



LASERVERFAHREN FÜR DIE WASSERSTOFFTECHNOLOGIE



DQS zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2015
Reg.-Nr. 069572 QM15

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung
Prof. Constantin Häfner

Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121

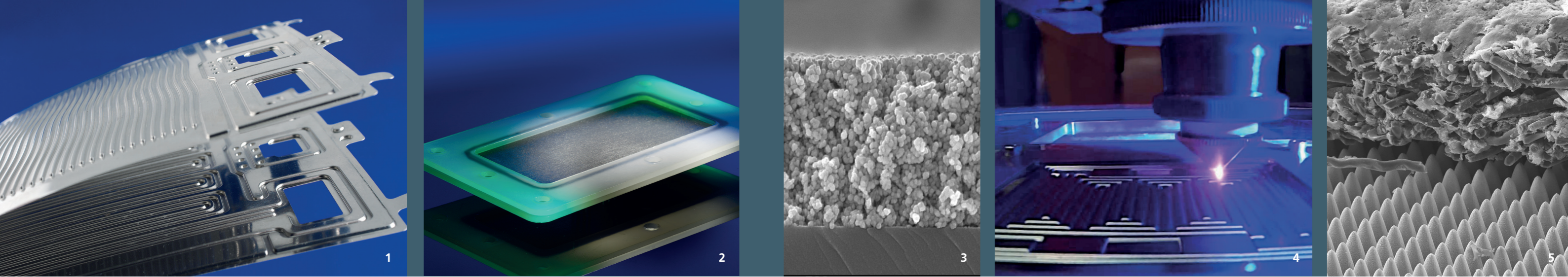
info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik, sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer ILT photonische Komponenten und Strahlquellen für die Quantentechnologie.

Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Digitalisierung, Prozessüberwachung und -regelung, Simulation und Modellierung, KI in der Lasertechnik sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Im Vordergrund stehen Forschung und Entwicklung für industrielle und gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Produktion, Mobilität, Energie und Umwelt. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft.





LASERVERFAHREN FÜR DIE WASSERSTOFFTECHNOLOGIE

Grüner Wasserstoff ist der Energieträger der Zukunft. Zu den potentiellen Anwendungsgebieten zählen die Mobilität sowie die Hausenergieversorgung auf Brennstoffzellenbasis. Für eine breite Marktdurchdringung bedarf es neben technologischen Weiterentwicklungen vor allem einer deutlichen Kostenreduktion entlang der Wertschöpfungsketten von Elektrolyseuren, Brennstoffzellen und deren Komponenten. Hochproduktive Laserverfahren spielen bei der Skalierung der Herstellungsprozesse eine entscheidende Rolle.

Metallisches Fügen

Das Kernelement einer Brennstoffzelle ist die Bipolarplatte, die als metallische Variante meist aus zwei umgeformten dünnwandigen Edelstahl- oder Nickelblechen besteht. Diese werden durch Laserstrahlschweißen mit einer hohen Prozessstabilität wasserstoffdicht und reproduzierbar verschweißt. Durch die Entwicklung von komplexen aber modularen Spannvorrichtungen und Anpassungen der Schweißgeometrien in Bezug auf Anordnung und Abfolge können Prozessfehler vermieden und der thermische Verzug der Platten gering gehalten werden. Mittels angepasster Wellenängen und Strahlmodulationen lassen sich außerdem Vorschubgeschwindigkeiten von bis zu 1 m/s ohne Humping (Ablagerungen von Schmelze auf der Werkstückoberfläche) realisieren. In Kombination mit einer Inline-Prozesskontrolle zur Überwachung und Dokumentation stellt das Laserstrahlschweißen einen effizienten und reproduzierbaren Fertigungsprozess für die Hochrateproduktion von metallischen Bipolarplatten dar.

1 Metallische Bipolarplatte.

2 Lasergeschweißte thermoplastische Bipolarplatte mit einem Rahmen.

Kunststofffügen

Das Laserstrahlschweißen von thermoplastischen Kunststoffen liefert optisch und qualitativ hochwertige Nähte und birgt zahlreiche Vorteile wie z. B. das berührungslose Einbringen der Fügeenergie ohne thermische Belastung der Umgebung. Durch innovative Verfahrenstechniken können auch große Bauteilgeometrien wie z. B. beim Verschweißen einer Compound-Bipolarplatte mit einem Rahmen für Brennstoffzellen oder Redox-Flow-Batterien prozesssicher gefügt werden. Dabei kommen neben scannerbasierten Ansätzen mit großem Arbeitsfeld auch Festoptiken zum Einsatz, die gleichzeitig den notwendigen Fügedruck aufbringen können. Durch das stoffschlüssige Fügen müssen keine zusätzliche Dichtungen eingebracht werden. Für große Schweißgeschwindigkeiten werden vorteilhafte Intensitätsverteilungen berechnet und in Sonderoptiken umgesetzt, sowie eine Prozesskontrolle durch integrierte Pyrometrie und Thermographie ermöglicht.

