

Beizen und Passivieren nichtrostender Stähle



1. Einführung: die Passivschicht

Die Korrosionsbeständigkeit von Edelstahl rostfrei beruht auf einer komplexen, chromreichen „passiven“ Oxidschicht auf dem Stahl. Sie stellt den normalen Oberflächenzustand nichtrostender Stähle dar, die durch Passivität gekennzeichnet ist.

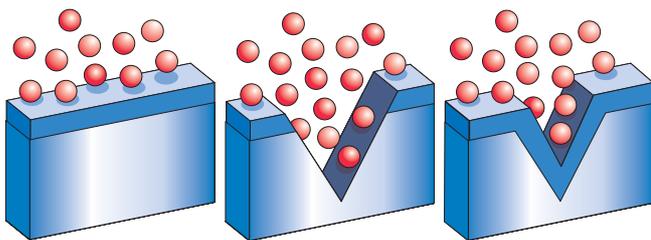
Nichtrostender Stahl passiviert selbständig, sofern eine metallisch blanke Oberfläche Umgebungsbedingungen ausgesetzt wird, die ausreichend Sauerstoff zur Bildung der chromreichen Oxidschicht bereitstellt.

Dieser Vorgang läuft spontan und automatisch ab, sofern genügend Sauerstoff an die Oberfläche gelangt. Mit der Zeit nimmt die Dicke dieser Schicht weiter zu. Unter natürlichen Umgebungsbedingungen, z. B. bei Kontakt mit Luft oder belüftetem Wasser, entsteht selbsttätig eine dauerhaft korrosionsbeständige Oberfläche. Auf diese Weise bleibt die Korrosionsbeständigkeit selbst im Fall mechanischer Beschädigungen (z. B. durch

Kratzer oder durch mechanische Bearbeitung) erhalten. Der sich selbst wiederherstellende Korrosionsschutz ist ein dem Werkstoff innewohnender Mechanismus.

Für die Selbstpassivierung ist vor allem der Chromgehalt nichtrostender Stähle ursächlich. Im Unterschied zu un- und niedrig legierten Stählen müssen nichtrostende Stähle mindestens 10,5 Masseprozent Chrom aufweisen. Der Kohlenstoffgehalt darf 1,2 % nicht überschreiten. Diese beiden Kriterien definieren den nichtrostenden Stahl gemäß EN 10088-1. Die Korrosionsbeständigkeit lässt sich durch Zugabe weiterer Legierungselemente wie Nickel, Molybdän, Stickstoff und Titan (oder Niob) weiter erhöhen. Daher kann sie auf eine große Bandbreite von Betriebsbedingungen abgestimmt werden. Gleichzeitig lassen sich andere Eigenschaften wie Umformbarkeit, Festigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit gezielt beeinflussen.

Dauerhafte Korrosionsbeständigkeit setzt beanspruchungsgerechte Werkstoffauswahl sowie sachgemäße Konstruktion und Verarbeitung voraus. Andernfalls kann unter bestimmten Umständen der passive Zustand aufgehoben werden und sich nicht von selbst wieder einstellen. Die Oberfläche wird „aktiv“ und korrodiert. Bei nichtrostenden Stählen kann die Oberfläche lokal dort aktiv werden, wo der Sauerstoffzutritt unterbunden ist, z. B. bei mechanischen Verbindungen, in unzugänglichen Ecken oder fehlerhaften Schweißnähten. Lokalkorrosion in Form von Lochfraß oder Spaltkorrosion kann dann die Folge sein.



Die Oberfläche von nichtrostendem Stahl verfügt über einen einzigartigen „Selbstreparaturmechanismus“. Die transparente Passivschicht erneuert sich selbsttätig, sofern nur genug Sauerstoff zur Verfügung steht. Nichtrostende Stähle haben so eine hohe Korrosionsbeständigkeit und erfordern daher weder Beschichtungen noch andere Korrosionsschutzsysteme.

2. Vergleich von Entzunderung, Beizen, Passivieren und Reinigen

„Entzunderung“, „Beizen“ und „Passivieren“ werden häufig begrifflich miteinander verwechselt. Dabei handelt es sich um unterschiedliche Prozesse der Oberflächenbehandlung nichtrostender Stähle, die deutlich voneinander abgegrenzt werden müssen.

