

Entwicklung der inkrementellen Mikroumformung zur Funktionsmusterherstellung metallischer Bipolarplatten

Projektträger	AiF / FOSTA
Projektnummer	14 EWN / 1
Ansprechpartner	Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Soeren Gies
Projektstatus	abgeschlossen

Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens lag in der Entwicklung und Validierung der inkrementellen Mikroumformung zur Herstellung von Funktionsmustern. Die angestrebten Funktionsmuster sind metallische Bipolarplatten, welche in der Brennstoffzellentechnologie Anwendung finden. Basierend auf dem vorgenannten Anwendungsbeispiel ergibt sich ein minimaler umzuformender Innenradius von 0,15 mm als geometrische Randbedingung (Abbildung 1) für die Prozessentwicklung. Der hierbei eingesetzte Folienwerkstoff für die Umformung ist der authentische Edelstahl 1.4404 mit einer Dicke von 0,1 mm. Neben geometrischen Randbedingungen hat die Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück einen Einfluss auf die auftretenden Prozesskräfte sowie das maximale Grenzformänderungsvermögen. Da etablierte Werkzeugkonzepte und Prozessführungsstrategien für die inkrementelle Blechumformung auf Grund von Skaleneffekten nicht auf eine mikroskopische Ebene transferiert werden können, müssen neue Werkzeugkonzepte sowie eine angepasste Prozessstrategie erarbeitet und erprobt werden.

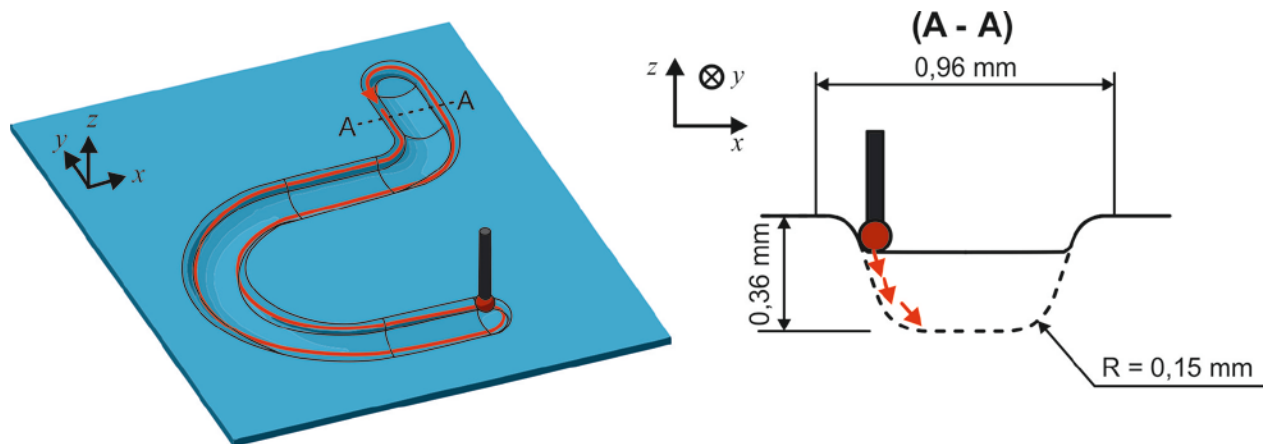


Abbildung 1: Inkrementelle Mikroumformung (schematisch)

Für die Werkzeugentwicklung sind drei Lagerungskonzepte für den Drückstichel (Abbildung 2a) entwickelt, gefertigt und erprobt worden. Zur Auslegung der Werkzeugkonzepte sind in experimentellen Voruntersuchungen und Simulationen die auftretenden Prozesskräfte ermittelt worden. Darüber hinaus ist die Drückstichelgeometrie an die maximal auftretenden Umformkräfte (Abbildung 2b) angepasst worden, sodass ein Sicherheitsfaktor von 1,8 für den verwendeten Hartmetallwerkstoff (K55 SF) resultiert. Die Erprobung der drei Werkzeugkonzepte (Abbildung 2c und d) zur Mikroumformung erfolgte in einem ersten Schritt an Einzelkanälen. Hierbei konnte der Einfluss der Lagerung sowie der Einsatz eines Schmiermittels anhand von Kraftmessungen, Schliffbildern und optischen Geometrieermessungen untersucht werden. Eine freie Rotation durch eine Relativbewegung während der Umformung konnte auf Grund einer zu hohen Lagerreibung nicht erzeugt werden. Der Einsatz von einem Schmiermittel verringert die Abrasion der Folie und reduziert zudem die Prozesskräfte in x und y -Richtung (Folienebene) um 75 % beim Lagerungskonzept A1. Die oszillierende Drückstichelagerung (Konzept: A3) bewirkt eine annähernd 100 % Reduzierung der Querkräfte.

