

Technical Bulletin

provided by



Copyright by Henkel 2003. 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.

ELEKTROPOLIEREN ALS MODERNE, SICHERE UND EFFEKTIVE METHODE FÜR DIE DEFEKTSKOPIE VON EDELSTAHLBAUTEILEN

Aufsatz Nr. 44 / Rev. 00

Dr. -Ing. Georg Henkel
Dipl.-Ing. Benedikt Henkel

*The component's
value is assured
by its surface*



ELEKTROPOLIEREN ALS MODERNE, SICHERE UND EFFEKTIVE METHODE FÜR DIE DEFECTOSKOPIE VON EDELSTAHLBAUTEILEN

1. Einleitung

Durch Gussverfahren oder aber durch Schweißverfahren hergestellte Edelstahlbauteile, die anschließend durch mechanische Bearbeitungstechniken in Form spanloser oder spanabhebender Verfahren behandelt werden, zeigen Oberflächenausbildungen, die häufig von lokalen Defektstellen gekennzeichnet sind. Derartige Defektstellen beeinträchtigen in der Regel die Funktion bzw. die Standzeit des Bauteils im praktischen Betrieb und sollen deshalb möglichst vor der Inbetriebnahme durch entsprechende Prüfverfahren erkannt und allenfalls einer Reparatur unterzogen oder aber ausgetauscht werden.

Im Bereich der praktischen Technik sind eine Vielzahl von standardisierten Prüfverfahren bekannt, welche je nach Legierung, Bauteiltyp, vermuteter Defektart etc. Anwendung finden.

Speziell im Hinblick auf das Vorhandensein von typischen Oberflächendefekten bei austenitischen wie ferritischen Edelstahllegierungen, die u.a. das Korrosionsverhalten beeinflussen, sollen eine Reihe von Prüfverfahren auf die Wirksamkeit entsprechend spezifischer Defektarten (Mikrodefekte) untersucht werden, wobei auch das elektrochemische Polieren im Hinblick auf seine Eignung als zuverlässige und praktikable Defektoskopiemethode beurteilt werden soll.

2. Typische Defektarten

Edelstahlbauteile wie Rohre, Bleche, Behälter, Ventilkörper, etc. werden in der Regel nach dem Urformprozess des Vergießens einer ganzen Reihe nachfolgender Verformungsprozesse spanloser und spanender Art unterzogen, wobei letztlich auch Schweißprozesse zu beachten sind.

Die Erfahrung zeigt, dass solcherart hergestellte Bauteile Oberflächenausbildungen zeigen, die eine Vielzahl von Mikrodefekten aufweisen:

- lokale Rissstrukturen
aus spanlosen Verformungsprozessen wie aus spanenden Prozessen bzw. aus Schweißverfahrensprozessen

- lokale Porenbildungen
aus Gusslunkern wie aus Schweißprozessen
- lokale Fremdmaterialrückstände
etwa vom Schleifen oder vom Honen
- lokale Dopplungen
vom Walzen
- lokale Strukturdefekte
von Schweiß- oder Glühverfahren

Die Mehrzahl dieser Defekte erklärt sich also aufgrund der explizierten Bearbeitungsverfahren; der geringere Teil etwa aus typischen Legierungsverunreinigungen bzw. Inhomogenitäten.

Unabhängig von der Herkunft bzw. der Ursache dieser typischen Mikrodefekte ist allerdings klar, dass diese sowohl den erwarteten Korrosionswiderstand merklich reduzieren, als auch geeignet sind, technologische Prozesse durch Medienverunreinigungen mitunter erheblich zu stören.

Aus diesem Grunde liegt es im Interesse, derartige Defekte vor der Inbetriebnahme der Anlagenbauteile sicher zu erkennen, zu beurteilen und allenfalls zu reparieren.

Dabei ist vor allem die sichere und effektive Art der Sichtbarmachung bzw. der Erkennung der Defekte von Bedeutung.

