

1 Schweißkopf mit angebautem Regelsystem.

2 Profil einer geregelten Einschweißung am Überlapp-Stoß. Die CNN-Technologie ermöglicht perfekte »unsichtbare« Schweißnähte.

LASERSCHWEISSEN IN ECHTZEIT REGELN EINSCHWEISSEN NACH MASS

Qualitätssicherung während des Laserschweißprozesses

Laserschweißprozesse sind aus der modernen Produktion nicht mehr wegzudenken. Im Karosseriebau ermöglichen sie beispielsweise schnelles und flexibles Schweißen an schwer erreichbaren Stellen. Die Frage der Qualitätssicherung bei diesem zukunftsweisenden Produktionsverfahren ist bisher jedoch nur unbefriedigend gelöst. Der Grund ist, dass die besonders effizienten Tiefschweißprozesse auf einem komplexen und hochdynamischen Zusammenspiel von Laserlicht, Schmelzströmungen und dem Druck des Metaldampfes beruhen. Durch die Zusammenführung von Prozesswissen und einer neuartigen Kamera- und Rechnertechnologie, den sogenannten Cellularen Neural Networks (CNN), konnten wichtige Fortschritte bei der Regelung von Laserschweißprozessen erzielt werden.

Parallele Bildverarbeitung mit CNN

Konventionelle, kamerabasierte Bildverarbeitungssysteme können zwar viele Fehler erkennen, sind aber zu langsam, um in den Prozess einzugreifen. Die CNN-Technologie ermöglicht erstmals die Überwachung schneller industrieller Prozesse. Bei CNN handelt es sich um eine leistungsfähige analoge Rechnertechnologie, welche aufgrund ihres geringen Schaltungsaufwandes in die elektrische Beschaltung der Pixel von CMOS-Kameras integriert werden kann. Auf diese Weise entsteht ein leistungsfähiger Parallelrechner, in dem die Bildinformationen aller 25.000 Pixel gleichzeitig verarbeitet werden.

Abbildung 1 zeigt die am Schweißkopf montierte CNN-Kamera, die das sogenannte Durchschweißloch innerhalb der Dampfkapillare mit einer Bildrate von bis zu 14 kHz abtastet. Dabei wird die bisher

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

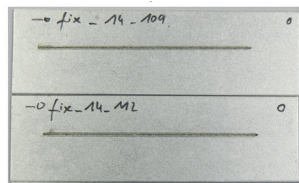
Heidenhofstraße 8
79110 Freiburg

Ansprechpartner

Andreas Hofmann
Neue Technologien und Patente
Telefon +49 761 8857-136
andreas.hofmann@ipm.fraunhofer.de

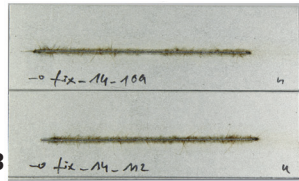
www.ipm.fraunhofer.de

Nahtberraupe

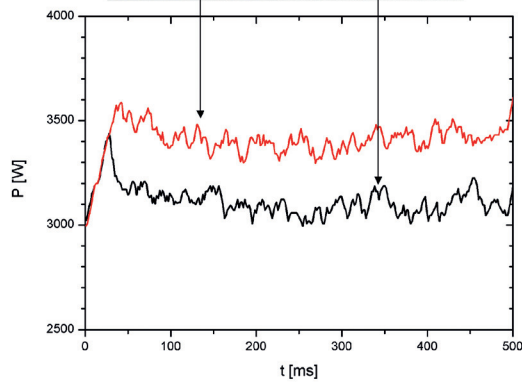
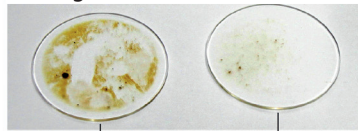


Fix_14_109: Schutzglas sauber
Fix_14_112: Schutzglas verschmutzt

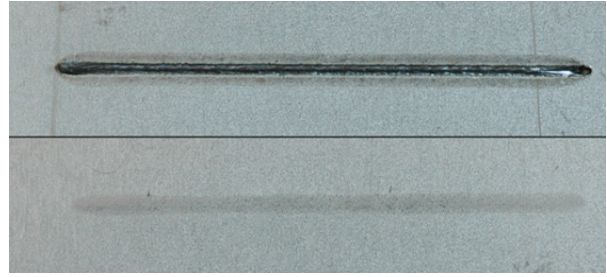
Nahtunterraupe



Schutzglas



Nahtberraupe



Unterblech durch geregelte Einschweißung unbeschädigt

übliche Intensitätsauswertung durch eine wesentlich robustere Konturauswertung des Durchschweißbloches ersetzt.

Optimiertes Laserstrahlschweißen durch schnelle Bildverarbeitung

Die hohe Bildrate ist die statistische Basis für die Zustandsbewertung des Schweißprozesses, aufgrund der die Laserleistung in einem zum Patent angemeldeten Verfahren innerhalb weniger Millisekunden angepasst wird. Auf diese Weise können in Stahl- und Aluminiumblechen Spritzer und Schweißrauch vermindert, Verschmutzungen auf dem Schutzglas kompensiert oder Vorschubschwankungen beim robotergestützten Remoteschweißen kompensiert werden. Abbildung 3 zeigt dies am Beispiel einer vollständigen Durchschweißung mit sauberem und verschmutztem Schutzglas.

Die für den Karosseriebau wichtigste Innovation ist die geregelte Einschweißung in zwei überlappende verzinkte Stahlbleche, wie sie in Abbildung 2 gezeigt wird. Die Laserleistung wird von der CNN-Kamera dergestalt geregelt, dass die Einschweißtiefe trotz variablen Vorschubs nahezu konstant bleibt und die Blechunterseite durch die Schweißnaht nicht verletzt wird (Abbildung 4). Dadurch können Schweißnähte im Sichtbereich platziert werden und es wird das Abdampfen von Zink verhindert, was den Korrosionsschutz weiter verbessert. Mittlerweile wurde ein industrietauglicher Prototyp eines solchen Regelsystems aufgebaut, welcher neben der CNN-Technologie auch eine innovative optische

Signalübertragung über eine schleppkettentaugliche Glasfaser enthält. Das System besteht aus kommerziell verfügbaren Komponenten und kann schnell in die Produktion überführt werden.

Vorteile von CNN

CNNs bieten Vorteile nicht nur für das Laserstrahlschweißen, sondern auch für andere Anwendungen, bei denen eine schnelle Bilderfassung und -auswertung im 10–20 kHz-Bereich erforderlich ist:

- Laser-Mikrobearbeitungsprozesse (Laserbohren, Laserschneiden, 3D-Formabtrag)
- Qualitätskontrolle im Prozess (Oberflächeninspektion, Prüfung auf Vollständigkeit), z. B. beim Kalt-Drahtziehen
- Regelung hochdynamischer Prozesse, z. B. der Spurnachverfolgung
- Objekterkennung und -verfolgung (auch bei hohen Geschwindigkeiten)

3 Geregelte Durchschweißung bei sauberem Schutzglas (schwarze Kurve) und bei verschmutztem Schutzglas (rote Kurve). Durch die Regelung wird die Laserleistung automatisch angehoben, sodass der Grad der Durchschweißung der Nahtunterraupe konstant bleibt.

4 Schweißnähte im Sichtbereich: Beim Einschweißen wird die Blechunterseite dank der CNN-Technologie nicht beschädigt.