

Technik

Zum Einfluss der Oberflächenqualität auf das Korrosions- und Reinigungsverhalten von nichtrostenden Stählen

von Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel und Prof. Dr. Thomas Ladwein

1. Einleitung

Nichtrostende Stähle werden in ganz unterschiedlichen Bereichen und mit mannigfaltiger Oberflächenausführung, wie z.B. gebeizt, gestrahlt, geschliffen, blankgeglüht u.s.w. eingesetzt. Wie alle hochwertigen Gegenstände sollten auch Teile aus nichtrostendem Stahl regelmäßig gereinigt werden. Die Reinigungsintervalle richten sich nach dem Verschmutzungsgrad und den Anforderungen. Die Abhängigkeit des Pflege- und Reinigungsaufwandes von der Rauigkeit der Oberfläche lässt sich vereinfachend wie folgt beschreiben:

Je rauher die Oberfläche, umso leichter haben es Ablagerungen [von normalem Schmutz bis zu Bakterien], einen Haftgrund zu finden, und umso schwieriger und aufwendiger ist die Reinigung. Ein weiterer, bei den Betrachtungen oftmals nicht berücksichtigter Einfluss stellt die Grenzflächenchemie dar. In der Grenzfläche eines atomaren oder ionischen Verbandes befinden sich die Atome bzw. Ionen im Vergleich zu den im Innern angeordneten Atomen in einem unvollständigen und damit weniger stabilen Bindungszustand. Während die inneren Bausteine nach allen Seiten hin gleichmäßig von Bindungsnachbarn umgeben sind und mit diesen durch Bindungswechselwirkungen ihren elektronischen Energiezustand "günstig" gestalten können, fehlen den in der Grenzfläche liegenden Atomen die äußeren Bindungspartner. Dieser ungünstige Bindungszustand von Grenzflächenatomen und ihr daraus folgendes Bindungsbestreben verursachen eine Reihe bemerkenswerter Oberflächen- bzw. Grenzflächeneffekte und bestimmen letztendlich die Grenzflächenchemie in einem System. An einer "sauberen Metalloberfläche trachten die aufgrund ihrer unvoll-

kommenen Abbindung sehr reaktionsfreudigen Oberflächenatome danach, aus der Umgebung Gas- oder Wassermoleküle zu adsorbieren [Chemisorption]. Darüber hinaus adsorbierte Moleküle werden mit geringerer Intensität angelagert [Physisorption]. Die an einer Grenzfläche "flüssig/gasförmig" in Erscheinung tretende Oberflächenspannung oder die in engen Spalten an einer Grenzfläche "fest/flüssig" zu beobachtende Kapillarwirkung spiegeln ebenfalls die Bindungsaktivität von Grenzflächenatomen wieder und wirken sich neben der reinen Oberflächentopographie ganz entscheidend auf das Reinigungs- und das Korrosionsverhalten von nichtrostenden Stählen aus. Für die Korrosionsanfälligkeit eines Materials ist die Oberflächenbeschaffenheit ausschlaggebend, denn auf ihr bildet sich die schützende Passivschicht, eine porenfreie oxydische bzw. hydroxydische Deckschicht. Poren, Risse und Rauigkeit erschweren die Bildung einer zusammenhängenden Passivschicht weitgehend.

Chrom-Nickel-Stähle korrodieren daher selektiv an den Stellen, an denen diese Passivschicht mit einer Stärke von 10 - 12 AE, [1 AE = 10^{-8} cm] durch Poren mit einem größeren Durchmesser als die Stärke der Passivschicht unterbrochen wird.

Je sauberer und je geringer die räumliche Oberfläche eines nichtrostenden Stahles, umso günstiger ist daher sein Korrosionsverhalten. In der vorliegenden Arbeit wurden daher an handelsüblichen nichtrostenden Stählen Versuche zum Einfluss der Oberflächenausführung auf das Benetzungsverhalten und die Korrosionsbeständigkeit durchgeführt.



Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel

vertritt die Fachgebiete Werkstoffkunde, Werkstoffprüfung und Oberflächentechnik an der Fachhochschule Konstanz in Forschung und Lehre.



Prof. Dr. Thomas Ladwein

studierte Chemie und Metallkunde an den Universitäten Saarbrücken und Münster und promovierte 1984 bei Fritz Umland über ein Thema der Hochtemperaturkorrosion von Nickellegierungen in Salzsäure. Nach einer Tätigkeit in der Anwendungstechnik für hochkorrosionsbeständige Chemieapparate arbeitete er 16 Jahre in der Entwicklung und Anwendungstechnik von nichtrostenden Stählen mit Schwerpunkt auf dem höchstlegierten Bereich. Seit April 2003 ist er Professor für Elektrochemie, Korrosion, Korrosionsschutz und Tribologie an der Fachhochschule Aalen.

2. Werkstoffe

Werkstoffnr.	Legierungsgehalte in Gew. %					
	C	Cr	aMo	Ni	N	Andere
1.4301	0.026	18.1	-	8.7	-	-
1.4401	0.035	16.7	2.1	10.6	-	-
1.4571	0.040	16.7	2.1	10.5	0.01	0.44 Ti
1.4462	0.020	22.3	3.2	5.7	0.15	-
1.4539	0.016	20.7	4.8	24.0	0.08	1.4 Cu
1.4565	0.021	24.3	4.6	17.7	0.47	5.9 Mn
2.4856	0.02	22.1	9.2	62.1		3.4 Nb

Tabelle 1: Legierungszusammensetzung der untersuchten Werkstoffe

3. Benetzungsverhalten

Die zwischen einer Flüssigkeit und einem Festkörper auftretenden Grenzflächenkräfte äußern sich im Benetzungsverhalten der Flüssigkeit. Bestehen zwischen beiden Substanzen intensive Grenzflächenbindungen, so bilden beide eine möglichst große gemeinsame Grenzfläche guter Benetzung aus und es kommt zu einem kleinen Kontakt- bzw. Benetzungswinkel Θ [Abb. 1]. Der Benetzungswinkel Θ dient somit als quantitatives Maß für die Benetzbarkeit einer Werkstoffoberfläche. Da in dem dargestellten System neben der Grenzfläche "flüssig/fest" noch die Grenzfläche "flüssig/gasförmig" existiert hängt das Benetzungsverhalten auch von der umgebenden Atmosphäre ab. Entsprechend der Youngschen Gleichung gilt [2]:

$$\text{Young: } \sigma_{FD} = \sigma_{FFI} + \sigma_{FID} \cdot \cos \Theta$$

σ_{FD} : Oberflächenspannung des festen Körpers

σ_{FFI} : Grenzflächenspannung zwischen Festkörper und Flüssigkeit

σ_{FID} : Oberflächenspannung zwischen Flüssigkeit und ihrem Dampf

Die hohe Oberflächenspannung des Festkörpers führt daher zu einem kleinen Kontaktwinkel und somit zu einer besseren Benetzung.

Ziel der Untersuchungen war zu prüfen, ob die nach verschiedenen Verfahren erzeugten Oberflächen [Zustände] des Duplex-Stahls 1.4462 unterschiedliche Oberflächenspannungen aufweisen. Diese könnten einen Hinweis auf die Ursachen der unter-

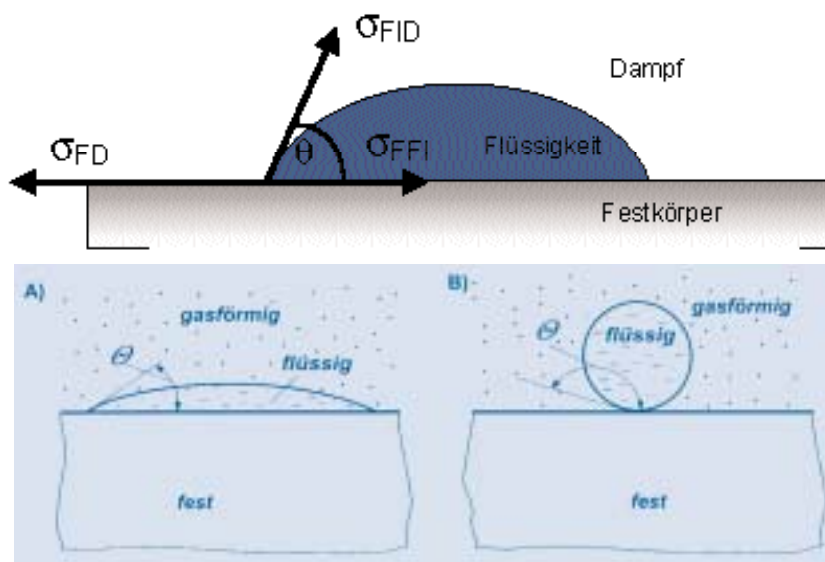


Abb. 1: Kräftegleichgewicht und Benetzungsverhalten einer Flüssigkeit an unterschiedlichen Grenzflächen [nach 1]

A) Gute Benetzung bei intensiven Grenzflächenbindungen

B) Schlechte Benetzung bei geringen Grenzflächenbindungen

schiedlichen Anhaftung von Substanzen auf diesen Oberflächen geben. Einschränkend muss an dieser Stelle bemerkt werden, dass als Materialeigenschaft durch Kontaktwinkelmessungen die Oberflächenspannungen jedoch nur für glatte ebene Flächen ermittelt werden kann. Oberflächenrauigkeiten verändern die auftretenden Kontaktwinkel, wobei die in Abhängigkeit von der Oberflächenvorbereitung ermittelten Oberflächenspannungen eine erste Einstufung erlauben.

Für die Bestimmung der Oberflächenspannungen wurden jeweils 4 Prüfkörper in den Abmessungen 20 x 20 mm² mit einer Dicke zwischen 5 mm und 15 mm eingesetzt. Die Untersuchungen wurden am Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Materialforschung in Bremen mit insgesamt 3 Flüssigkeiten durchgeführt. Die Oberflächen der Prüfkörper wurden wie folgt hergestellt:

1. gestrahlt, geschliffen und gebeizt
2. gestrahlt
3. elektropoliert
4. geschliffen, 60er Korn
5. geschliffen, 320er Korn
6. geschliffen, 320er Korn und gebeizt
7. gestrahlt und gebeizt, Oberflächenrauigkeit ca 3 μ m
8. gestrahlt und gebeizt, Oberflächenrauigkeit ca 6 μ m

Die Ergebnisse der Messungen der Oberflächenenergien sind in Abbildung 2 in Form von Streubalken dargestellt. Die Unterschiede zwischen den unterschiedlich präparierten Oberflächen sind nicht sehr groß, insbesondere da die Streubreite der einzelnen Messwerte erheblich ist und teilweise bei 50% des Mittelwertes liegt. Trotzdem ist erkennbar, dass die Oberflächenenergie von gestrahlten und gebeizten Proben im gleichen Bereich liegt wie die der elektropolierten Oberfläche. Deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Rauigkeit der gestrahlten und gebeizten Oberflächen sind nicht erkennbar, im Gegenteil wurden doch an der Probe mit dem niedrigsten Rauigkeitswert 3 μ m das größte Streuband und die absolut höchsten Werte gemessen.

Die an den gestrahlten Proben gemessenen Oberflächenenergien liegen

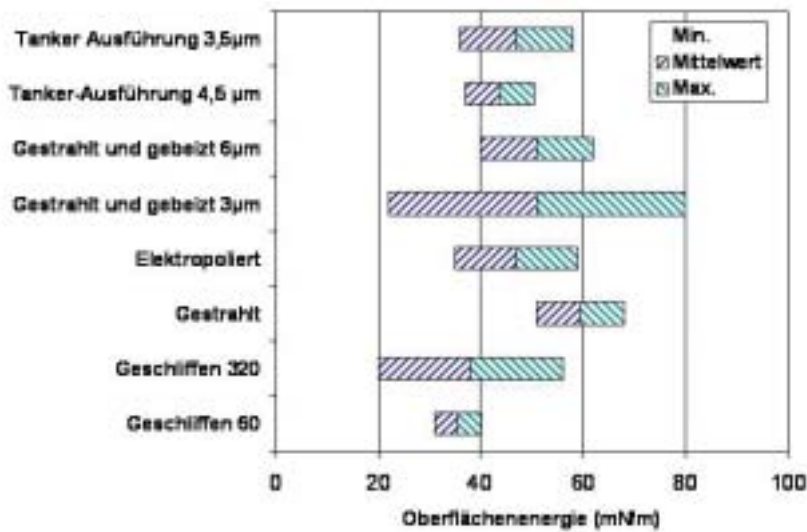


Abb. 2: Ergebnisse der Kontaktwinkelmessungen an unterschiedlich vorbereiteten Edelstahloberflächen

demgegenüber zu leicht höheren Werten verschoben, während die geschliffenen Proben die niedrigste Oberflächenenergien aufweisen, wobei diese Werte etwas unerwartet sind. Dies könnte evtl. daher rühren, dass durch die bei geschliffenen Proben ausgeprägte Schleifrichtung sich die aufgetragenen Flüssigkeitstropfen nicht als Kugelkalotte sondern als Ellipsoid ausbreiteten, so dass die Ablesung des Kontaktwinkels stark richtungsabhängig ist. Zur Auswertung wurde auf den Mittelwert zwischen dem größten und dem kleinsten gemessenen Kontaktwinkel zurückgegriffen, wissend, dass die Aussagekraft möglicherweise eingeschränkt ist. Aus den Messungen der Oberflächenenergien lässt sich insgesamt festhalten, dass zwar gewisse Tendenzen aufgezeigt werden können, letztlich jedoch eine andere Messmethode gebraucht wird, die insbesondere Messungen unabhängig von einer Vorzugsrichtung ermöglicht.

Das Ergebnis von Rauheitsmessungen an den untersuchten Oberflächen ist in Tabelle 2 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass bei dem Feinschliff die geringste Rauigkeit erreicht wird, während bei der elektropolierten Probe die Rauigkeit in einer ähnlichen Größenordnung wie bei der gestrahlten und mit

grobem Korn geschliffenen Probe liegt. Das Rauheitsprofil wurde mittels Laserprofilometer bei der Fa. Sulzer Innotec vermessen. Hierbei zeigen sich die Unterschiede in der Oberflächentopografie sehr deutlich [Abb. 3]. In den Schluchten einer rauen Materialoberfläche bleiben nicht nur die Schmutzpartikel haften, sondern es lagern sich dort auch die für das Wachstum der Mikroorganismen notwendigen Substrate sowie biologisches Material ab. Insbesondere bei Anlagen in der Medizin- oder Lebensmitteltechnik, wo eine gewisse Keimfreiheit gefordert wird, sollten möglichst glatte Oberflächen mit geringer Oberflächenenergie zum Einsatz kommen.

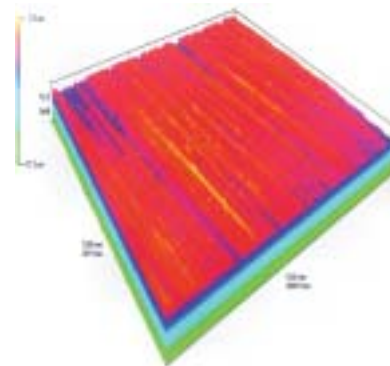
4. Korrosionsverhalten

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss der Verfahren Beizen, Schleifen und Gaspelstrahlen auf die Korrosionsbeständigkeit verschiedener Stähle untersucht.

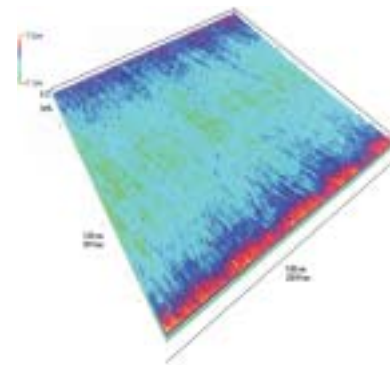
Um die Auswirkungen der Oberflächenbehandlung genauer zu ermitteln, wurden die Proben verschieden präpariert. Einmal wurden die Proben in einem Ofen bei 600 °C ausgelagert, um eine gleichmäßige, die gesamte Oberfläche bedeckende Oxidschicht

[µm]	geschliffen, 60er	geschliffen, 320er	gestrahlt	elektropoliert
R _{max}	9,47	0,68	10,62	7,47
R _z	5,93	0,54	8,28	6,09
R _a	0,57	0,05	1,21	1,12
R _t	9,47	0,68	10,62	7,47

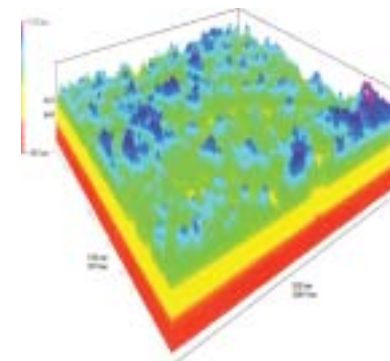
Tabelle 2: Rauheitsmaße: Rauhtiefe: Rt/Mittenrauhwert: Ra/gemittelte Rauhtiefe: Rz



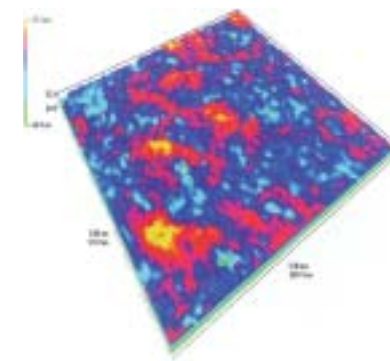
a) Geschliffene Oberfläche, Korn 60



b) Geschliffene Oberfläche, Korn 320



c) Gestrahlte Oberfläche



d) elektropolierte Oberfläche

Abb. 3: Topographie der unterschiedlich behandelten Oberflächen. Aufnahmen mit dem Laserprofilometer

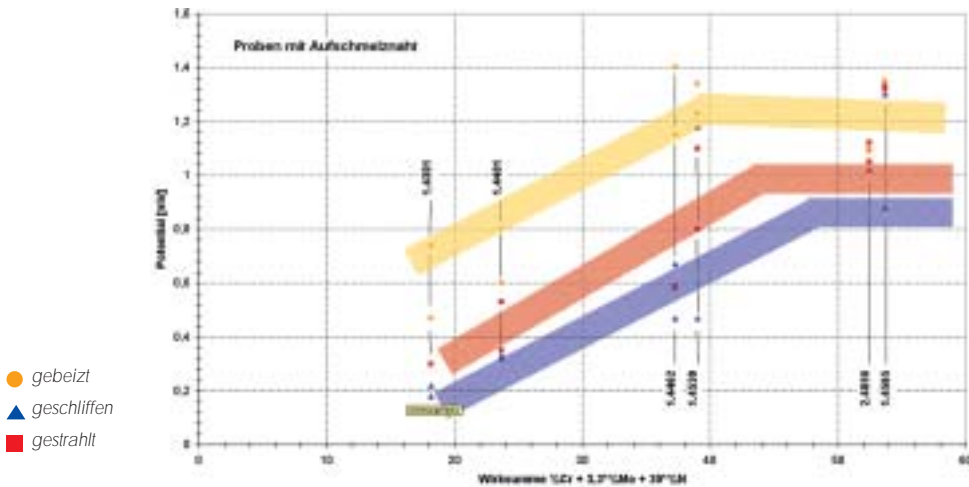


Abb. 4: Kritische Lochfraßpotentiale [Stromdichte von 1 A/m²] aufgetragen über der Wirksumme des jeweiligen Werkstoffes in Abhängigkeit des angewandten Oberflächenbehandlungsverfahrens [Potential gegen SHE]

zu erhalten. Der Einfluss von Seigerungen, wie sie beim Schweißen im Bereich der Schmelze entstehen, wurde somit ausgeschlossen. Die erzielten Ergebnisse hängen also ausschließlich von dem Werkstoff und dem angewandten Oberflächenbehandlungsverfahren ab. Die Oberflächen der Proben aus der zweiten Versuchsreihe wurden ohne Zusatzwerkstoff mit dem WIG Verfahren aufgeschmolzen. Die Streckenergie betrug etwa 3 kJ/cm. Anschließend wurden die Proben entweder gebeizt, geschliffen oder gestrahlt. Zur Bestimmung der Korrosionsbeständigkeit wurden verschiedene, standardisierte Messungen durchgeführt.

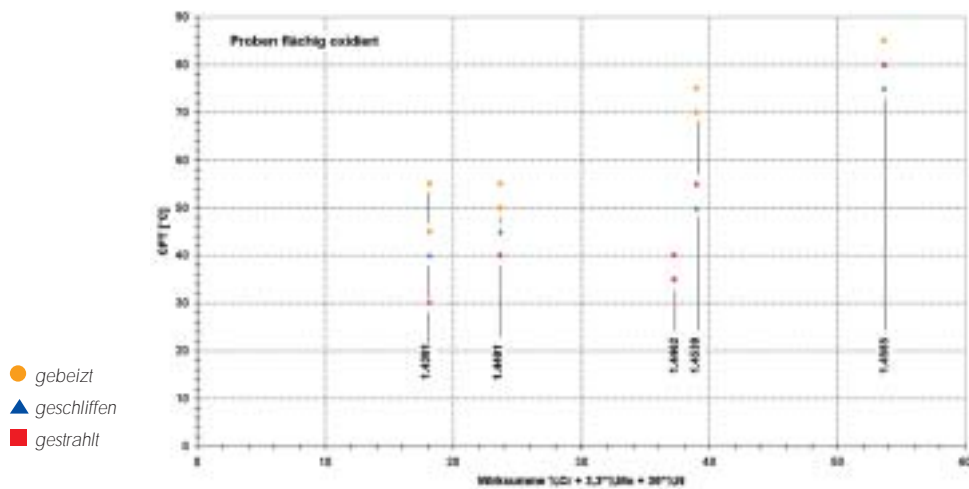


Abb. 5: Kritische Lochfraßtemperatur aufgetragen über der Wirksumme in Abhängigkeit des angewandten Oberflächenbehandlungsverfahrens von flächig-oxidierten und behandelten Proben

