HENKEL
Beiz- und Elektropoliertechnik

Whitepaper

Betrachtung der Beständigkeit von Edelstahloberflächen im pharmazeutischen Apparatefeld.

Folgen Sie uns:

© HENKEL 28.07.2021. All rights reserved. | Data shown is typical and should not be construed as limiting or necessarily suitable for design. Actual data may vary from those shown herein.

Dieser Beitrag betrachtet vornehmlich den Legierungstyp 316L, also die beiden austenitischen CrNi-Stahllegierungen 1.4404 oder 1.4435. In der Praxis bestehen bei diesen beiden Legierungen häufig erhebliche Unklarheiten über die Beständigkeit, Ausführungsqualität und damit im Zusammenhang stehende wirtschaftliche Aspekte. Nicht selten tragen auch überraschende Versagensfälle zu einer erheblichen Steigerung der Unsicherheit bei.

Anforderungsprofil für medienberührende Oberflächen in der Pharmaindustrie.

Sofern man von festigkeitstechnischen Problemen absehen kann, sollen Edelstahloberflächen im medienberührten Bereich eine Reihe von grundsätzlichen Eigenschaften haben. Sie sollten

- Korrosionsfestigkeit aufweisen,
- neutrales bzw. inertes Verhalten gegenüber dem Medium haben und
- rückstandsfreie CIP (Cleaning in Place)-Reinigbarkeit gemäß Hygiene- bzw. Sterilvorschriften ermöglichen - also die funktionale Eigenschaft „easy-to-clean“ erfüllen.

Elektropolierte Oberflächen weitestgehend Standard im Pharmaumfeld.

In weiten Bereichen der pharmazeutischen Apparatetechnik werden speziell für den medienberührten Bereich elektrochemisch polierte Edelstahloberflächen eingesetzt, da diese hinsichtlich der technischen Qualität (Topographie und Morphologie) mechanisch gefertigten (z.B. mechanisch geschliffener) Oberflächen deutlich überlegen sind. Hierdurch lässt sich der Betrachtungsumfang dieses Beitrages deutlich einschränken.

Alle Medien, die den Korrosionswiderstand des berührenden Edelstahlmaterials (z. B. 1.4435 /316L) nicht beeinträchtigen, zeigen in der Beurteilung der rückstandsfreien Reinigung sowie des neutralen Verhaltens im Hinblick auf fachgerecht elektropolierte Oberflächen ein optimales, befriedigendes und meist ausreichendes Verhalten. Anwendungstechnische Untersuchungen der Keimzahlentwicklung, wie z. B. Pyrogenität von Prüfsubstanzen und der anschließenden CIP-Abreinigung, belegen diese Aussagen in beeindruckender Weise.

Bei der Beurteilung der Korrosionsfestigkeit von Edelstahloberflächen gegenüber diversen Medien wurde sinngemäß ebenfalls festgestellt, dass elektropolierte Oberflächen grundsätzlich günstigere Werte erzielen lassen als mechanisch behandelte (z.B. geschliffene) Oberflächen, was sich letztlich als Messergebnis vor allem durch die wesentlich kompaktere und gleichmäßigere Ausbildung der Chromoxidpassivschicht plausibel erklären lässt (Cr/Fe > 1,5 bzw. Cr-oxid/Fe-oxid > 3,0). Elektropolierte Oberflächen erlauben praktisch die nahezu unbeschränkte Ausnutzung des theoretischen Korrosionswiderstandes der vorliegenden Legierung, wodurch ein hohes Maß an Konstruktions- und Planungssicherheit gegeben ist.

Schwierige Betriebsverhältnisse für Edelstahloberflächen.

Ausführliche Untersuchungen bzw. praktische Erfahrungen an Legierung 1.4435 (316L) haben ergeben, dass vor allem folgende Betriebsverhältnisse in die Grenzbereiche der Einsetzbarkeit von diesem Material führen

- chloridhaltige Lösungen (speziell Kochsalz) aber auch Natriumhypochloritlösungen, wobei Konzentration, Temperatur, Expositionszeit und Bewegungszustand wesentliche Parameter sind;
- entsalztes Wasser, wobei Leitfähigkeit, Temperatur, Sauerstoffgehalt etc. wesentliche Parameter sind;
- Rein- und Reinstdampf;
- reduzierende Alkalien (z.B. Natronlauge), wobei Konzentration, Temperatur, Expositionszeit etc. entscheidende Parameter sind.

Die Exposition dieser Medien mit Edelstahloberflächen 1.4435 oder 1.4404 (316L) zeigt in der Praxis nicht selten Defektfälle. Hierfür ursächlich sind oftmals fachliche Fehler bei der Herstellung/Montage der Bauteile, die zeitverzögert entsprechend negative Auswirkungen haben.

