



# Innovative Fertigungs- technik für hochpräzise Bipolarplatten

Die stark wachsende Nachfrage nach Elektromobilität erfordert die wirtschaftliche Fertigung grosser Stückzahlen von Komponenten – unter anderem für Brennstoffzellen.

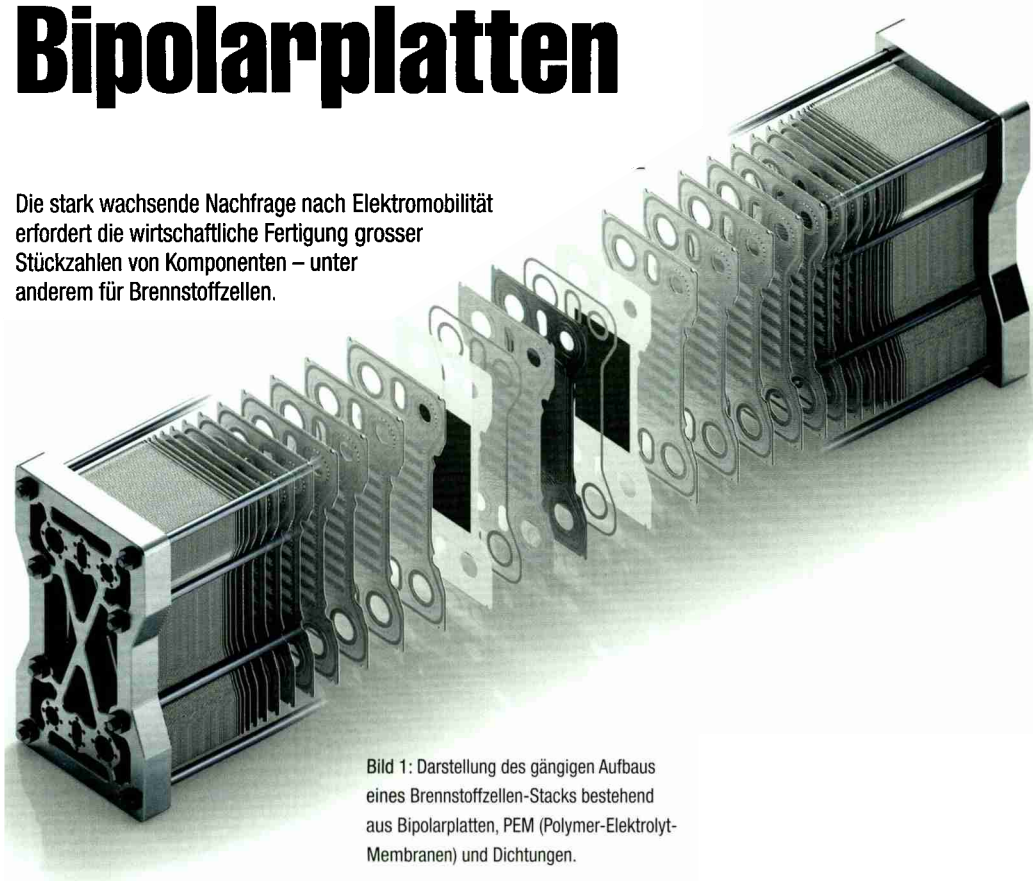


Bild 1: Darstellung des gängigen Aufbaus eines Brennstoffzellen-Stacks bestehend aus Bipolarplatten, PEM (Polymer-Elektrolyt-Membranen) und Dichtungen.



Die Feintool-Gruppe, die Fachhochschule Nordwestschweiz und das Hightech Zentrum Aargau entwickeln in einem Forschungsprojekt einen wirtschaftlichen Umformprozess zur Fertigung metallischer Bipolarplatten für Brennstoffzellen zur Serienreife.

Brennstoffzellen bieten in der Elektromobilität eine Alternative zu grossen Batterien. Dies besonders, wenn hohe Reichweite und kurze Tankstopps gefragt sind, beispielsweise bei Nutzfahrzeugen, Bussen und Triebzügen als Dieselerersatz. Derzeit sind Brennstoffzellen für einen breiten Einsatz aber noch viel zu teuer. Die typischerweise 300 bis 400 Bipolarplatten des Herzstücks einer Brennstoffzelle, des sogenannten Stacks (Bild 1), machen dabei über die Hälfte der Fertigungskosten aus.

Daher ist eine neue Fertigungstechnologie gefragt, um die Marktfähigkeit dieser Technologie sicherzustellen. Derzeit werden in Brennstoffzellensystemen hauptsächlich Bipolarplatten aus Graphit eingesetzt, die jedoch wegen ihrer geringen Energiedichte und hohen Herstellkosten durch metallische Bipolarplatten abgelöst werden sollen. Für deren Fertigung müssen jedoch noch verschiedene technische Herausforderungen gelöst werden. Unter anderem wird ein Umformprozess gesucht, mit dem die sehr dünnen Bleche mit der erforderlichen hohen Präzision gefertigt wer-

den können. Die Feintool-Gruppe hat langjährige Erfahrung als Technologieführer in der Pressen- und Werkzeugtechnologie für den Feinschneidprozess. Dies war der Startpunkt, um im aktu-

ellen Projekt eine Fertigungstechnologie zu entwickeln, die im Vergleich zu alternativen Verfahren wie Hydroforming oder konventionellem Stanzen kombiniert mit Umformen sowohl präziser als auch wirtschaftlicher ist.

### Mikropräzision gefordert

In die dünnen Metallbleche – aus Gewichtsgründen unter 0,1 mm – müssen hochpräzise Flusskanäle für die beiden Prozessgase der Brennstoffzelle (Luft und Wasserstoff) eingeformt werden. Zusätzlich müssen die bis 500 mm langen Kathoden- und Anodenbleche auf wenige Mikrometer perfekt aufeinanderpassen, damit sie gasdicht zur fertigen Bipolarplatte laserverschweisst werden können. Die Herstellungsgenauigkeit der eingesetzten Werkzeuge kommt dabei an die Grenzen der aktuellen Möglichkeiten. In dem gemeinsamen, von der Schweizer Innovationsagentur Innosuisse geförderten, Forschungsprojekt setzten die Partner zunächst 2D- und 3D-Finite-Elemente-Modellierung ein, um die Werkzeuggeometrie an die hohen Anforderungen anzupassen. Als entscheidender Faktor wurde zusätzlich eine

neue, mehrstufige Technik für die präzise Oberflächenbearbeitung der Umformwerkzeuge entwickelt, was sich als entscheidender Faktor erweisen sollte. Ferner kommt dem neuen Umformprozess die aus der Feinschneidtechnik bekannte Positionierungsgenauigkeit der komplexen Folgeverbundwerkzeuge zugute.

Eine weitere Anforderung besteht darin, die Formbeständigkeit und hohe Oberflächengüte der gefertigten Bipolarplatten über Millionen von Umformzyklen zu garantieren (Bild 2). Der Werkzeugverschleiss ist bislang kaum erforscht, weil ausschliesslich Prototypen und Kleinserien gefertigt wurden. In dem aktuellen Projekt wurden verschiedene Schichtsysteme sowie Vor- und Nachbehandlungsverfahren der Werkzeugoberflächen systematisch evaluiert. Im Fokus standen dabei Arc- und Sputter-PVD-Beschichtungen für den Verschleisschutz sowie chemische Diffusionsverfahren.

### Das Ergebnis: Ein stabiler, innovativer Herstellprozess

Im Projekt zeigte sich, dass der Einfluss der Oberflächenvorbe-

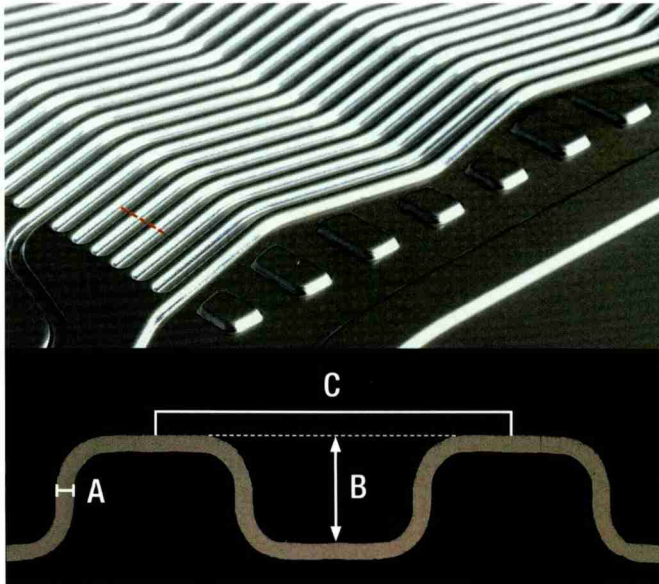


Bild 2: Flowfield einer fertig umgeformten Muster-Bipolarplatte. Oben: Detailbild der Oberfläche, unten: Schliffbild eines umgeformten Blechs mit Blechdicke A: 0,075 mm, Umformtiefe B: 0,45 mm und Pitch C: 1,5 mm.

## ZU DEN AUTOREN

Dr. Marcus Morstein  
Hightech Zentrum Aargau AG  
Badenerstrasse 13  
CH-5200 Brugg

T +41 (0)56 560 50 50  
www.hightechzentrum.ch  
info@hightechzentrum.ch

Christian Maurer  
Feintool Technologie AG  
Industriering 3  
CH-3250 Lyss

T +41 (0)32 387 51 11  
www.feintool.com  
feintool-fih@feintool.com

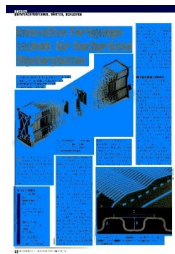
handlung tendenziell unterschätzt wird. Der Zustand der Werkzeugoberflächen nach dem für solche Prägestrukturen oft eingesetzten Hochgeschwindigkeitsfräsen erwies sich als tribologisch ungeeignet. Aus diesem Grund musste nach dem Fräsen ein mehrstufiges Verfahren zur Behandlung und Aufbereitung der Werkzeugoberfläche durchgeführt werden, noch vor dem Beschichtungs- beziehungsweise Diffusionsprozess.