In diesem Zusammenhang ist allerdings zu beachten, dass speziell mechanisch bearbeitete Edelstahloberflächen (Schleifen, Honen, etc.) die Eigenschaft haben, nicht nur eine Reihe dieser Defekt zu verursachen, sondern dazuhin diese Defekte auch noch verfahrensbedingt zu verdecken und hierdurch einer ganzen Reihe von herkömmlichen Defektoskopieverfahren hinsichtlich der klaren Erkennung zu entziehen.

Speziell mechanisches Schleifen/Honen ist dazu geeignet, vorhandene Mikrodefekte durch entsprechende Oberflächenverschmierungen zu verdecken, wobei solche Kaschierungseffekte allerdings das Folgeproblem sicher nicht vermeiden lassen, sondern vielmehr eine Reihe latenter Risikostellen der Früherkennung entziehen und entsprechende Betriebsprobleme praktisch vorprogrammieren.

3. Defektoskopiemethoden

Um Defekte wie Poren, Risse, Dopplungen etc., welche für das Korrosionsverhalten wie das Betriebsverhalten eindeutig nachteilige Wirkungen erwarten lassen, aufspüren zu können, sind in der Regel folgende Verfahren in Anwendung:

-
- Röntgenverfahren für Schweißbindefehler und gröbere Schweißporen
 - US-Verfahren für gröbere Dopplungseffekte
 - Penetrationsprüfung für Poren und Rissbildungen
 - chemische Lösungen wie Huey/Strauss-Test für Struktur- bzw. Kontaminationsdefekte
 - Wirbelstromprüfungen für Dopplungs- und Bindefehler

Alle diese Verfahren haben spezifische Anwendungen und entsprechende Vor- wie Nachteile.

Speziell durch mechanisches Schleifen/Honen verdeckte lokale Mikrodefekte entziehen sich erfahrungsgemäß der sicheren Detektion durch Penetrationsprüfung aufgrund der Zugänglichkeit.

Feine lokale Dopplungen etwa in der Rohrfertigung können durch Wirbelstromprüfungen oder US-Prüfungen nicht gesichert erkannt werden.

In diesem Zusammenhang ist nun die Anwendung des elektrochemischen Polierens - entstanden als Weiterentwicklung der chemischen Ätzverfahren für Metallstrukturanalysen – von besonderem Vorteil, da durch die Anwendung dieses Verfahrens nicht nur technologisch sehr hochwertige Edelstahloberflächen entstehen, sondern auch die durch die mechanische Bearbeitung entstandenen Kaschierungsschichten an der Bauteiloberfläche gesichert entfernt werden (rein kristalline Oberflächenstrukturen) und allfällig vorhandene Mikrodefekte infolge des Faradayeffekts deutlich geöffnet und insoweit visuell gesichert prüfbar aufbereitet werden.

Vorhandene

- Poren –
werden erkannt, durch visuelle Erkennung wie durch austretende Poliersäure eindeutig ph-aktiv detektierbar
- Risse –
detto
- Dopplungen –
detto
- strukturelle Defekte –
werden entweder entfernt (Fremdstoffkontaminationen) oder aber deutlich (Schweißgutinhomogenitäten).

Diese Verfahrensvorteile werden in einer Vielzahl von Anwendungsfällen der Oberflächenmikrodefektoskopie praktisch genutzt:

- Analyse von Verformungsrissen bei Turbinenschaufeln im Fussbereich. Kein anderes Verfahren erlaubt eine sicherere Erkennung von Mikrorissdefekten infolge Verformungsprozessen
- Elemente von Treibstoffleitungen im Luftfahrtbereich werden auf Poren, Risse, Materialinhomogenitäten auf der Oberfläche mittels spezifizierter Elektropolierverfahren geprüft.
- Reaktorbehälter im Chemie- und Nuklearbereich werden im Schweißnahtbereich derart analysiert.
- Pharmaapparate werden im Flächen- wie im Schweißnahtbereich solcherart erfolgreich geprüft.
- Implantatteile werden ebenfalls nach diesem Verfahren geprüft.
- Eisenbahnfederungssysteme detto.

