

Verfahren zur Minimierung der Filiformkorrosion bei beschichteten Werkzeugstählen

Das Forschungsvorhaben (AiF FV-Nr. 109 ZBG) wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) gefördert



Ansprechpartner zum Vorhaben in der FGW : Dipl.-Ing. Samuel Zind

Wissenschaftliche Problemstellung

Filiformkorrosion ist eine auffällige Form der lokalen Korrosion mit fadenförmigem Erscheinungsbild, die in der Vergangenheit vorwiegend bei Aluminium beobachtet wurde. Sie tritt dort auf, wo beschichtete Metallteile (Aluminium, Magnesium, Stahl) erhöhter Luftfeuchtigkeit (40-90%) und salzhaltiger Verunreinigung ausgesetzt sind. Das fadenförmige Erscheinungsbild der Filiformkorrosion (laterale Ausbreitung von Korrosionsfäden) entwickelt sich stets ausgehend von Schwachstellen in der Beschichtung, z. B. an ungeschützten Kanten, Poren oder mechanischen Verletzungen. Unter den Filiformkorrosionsfäden findet ein Angriff im Grundwerkstoff statt. In letzter Zeit tritt diese Korrosionsform auch an beschichteten Werkzeugen auf, wie z.B. Schlagwerkzeugen (Äxten, Hämmern, Beilen), Gartenwerkzeugen (Schaufeln, Spaten, Hauen) und Holzbearbeitungswerkzeugen (Beiteln, Schnitzwerkzeugen). Betroffen sind Werkzeuge aus niedriglegierten Werkzeugstählen, die als temporären Schutz eine Beschichtung in oftmals relativ geringer Schichtdicke erhalten. Dabei werden sowohl Klarlacke als auch pigmentierte Beschichtungen verwendet. Die Filiformkorrosion entwickelt sich bei der Lagerung der Werkzeugteile. Durch das Auftreten der genannten Korrosionserscheinungen, die das äußere Erscheinungsbild erheblich beeinträchtigen, wird das entsprechende Produkt weitgehend unverkäuflich. Dies hat in der Vergangenheit bereits zu gehäuften Reklamationen durch Kunden und wirtschaftlichen Einbußen bei Werkzeugherstellern geführt.

Forschungsziel

Ziel des Forschungsvorhabens war es, auf Basis der Erkenntnis über die Ursachen der Filiformkorrosion an niedriglegierten Stählen, Korrosionsschutzverfahren zur Verringerung von Filiformkorrosion bei beschichteten Werkzeugstählen zu entwickeln. Neben dem Einfluss der Belastungsbedingungen sollten die initiiierenden Salzverbindungen und ihre Auswirkung auf die Filiformkorrosion untersucht werden. Der Substrateinfluss sollte, ähnlich wie beim Aluminium, auch bei Stahl untersucht werden. Insbesondere Legierungsbestandteile sowie mögliche Gefügeunterschiede können das Filiformkorrosionsverhalten beeinflussen.

Ein weiterer Schwerpunkt war die Untersuchung der Oberflächenvorbereitung der betrachteten Werkzeugstähle. Dies schließt mechanische und nasschemische Behandlungen (Lösemittel-Entfetten, alkalisches Entfetten, Ultraschallreinigung, Strahlen, Schleifen, Polieren, Plasmapolieren) ein. Da bezüglich der Wirksamkeit der Oberflächenvorbehandlung die größten Erfolgsaussichten bestehen, wurde das Leistungsvermögen von Phosphatschichten getestet. Als Schutzmaßnahme wurden neben den üblichen Beschichtungen außerdem Sol-Gel-Beschichtungen wie ORMOCERE® als Korrosionsschutz erprobt.