Reduzieren von Übergangswiderständen

Eine der Hauptursachen für Wirkungsgradverluste von PEM (Proton Exchange Membrane)-Brennstoffzellen ist der Übergangswiderstand zwischen Bipolarplatte und Gastransportschicht. Besonders bei Graphit-gefüllten thermoplastischen Compoundmaterialien bildet sich ein Kunststofffilm auf der Oberfläche der Bipolarplatte aus, der die elektrische Anbindung der Gastransportschicht verhindert.

Durch lasergestütztes Entfernen dieser Kunststoffmatrix kann leitfähiges Graphitfüllmaterial im Kontaktbereich zur Gastransportschicht freigelegt werden, das die elektrische Kontaktierung unterstützt. Im Gegensatz zu mechanischen Schleifverfahren kann mit Hilfe von ultrakurzgepulster Laserstrahlung der Kunststoff selektiv entfernt werden, ohne das Füllmaterial zu beschädigen. Auch für metallische Bipolarplatten kann der Übergangswiderstand verringert werden, in dem Mikrostrukturen selektiv im Kontaktbereich zur Gastransportschicht eingebracht werden.

Schneiden

Das prozesssichere Laserstrahl-Hochgeschwindigkeitsschneiden ermöglicht eine wirtschaftliche Substitution von konventionellen Stanzprozessen. Als Verfahrensvariante kommt entweder ein auf dünne Materialien ausgelegter Schmelzschneidprozess zum Einsatz, bei dem die Schmelze mit einem Gasstrahl ausgetrieben wird, oder das Remoteschneiden, bei dem der Laserstrahl durch einen Scanner geführt wird und keine Unterstützung des Schmelzaustriebs durch ein Schneidgas erfolgt. Die hohe Flexibilität und Präzision sowie Prozessgeschwindigkeiten von mehreren Metern pro Sekunde prädestinieren das Laserstrahlschneiden in beiden Verfahrensvarianten zur werkzeug- und somit verschleiß- und kontaktfreien Konturierung von metallischen Bipolarplatten für die On-Demand-Produktion von Prototypen und Klein- bis hin zu Vollserien.

Thermische Lasernachbehandlung von Aktivschichten

Beschichtungen ermöglichen die Funktionserweiterung von Oberflächen um spezifische Merkmale wie Korrosionsfestigkeit oder elektrische Leitfähigkeit. In Form von Mehrschichten bilden sie funktionelle Einheiten wie z. B. die MEA (Membrane Electrode Assembly) einer Elektrolyse- bzw. Brennstoffzelle. Im Gegensatz zu Ofenverfahren ermöglicht die Lasertechnik eine gezielte Nachbehandlung einzelner nasschemisch deponierter Schichten eines Substrat-Schicht-Systems. In kurzer Zeit können hohe Schichttemperaturen

erzeugt werden, ohne das Substratmaterial zu beschädigen. Weitere Vorteile sind die Erhöhung der Energieeffizienz und die Reduktion von Anlagengrößen beim Trocknen von Elektroden, bei der Herstellung von Korrosionsschutzschichten auf Bipolarplatten oder von mehrlagigen Dünnschicht-MEAs.

Beschichtung, Reparatur und additive Fertigung durch Laserauftragschweißen

Mit Laserauftragschweißen können Metallspuren mit Schichtstärken zwischen 0,01 mm und 2 mm hochpräzise auf nahezu jedem metallischen Grundwerkstoff in kürzester Zeit aufgetragen werden. Durch Überlagerung mehrerer Schweißbraunen lassen sich flächige Beschichtungen, z. B. für den Verschleiß- und Korrosionsschutz von hochbeanspruchten Presswerkzeugen für die Herstellung von Bipolarplatten oder funktionale Schichten auf Elektrolyseuren herstellen. Werden mehrere Schichten übereinander auftraggeschweißt, kann das Verfahren auch flexibel für die Reparatur und die additive Fertigung genutzt werden. Durch die einfache Adaptierbarkeit und Flexibilität für unterschiedliche Anwendungsfelder (Beschichtung, Reparatur, additive Fertigung) sowie dessen einfache Integrierbarkeit in bestehende Prozessketten, ist das Verfahren sowohl für Anwendungen in der Serie bei Großunternehmen als auch für Klein- und mittelständische Betriebe attraktiv.

Ansprechpartner

Dr. Alexander Olowinsky
Telefon +49 241 8906-491
alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de

Prof. Arnold Gillner
Telefon +49 241 8906-148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

3 Lasergesinterte Funktionsschicht.

4 Laserstrahlschneiden von Bipolarplatten.

5 Gastransportschicht auf mikrostrukturiertem Stahl.