

## Qualitätskontrolle der Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Stählen

### 1 Einleitung

Nichtrostende Stähle werden im Bauwesen aufgrund ihrer hohen Korrosionsbeständigkeit bei gleichzeitig hoher Festigkeit und Verformbarkeit sowie Schweißbarkeit eingesetzt. Anwendungsbeispiele sind beispielsweise die Befestigungstechnik (Bekleidungen der Gebäudehülle, Verankerung von Betonelementen) und die Verwendung in Betonbauten als Bewehrung oder Kragplattenanschlüsse.

### 2 Eigenschaften nichtrostender Stähle

Bei nichtrostenden Stählen unterscheidet man zwischen ferritischen, martensitischen, austenitischen und ferritisch-austenitischen Stählen (sogenannten Duplex-Stählen). Die Art des Gefüges wird durch die Art und Menge der Legierungselemente bestimmt. Die Werkstoffe in Tab. 1 sind mit zunehmender Korrosionsbeständigkeit in fünf Korrosionswiderstandsklassen (KWK) eingeteilt. Grundlage der Einteilung ist die Wirksamkeit (PRE), in der die Wirkung verschiedener Elemente (Cr, Mo, N) unterschiedlich gewichtet berücksichtigt ist.

Tab. 1: Klassifizierung der Korrosionsbeständigkeit in Abhängigkeit der Wirksamkeit, F. Hunkeler 2020

KWK	PRE	Beispiele Stahlsorten		
		Ferrit	Duplex	Austenit
0	0-9	Unlegierter Betonstahl		
1	10-16	1.4003	-	-
2	17-22	1.4016 1.4509	1.4482	1.4301 1.4306
3	23-30	1.4521	1.4362	1.4401 1.4404 1.4571
4	≥ 31	-	1.4462	1.4529

### 3 Einflüsse auf das Korrosionsverhalten

Neben der Werkstoffgüte können bau- und fertigungsseitige Einflussgrößen die Beständigkeit nichtrostender Stähle beeinflussen. Raue Oberflächen, Ablagerungen sowie Anlaufarben, Verzunderungen, oder Schlackenreste von Schweißungen verringern die Korrosionsbeständigkeit und damit die Dauerhaftigkeit von nichtrostenden Stählen. Neben Einflüssen aus der Bearbeitung ist die Beständigkeit nichtrostender Stähle gegenüber Lochkorrosion u.a. von der Temperatur, der Chlorid- und Sauerstoffkonzentration sowie dem pH-Wert des Mediums abhängig.

### 4 Elektrochemische Untersuchungen

Das Korrosionsverhalten nichtrostender Stähle wird z.B. in natürlicher Umgebung (freie Bewitterung, Wasserlagerung) oder in beschleunigten Versuchen zur Nachahmung bestimmter Bedingungen (z.B. Salzsprühnebelprüfung, Versuche mit rotierenden Scheiben) untersucht. Der Aufwand für solche Prüfungen kann relativ hoch sein. Elektrochemische Prüfmethode, allen voran die Stromdichte-Potenzialkurven, erlauben rasch Kenngrößen wie das Ruhe- und Lochfrasspotenzial zu bestimmen sowie das Passivierungsverhalten zu untersuchen. Abb. 1 zeigt die charakteristische Stromdichte-Potenzialkurve eines nichtrostenden Stahls mit Initiierung von chloridinduzierter Lochkorrosion.

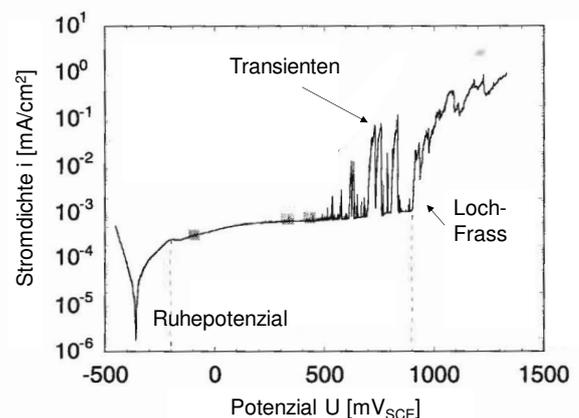


Abb. 1: Charakteristische Stromdichte-Potenzialkurve eines nichtrostenden Stahls, S. Matsch, Diss. ETH 13258, 1999

Die Aufnahme von Stromdichte-Potenzialkurven bietet die Möglichkeit, den Einfluss der Stahlqualität, einer Oberflächenbehandlung oder starker Wärmeeinwirkungen auf das Korrosionsverhalten festzustellen. Die TFB AG verwendet dazu das EC-Pen Verfahren gemäss Abb. 2. Der kompakte EC-Pen Sensor der TFB Diagnostic Systems AG enthält eine Referenzelektrode (Ag/AgCl, SSE) plus Gegenelektrode. Die mit einer Chloridlösung getränkte Messspitze wird auf die Metalloberfläche gedrückt und die Stromdichte-Potenzialkurve wird mit individuell festgelegter Polarisierung und Polarisationsgeschwindigkeit aufgezeichnet.

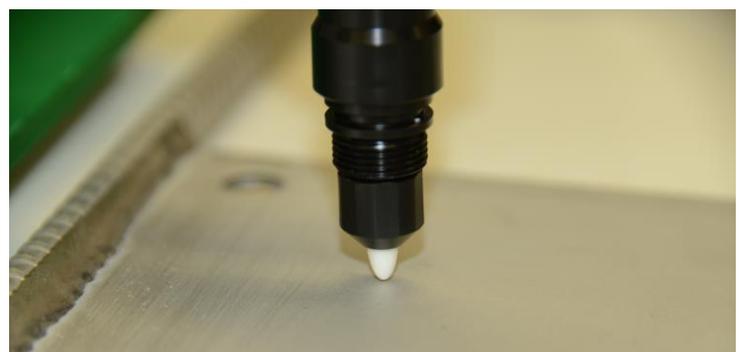


Abb. 2: Aufgesetzte EC-Pen Messspitze

## 5 Anwendungsbeispiele

Durch die Bestimmung des Lochfrasspotenzials mittels EC-Pen können u.a. folgende Prüfaufgaben bearbeitet werden:

- Werkseigene Produktionskontrolle mit laufender Eigen- und Fremdüberwachung von Stahlbauteilen
- Qualitätssicherung von Schweißungen (auf der Baustelle und im Labor)
- Kontrolle von medizinischen Instrumenten und Implantaten
- Einordnung der Materialgüte
- Korrosionsursache an Stahlprodukten im Rahmen des Claim Management
- Untersuchung des Einflusses von Verunreinigungen und Passivierbarkeit von Metalloberflächen

### Qualitätssicherung von geschweissten Kragplattenanschlüssen

Die Debrunner Acifer Bewehrungen AG stellt aus Halbfabrikaten thermisch getrennte Kragplattenanschlüsse für Balkonplatten her. Die Halbfabrikate bestehen aus Lean Duplexstahl 1.4362, in Spezialfällen aus hochlegiertem Duplexstahl 1.4462. Dieser Stahl enthält rund 3 % Molybdän und ist der KWK 4 zugeordnet, während der Lean-Duplexstahl der KWK 3 entspricht, welche für übliche Balkon-Expositionen ausreichend ist. Die Bauteile werden entweder gebeizt oder mit Korund gestrahlt, siehe Abb. 3.



Abb. 3: Halbfabrikate, links gebeizt, rechts gestrahlt

In der Abb. 4 sind typische Stromdichte-Potenzialkurven (Prüflösung 1 M NaCl) der verschiedenen Bauteile dargestellt. Aufgrund der rauen Oberfläche weisen die Stromdichte-Potenzialkurven der gestrahlten Teile eine höhere Stromdichte auf als die gebeizten Halbfabrikate. Die Ruhepotenziale der Duplexstähle sind leicht höher als diejenigen der Lean-Duplex Stähle. Der gebeizte 1.4362, welcher bei Debrunner Acifer die Standardausführung für Kragplattenanschlüsse darstellt, weist bei der gewählten Chloridkonzentration eine gleichwertige Beständigkeit auf, wie der gestrahlte bzw. gebeizte 1.4462. Der gestrahlte 1.4362 zeigt ab ca.  $+0.23 V_{SSE}$  Transientenbildung mit nachfolgendem Durchbruch (Lochkorrosion) bei etwa  $+0.41 V_{SSE}$ . Für die Bewertung wurde ein Grenzwert für das