2.1 Entzunderung

Entzunderung bedeutet das Entfernen einer dicken, deutlich sichtbaren, dunkelgrauen Oxidschicht von der Oberfläche. Dieser Prozess wird zumeist werksseitig vor der Auslieferung ausgeführt, und zwar in einem zweistufigen Prozess. Im ersten wird die Walzhaut gelockert, im zweiten wird sie von der Metalloberfläche entfernt. Anschließend wird der Stahl gebeizt, um die unmittelbar unter der Walzhaut befindliche Schicht abzutragen. Obwohl in der Praxis hintereinander geschaltet, sind diese Prozesse als separate Verarbeitungsschritte zu betrachten.

Obwohl im Wärmeeinflussbereich von Schweißnähten oder bei der Hochtemperaturverarbeitung nichtrostender Stähle eine leichte Zunderbildung auftreten kann, ist in der Regel eine weitere Entzunderung nicht erforderlich.

2.2 Beizen

Das Beizen entfernt eine dünne metallische Schicht von der Stahloberfläche.

Beizen verfolgt das Ziel, Anlauffarben von Schweißkonstruktionen zu entfernen, in deren Bereich der Chromgehalt der Stahloberfläche herabgesetzt ist.

Auch leichte Verzunderungen, z.B. nach einer Wärmebehandlung, werden zumeist durch Beizen entfernt.



Während des Warmwalzens entsteht auf der Oberfläche nichtrostender Stähle eine schwarzgraue Oxidschicht, die werksseitig durch Entzunderung beseitigt wird.



Nach dem Entzundern und Beizen ist die werksseitige Oberfläche matt grau. Die mechanische Entzunderung führt dabei zu einer Aufrauung der Oberfläche.



Leichte Zunderbildung auf der Schweißnaht und Anlauffarben auf den benachbarten Rohroberflächen lassen sich in der Regel durch eine Beizbehandlung sicher entfernen.

2.3 Passivierung

Die Oberfläche nichtrostender Stähle passiviert in der Regel selbsttätig. Unter bestimmten Umständen kann es gleichwohl erforderlich sein, diesen Vorgang durch eine oxidierende Säurebehandlung zu unterstützen. Im Unterschied zum Beizen trägt die Passivierungsbehandlung kein Material ab. Dagegen werden Beschaffenheit und Dicke der Passivschicht gezielt optimiert.

Unter bestimmten Umständen erfolgen Beizen und Passivieren nicht gleichzeitig, sondern nacheinander durch getrennte Säurebehandlungen. Die dabei verwendete Salpetersäure übt auf nichtrostenden Stahl nur geringe Beizwirkung aus und dient im Wesentlichen seiner Passivierung.

Ungleichmäßige, fleckige Oberflächen können entstehen, wenn die Oberflächen vor der Säurebehandlung nicht ausreichend gereinigt werden.

2.4 Reinigung

Die Säurebehandlung allein stellt nicht sicher, dass Öl, Fett oder anorganische Verunreinigungen beseitigt werden, die einer vollständigen Ausbildung der Passivschicht im Wege stehen. Es kann daher durchaus erforderlich sein, sowohl eine Entfettungs- als auch eine Reinigungs-, Beiz- und Passivierungsbehandlung durchzuführen, damit das Teil oder die Baugruppe unter den bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen beständig ist.

Wenn nichtrostender Stahl Fett- oder Ölsuren aufweist, sollte dem Beizen eine Reinigungsbehandlung vorausgehen.



3. Beizmethoden

Eine Reihe von Verfahren steht zur Verfügung, um Bauteile und Konstruktionen zu beizen. Die Hauptbestandteile von Beizprodukten für nichtrostenden Stahl sind Salpetersäure und Flusssäure. Die häufigsten Methoden für die fachgerechte Behandlung ganzer Konstruktionen oder großer Flächen sind

- Tauchbeizen
- Sprühbeizen.

Tauchbeizen ist in aller Regel lediglich beim Hersteller oder bei speziellen Beizbetrieben möglich.

