

Optimierung galvanischer Prozesse durch das Verständnis des Wasserstoff-Gefährdungspotenzials

Grundlage für die sichere Anwendung von Hochleistungsstählen ist ein zuverlässiger und langzeitstabiler Korrosionsschutz. Dieser kann mittels galvanischer zinkbasierter Beschichtungen sichergestellt werden. Jedoch kommt es während des Beschichtungsprozesses zu einem Wasserstoffeintrag, wodurch mit zunehmender Festigkeit des Stahls das Risiko für Brüche infolge wasserstoffinduzierter Spannungsrisskorrosion (H-SpRK) steigt. Im IGF-Vorhaben »HAEgaS« erfolgten hierzu systematische Untersuchungen zur Ableitung kritischer Zustände der Betriebsstoffe und Beschichtungsparameter.

Aktueller Umgang mit fertigungsbedingtem Wasserstoff-Gefährdungspotenzial

Mittels Wärmenachbehandlung kann der eingetragene Wasserstoff zur Effusion angeregt werden, sodass er keinen Schaden am Werkstoff verursacht. Die Behandlungsparameter werden aber aufgrund mangelnder Kenntnisse auf rein phänomenologischer Basis festgelegt. Alternativ könnte die Wirksamkeit der Prozessführung und der Wärmebehandlung durch die in DIN 50969-2 beschriebenen Verspannversuche überprüft werden. Allerdings gestaltet sich eine kontinuierliche prozessbegleitende Überprüfung als zeit- und kostenaufwändig, denn Brüche infolge von H-SpRK können auch noch nach einer Verspanndauer von 200 Stunden auftreten.

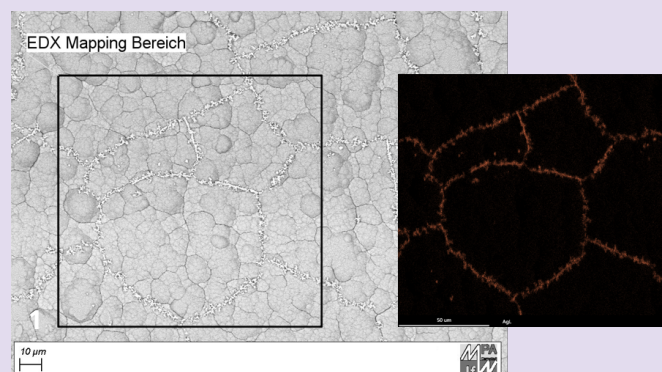
Systematische Analyse der prozessbedingten Einflüsse auf die Wasserstoffaufnahme

Innerhalb des Projekts »HAEgaS« wurde am Fraunhofer IST die galvanische Zink-Nickel-Beschichtung von Stahl mit Verfahren der statistischen Versuchsplanung untersucht. Mit dieser Methodik konnten Wasserstoffaufnahme- und Effusionsverhalten der beschichteten Stähle sowie Zusammensetzung, Beschichtungsrate, Chemikalienverbräuche und andere wichtige Kenngrößen von Schicht und Prozess als Funktion von insgesamt acht Faktoren beschrieben und optimiert werden. Im Detail wurden neben Temperatur, Stromdichte und Trommeldrehzahl auch die Badzusammensetzung untersucht, d. h. die Konzentrationen von Ni, Zn, OH-, Komplex- und Glanzbildneradditiven.

Ableitung kritischer Zustände für Betriebsstoffe und Beschichtungsparameter

Mit der statistischen Auswertung der Ergebnisse hinsichtlich der Signifikanzen und der Gewichtung der Einflussfaktoren ist eine Bezifferung der einzelnen Prozesseinflussgrößen möglich. Darüber hinaus lässt die Art der verwendeten Betriebsstoffe Rückschlüsse auf die resultierenden Schichteigenschaften im Allgemeinen sowie auf das Wasserstoffaufnahme- und -effusionsverhalten im Speziellen zu. Hieraus lassen sich realisierbare Eingriffsgrenzen für die Prozesse entwickeln, um einer erhöhten fertigungsbedingten Wasserstoffaufnahme entgegenzuwirken.