4.1 Stromdichte-Potentialmessungen

Als Prüfmedium wurde eine 3%ige NaCl-Lösung verwendet, die Stromdichte-Potentialkurven wurden bei Raumtemperatur mit einer Polarisationsgeschwindigkeit von 100 mV/h bei einem Startwert von -200 mV ermittelt. Ausgewertet wurde das Potential, bei dem die jeweilige Probe einen Summenstrom von 1 A/m² erreicht hat. Diese Potentialgrenzwerte für die Entstehung von Lochfraß sind in Abbildung 4 über den aus der Legierungszusammensetzung errechneten Wirksummen [3] aufgetragen.

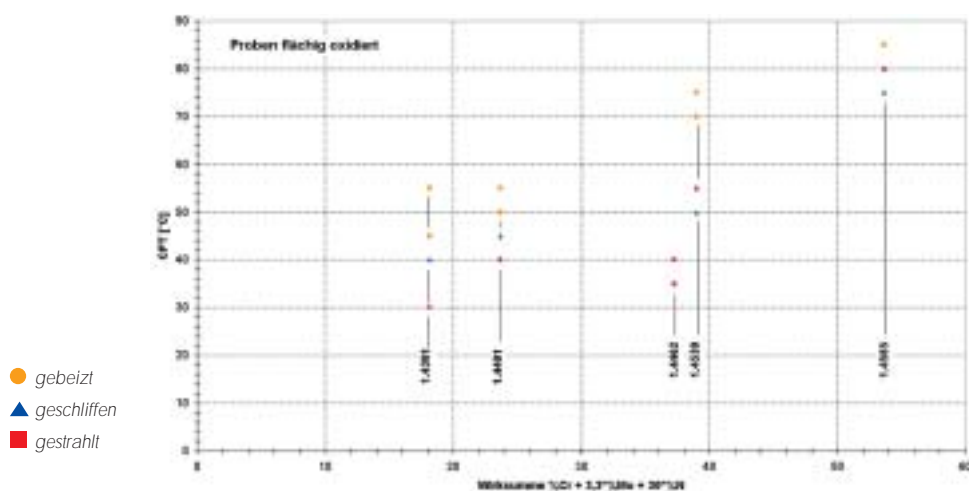


Abb. 6: Kritische Lochfraßtemperatur aufgetragen über der Wirksumme in Abhängigkeit des angewandten Oberflächenbehandlungsverfahrens von geschweißten und behandelten Proben

Mit steigender Wirksumme steigt das kritische Lochfraßpotential an. Die Unterschiede bezüglich des angewandten Oberflächenbehandlungsverfahrens sind deutlich zu erkennen. Linearisiert man unter Berücksichtigung der Oberflächenbehandlungsverfahren die Messpunkte, so ist festzustellen, dass die so erhaltenen Geraden lediglich parallel verschoben wurden. Die Gerade der gebeizten Proben ist gegenüber der Geraden der geschliffenen und der gestrahlten Proben deutlich zu höheren kritischen Lochfraßpotentialen verschoben. Hieraus kann eine deutlich höhere Korrosionsbeständigkeit von gebeizten Oberflächen gegenüber mechanisch behandelten Oberflächen abgeleitet werden. Im weiteren ist auffällig, dass sich bei den üblichen Austeniten wie 1.4301, 1.4401, 1.4571 die Art der Oberflächenbehandlung stärker auf das Kor-

rosionsverhalten auswirkt als bei den höherlegierten Werkstoffen wie z.B. 1.4565, 2.4856.

Für die Praxis bedeutet dies, dass gerade bei üblichen Austeniten durch eine gezielte Oberflächenbehandlung eine Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit erreicht werden kann, bzw. dass die Korrosionsbeständigkeit in gestörten Bereichen, wie z.B. bei einer Schweißnaht, nahezu wieder den für den Grundwerkstoff spezifischen Wert erreicht.