4. Beispiel eines Defektoskopievergleichs bei einem Ansatzbehälter im Pharmabereich aus Mat. 1.4435

Behälter dieser Art werden bis zu einer Wanddicke von 6 mm aus kaltgewalzten Blechen und darüber aus warmgewalzten Blechen gefertigt, welche während und nach den Herstelloperationen diverse Prüfstationen durchlaufen. Nach den Schweißarbeiten (meist WIG, MIG oder UP) werden die Behälter auf der Innenoberfläche mechanisch geschliffen auf K 180 / 220 und anschließend gegebenenfalls elektrochemisch poliert.

Dabei ist bekannt, dass mechanisch geschliffene Edelstahloberflächen eine Vielzahl von Mikrodefekten wie Poren, lokale Risse, Fremdstoffeinlagerungen, lokale Dopplungen etc., enthalten und diese Defekte infolge der Schleifoperation nachhaltig verschmiert und damit zu einer Prüferkennung nur schwer zugänglich sind. Andererseits ist aus der Erfahrung auch bekannt, dass das Vorhandensein derartiger Defekte sowohl korrosionstechnisch problematisch ist wie dadurch auch erhöhte Reinigungsprobleme bzw. empfindliche Produktionsstörungen zu erwarten sind.

Eine vorgenommene Penetrationsprüfung als offensichtlich bequeme Defektoskopiemethode ist dabei im Allgemeinen nicht dazu geeignet, alle genannten Defekte zu erkennen, da die durch das Schleifen erzielten Defektverschmierungen dies erfolgreich verhindern bzw. bei der Prüfung infolge der geringen Anzeige dies häufig übersehen lassen.

Ein entsprechender Gutbefund bedeutet nun, dass der Apparat mit den genannten latenten Defekten in Produktion geht und hierbei infolge zeitlich abhängiger Auslaugung/ Erosion der Schmierpartikel vom mechanischen Schleifen die lokalen Defekte zunehmend aktiv werden und die genannten Produktions-/Korrosionsprobleme eintreten.

Wird die Behälteroberfläche nun elektrochemisch poliert und ein Abtrag von 15 – 25 µm vorgenommen, dann werden die vom Schleifen verschmierten Materialschichten (5 – 15 µm) samt Fremdstoffkontaminationen vom Schleifprozess rückstandsfrei entfernt und die reine austenitische Gitterstruktur wird unter dem Mikroskop erkennbar. In Bereichen von lokalen Mikrodefekten treten nun zwei wesentliche Effekte auf:

- Durch Öffnungen in der Materialstruktur (Poren, Risse, Dopplungen, etc.) kommt der Faradayeffekt zum Tragen, indem an den Öffnungsändern durch Randstromdichten (lokal erhöhte Elektropolierstromdichte) eine merkliche Defektöffnung wirksam wird. Die Defektbereiche werden also verstärkt.
- Gegebene und geöffnete Untiefen von Mikrodefekten werden infolge von Kapillarkraftwirkungen mit Poliersäure (H₂SO₄, H₃PO₄) notwendigerweise befüllt.

Die nach der Elektropolierung durchgeführte Reinigung des Apparats mit heißem Deionat > 10 MΩcm, 80° C, erreicht nun keine Spülung der Defektuntiefen – verursacht aber temperatur- und konzentrationsbedingte Diffusionseffekte, wodurch Säuremoleküle aus den nun geöffneten Porenzugängen an die Oberfläche treten und diese dabei sowohl visuell sichtbar werden (Öffnung bzw. typischer säurewirkungsbedingter irisierender Belegungshof um die Öffnung der Pore) bzw. die Säuremoleküle durch lokale Prüfung mit ph-Indikatorpapier eine klare und eindeutige Aussage für die Defektoskopiebeurteilung zulassen.

