

Strukturierte Zusammenfassung der Dissertation

Beitrag zur praxisgeeigneten Prüfung von Korrosionsschutzsystemen für SRB-Verbindungen

vorgelegt von

Karina Nowak

1 Einleitung

Hochfeste mechanische Fügeverbindungen werden seit Jahrzehnten branchenübergreifend für eine Vielzahl von Konstruktionen verwendet. Seit einigen Jahren kommen verstärkt Schließringbolzen-Systeme (SRB-Systeme) zum Einsatz. Für deren Anwendung spielt die sichere und lange Nutzungsdauer aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine entscheidende Rolle. Ein wesentlicher Faktor stellt die Korrosionsbeständigkeit dar. Eine typische SRB-Verbindung besteht daher aus vorbeschichteten SRB-Systemen und Fügeteilen. Bisher basieren die Aussagen zur Korrosionsbeständigkeit der SRB-Systeme auf Kurzzeit-Korrosionstests, welche direkt nach der Beschichtung erfolgen. In der Praxis wird die erwartete Schutzdauer jedoch teilweise unterschritten, sodass ergänzende Untersuchungen notwendig sind. Im Rahmen der Arbeit wird daher ein Prüfkonzept für SRB-Verbindungen entwickelt, angewendet und ausgewertet.

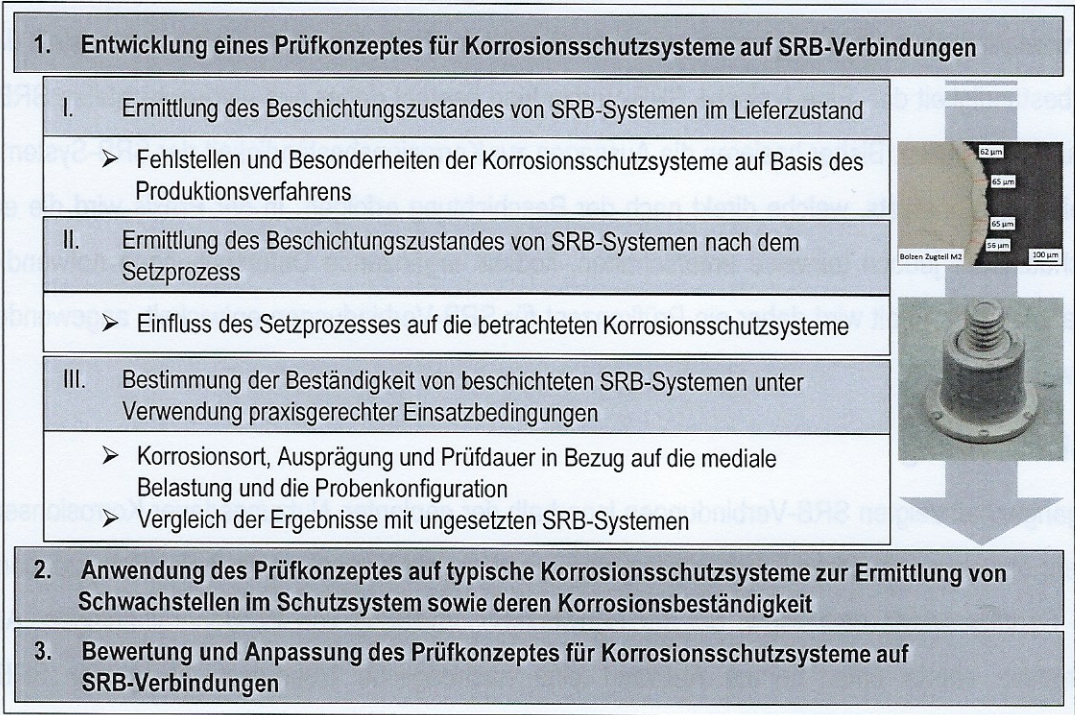
2 Problemstellung

In der Vergangenheit zeigten SRB-Verbindungen innerhalb der geplanten Nutzungsdauer Korrosionsercheinungen, obwohl deren Oberflächenschutzsysteme im Kurzzeit-Korrosionstest hohe Schutzdauern aufwiesen. Deutlich wurde dies bspw. bei der Bauwerksbegutachtung von Windenergieanlagen. Als Sofortmaßnahme wurde unter hohem Aufwand eine nachträgliche Überbeschichtung der SRB-Verbindungen vorgenommen. Die Applikation der Beschichtung am Einsatzort findet dabei nicht unter kontrollierten Produktionsbedingungen statt. Die unmittelbaren Umweltfaktoren und Witterungsverhältnisse beeinflussen die Beschichtung und führen zu einer hohen Streuung der Schutzwirkung. Das nachträgliche Überbeschichten widerspricht zudem dem eigentlichen Sinn und Zweck der Verwendung vorbeschichteter Verbindungselemente und Fügeteile nach DIN EN 1090-2: 2018. Auch die Nutzung von vorbeschichteten SRB-Systemen mit einer deutlich erhöhten Korrosionsschutzschicht ab Werk ist, neben dem wirtschaftlichen Aspekt hinsichtlich der Funktionssicherheit der Verbindung nicht anzustreben, da die Gefahr des Klemmkraftverlustes besteht. Zudem führt eine hohe Schichtdicke nicht grundsätzlich zu einer verbesserten Korrosionsbeständigkeit, da es insbesondere bei komplexer Bauteilgeometrie wie SRB-Systemen zu Rissen in der Schutzschicht kommen kann. Es wird ein praxisgeeigneter Ansatz benötigt, um Aussagen zur Korrosionsbeständigkeit von SRB-Verbindungen zu erhalten. Angaben auf

