie das Beizen. Die aktive Substanz ist bei diesem Verfahren jedoch nur 18–20 %ige Salpetersäure bei ca. 20 °C. Diese Behandlung stärkt die Passivschicht. Sie ist besonders wichtig, wenn die Gefahr einer Eisenverunreinigung besteht, da die Säure die Oberfläche von diesen Verunreinigungen befreit. Aus diesem Grunde spricht man auch von einer Dekontaminierung. Wie nach dem Beizen ist ein gründliches Nachspülen mit Wasser erforderlich.

– Elektrolytisches Polieren
Dieses elektrochemische Verfahren sichert eine optimale Korrosionsbeständigkeit. Die Oberfläche erhält einen hohen Glanz und ein ausgeglichenes Mikroprofil, das hohen hygienischen Ansprüchen gerecht wird. (s. a. Kapitel 5.4.3.)

Nach jeder chemischen Behandlung muss das Werkstück mit einem Hochdruckreiniger gründlich abgespritzt werden. Das Spülwasser muss gesondert aufgefangen, neutralisiert und entsorgt werden.

– Neutralisation / Entsorgung
Spülflüssigkeiten sind säurehaltig und mit Schwermetallen, vorwiegend mit Chrom und Nickel, verunreinigt und müssen deshalb neutralisiert werden. Die Neutralisation erfolgt mit einem alkalischen Mittel, am besten mit gelöschtem technischem Kalk oder mit einem handelsüblichen Neutralisationsmittel. **Der zurückbleibende Schlamm ist als schwermetallhaltiger Sondermüll zu behandeln und den örtlichen Vorschriften entsprechend zu entsorgen.**

– Organische Verunreinigungen
Verunreinigungen dieser Art sind Fette, Öle, Klebstoffreste, Fingerabdrücke, Farbe und Ablagerungen verschiedenster Art. Solche Verunreinigungen können in aggressiver Umgebung Spaltkorrosion verursachen und ein sachgemässes Beizen verhindern, da Beizsäuren nur auf anorganische Verunreinigungen einwirken! Organische Verunreinigungen sind vor dem Beizen mit geeigneten, **chloridfreien** Reinigungs- und Entfettungsmitteln zu entfernen.

5.6 Löten

Mit speziellen Silberhartloten und Flussmitteln ist das Löten von hochlegierten Edelstählen technisch einwandfrei möglich. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich Edelstähle und Silberlote in ihren Grundeigenschaften stark unterscheiden. Es darf deshalb nicht erwartet werden, dass sich hartgelötete Edelstahlteile gleich verhalten wie ungelötete.
Kommen Hartlotverbindungen in Kontakt mit feuchter Luft oder Flüssigkeiten wie Trinkwasser, so müssen die Verhältnisse genauestens abgeklärt werden. Zinkhaltige Lote wie z.B. das herkömmliche Silberlot L-Ag40Cd dürfen für solche Anwendungen keinesfalls eingesetzt werden, da eine rasche Zerstörung der Verbindung durch eine Grenzflächenkorrosion – auch Messerschnittkorrosion genannt – die Folge wäre. Für bestimmte Anwendungen, z.B. Lebensmittelverarbeitung, Chemie, Pharmazie und Trinkwasserleitungen, muss zudem berücksichtigt werden, dass die Lote keine giftigen Substanzen (Cadmium, Blei u.a.) enthalten dürfen.
Bei länger dauernden Lötungen mit Temperaturen zwischen 600 und 800 °C muss zudem der bereits erwähnte Kornzerfall bei unstabilisierten Stählen beachtet werden. Die allgemein gültigen Konstruktionsrichtlinien für gelötete Konstruktionen gelten auch für Edelstähle. Sofern Konstruktion, Lötverfahren und Arbeitstechnik stimmen, sind auch extreme Lötverbindungen möglich, wie dies z.B. der auf Edelstahl aufgelötete Boden aus Aluminium oder Kupfer bei Kochtöpfen zeigt.

5.7 Kleben

Edelstähle können problemlos geklebt werden, vorausgesetzt man verwendet geeignete Klebmittel und -verfahren. Zur Abklärung der im entsprechenden Anwendungsfall geeigneten Mittel und Verfahren wende man sich an die entsprechenden Hersteller und Lieferanten.