Dabei ist zu erwähnen, dass die Art der Prüfung auf Säurerestmoleküle in hohem Maße dem praxisrelevanten Vorgang der CIP-Reinigung typähnlich ist.

Die langjährigen Erfahrungen zeigen dabei, dass diese Form der Prüfung nach dem elektrochemischen Polieren eine sehr sichere und effektive Methode darstellt.

5. Zusammenfassung

Zur Erkennung von Mikrodefekten auf Edelstahloberflächen von Apparaten werden neben der Darstellung der Arten und der allfälligen Folgen von nicht erkannten Mikrodefekten ausführliche Hinweise gegeben, wie auch Methoden zur Defektoskopie erläutert und betreffend Anwendungen hinsichtlich Vor- und Nachteilen verglichen.

In diesem Zusammenhang werden auch die Vorteile des elektrochemischen Polierens dargestellt, wobei hierdurch neben der Erzielung von technologisch wesentlich verbesserten funktionalen Edelstahloberflächen nebenbei auch exzellente Defektoskopiemöglichkeiten für Mikrodefekte gegeben sind und diese Methode in der Anwendung detailliert beschrieben.

Für weitere Auskünfte stehen wir Ihnen gern zur Verfügung

Technical Bulletin

Procedures for the treatment of metal surfaces

- ▶ Electrochemical polishing
- ▶ Electrochemical and chemical deburring
- ▶ Chemical polishing
- ▶ Chemical pickling
- ▶ Passivation
- ▶ Derouging and professional repassivation

All services can be carried out on the premises of the customer

Development and supply of

- ▶ chemicals for pickling, electropolishing and passivation of metal surfaces
- ▶ chemicals for derouging and repassivation of stainless steel surfaces
- ▶ turnkey constructions/equipments for the chemical and electrochemical surface treatment of metals

Technical consultation

- ▶ for the surface treatment of
 - Stainless steel (i.e. 1.4435 / 1.4404 / 316l, 1.4539 / 904l, etc.)
 - Nickel and Nickel Alloys (i.e. Alloy 59, Hastelloy, Inconel)
 - Aluminium
 - Copper
 - Niobium
 - Titanium
 - Zirkonium
 - C-steel
- ▶ for apparatus, tubes and fittings in the food, beverage, chemical, cosmetic and pharmaceutical industries, bio and medical technology, plant, refrigeration and heat technology
- ▶ for surface treatment specifications for apparatus and tube systems
- ▶ concerning corrosion of stainless steel

Further services

- ▶ Colouring of stainless steel
- ▶ Clean room treatment
- ▶ Waste water technology
- ▶ Research & Development

We are member of VDMA, EHEDG und ISPE

For further information please contact us

info@henkel-epol.com
www.henkel-epol.com



Certified according to EN ISO 9001:2000
Certificate no : A06/0007



HENKEL Beiz- und Elektropolieretechnik
GmbH & Co. KG
Stoissmühle 2
A – 3830 Waidhofen / Thaya
Tel : + 43 (0) 28 42 / 543 31 - 0*
Fax : + 43 (0) 28 42 / 543 31 - 30
info@henkel-epol.at
www.henkel-epol.com

HENKEL Beiz- und Elektropolieretechnik
GmbH & Co. KG
An der Autobahn 12
D – 19306 Neustadt-Glewe
Tel : + 49 (0) 387 57 / 66 - 0*
Fax : + 49 (0) 387 57 / 66 - 122
info@henkel-epol.com
www.henkel-epol.com

HENKEL Kémiai és Elektrokémiai
Felületkezelő Kft
H – 9172 Györzámoly, Központi Major
Tel : + 36 (0) 96 / 352 - 035
Fax : + 36 (0) 96 / 585 - 035
info@henkel-epol.hu
www.henkel-epol.com

*The component's
value is assured
by its surface*