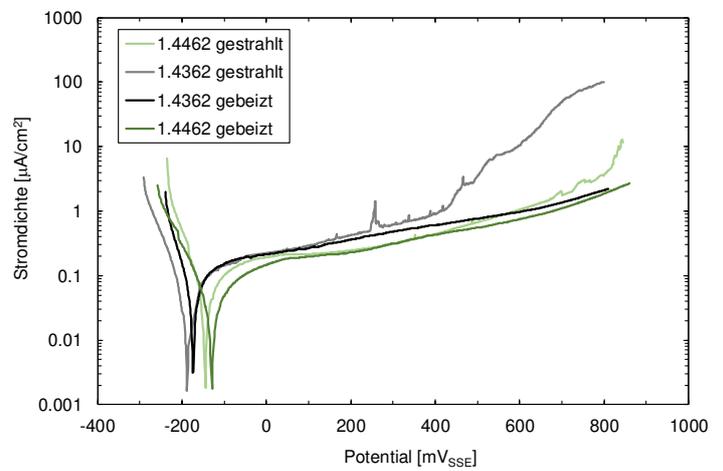


Abb. 4: Stromdichte-Potenzialkurven der Wärmeeinflusszone von geschweissten Kragplattenanschlüssen mit unterschiedlicher Stahlqualität und Oberflächenbehandlung

Lochfrasspotenzial von  $+0.2 V_{SSE}$  festgelegt. Dieser Grenzwert lehnt sich an das Lochfrasspotenzial eines nichtrostenden Stahls 1.4404 in 1 M NaCl Lösung an. Der Grenzwert von  $+0.2 V_{SSE}$  wurde gemäss Abb. 4 auch beim gestrahlten 1.4362 eingehalten.

Abb. 5 zeigt das Schema für die Qualitätssicherung seitens Verarbeiter, die bei Debrunner Acifer Bewehrungen AG aktuell durchgeführt wird. Die Kriterien für die Sichtprüfung aller Bauteile wurden anhand elektrochemischer Untersuchungen festgelegt. Die messtechnische Eigenüberwachung erfolgt anschliessend stichprobenartig im Werk. Halbfabrikate mit ungenügender Korrosionsbeständigkeit werden an den Hersteller zurückgeschickt. Nebst der Eigenüberwachung mit Sicht- und elektrochemischer Prüfung erfolgt die Fremdüberwachung an zusätzlichen Stichproben im Labor der TFB AG.

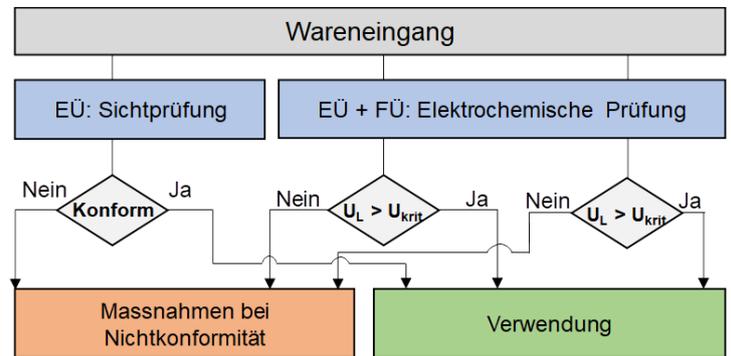


Abb. 5: Ablaufplan Qualitätssicherung (vereinfacht)

Dr. Stefanie von Greve-Dierfeld  
Dr. Yves Schiegg

 Das Forum für Wissenstransfer der Baubranche	
<b>Mai 2020</b>	
08.05.	Häufige Ausschreibungsfehler
18.05.	Rechte und Pflichten des Bauleiters
19.05.	Führen - aber wie? (Schwierige Gespräche führen)
25.05.	Bauwerkvertrag – Die SIA 118 in der Praxis
26.05.	Erschütterungen im Bauwesen
28.05.	Burgdorfer Risikotag 2020
28.05.	Rede- und Präsentationstechnik
<b>Juni 2020</b>	
02.06	Baustelle – ein Versicherungsdschungel?
03.06.	Bodenschutz im Bauablauf

04.06.	Umwelt-Managementsystem verstehen,aufbauen
15.06.	Finanz- und Rechnungswesen in der Bauwirtschaft
16.06.	Führen von virtuellen Teams
17.06.	Risse im Beton - vermeiden, begrenzen, beheben
18.06.	Professioneller Umgang am Telefon
19.06.	Sitzungen effizient leiten
22.06.	Kosten- / Leistungsrechnung für die Bauwirtschaft
26.06	Professionell protokollieren
30.06.	Befestigungen in Beton und Mauerwerk - Einführung in die Normen SIA 179 und SN EN 1992-4
<b>Juli 2020</b>	
03.07.	Neue Betonnorm 118/262 Änderungen NPK 241

ANMELDUNG: [schulung@tfb.ch](mailto:schulung@tfb.ch), <http://www.bauundwissen.ch>