Visualisierung der Wasserstoff-Effusionspfade

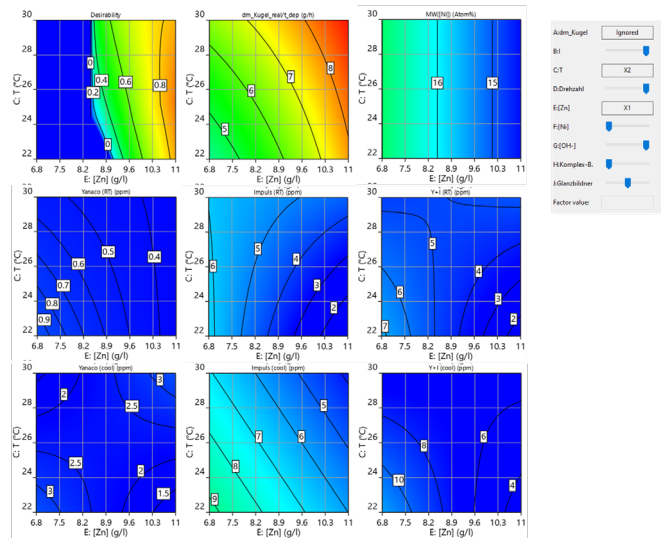


Links: REM-Aufnahme einer alkalischen Zink-Nickel-Beschichtung; Rechts: EDX-Mapping des in der REM-Aufnahme markierten Bereichs, das den Effusionspfad des Wasserstoffs zeigt.

© MPAIfW Darmstadt

Ausblick

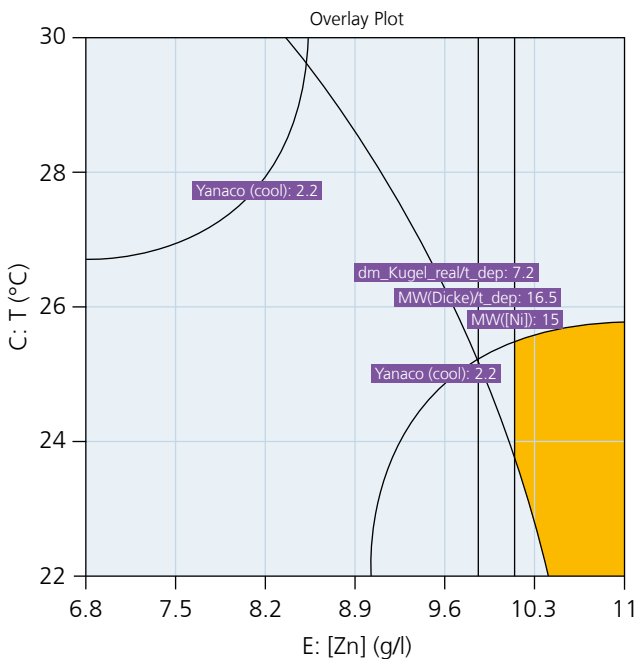
Basierend auf der in diesem Projekt generierten Datengrundlage und den gewonnenen Erkenntnissen wird in weiterführenden Projekten die durchgängige Repräsentation der Prozesskette durch einen digitalen Zwilling geplant. Dieser soll eine Kombination aus Simulationsmodellen und datenbasierten Kennfeldern für die auf unterschiedlichen Zeit- und Längenskalen agierenden Mechanismen der galvanischen Beschichtung enthalten. Dadurch kann zum einen eine gezielte Nachbehandlung zur Minimierung von H-SpRK abgeleitet werden und zum anderen sollen Kosten und Energieeinsatz weiter optimiert werden.



Farbliche Kennzeichnung des Wertebereichs für ausgewählte Antwortgrößen entsprechend der Parametervorgaben des Overlay-Plots.

Das Projekt

Das IGF-Vorhaben »HAEgaS« (19759 N) der Forschungsvereinigung Forschungsgesellschaft Stahlverformung e.V. wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Beteiligte Forschungseinrichtung neben dem Fraunhofer IST war die Technische Universität Darmstadt, Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt. Der projektbegleitende Ausschuss umfasste 18 Mitglieder.



Overlay-Plot aller Modellbeschreibungen der untersuchten Einflussfaktoren. Die gelb markierte Fläche entspricht dem optimalen Parameterraum, um die Zielwerte zu erreichen.



Kontakt

Rowena Duckstein M.Sc.
 Telefon +49 531 2155-619
 rowena.duckstein@ist.fraunhofer.de