© KOHLER 2021

5.8 Nieten, Schrauben

Beim Vernieten oder Verschrauben von Edelstählen muss darauf geachtet werden, dass Nieten, Schrauben und Unterlegscheiben möglichst aus einem gleichedlen oder edleren Material sind. Werden Schrauben oder Nieten aus unedlerem Material, z.B. verzinkte Schrauben oder Aluminiumnieten, verwendet, so besteht das Risiko von Kontaktkorrosion, falls die Fügstelle mit einer elektrisch leitenden Flüssigkeit in Kontakt kommt. Durch die unterschiedlichen Flächenverhältnisse (grosse Edelstahloberfläche – kleine unedle Schrauben-/ Nietenoberfläche) wird die Korrosion der unedlen Schraube/ Niete noch verstärkt.
Bei Edelstahlverschraubungen, ist zu beachten, dass Edelstahl eine deutliche Neigung zum Anfressen (Kaltverschweissen) aufweist. Dies kann dazu führen, dass eine Verschraubung entweder nicht genügend angezogen werden kann, oder dass sie sich später nicht mehr lösen lässt. Das Problem lässt sich umgehen, indem man die Gewinde vor dem Anziehen genügend schmiert. Unter Umständen muss das Schmiermittel auf die entsprechende Anwendung (z.B. Lebensmittelbereich) abgestimmt werden.

5.9 Probleme beim Fügen von Edelstahl mit anderen Werkstoffen

Das Risiko von Kontaktkorrosion muss auch beim Fügen von unedleren Materialien mit Edelstahl (z.B. Verschraubungen von Edelstahlrohren mit verzinkten Rohren oder Rotgussarmaturen, Verschraubungen von Profilen aus Edelstahl mit verzinkten Profilen) berücksichtigt werden. Dabei spielen v.a. folgende Faktoren eine Rolle:

- allfälliges elektrisch leitendes Korrosionsmedium
- Korrosionspotentiale der beteiligten Materialien im betreffenden Medium
- Oberflächenverhältnis: Je grösser das Verhältnis der Oberflächen von edlerem zu unedleren Material ist, desto grösser ist die Korrosionsgeschwindigkeit des unedleren Partners.

Je nach Korrosionsrisiko kann es erforderlich sein, die entsprechenden Teile elektrisch voneinander zu isolieren, z.B. durch Unterlegscheiben, Hülsen und Dichtungen aus Kunststoff. (s.a. Tabelle Kapitel 2.2.5)

5.10 Wärmebehandlung

Durch eine Wärmebehandlung können die Eigenschaften eines Stahls verändert werden. Bei den korrosionsbeständigen Stählen sind folgende Änderungen möglich:

- teilweises oder vollständiges Rückgängigmachen der durch eine Kaltverformung erzeugten Veränderungen (Kaltverfestigung, physikalische Eigenschaften wie Magnetismus etc.)
- Abbau von Eigenspannungen
- Homogenisieren des Gefüges und Auflösen von Karbiden und anderen intermetallischen Ausscheidungen
- Anpassen der mechanischen Eigenschaften bei härtbaren Legierungen

Bei nicht titanstabilisierten Stählen muss unbedingt darauf geachtet werden, dass sie nicht länger als unbedingt nötig auf Temperaturen im Bereich von 480–760 °C gehalten werden, da sich sonst auf den Korngrenzen Chromkarbide bilden können, die zu einer reduzierten Korrosionsbeständigkeit im Bereich der Korngrenzen führen (Korngrenzenkorrosion).

5.10.1 Ferritische Stähle

Ferritischen Stähle werden im Bereich von 750–850 °C weichgeglüht bei einer Haltezeit von 1 h pro 25 mm Materialdicke. Danach werden sie an freier Luft abgekühlt. Ferritische Stähle sind aufgrund ihres niedrigen Kohlenstoffgehaltes nicht härtbar.

5.10.2 Martensitische Stähle

Normalerweise werden diese Stähle in vergütetem Zustand eingesetzt. Dadurch erhält man eine gute Kombination aus Festigkeit (Härte), Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Beim Vergüten durchläuft der Stahl zwei verschiedene Wärmebehandlungen:

1. Härten
2. Anlassen

Beim Härten wird der Stahl auf ca. 1000°C erwärmt und anschliessend in Öl oder Luft abgeschreckt. Durch die Gefügeumwandlung von Austenit zu Martensit wird der Stahl hart aber tendenziell auch spröde. Um eine gute Zähigkeit sicherzustellen, müssen die Härtespannungen im Gefüge durch eine zusätzliche Wärmebehandlung abgebaut werden. Dies geschieht durch ein Anlassen bei einer bestimmten Temperatur. Durch die Wahl der Anlasstemperatur kann die Härte in bestimmten Grenzen variiert werden. Sie wird aus dem Anlassdiagramm in den Produktebroschüren bestimmt. Im allgemeinen nehmen mit höheren Anlasstemperaturen Härte und Korrosionsbeständigkeit ab, die Zähigkeit dafür zu. Nach dem Anlassen lässt man das Material an der Luft abkühlen.