Forschungsergebnisse

- Die Versuche zeigen, dass das Fadenwachstum bevorzugt bei erhöhten Temperaturen von ca. 40 °C und bei 50 % bis 90 % relativer Luftfeuchte stattfindet. Es wurde beobachtet, dass bereits sehr geringe Chloridmengen genügen, um das typische Bild der Filiformkorrosion bei Klarlacken zu erzeugen.
- Neben den Chloriden und Bromiden verursachen auch Jodide starke Filiformkorrosion. Initiierungslösungen mit Nitriten, Sulfiten oder Karbonaten zeigen dagegen keine Filiformkorrosion. Bei diesen Substanzen ist eine Schutzwirkung zu erwarten, die in weiterführenden Forschungsarbeiten untersucht werden sollte.
- Es konnte nachgewiesen werden, dass die Ursache für die Filiformkorrosion an den untersuchten Werkzeugen Chloride sind, die bei der Wärmebehandlung verwendet werden. Die Chloride sind jedoch vor Applikation des Beschichtungstoffes auf der Substratoberfläche nur schwer analytisch nachweisbar.
- Die untersuchten niedriglegierten Stähle sind im gleichen Maße anfällig für Filiformkorrosion. Weder das Gefüge noch die Legierungselemente haben einen Einfluss auf die laterale Ausbreitung der Filiformkorrosion und den Korrosionsangriff unter den Korrosionsfäden. Nichtrostende Stähle dagegen neigen wegen ihrer Passivschicht nur sehr wenig zur Filiformkorrosion.
- Oberflächenstruktur und Rauheit beeinflussen kaum das Wachstum der Filiformkorrosion. Polierrichtung und Schleifriefen, die bei der Oberflächenbearbeitung entstehen, bestimmen lediglich die bevorzugte Ausbreitungsrichtung der Korrosionsfäden.
- Durch die Phosphatschichten wird eine Verbesserung der Beständigkeit gegenüber Filiformkorrosion erreicht. Eine vollständige Vermeidung der Filiformkorrosion war auch mit der besseren Triktionphosphatierung nicht zu erreichen. Darüber hinaus beeinträchtigen die Phosphatschichten durch ihr Aussehen das optische Erscheinungsbild von hochglanzpolierten Werkzeugen. Eine Verbesserung der Schutzwirkung durch Zusatz von Pigmenten konnte bei den orientierenden Untersuchungen nicht festgestellt werden.
- Es wurde nachgewiesen, dass keiner der ausgewählten Klarlacke die Filiformkorrosion komplett verhindert. Der Klarlack auf Cellulosenitratbasis fällt jedoch durch seine deutlich bessere Schutzwirkung sowohl bei DC01 als auch bei Werkzeugstählen auf. Auf Grund dieser Erkenntnis stellte bereits während der Projektlaufzeit ein Werkzeughersteller seine gesamte Produktion auf diese Beschichtung um. Eine Erklärung für die erhöhte Schutzwirkung von Klarlacken auf Nitrocellulose-Basis liegt nicht vor. Von den getesteten Inhibitoren zeigt Phosphorsäure die beste Schutzwirkung gegen Filiformkorrosion.
- Weiter bieten auch Sol-Gel-Systeme, ohne weitere Deckbeschichtung, einen verbesserten Schutz für Werkzeuge gegen Filiformkorrosion. Obwohl Sol-Gel-Systeme noch am Anfang ihrer Entwicklung sind, zeigen die untersuchten Schichten bereits gute Schutzwirkung gegen Filiformkorrosion. Die Hersteller von Sol-Gel-Lösungen sehen ein großes Weiterentwicklungspotenzial dieser Systeme hinsichtlich Rezeptur und Optimierung von Inhibitoren zur Verbesserung der Korrosionsschutzeigenschaften. Sol-Gel-Systeme, die in Zukunft auf dem Markt gebracht werden, sollten deshalb als mögliche Alternative zu herkömmlichen Klarlacken angesehen werden und auf ihre Schutzwirkung bei niedriglegierten Stählen geprüft werden.
- Die Praxisversuche zeigen, dass die Verwendung von Cellulosenitratklarlacken mit Inhibitor zu einer maßgeblichen Reduzierung der Filiformkorrosion führt. Trotz höherer Materialkosten ist diese Lösung wegen der deutlich besseren Schutzwirkung am wirtschaftlichsten.

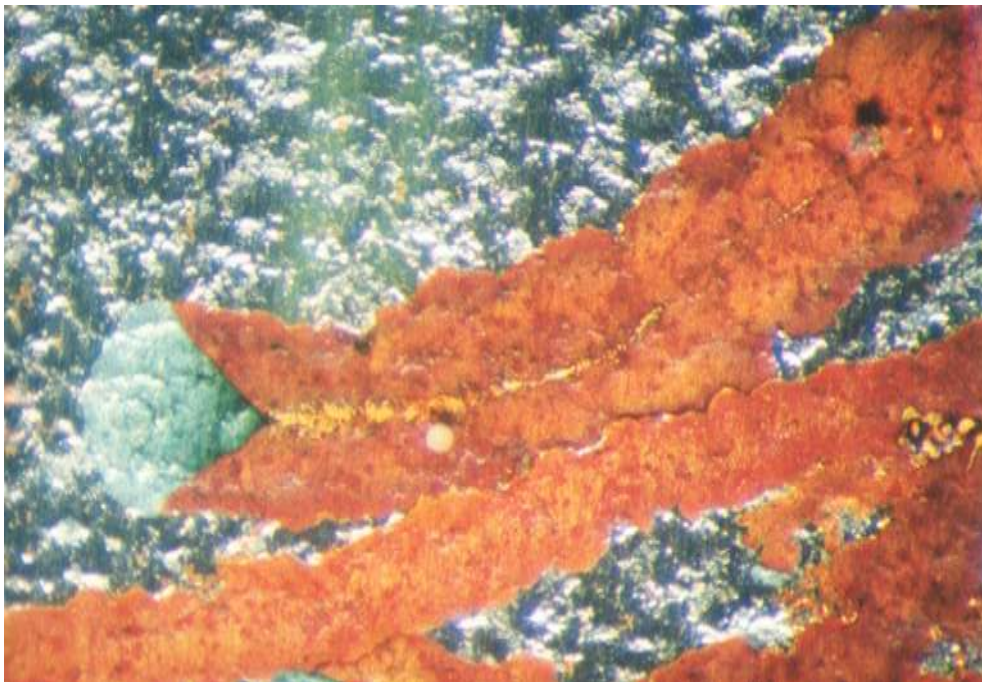
Anmerkungen

Die am Forschungsvorhaben beteiligten Forschungsstellen Institut für Korrosionsschutz (IKS, Dresden) und Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe (IFW, Remscheid) danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA), dass über die Arbeitsgemeinschaft industrielle Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) die Forschungsarbeiten unter der AiF-Nr. 109 ZBG gefördert hat. Das Forschungsvorhaben wurde von der Deutschen Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e.V. (DFO) und der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. (FGW) betreut. Ein weiterer Dank gilt allen am projektbegleitenden Ausschuss beteiligten Firmen.



Ein vollständiger Sachbericht zum Forschungsthema kann bei der DFO unter Tel. ++49 / (0)211 / 93 88 95 61 oder bei der FGW unter Tel. ++49 / (0)2191 / 900-300 bezogen werden.

Weitere Informationen erhalten Sie bei Dipl.-Ing. Samuel Zind, zind@fgw.de, Tel. ++49 / (0)2191 / 900-361 oder bei Dr. rer. nat. Andrea Rudolf, arudolf@iks-dresden.de, Tel. ++49 / (0)351 / 8 71 71-04



Filiformkorrosion an unlegiertem Stahl St1203