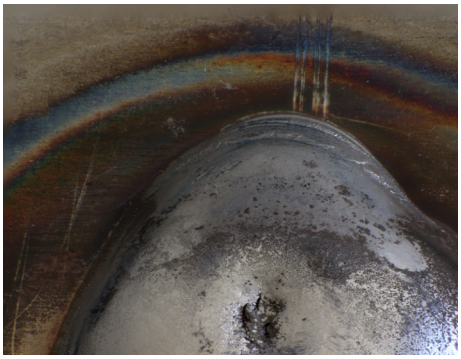
Korrosion meist Folge von ungünstigen Wirkkombinationen.

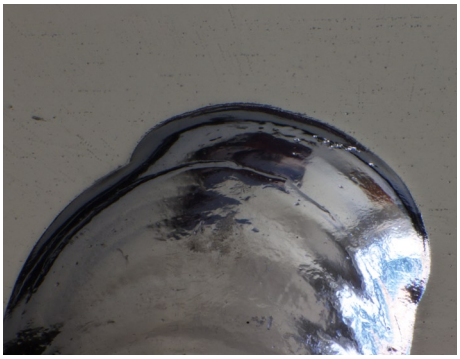
Allerdings muss man hier beachten, dass diese kritischen Anwendungsfälle aus der Sicht der Korrosionstechnik und -mechanik der Edelstähle Grenzbereiche darstellen, bei welchen schon kleinere Vorbearbeitungs- und Betriebssystemfehler zur Auslösung einer schädigenden oder aber zerstörenden Korrosion führen können. Die Arten dieser Korrosionen (Lochfraß, interkristalline Korrosion, Spaltkorrosion etc.) sind vielfältig und stellen meist Wirkungskombinationen dar.

Grundsätzlich wird durch die beschriebenen Expositionen die schützende Chromoxidpassivschicht attackiert und bei Zerstörung dieser die lokalen (Pitting) oder aber flächigen (Rouging) Korrosionsprozesse ungehindert und mit meist erheblicher Geschwindigkeit gestartet. Oberflächensanierungen dieser Zustände sind oftmals möglich – auch im Vor-Ort-Service – aber durchwegs natürlich recht aufwendig.

Schweißnähte sind anfälliger für Korrosion.

Laboruntersuchungen haben Erfahrungen aus der Praxis bestätigt, dass beim





Oberflächenvergleich Edelstahlschweißnaht unbehandelt (links) und elektropoliert (rechts).

Korrosionseintritt wie auch beim typischen Verlauf im allgemeinen Schweißnähte bzw. Schweißnahtumgebungen häufig wesentlich anfälliger als das umgebende Grundmaterial sind und die Korrosionsprozesse meist in dieser Umgebung starten und sodann häufig selbstkatalysierende Prozesse in Gang gesetzt werden, wenn diese Bereiche nicht fach- und sachgerecht nachbehandelt werden (z.B. chemisch gebeizt und repassiviert oder elektropoliert). Speziell die gussartige – und damit etwas weniger homogene Struktur der Schweißnaht in Verbindung mit thermodynamisch erklärbaren morphologieverändernden Diffusionsprozessen sowie die Ausbildung von strukturellen Materialinseln (z. B. Delta-Ferriten) bilden hier die Grundlage zu weiteren Korrosionsprozessen in diesem Bereich. Daher ist stets eine finale fachgerechte chemische oder elektrochemische Nachbehandlung dieser Bereiche anzuraten.

Kontinuierliche Sorgfalt über die Prozesskette hinweg empfehlenswert.

Grundsätzlich ist daher wichtig, dass speziell beim Einsatz von 316L (1.4435/1.4404) und der oben genannten Medien besondere Planungs- und Fertigungs- bzw. Herstellungssorgfalt und entsprechende Prüfungen während der Installation dringend zu empfehlen sind bzw. Spezialisten hinzugezogen werden.

Wenn Sie Fragen zu diesem Whitepaper oder zu unseren Dienstleistungen haben, sprechen Sie uns an.

Korrespondierender Autor ist Herr Benedikt Henkel.

Deutschland

HENKEL Beiz- und Elektropoliertechnik GmbH & Co. KG
An der Autobahn 12
D - 19306 Neustadt-Glewe

Tel. +49 (0) 38757 66-0
E-Mail: info@henkel-epol.com

Österreich

HENKEL Beiz- und Elektropoliertechnik Betriebs GmbH
Stoissmühle 2
A - 3830 Waidhofen / Thaya

Tel. +43 (0) 2842 543 31-0
E-Mail: info@henkel-epol.at

Ungarn

HENKEL Kémiai és Elektrokémiai Felületkezelö Kft.
H-9027 Györ, Ipari Park
Tibormajori út 18.

Tel. +36 (0) 96 510 110
E-Mail: info@henkel-epol.hu

Folgen Sie uns auf LinkedIn: