

Entwicklung von Fertigungsprozessfolgen für beschichtete metallische Bipolarplatten für Brennstoffzellen höchster Qualität und Energieeffizienz.

Forschungsziel

Ziel dieses Projektes war die Entwicklung und Erprobung neuer Fertigungsrouen metallischer Bipolar-Platten. Dies umfasste die Kombination von zwei verschiedenen Beschichtungsansätze mit verschiedenen Umformverfahren. Insbesondere sollten die Einflüsse der Herstellung auf die Eigenschaften bei der umgeformten der Bipolar-Platte untersucht und bewertet werden. Die Ziele orientierten sich dabei an den Anforderungen der DOE (Department of Energy, USA), sodass die Gewährleistung eines Korrosionsstromes von $< 1 \cdot 10^{-6} \text{ A/cm}^2$ und einer elektrischen Leitfähigkeit geringer als $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ bei 138 N/cm^2 Anpressdruck angestrebt wurden.

Wirtschaftliche Bedeutung für KMU

Lösungsansatz 1 (IWS): Die erzielten Ergebnisse liefern der Industrie wertvolle Hinweise zur Auswahl geeigneter Beschichtungstechniken für die Beschichtung von Bipolarplatten. Besonders die Eigenschaften der Lichtbogentechnik erweisen sich als richtungweisend, besonders im Hinblick auf das Precoating.

Lösungsansatz 2 (IST): Die derzeitigen Ergebnisse bieten eine Perspektive, welche Schichten und Schichtsysteme, für die Nutzung bei metallischen Bipolar-Platten oder in ähnlichen Anwendungen als Alternative genutzt werden können. Es ist aber weitere Entwicklungsarbeit notwendig.

Seitens des IWU wird ein wirtschaftlicher Nutzen für KMU durch ein besseres Verständnis des Umformverhaltens vorbeschichteter dünner Feinstbleche aus rostfreiem Edelstahl bei einer Dicke von $100 \mu\text{m}$ und der gezielten Anpassung der Beschichtung auf die Anforderungen hinsichtlich Umformung und im finalen Einsatz gesehen.

Forschungsergebnisse

Lösungsansatz 1, IWS:

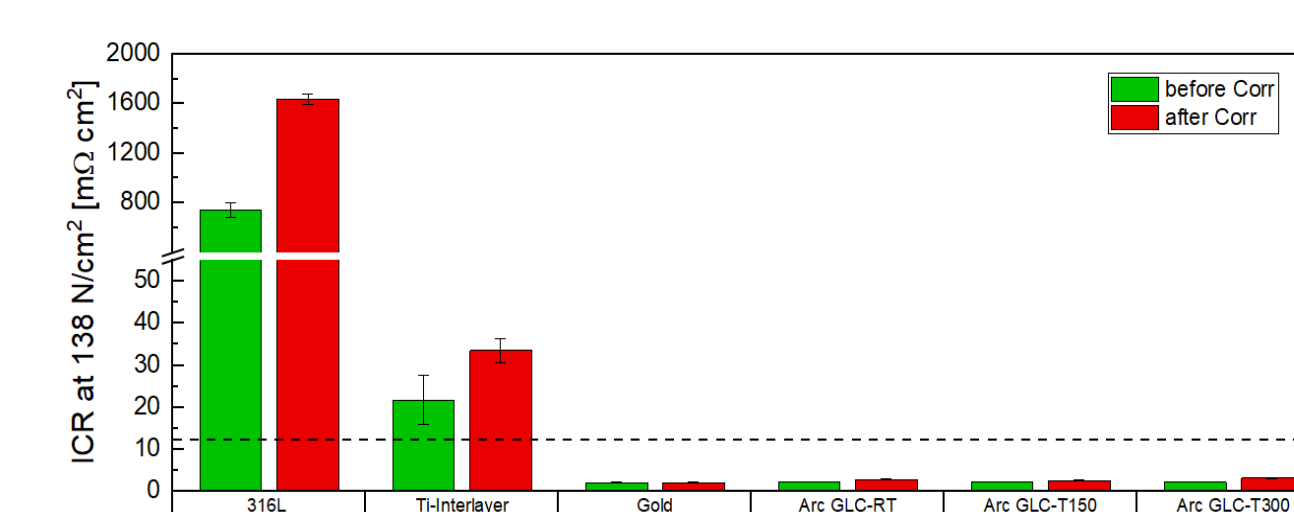
Es wurde ein Schichtsystem entwickelt, das das Leistungsniveau verfügbarer Referenzschichten im Precoating erreichen und teilweise übertreffen kann sowie die DOE-Zielwerte auch nach der Umformung erfüllt. Damit wird der Precoating-Ansatz für die zukünftige Massenproduktion metallischer Bipolarplatten realistisch. Precoatings entkoppeln Beschichtung und Umformung, ermöglichen hohe Durchsätze und stabile Qualitätsniveaus, senken Gesamtprozesskosten und unterstützen eine skalierbare, prozesssichere Rolle-zu-Rolle-Fertigung. Im Rahmen der Untersuchungen erwies sich die Lichtbogenverdampfung als beste Abscheidemethode für das untersuchte Schichtsystem. Die Lichtbogenverdampfung erreicht kurze Prozesszeiten, hohe Abscheideraten sowie stabile Schichteigenschaften ohne zusätzliches Heizen und ist damit insbesondere für Bandbeschichtungen mit hohen Bandgeschwindigkeiten geeignet. Insgesamt stellt die Abscheidung mittels Lichtbogenverdampfung einen geeigneten Kandidaten für die zukünftige Rolle-zu-Rolle-Fertigung metallischer Bipolarplatten für Brennstoffzellen dar.