Basis von Kurzzeit-Korrosionstests direkt nach der Beschichtung sind ungenügend. Wesentliche Einflüsse aus dem Umformprozess beim Setzvorgang bleiben unberücksichtigt. Zusätzlich werden die realen korrosiven Belastungen nicht ausreichend abgebildet.

3 Zielstellung

Das globale Ziel der vorliegenden Arbeit ist ein praxisgeeignetes Prüfkonzept für Korrosionsschutzsysteme von SRB-Verbindungen. Dafür werden Schwachstellen im Schutzsystem der Schließringbolzen und Schließringe systematisch ermittelt und die Korrosionsbeständigkeit der SRB-Verbindungen bestimmt. Aus der globalen Zielstellung lassen sich drei Teilziele (1, 2, 3) ableiten, die nachfolgend aufgeführt sind.



4 Ergebnisse

Die wesentlichen Erkenntnisse der Arbeit werden anschließend zusammengefasst. Für das erste Teilziel (1) wurde auf Basis des Standes der Technik und den daraus abgeleiteten Handlungsbedarfen ein Prüfkonzept für Korrosionsschutzsysteme auf SRB-Verbindungen entwickelt. Das Prüfkonzept besteht aus drei Bearbeitungsschritten (I, II, III), welche die Ermittlung des Beschichtungszustandes bei Lieferung und nach dem Setzvorgang mittels mikroskopischem Verfahren enthält und zuletzt die Beständigkeit im Korrosionstest behandelt. Das zweite Teilziel (2) besteht in der Anwendung des Prüfkonzeptes auf SRB-Verbindungen. Um unterschiedliche Anwendungsfälle abzubilden, wurden die SRB-Systeme, Korrosionsschutzsysteme und Füge Teile variiert und deren Wechselwirkungen in die Betrachtung einbezogen.

Zum Einsatz kamen SRB-Systeme mit und ohne Sollbruchstelle, die einen galvanischen Zink- bzw. Zink-Nickel-Überzug sowie ein Duplex-System besitzen. Als Fügeteile wurden bandverzinkte, stückverzinkte und EP-beschichtete Bleche verwendet. Die Ergebnisse der einzelnen Bearbeitungsschritte für sind nachfolgend dargestellt:

Bearbeitungsschritt I: Beschichtungszustand von SRB-Systemen im Lieferzustand

Alle betrachteten SRB-Systeme besitzen im Lieferzustand eine ähnliche Schichtdickenverteilung entlang der Schließringbolzen- und Schließringgeometrie. An den Innenkanten (bspw. Rillengrund) liegt eine Erhöhung der Schichtdicke vor und an den Außenkanten (bspw. Rillenspitzen, Bolzenkopfbereich) eine Reduzierung. Die ermittelte Schichtdickenverteilung entspricht nicht den Erwartungen aus der Literatur. Im Zink-Nickel-Überzug und in der Basisschicht (Zinklegierungsschicht) des Duplex-Systems wurden zudem Risse ermittelt, die zum Teil bis zum Grundmaterial der SRB-Systeme führten.

Bearbeitungsschritt II: Beschichtungszustand von SRB-Systemen nach dem Setzprozess

Nach dem Setzprozess sind die Schichtdickenunterschiede sowie die Risse im Zink-Nickel-Überzug und in der Zinklegierungsschicht gleichbleibend vorhanden. Die Mantelfläche der Schließringe besitzt, trotz der Einwirkung des Setzwerkzeuges und der damit einhergehenden Reibung und plastischen Deformation, eine intakte Schutzschicht mit ähnlichen Schichtdicken wie im Lieferzustand. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass der Setzprozess zu keiner maßgeblichen Veränderung der Schichtdickenverteilung auf den SRB-Systemen führt. Eine Ausnahme bildet das Zugteil. Nach dem Setzprozess verfügt dieses über eine erhöhte Anzahl an Fehlstellen im Schutzsystem. Ein Augenmerk ist daher auf die Gestaltung des Setzwerkzeuges zu legen.