Sprühbeizen ist auf der Baustelle möglich, sollte jedoch sachkundigen Anwendern vorbehalten bleiben, die über Kenntnisse und Ausrüstung für die sichere Handhabung und Entsorgung der Beizmittel verfügen. Die Tauchbehandlung hat den Vorteil, die gesamte Konstruktion zu erfassen und eine einheitliche Oberfläche zu ergeben. Auch unter Sicherheits- und Arbeitsschutzgesichtspunkten ist die Behandlung in Beizbädern vorzuziehen.

Die Behandlung in speziellen Beizbetrieben ermöglicht eine genaue Prozesskontrolle und umweltgerechte Anwendung.

Sprühbeizen: Dieses Verfahren hat den Vorteil, auch auf der Baustelle ausgeführt werden zu können.

Allerdings müssen dabei Arbeits- und Umweltschutzvorkehrungen getroffen werden.



Tauchbeizen: Sofern die Abmessungen der Konstruktion dies zulassen, kann das gesamte Teil einer Tauchbehandlung unterzogen werden. Behandlungstemperatur und -dauer bestimmen das Beizergebnis.

Eingegrenzte Bereiche, z. B. im Umfeld von Schweißnähten, können durch

- den Auftrag von Beizpasten und -gels mit Pinsel,
- elektrochemische Behandlung

gebeizt werden.



Diese Methoden lassen sich auch auf der Baustelle anwenden und setzen für die sachgerechte und sichere Anwendung keine besonderen Kenntnisse voraus. Allerdings sollten die Arbeiten von einer erfahrenen Person überwacht werden, um den Erfordernissen des Arbeits- und Umweltschutzes zu entsprechen und das gewünschte gleichmäßige Beizergebnis zu erzielen.

Wird die vom Hersteller angegebene Einwirkzeit überschritten und die anschließende Spülbehandlung vernachlässigt, kann im behandelten Bereich Korrosion auftreten. Die Behandlungsdauer kann je nach Stahlsorte variieren. Wer Beizarbeiten durchführt, muss also sowohl die behandelte Stahlsorte kennen als auch die für das jeweilige Beizpro-

dukt typischen Risiken, um sicher das gewünschte Ergebnis zu erzielen.

Wichtig ist, dass alle Spuren von Beizmitteln, Reaktionsprodukten und Verschmutzungen vollständig von der Stahloberfläche abgespült werden, um die volle Korrosionsbeständigkeit und ein gleichmäßiges Ergebnis zu erzielen. Für Metallbaukonstruktionen, an die besondere optische Anforderungen gestellt werden, wird zum Spülen entmineralisiertes (destilliertes) Wasser eingesetzt.

Die nationalen Informationsstellen für Edelmetallanwendung erteilen Auskünfte über Lieferanten von Beizprodukten und führen Listen von Beizbetrieben



Kleine Bauteile lassen sich mit streichfähigen Beizpasten und -gels behandeln.

4. Passivierungsbehandlungen

Die natürliche Passivschicht des nichtrostenden Stahls ist von Anlauffarben und Zunder, wie sie unter Wärmeeinfluss entstehen können, grundsätzlich verschieden. Wird der Stahl erhitzt, wird die transparente Passivschicht zunehmend dicker und bildet zunächst Anlauffarben, schließlich Zunder. Diese nunmehr sichtbaren Oxidschichten bedeuten in der Regel eine Abnahme der Korrosionsbeständigkeit bei Raumtemperatur. Bauteile, die in Werkstoff und Konstruktion auf Hochtemperaturanwendungen ausgelegt sind, nutzen die Bildung derartiger – dann allerdings besonders widerstandsfähiger – Oxidschichten gezielt aus, um Hochtemperaturbeständigkeit zu erzielen.

Demgegenüber beruht bei Teilen, die bei Umgebungstemperatur eingesetzt werden, die Korrosionsbeständigkeit auf der dünnen, transparenten Passivschicht. Wenngleich der Passivierungsprozess in der Regel selbsttätig abläuft, kann der Vorgang durch starke Oxidationsmittel beschleunigt werden. Salpetersäure ist hierfür besonders geeignet und wird in handelsüblichen Passivierungslösungen verbreitet verwendet. Auch schwächere Säuren wie Zitronensäure können die Bildung der Passivschicht fördern.