Lösungsansatz 2, IST:

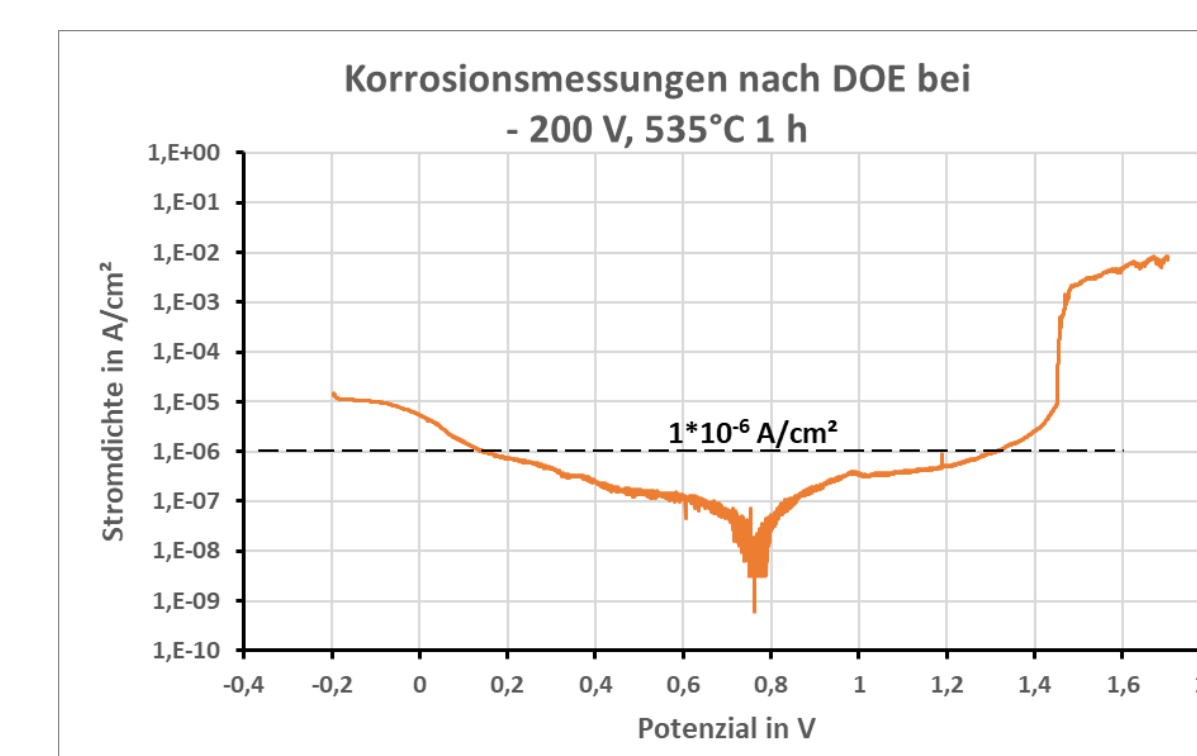
Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass eine nachträgliche Funktionalisierung der Ti-Schicht durch Plasma-Nitrieren, für den Einsatz auf Bipolar-Platten geeignet ist. Die Anforderungen der DOE werden vollständig erfüllt. Die entwickelte Schicht kann diese Anforderungen nach der Umformung aktuell noch nicht erfüllen. Aufgrund der Umformung kommt es zur Ausbildung eines feinen Rissnetzwerks, diese scheinen sich bis auf den Grundwerkstoff auszubreiten. Daher kommt es bei korrosiver Beanspruchung in umgeformten Bereichen zu einer Ablösung der Ti-Schicht. Im Rahmen des Projektes konnte keine Lösung für dieses Phänomen gefunden werden, aber ein Lösungsansatz zeigt positive Tendenzen. Die Abscheidung einer 2-lagigen Ti-Schicht, zeigt ein höheres Ruhepotenzial und es ist davon auszugehen, dass eine weitere Entwicklung in diesem Bereich zu einer Lösung führt, sodass nitrierte Ti-Schichten auch nach der Umformung die Vorgaben der DOE erfüllen.