Das Verschleissverhalten der unterschiedlich behandelten Werkzeuge wurde in serien-nahen Realversuchen bis hin zu hohen Standzeiten validiert. Dabei zeigte sich ein grosser Einfluss des Oberflächenzustands und der Beschichtung auf die Werkzeugperformance und Qualität der gefertigten Teile. Untersuchungen mittels Rasterelktronenmikroskopie über die gesamte Lebensdauer zeigten auf, dass sich bereits kleinste Oberflächenfehler oder Verschleisszonen in den gefertigten Teilen

abbilden. Es stellte sich heraus, dass Verschleisschutzschichten mit reibmindernden Decklagen des Stahlblechs minimieren (Bild 3) und somit Belastung und Verschleiss der Werkzeuge positiv beeinflussen. Damit gelang es, für eine grosse Bandbreite von Flowfield-Geometrien Werkstoffe, Oberflächenbehandlung und Tribologie so zu optimieren, dass reproduzierbar hohe Standzeiten der Werkzeuge realisiert werden konnten.

Die mit dem neuen Verfahren herstellbaren formoptimierten, präzisen Geometrien der Kathoden- und Anodenbleche ermöglichen besser ausgeformte Gaskanäle im Flowfield der Bipolarplatten. Dies bedeutet einen besseren elektrischen Kontakt, geringeren inneren

Widerstand und somit höheren Wirkungsgrad der Brennstoffzelle. Jedoch ermöglichte erst das komplexe Zusammenspiel verschiedener fertigungstechni-



scher Innovationen bei Werkzeugbau, Werkzeuggeometrie, Oberflächentechnik und Presentechnologie den Durchbruch und trägt zukünftig dazu bei, der Brennstoffzelle als Teil alternativer Antriebskonzepte in der Elektromobilität und in weiteren Anwendungen erneuerbarer Energien zum Erfolg zu verhelfen.

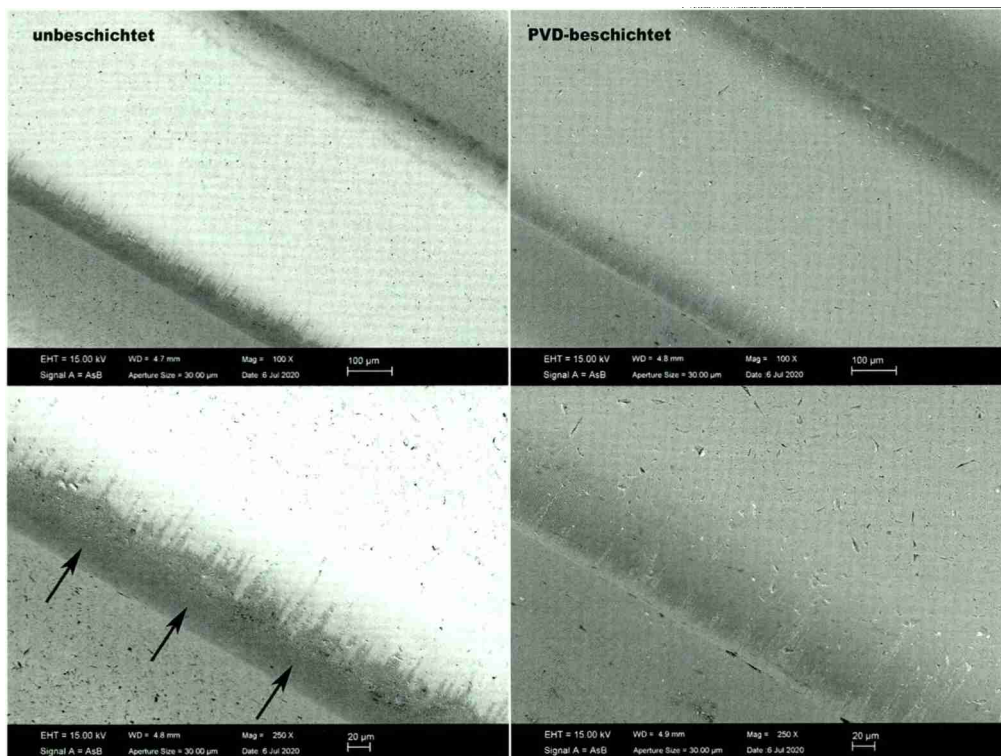


Bild 3: Rückstreucontrast-REM-Aufnahmen eines unbeschichteten (links) und eines optimiert PVD-beschichteten Prägwerkzeugs (rechts) bei gleicher Standzeit. Aufklebungen des rostfreien Stahlblechs am oberen Umformradius des unbeschichteten Werkzeugs sind deutlich erkennbar (links unten).