5.10.3 Austenitische und Duplexstähle

Die Glühtemperatur für austenitische Stähle liegt bei 1070–1170°C, für ferritisch-austenitische bei 1000–1100 °C. Die austenitischen und ferritisch-austenitischen Stähle werden nach dem Glühen in Wasser abgeschreckt. Dünne Querschnitte können frei an der Luft erkalten. Diese Stähle lassen sich nicht härten, jedoch kann durch ein spezielles Verfahren (**Kolsterisieren**®) eine dünne, harte Oberfläche (zwischen 1000 und 1200 $HV_{0.05}$, entsprechend ca. 74 HRC) erzeugt werden, die zudem das Anfressverhalten und teilweise auch die Korrosionsbeständigkeit dieser Werkstoffe deutlich verbessert.

5.10.4 Ausscheidungshärtbare Stähle

Bei den ausscheidungshärtbaren Stählen werden durch eine spezielle Wärmebehandlung sehr feine, im Gefüge fein verteilte Ausscheidungen erzeugt, die eine entsprechende Härte- und Festigkeitssteigerung bewirken.

5.11 Reinigung und Pflege

Eine einfache und effiziente Methode um die Lebensdauer von Edelstahlprodukten zu verlängern, ist das Verhindern von Aufkonzentrationen (Ablagerungen) von schädlichen Stoffen (z.B. Chloriden) durch regelmässiges, gründliches Spülen mit sauberem Wasser.
Wie schon bei der Verarbeitung so ist auch bei der Reinigung von Edelstahl darauf zu achten, dass der Edelstahl nicht

© KOHLER 2021

mit unlegiertem Stahl in Kontakt kommt (z.B. Stahlbürsten, Schleifmittel etc.). Entsprechend sind Stahlbürsten aus rostfreiem Material oder Kunststoff oder Schleifmittel (z.B. ScotchBrite), die zuvor nicht mit unlegiertem Stahl in Kontakt waren, zu verwenden. Wird die Oberfläche abrasiv gereinigt, so soll das Abrasivmittel härter sein als der Schmutz, aber weicher als die Stahloberfläche, da sonst die Passivschicht verletzt wird. Bei einer Verletzung der Passivschicht muss berücksichtigt werden, dass für eine einwandfreie Neubildung eine einwandfreie (fettfreie) Oberfläche notwendig ist.
Für die chemische Reinigung von Edelstahloberflächen sind in Tabelle 7.12 eine Reihe von Reinigungsmitteln aufgeführt. Auf dem Markt sind auch spezielle Reinigungsmittel zum Entfernen von Fremdrost sowie Pflegemittel mit schützenden Eigenschaften erhältlich.
Als Reinigungsmittel ungeeignet sind Salzsäure (HCl) und Flusssäure (HF), da sie schon in geringer Konzentration zu einem deutlichen Angriff der Oberfläche führen. Ebenfalls zu beachten ist, dass Desinfektionsmittel und Reinigungsmittel, wie sie in der Lebensmittelbranche und in Schwimmbädern verwendet werden, oft Natriumhypochlorit enthalten, das ebenfalls Korrosion verursachen kann.

Baureinigung für Anlagen aus Edelstahl
Korrosionsbeständige Edelstähle können ihre hohe Korrosionsbeständigkeit nur bei einer wirklich sauberen Oberfläche voll entfalten. Es ist deshalb ausserordentlich wichtig, dass nicht nur bei der Verarbeitung, sondern schon beim Transport und der Lagerung darauf geachtet wird, dass der Edelstahl nicht mit unlegiertem Stahl in Kontakt kommt.
Konstruktionsteile, die auf Baustellen montiert werden, werden oft durch die Verarbeitung selbst oder durch Fremdeinflüsse verunreinigt, wie z.B.:

- Verarbeitung und Montage anderer Teile und Werkstoffe
- Kontakt mit Hebezeug aus unlegiertem Stahl → Hebegurten verwenden!
- Auflagen aus unlegiertem Stahl (Gestellträger, Ladebrückenkanten)
- Lagerung zusammen mit unlegierten Stahlteilen → gut getrennt lagern und abdecken!
- Verarbeitung mit Werkzeugen, die schon für unlegierten Stahl verwendet wurden → für Edelstähle immer separate Werkzeuge verwenden
- Gebrauch von gewöhnlichen Stahlbürsten oder Stahlwolle → Edelstahl- oder Kunststoffbürsten resp. sauberes ScotchBrite verwenden
- Gebrauch von Strahlmitteln (Sand), die mit unlegiertem Stahl verunreinigt sind
- Gebrauch von Schleifpapier resp. Schleif- oder Trennscheiben die Eisenoxid enthalten

Auf der Oberfläche von Edelstahl haftende Eisenteilchen korrodieren unter dem Einfluss der Luftfeuchtigkeit nach kurzer Zeit und verursachen sogenannter Fremdrost und u.U. sogar Lochfrass.

Aber auch Verunreinigungen durch

- organische Stoffe wie Öle, Fette, Farben, Lösungsmittel, Markierungen, Fuss- und Handabdrücke
- aggressive oder Chlor/Brom enthaltende Entkalkungs-, Reinigungs- und Desinfektionsmittel, die nicht vollständig weggewaschen oder neutralisiert wurden
- Bindedrähte und –bänder aus gewöhnlichem Stahl → Kunststoffbänder verwenden
- Anlauffarben infolge Erhitzung durch Schweissen, Trennen, Schleifen, Erhitzen → Beizen, Schleifen
- Schweissrückstände wie Schlacke oder Schweissperlen
- Klebemittelrückstände von Kleberbändern oder Etiketten

können am fertigen Objekt Korrosionsprobleme verursachen. In solchen Fällen ist es oft ausserordentlich schwierig und meist mit hohen Kosten und viel Ärger verbunden, wenn nachträglich die tatsächliche Ursache der Korrosion eruiert werden soll.

Generell haftet der Materiallieferant nur für nachgewiesene Materialfehler und das nur im Umfange des Wertes des gelieferten Materials und nicht für Folgeschäden!

Daraus folgt, dass eine einwandfreie Reinigung nach der Fertigstellung viel Ärger und hohe Kosten ersparen kann. Je nach dem Ausmass der Verunreinigungen kann mit folgenden Mitteln, evtl. kombiniert, gereinigt werden:

- Bürsten aus Edelstahl oder Kunststoff
- Schleifen mit Schleifmitteln, die ausschliesslich für Edelstahl verwendet wurden
- Strahlen mit eisenoxidfreien Strahlmitteln, z.B. Glasperlen
- abrasive Schwämme wie ScotchBrite
- Beizen mit Paste oder im Bad

Für die Reinigung nach der Montage aber auch während des Betriebes eignen sich je nach Reinigungsproblem auch die in Tabelle 7.12 zusammengestellten Reinigungsmittel. Für einwandfreie Resultate sind einerseits die Gebrauchsanleitung genau zu beachten und andererseits müssen die gereinigten Flächen gründlich mit sauberem Wasser, möglichst mit einem Hochdruckreiniger, nachgespült werden. Nicht entfernte oder neutralisierte Reinigungsmittelreste können auch zu Korrosion führen. Die entsprechenden Lieferfirmen beraten Sie gerne.

6 NORMEN

6.1 EN 10088

Die Normenreihe EN 10088 wurde 1995 auf europäischer Ebene (CEN-Mitgliedländer) für Erzeugnisse aus nichtrostenden Stählen für allgemeine Verwendung eingeführt und damit die verschiedenen nationalen Normen schrittweise abgelöst.
Eine erste umfangreiche Überarbeitung und Erweiterung erfolgte im Herbst 2005. 2009 wurden die Teile 4 und 5 eingeführt und Ende 2014 wurden die Teile 1 bis 3 ein zweites Mal vollständig revidiert.

EN 10088 besteht aktuell aus folgenden Teilen:

Teil 1
Verzeichnis der nichtrostenden Stähle
Darin aufgeführt sind 132 korrosionsbeständige, 21 hitzebeständige und 29 warmfeste Stähle mit ihrer chemischen Zusammensetzung und Angaben zu den physikalischen Eigenschaften. Zudem sind weitere Tabellen enthalten, die eine Zuordnung der nichtrostenden Stähle zu den

© KOHLER 2021