Die Säurepassivierung sollte eher als Ausnahme denn als Regel betrachtet werden. Nichtrostender Stahl, der von Herstellern oder

seriösen Händlern bezogen wird, ist im Lieferzustand vollständig passiv. Allerdings kann eine Passivierungsbehandlung bei verarbeiteten Teilen mit komplexer Geometrie geboten sein. In derartigen Fällen kann der Sauerstoffzutritt zu den durch Bearbeitung „beschädigten“ Oberflächen eingeschränkt sein, so dass die Passivierung dort langsamer abläuft als auf den frei zugänglichen Flächen.

Ist die Stahloberfläche nicht vollständig passiv, können derartige Teile bei sofortiger Inbetriebnahme Korrosionserscheinungen zeigen, auch wenn die Stahlsorte unter den gegebenen Bedingungen üblicherweise als beständig gilt. In solchen Fällen räumt die Passivierungsbehandlung vermeidbare Risiken aus.

Bevor die Passivierung durchgeführt wird, ist besonders darauf zu achten, dass

- die Stahloberflächen zunderfrei (entzundert) sind,
- Oberflächenschichten, die aufgrund der Bildung von Anlauffarben oder Oxiden chromverarmt sind, durch Beizen entfernt wurden,
- die Oberflächen sauber sind (frei von organischen Verschmutzungen, Schmiermitteln, Ölen und Fetten),

weil die Behandlung ansonsten nicht durchgängig wirksam ist.

5. Anlauffarben

Anlauffarben bilden sich durch Dickenzunahme der natürlichen, transparenten Oxidschicht auf der Stahloberfläche. Die dabei entstehenden Farben ähneln denen, die auch auf anderen Stahloberflächen beim Erhitzen entstehen und die von Strohgelb bis Dunkelblau reichen können.

Anlauffarben treten insbesondere in der Wärmeeinflusszone von Schweißnähten auf, auch bei sachgerechter Schutzgasanwendung. Andere Schweißparameter wie die Vorschubgeschwindigkeit können ebenfalls die Bildung von Anlauffarben im Bereich der Schweißraupe beeinflussen.



Mechanische Oberflächenbehandlung einer Schweißverbindung: Ihr Ziel liegt nicht in der Einebnung der Schweißnaht, sondern der Entfernung von Anlauffarben in ihrer Umgebung.



Unbehandelte Schweißverbindung: Die Zunderschicht kann Ausgangspunkt von Korrosion werden, wenn sie nicht sachgemäß entfernt wird.

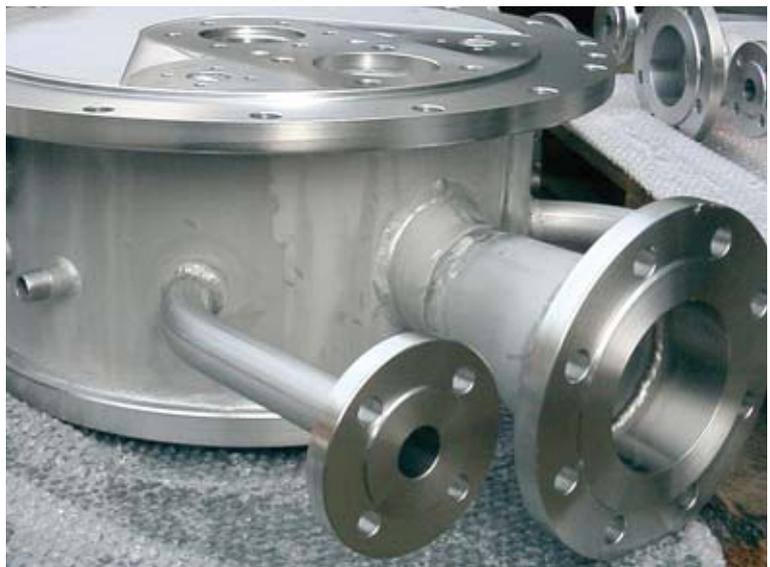
Bei der Bildung von Anlauffarben auf nichtrostendem Stahl wandert Chrom an die Stahloberfläche, da es leichter oxidiert als Eisen. Dadurch entsteht eine chromverarmte Oberflächenschicht, die gegenüber dem Ausgangsmaterial eine geringere Korrosionsbeständigkeit aufweist.

