



TECHNOLOGIE- UND SYSTEMTECHNIKENTWICKLUNG FÜR DAS HOCHRATELASERABTRAGEN

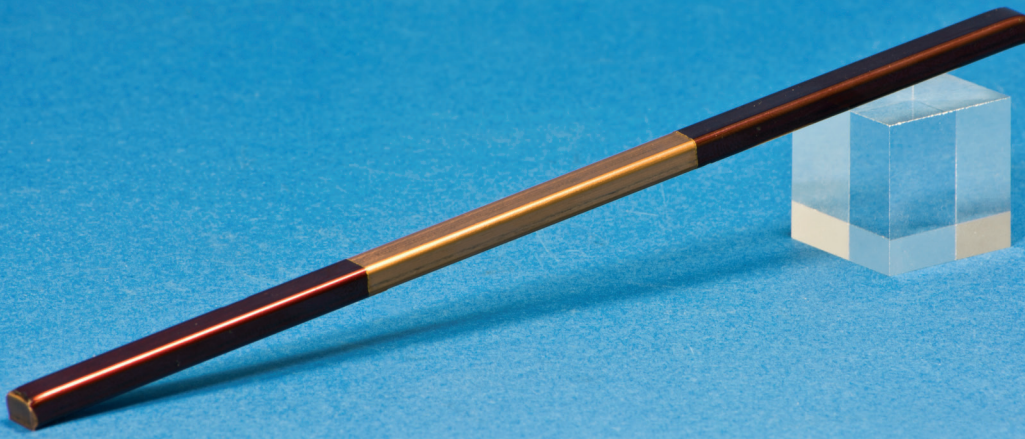
TECHNOLOGY AND SYSTEMS DEVELOPMENT FOR HIGH-RATE LASER ABLATION

Drives for electromobility require maximum currents, which have led to the development of pin and hairpin technology. The step from coiled conductive wire to rods requires new mounting and contacting methods. Welding and soldering provide the electrical connection for the individual conductors. This requires a bare copper surface, which is locally stripped and free of residues.

Fraunhofer IWS studied hairpin processing and faced the special challenges of continuous workpiece movement, the high reflectivity of copper for a large number of relevant laser wavelengths and the targeted ablation rates of more than $1,000\text{mm}^2\text{ s}^{-1}$. The scientists used high-power beam sources with wavelengths of 1.07, 9.3 and 10.6 micrometers to map the ablation process to meet individual requirements and to obtain optimum results. Continuously emitting lasers with average output powers of one kilowatt and more in combination with highly dynamic beam deflection systems were used to achieve the required extremely high ablation rates. The intensive study of the ablation process and the associated determination of the parameters such as laser power and focus diameter were the basis for determining the processing strategy. A multi-stage process ensures the ablation result. In order to ensure the required productivity, the IWS researchers designed a processing setup consisting of a beam source, a uniform laser beam splitting and two opposing galvanometer scanners. This constellation of two partial beams in combination with a highly reflective workpiece required a segmented processing sequence. The design of the optical beam path, the selection of the components and

Antriebsmotoren für die Elektromobilität benötigen maximale Stromstärken, die zur Entwicklung der Pin- bzw. Hairpin-Technologie geführt haben. Der Schritt vom gewickelten Leitungsdraht zu Stäben bedingt neue Montage- und Kontaktierungsverfahren. Schweißen und Löten stellen die elektrische Verbindung der Einzelleiter her. Dies erfordert eine blanke Kupferoberfläche, die lokal abisoliert und frei von Rückständen ist.