Bearbeitungsschritt III: Beständigkeit der SRB-Systeme unter praxisgerechten Einsatzbedingungen

Die Prüfung der Korrosionsbeständigkeit der SRB-Systeme erfolgt neben dem Lieferzustand auch im gesetzten Zustand. Zur Einstellung praxisgerechter Einsatzbedingungen werden die Probekörper so konfiguriert, dass sie den realen Anwendungsfall möglichst genau abbilden. Dazu werden Loch- und Randabstände nach dem DVS-Merkblatt 3435-2 verwendet und Blechdicken passend zum Klemmbereich der SRB-Systeme ausgewählt. Die Prüfung erfolgt im Kurzzeit-Korrosionstest (neutraler Salzsprühnebeltest und VDA-Wechseltest) sowie in der Freibewitterung (Standort Helgoland). Im Kurzzeit-Korrosionstest besitzen die SRB-Systeme im Lieferzustand überwiegend eine Beständigkeit, die der Vorgabe aus den Produktdatenblättern entspricht. Im gesetzten Zustand ist die Korrosionsbeständigkeit der SRB-Systeme zum Teil reduziert. Weiterhin besteht eine Abhängigkeit der Korrosionsbeständigkeit von der verwendeten Beschichtung der Fügeteile. Die Ergebnisse aus der 2-jährigen Freibewitterung zeigen zudem, dass keine generelle Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus den Kurzzeit-

Korrosionstests vorliegt. Deutlich wird dies am Beispiel eines SRB-Systems, das im Kurzzeit-Korrosionstest mäßige Korrosionserscheinung aufwies. In der Freibewitterung ist an diesem SRB-System bei einer Probenkonfiguration keine Korrosionserscheinung aufgetreten und im Gegensatz dazu bei einer anderen Probenkonfiguration maßgeblich ausgeprägte Korrosionserscheinung beobachtet worden. Weiterhin wurden neuralgische Bereiche für Korrosion ermittelt. Diese befinden sich an Außenkanten der Schließringbolzen (Rillenspitzen des Zugteils, Kanten des Kopfes) sowie die Außenkanten und der Flansch der Schließringe. Im Inneren der Verbindung sind ebenfalls neuralgische Bereiche identifiziert worden. Am SRB-System mit Sollbruchstelle befinden sich diese am unteren Ende des Schließringbolzenschaftes und des Schließringes sowie an den Kontaktflächen zwischen SRB-System und Fügeteil. Bei dem SRB-System ohne Sollbruchstelle befindet sich dieser an der Kontaktfläche zwischen Schließring und Fügeteil.

Das letzte Teilziel (3) der Arbeit ist die Bewertung des Prüfkonzeptes.

Die Bearbeitungsschritte I und II sind bei der Einführung neuer Korrosionsschutzsysteme sowie bei der Anpassung der Setzwerkzeuge sinnvoll. Hier konnten bei allen Korrosionsschutzsystemen deutliche Schichtdickenschwankungen ermittelt werden, die anhand des Standes der Technik nicht zu erwarten waren. Zudem konnte eine Aussage zur Veränderung der Schicht durch den Einfluss des Setzprozesses gegeben werden. Mit der Durchführung der Korrosionstests (Bearbeitungsschritt III) konnten zudem die Auswirkungen der zuvor mikroskopisch ermittelten Schwachstellen auf die Korrosionsbeständigkeit bestimmt werden und neuralgische Bereiche für Korrosion an SRB-Verbindungen erfasst werden. Durch den Einsatz von praxisgerechten Probekörpern ist die Beobachtung der Wechselwirkungen zwischen den Fügeteilen und den SRB-Systemen möglich. Während der durchgeführten Prüfung wurde je nach Kombination ein positiver oder negativer Einfluss auf das Korrosionsverhalten der SRB-Systeme ermittelt. Ist eine Reduzierung der Wechselwirkungen angestrebt, kann für das Fügeteil ein inertes Material wie POM verwendet werden. Weiterhin zeigten die Ergebnisse, dass anhand der verwendeten Kurzzeit-Korrosionstests keine Aussage für das Verhalten in der Freibewitterung möglich ist. Beide Verfahren sollten ergänzend zueinander verwendet werden. Die Bearbeitungsschritte I, II, III bauen aufeinander auf und stellen einen ganzheitlichen Ansatz zur Untersuchung des Korrosionsverhaltens dar. Im Vergleich zur ausschließlichen Verwendung von Kurzzeit-Korrosionstests auf SRB-Systeme direkt nach der Beschichtung ermöglichen die Bearbeitungsschritte eine genauere Aussage zum Korrosionsverhalten einer SRB-Verbindung. Die Erkenntnisse führten insgesamt zu einer positiven Bewertung des Prüfkonzeptes und daher sind dessen wesentliche Bestandteile bereits in einem Verfahren zur bauaufsichtlichen Zulassung angewendet worden. Zudem wird angestrebt, das entwickelte Prüfkonzept in dem Merkblatt DVS/EFB 3480-4 „Korrosionsprüfung an Schließringbolzensystemen“ zusammenzufassen.