Sichtbare Anlauffarben auf nichtrostendem Stahl vermindern die Korrosionsbeständigkeit der Oberfläche. Daher ist es gängige Praxis, erkennbare Verfärbungen zu beseitigen. Bei baulichen Anwendungen verbessert die Behandlung nicht nur das Erscheinungsbild, sondern stellt auch die Korrosionsbeständigkeit in vollem Umfang wieder her.

Anlauffarben auf Konstruktionen aus nichtrostendem Stahl lassen sich durch manuell aufgetragene Beizpasten oder -gels, Sprühbeizen, Tauchbeizen oder elektrochemische Behandlung entfernen. Stets muss eine sorgfältige Entfettungsbehandlung vorausgehen.

So kann z.B. Schleifen mit anschließender Salpetersäurereinigung zur Anwendung kommen. Es ist wichtig, Anlauffarben auch im Nicht-Sichtbereich zu entfernen, wenn diese Oberflächen den Umgebungsbedingungen ausgesetzt sind.

Die Gebrauchsanweisung der Hersteller von Beizprodukten sind sorgfältig zu beachten, da diese Mittel gesundheitsschädliche Bestandteile enthalten. Bei zu langer Einwirkzeit kann auf der Stahloberfläche Lochkorrosion entstehen.



Bei komplexen Bauteilen ist das Tauchbeizen ein besonders geeignetes Verfahren, Anlauffarben im Bereich geschweißter Verbindungen zu entfernen. Der Beizprozess stellt die ursprüngliche Korrosionsbeständigkeit wieder her.

6. Fremdrost

Um höchste Korrosionsbeständigkeit sicher zu stellen, müssen die Oberflächen von nichtrostendem Stahl sauber und frei von organischen (Fett, Öl, Farben...) und metallischen Verunreinigungen sein. Das gilt insbesondere für Spuren von Eisen oder Kohlenstoffstahl.

Nichtrostender Stahl von seriösen Produzenten, Verarbeitern oder Händlern ist in der Regel frei von Fremdeisen.



Fremdeisen-Verunreinigung auf nichtrostendem Stahl: Der gezeigte Fall ist typisch für die gemeinsame Verarbeitung von nichtrostendem und un- oder niedrig legiertem Stahl in demselben Betrieb ohne geeignete Trennung der Arbeitsbereiche. Bei der Wiederherstellung ist darauf zu achten, dass der Rost restlos entfernt und nicht nur auf der Oberfläche fein verteilt wird.

Produkte und Anlagen aus geeigneten Stahlsorten sind dann korrosionsgefährdet, wenn Fremdeisenkontamination aufgetreten ist.

Oberflächlicher Rost, der von Kontakt mit Kohlenstoffstahl herrührt, wird häufig fälschlicherweise dem nichtrostenden Stahl selbst zugeschrieben. Die Erscheinungsformen können von bräunlichen Sprenkeln über rostige Schleifspuren bis zu Lochkorrosion reichen, z. B. auf Geländern. Hierin liegt eine häufige Ursache von Schadensfällen, die in Übergabeprotokollen von Stahlbaukonstruktionen festgestellt werden.

So genannte Fremdeisenkontamination ist häufig nach der Bauübergabe nur noch mit erheblichem Aufwand zu beseitigen. Durch entsprechende Sorgfalt bei Lagerung, Transport, Verarbeitung und Überwachung ist sie von vornherein zu vermeiden. Im Bedarfsfall lässt sie sich allerdings auch mit geeigneten Verfahren wieder entfernen.

Zu den häufigsten Quellen von Fremdeisenkontamination gehören

- der Einsatz von Werk- und Hebezeugen (einschließlich Lager- und Stützeinrichtungen, Staplern, Ketten usw.) aus Kohlenstoffstahl ohne anschließende Reinigung,
- Trenn-, Schleif- oder Montagevorgänge an Kohlenstoffstahl in gemeinsam genutzten Arbeitsbereichen ohne geeignete Trennung oder Reinigung.