Das Fraunhofer IWS beleuchtete die Hairpin-Bearbeitung und stellte sich dabei den besonderen Herausforderungen der kontinuierlichen Bewegung des Werkstücks, der hohen Reflexion des Kupfers gegenüber einer Vielzahl relevanter Laserwellenlängen und den angestrebten Abtragsraten jenseits von $1000\text{mm}^2\text{ s}^{-1}$. Dazu nutzten die Wissenschaftler Hochleistungsstrahlquellen mit Wellenlängen von 1,07, 9,3 und 10,6 Mikrometern, um den Abtragsprozess entsprechend der individuellen Anforderung bzw. dem optimalen Ergebnis abzubilden. Kontinuierlich emittierende Laser mit mittleren Ausgangsleistungen von einem Kilowatt und mehr in Verbindung mit hochdynamischen Strahlablesensystemen kamen zum Einsatz, um die geforderten enormen Abtragsraten zu erreichen. Die intensive Untersuchung des Abtragsprozesses und der damit einhergehenden Festlegung der Parameter Laserleistung und Fokusbildung bildeten die Basis, um die Bearbeitungsstrategie festzulegen. Ein mehrstufiger Prozess führt zum Abtragungsergebnis. Um die erwünschte Produktivität abzusichern, entwarfen die IWS-Forscher eine Bearbeitungsanordnung aus einer Strahlquelle, einer gleichmäßigen Laserstrahlteilung und zwei gegenüberliegenden Galvanometerscannern. Diese Konstellation mit zwei Teilstrahlen in Verbindung mit einem stark



reflektierenden Werkstück erforderte eine segmentierte Bearbeitungsabfolge. Die Auslegung des optischen Strahlengangs, die Auswahl der Komponenten sowie die Bearbeitungsstrategie führen zu einem stabilen Bearbeitungsprozess und schützen die Strahlquelle vor gefährlichen Rückreflexen. Das am Fraunhofer IWS entwickelte ESL2-100-Modul erlaubt die direkte Integration von Galvanometerantrieben in die Architektur einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS). Diese generiert die Bewegungsbefehle für die Strahlableitungs- und Strahlreflexionspiegel. Dabei berücksichtigt die Steuerung Signalabläufe der übergeordneten Maschine, verarbeitet Sensorinformationen in Echtzeit und kommuniziert mit der Laserstrahlquelle. Im Ergebnis steht nun eine vollständig in die Gesamtanlage integrierte Lasertechnologie als ganzheitliche Lösung für die industrielle Umsetzung zur Verfügung. Der Laserbearbeitungsprozess reagiert koinzident auf veränderliche Umgebungsbedingungen oder Produktionsvorgaben. Auf Basis eines tiefen Prozessverständnisses entwickelt das Fraunhofer IWS anforderungsgerechte Technologien zum Hochleistungslaserabtrag. Daraus leiten die Wissenschaftler die Randbedingungen für die Auslegung der Systemtechnik ab und entwerfen produktionsrelevante Konzepte. Auf den individuellen Nutzen abgestimmte Steuerungs- und -software rundet die Lösung ab. Der Anwender erhält ein industrietaugliches Ergebnis für den direkten Einsatz in seiner Produktionsumgebung.

the machining strategy result in a reliable process and protect the beam source from dangerous back reflections. The IWS-developed ESL2-100 module can directly integrate galvanometer drives into the architecture of a programmable logic controller (PLC), which generates the motion commands for the beam deflection mirrors. The controller considers signal sequences of the higher-level machine as well as process sensor information in real time and communicates with the laser source. As a result, laser processing completely integrated into the overall system can now be provided as a holistic solution for industrial implementation. The laser machining process reacts coincidentally to changing environmental conditions or production specifications. On the basis of a profound process understanding, Fraunhofer IWS develops technologies for high-performance laser ablation tailored to requirements. The scientists establish the boundary conditions for the systems technology and design production-relevant concepts. Control hardware and software tailored to the individual benefit complete the solution. The customer receives an industry-compatible result for direct use in his production environment.

- 1 *The ESL2-100 communication module enables the integration of galvanometer scanners into programmable logic controllers.*
- 2 *Demonstration of the ablation quality using a partially stripped copper conductor.*

CONTACT

Dr. Jan Hauptmann

High Speed Laser Processing

+49 351 83391-3236

jan.hauptmann@iws.fraunhofer.de