Umformung, IWU:

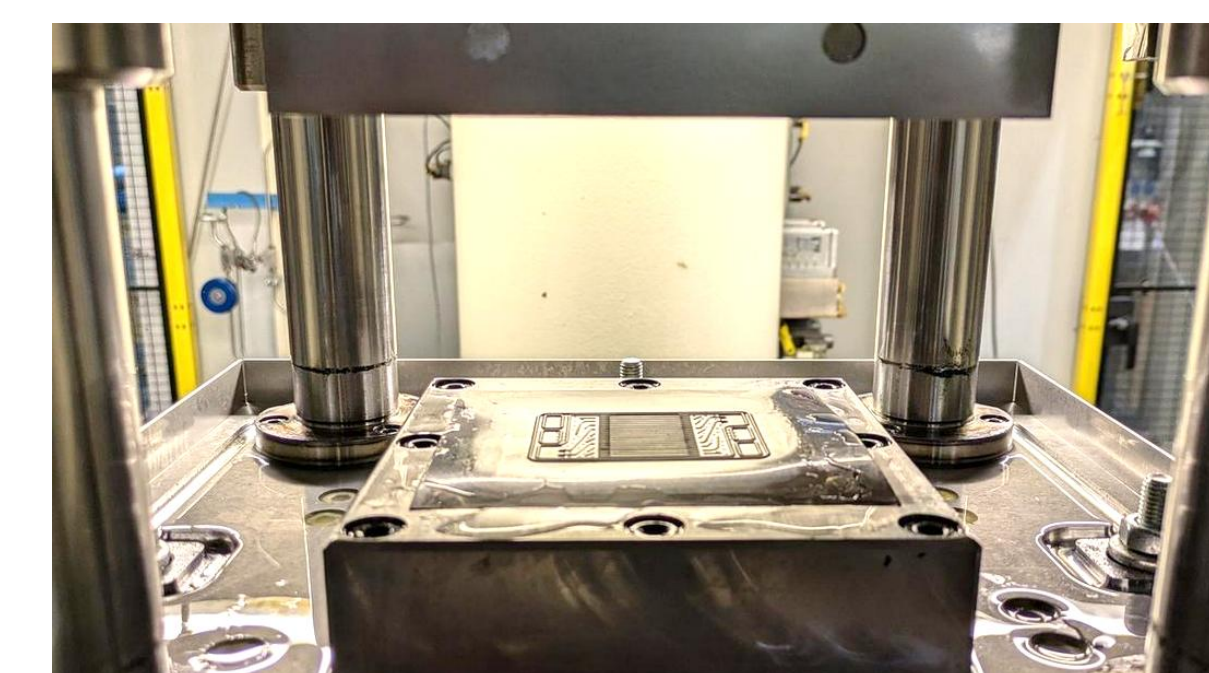
Die Umform-Versuchsreihen wurden mittels HBU (Hochdruck-Blechumformung) durchgeführt. Hintergrund ist die geringe tribologische Beanspruchung der entwickelten Beschichtungen. Vornehmlich sollte die Auswirkung der bei der Umformung auftretenden Dehnungen, auf die vorbeschichteten Bleche vom Fraunhofer IWS (Schichtsystem 1) und IST (Schichtsystem 2) untersucht werden. Ferner gilt in beiden Fällen, dass durch die Nutzung der HBU lokale Quetschungen – aufgrund möglicher Maßabweichungen von Matrize und Stempel – ausgeschlossen werden konnten. Das Hohlprägwalzen wurde an Proben mit den besten Beschichtungen, die aus dem Forschungsvorhaben hervorgegangen sind, durchgeführt. Hintergrund hierfür war herauszufinden, inwieweit das gewählte Umformverfahren die Beschichtungen schädigt und inwiefern Unterschiede feststellbar sind. Als Substrat wurde ein rostfreier Edelstahl 1.4404 verwendet, dieser zeichnet sich durch eine gute Umformbarkeit aus. Anhand stichprobenartiger Vermessung der BPHP nach der Umformung, mittels des GOM-ATOS von Zeiss, wurde die Maßhaltigkeit der hergestellten Halbzeuge überprüft.



Kontaktwiderstände der mittels Lichtbogenverdampfen abgetrennten GLC-Schichten vor und nach der potentiostatischen Polarisation.



Korrosionsmessung nach DOE, Grenzwert der Korrosionsbeständigkeit wird bis 1,3 V eingehalten, gefordert bis 0,8 V



Versuchswerkzeug zum passiven HBU.

Beteiligte Forschungseinrichtungen

Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU)

Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahlkunde (IWS)

Fraunhofer Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST)

Unternehmen und Organisationen des Projektbegleitenden Ausschusses

Bernd Flach Präzisionstechnik GmbH & Co.KG, CAMCO Engineering Service, CellForm / Gebhardt Werkzeug- und Maschinenbau GmbH, EC Europocoating, Gräbener Maschinentechnik GmbH & Co. KG, IHI Hauzer Techno Coating B.V., Ionbond Netherlands b.v. Jenion - Ion Beam- and Surface Technology Outokumpu Nirosta GmbH, Picosun Europe GmbH, Plasmanitriertechnik Dr. Böhm GmbH, Precors GmbH, Proton Motor Fuel Cell GmbH, Schaeffler Technologies, Seidel Werkzeugbau GmbH, TRUMPF Hüttinger GmbH + Co. KG, VON ARDENNE GmbH, WÄTAS Wärmetauscher Sachsen GmbH

Das Vorhaben wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF bzw. den DLR Projektträger im Rahmen des Programmes zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung IGF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

 **Fraunhofer**
IWS + IST + IWU

Betreut durch den
EFDS-Fachausschuss:
Tribologische Systeme