4.2 Kritische Lochfraßtemperatur

Der FeCl₃-Test nach ASTM G48 [4] stellt ebenfalls einen Schnelltest zur Bestimmung der Lochfraßbeständigkeit dar. Die Proben werden in eine 10%ige bzw. 5%ige FeCl₃-Lösung eingetaucht. Im Zyklus von 24 h wird die Temperatur um jeweils 5°C erhöht. Die Proben werden jeweils vor der Temperaturerhöhung auf Lochfraßstellen untersucht. Der Versuch endet, sobald Lochfraß auf der Probenoberfläche sichtbar wird. Die Prüflösung wurde täglich gewechselt. Das Verhältnis Prüflösung/Probenoberfläche betrug 10 ml/cm². Differenziert wurde bei dieser Untersuchung nach Lochfraß an den Schnittkanten und der Walzfläche. Zur Beurteilung wurden jedoch nur die Werte der Walzfläche herangezogen. Es sei jedoch bemerkt, dass die Lochfraßtemperaturen der Schnittkanten zu geringeren Werten gegenüber den Walzflächen verschoben sind [5]. In der Praxis sind deshalb Schnittkanten in Bereichen korrosiver Belastung konstruktionstechnisch zu vermeiden.

In diesem Test zeigt sich generell, dass durch Beizen eine zum Teil erheblich höhere Lochfraßtemperatur erreicht wurde als durch die übrigen, hier untersuchten Oberflächenbehandlungsverfahren [Abb. 5 und 6]. Die Unterschiede zwischen den mechanischen Oberflächenbehandlungsverfahren waren zum Teil geringer und konnten deshalb nicht immer eindeutig klassifiziert werden. Insgesamt war auch bei diesen Versuchen zu erkennen, dass sich die Art des Oberflächenbehandlungsverfahrens bei Werkstoffen mit sehr hohen Legie-

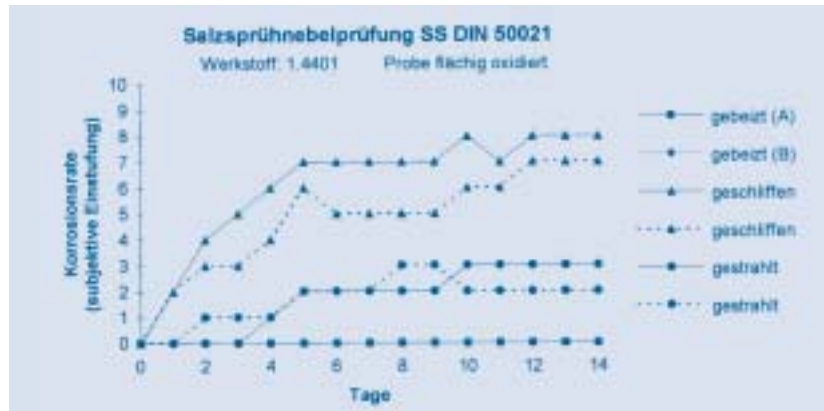


Abb. 7: Zeitlicher Verlauf der Korrosionsrate der Salzsprühnebelprüfung SS DIN 50021 [subjektive Bewertung]

rungehalten geringer auf das Ergebnis auswirkt als bei den austenitischen Standardstählen.

Bei den Proben mit Aufschmelznaht [Abb. 6] ist ebenso wie bei den flächig oxidierten Proben [Abb. 5] eine deutlich höhere Lochfraßtemperatur der gebeizten Proben zu verzeichnen. Vergleicht man jedoch die absoluten Werte der flächig oxidierten Proben mit den Proben mit Aufschmelznaht, so sind Differenzen der Lochfraßtemperatur von bis zu 20°C zu erkennen. Der Nickelbasiswerkstoff [2.4856] zeigt bei dieser Korrosionsbelastung bis zu der höchsten untersuchten Temperatur keinerlei Korrosionsangriff.

Die Sprühnebelprüfung [3] stellt eine Langzeituntersuchung dar. Hierbei wurden die Proben ständig mit einer 5%igen NaCl-Lösung besprüht. Die Temperatur wurde bei 32°C konstant gehalten. Die mit dieser Untersuchung erzielte Korrosionsbelastung führte nur bei den üblichen Austeniten [1.4301, 1.4401, 1.4571] zu Korrosionserscheinungen. Beispielhaft zeigt Abbildung 7 den zeitlichen Verlauf der Korrosion bei dem Stahl 1.4401. Die geschliffenen Proben begannen schon nach wenigen Stunden zu korrodieren, wogegen die gestrahlten Proben erst nach Tagen erste Korrosionserscheinungen zeigten. Es war deutlich der Korrosionsverlauf entlang den Riefen von geschliffenen Proben zu sehen. Bei diesem Versuch zeigt sich deutlich, dass die Korrosionsrate in direktem Zusammenhang mit der Oberflächenrauigkeit steht.