Darauf aufbauend ist der Einfluss benachbarter Kanalgeometrien in Abhängigkeit der Bewegungsbahn des Umformwerkzeuges untersucht worden. Wie Abbildung 3 a) zeigt, führt eine Bearbeitung „Ebene für Ebene“ zu einem geringeren Verzug der Folie als die Umformung lokaler Bereiche nacheinander („regionsweise“). Neben den Kanälen („Flowfield“) verfügt ein Bipolarplatten-Design über weitere Geometrielemente (Dichtungssicken, Ports zur Gaseinleitung) welche Einfluss auf die Formabweichung haben (siehe Abbildung 2 b). Durch eine Variation der Bearbeitungsreihenfolge in einer Ebene sind der globale Verzug der Bipolarplatte sowie die lokalen Formabweichungen im Bereich der Verbundgeometrien und des Flowfields verringert worden.

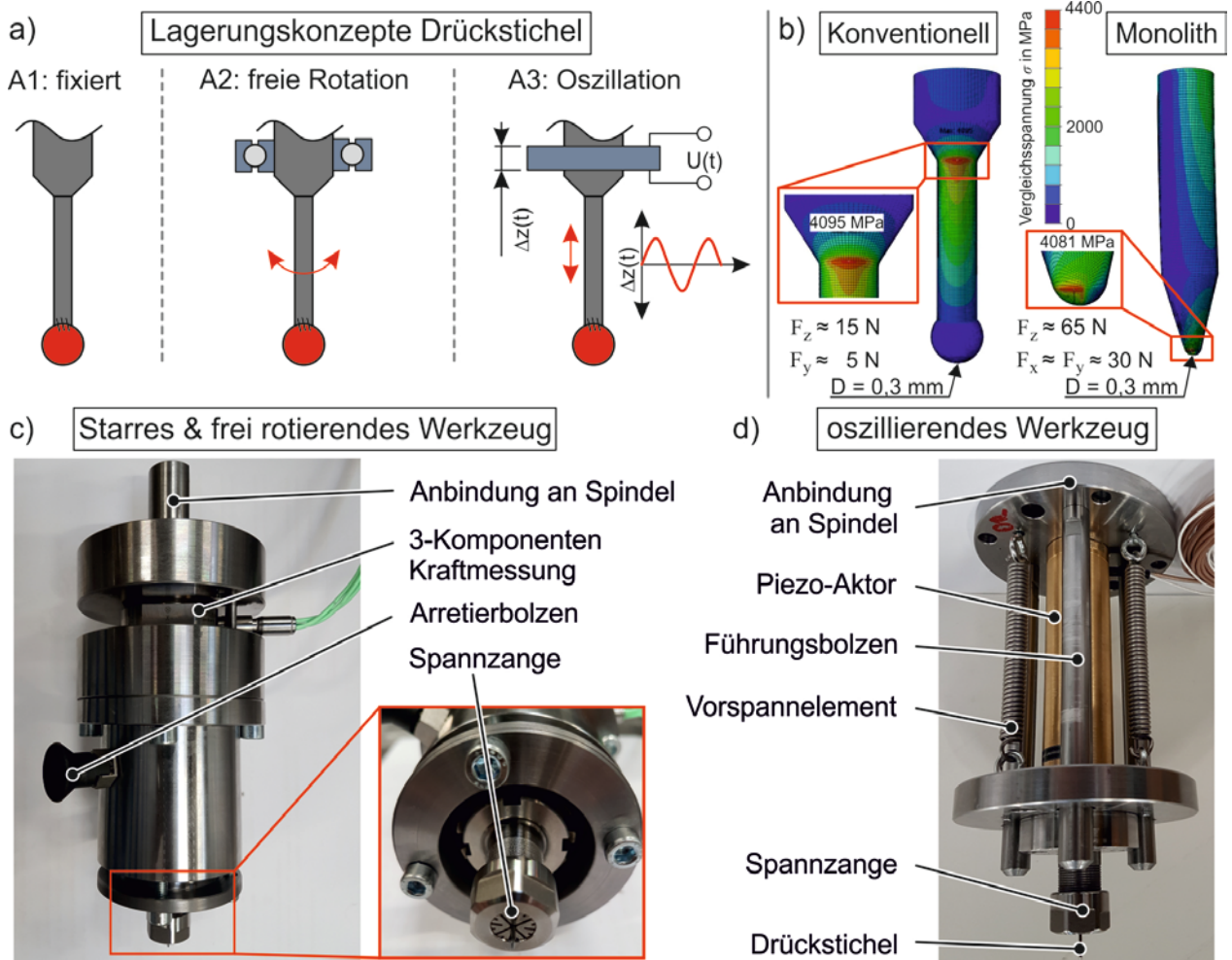


Abbildung 2: a) Lagerungskonzepte und b) Geometrie des Drückstichels, c) kombinierte und d) oszillierende Werkzeugvorrichtung

Die Ausspannung des umgeformten Flowfields aus der Folienhalterung führt zu einer starken Rückfederung der Folie (siehe Abbildung 3 c). Die Aufwölbung auf Grund der Rückfederung konnte durch eine anschließende Wärmebehandlung ($T = 1075^\circ\text{C}$) in einem Vakuumofen deutlich reduziert werden, sodass eine Abdichtung der Bipolarplatte für den Test des Betriebsverhaltens ermöglicht wurde. Der Test einer einzelligen Brennstoffzelle mit einer inkrementell umgeformten Bipolarplatte als Funktionsmuster erfolgte bei der kooperierenden Forschungsstelle (Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT GmbH) mit dem Ergebnis, dass im Vergleich zu einer konventionell (Tiefziehen/Hydroforming) hergestellten Bipolarplatte noch eine verringerte Performance resultiert. Dennoch zeigen die Ergebnisse der gesamten Prozesskette, dass die Herstellung einer Bipolarplatten als Funktionsmuster mittels inkrementeller Mikroumformung und einer anschließenden Validierung des individuellen Flowfields ermöglicht wird. Als Vorteil erweist sich hier die Fertigung der Patrizie auf einer universellen 3-Achs CNC-Fräsmaschine sowie der anschließenden Umformung der Edelstahlfolien basierend auf den CAD-Daten der Bipolarplatte. Diese Prozesskette ermöglicht die Bearbeitung in einer einzelnen Aufspannung, sodass die Prozesszeit verringert wird und Positionierabweichungen durch Ein- und Ausspannen der Patrizie vermieden werden. Somit lassen sich auch wirtschaftlich Funktionsmuster als Kleinserie von klein- und mittelständigen Unternehmen ohne kostenintensive und aufwändige Anlagen- und Werkzeugtechnik herstellen.

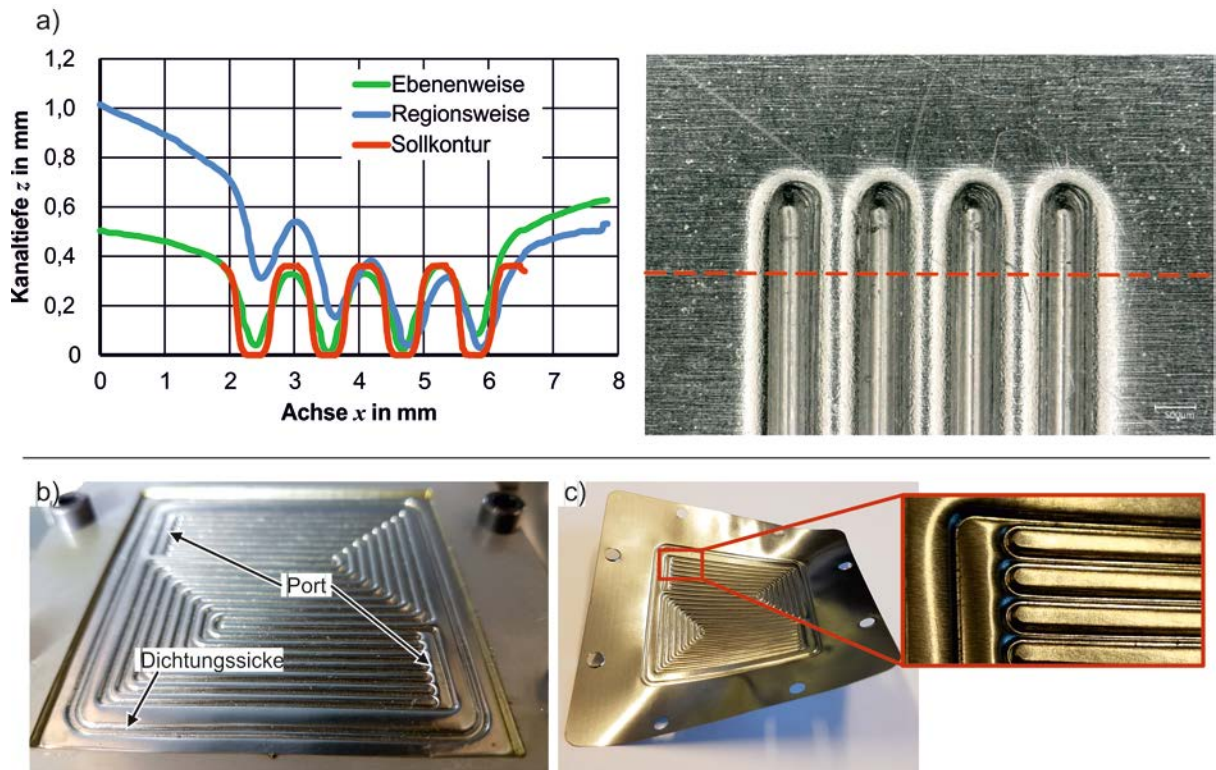


Abbildung 3: a) Bahnstrategie Mehrkanalumformung. Umgeformtes Realbauteil b) eingespannter Zustand und c) ausgespannter Zustand

Das IGF-Vorhaben „Entwicklung der inkrementellen Mikroumformung zur Funktionsmusterherstellung metalischer Bipolarplatten“, IGF-Projekt Nr. 14 EWN, der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA), Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.