Es fällt auf, dass die gebeizten Proben



Abb. 8: Gestrahlte Proben nach der Korrosionsprüfung. Deutlich erkennbar ist, dass der Lochfraßangriff entlang der Schweißnaht und der Wärmeeinflusszone verläuft

verglichen mit den mechanisch behandelten Proben eine überdurchschnittliche hohe Korrosionsbeständigkeit aufweisen. Die mechanisch bearbeiteten Proben zeigten zum Teil schon nach kürzester Zeit Korrosionserscheinungen. Weiterhin ließ diese Untersuchung eine Differenzierung der mechanischen Oberflächenbehandlungsverfahren zu. Mit glasperlengestrahlten Proben wurden stets höhere Standzeiten als mit geschliffenen Proben erzielt. Bei den Proben mit Aufschmelznaht wurde jedoch generell beobachtet, dass insbesondere bei den gestrahlten Proben im Bereich der Wärmeeinflusszone [WEZ] ein linienförmiger Korrosionsangriff erfolgte. Dies könnte auf ungenügende Entfernung der dünnen Oxidschicht im Randbereich der WEZ zurückzuführen sein [Abb. 8].

5. Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen eindeutig, dass durch Beizen die für den Werkstoff höchste Korrosionsbeständigkeit erzielt wird. Besonders markant waren die Unterschiede gegenüber den mechanischen Oberflächenbehandlungsverfahren bei den üblichen Austeniten mit Aufschmelznaht. Dies hängt mit der Bildung von Seigerungen und dem Ausscheidungsverhalten dieser Stähle zusammen. Bei den mechanischen Oberflächenbehandlungsverfahren stellte sich im allgemeinen das Strahlen als das bessere Verfahren zur Oberflächenbehandlung heraus. Das Strahlen von Oberflächen wirkt sich aufgrund der entstehenden Druckeigenspannungen positiv auf das Spannungsriß- und Schwingungsrißkorrosionsverhalten aus. Nachteilig ist jedoch die erhöhte Gefahr der Oberflächen- und Lochkorrosion im Bereich der WEZ wo die Oxidschichten offensichtlich nicht ausreichend gut beseitigt werden. An geschliffenen Proben

konnte deutlich gezeigt werden, dass die Korrosionsrate in direktem Zusammenhang mit der Oberflächenrauigkeit steht. Nur mit einer geringen Oberflächenrauigkeit sind zufriedenstellende Ergebnisse bezüglich der Korrosionsbeständigkeit zu erzielen. Durch die Kaltverformung der Oberfläche können partiell Zugspannungen auftreten, die zu Spannungsrißkorrosion führen [6]. Ebenso besteht die Gefahr, dass durch zu hohe Anpresskräfte, stumpfe Schleifscheiben oder zu hohe Schleifgeschwindigkeiten erneut Temperaturen auftreten, die wiederum Oxidschichten auf der Oberfläche zurücklassen. Eine frühzeitige Oberflächenkorrosion ist die Folge. Ferner zeigte sich, dass die mechanischen Oberflächenbehandlungsverfahren arbeitsintensiver sind als das Beizen. Kostenmäßig relativiert sich dies jedoch, wenn man die Umweltbelastungen und die damit verbundenen Entsorgungskosten berücksichtigt. Wird ein optimaler Korrosionsschutz verlangt, so ist das Beizen durch kein

anderes der untersuchten Verfahren zu ersetzen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Kombination von chemischen und mechanischen Verfahren zu exzellenten Ergebnissen bezüglich der optischen und korrosionschemischen Erfordernissen führen.

Literatur

- 1.] Bergmann, W.: Werkstofftechnik; Carl Hanser Verlag, München, 2000
- 2.] Paus, H. J.: Physik in Experimenten und Beispielen; Carl Hanser Verlag, München, 1994
- 3.] Gumpel, P.: Rostfreie Stähle; expert-Verlag, Renningen 2000
- 4.] ASTM G 48: Standard Testing Method of Pitting and Crevice Corrosions Resistance of Stainless Steel and Related Alloys by the use of Ferric Chloride Solution [1980]
- 5.] Herbsleb, G; Schwenk, W.: Werkst. Korros. 8 [1967] 685ff
- 6.] Protogerakis, E.: Chem. Ing.-Tech. 63 [1991] 115ff

Database / Creative / Prepress / Print / Logistic

w rk zw
r nt+M n K nst nz Gm H

SÜDKURIER Medienhaus
Max-Stromeyer-Straße 180
78467 Konstanz
Telefon 0 75 31.999.1850
Telefax 0 75 31.999.1836
kontakt@werkzwei-konstanz.de