

Sicher verbunden: E-Mobilität und Laserschweißen

Keiner kann es vorhersehen: Wird sich die E-Mobilität in unserem Land durchsetzen? Von der Politik vielfach gefordert, von Wissenschaftlern mit Skepsis betrachtet – die Zukunft des Automobils erhitzt die Gemüter gerade in Deutschland. Das ist nicht verwunderlich, immerhin zählte die Automobilbranche laut statistischem Bundesamt im Februar 2018 828.540 Beschäftigte und das Kraftfahrtbundesamt meldete knapp 64 Millionen zugelassene Fahrzeuge. Eines ist jedoch sicher: Die neuen Fertigungskonzepte und Technologien der E-Mobilität sind sehr eng mit dem Laserschweißen verbunden. Wo hierbei die Herausforderungen liegen und warum die Qualität des Laserstrahls eine zentrale Rolle spielt, zeigt dieser Beitrag.

Gerade bei Elektroautos spielt das Gewicht eine große Rolle. Sämtliche Komponenten werden in Leichtbauweise gefertigt und müssen dennoch über die geforderte Stabilität verfügen. Neben radikalen neuen Ansätzen in der Konstruktion, wie sie die Additive Fertigung mit Lasern bietet, sind auch die traditionellen Konstruktionsmethoden noch lange nicht ausgeschöpft. Moderne Laserschweißanlagen ermöglichen im Karosseriebau zum einen das flexible Setzen von Schweißpunkten und -nähten. Damit lassen sich Designänderungen von verschraubten Komponenten hin zu

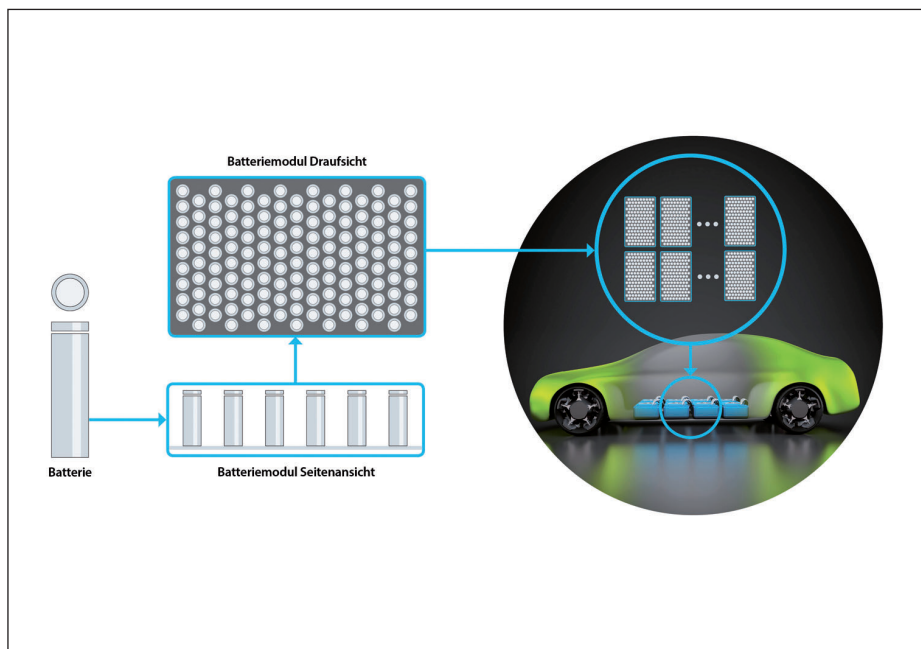
geschweißten Konstruktionen umsetzen, die erhebliche Einsparungen bezüglich Gewicht und Raumbedarf bei einer höheren Festigkeit bewirken. Zum anderen lassen sich neue faserverstärkte Materialien, Aluminium oder hochfester Stahl zuverlässig bearbeiten und verbinden. Gelten vorgenannte Punkte allgemein, stellt die Produktion der Batteriesysteme für Elektrofahrzeuge besonders hohe Anforderungen an die Laserschweißanlagen. Um kompakte Batteriepacks zu produzieren, müssen die einzelnen Batteriezellen mit hochwertigen Kontakten verschweißt werden, um diese

dann durch elektrische Serien- und Parallelschaltung auf die gewünschte Betriebsspannung und Kapazität zu konfigurieren. Hierbei erzeugt man aus relativ kleinen Einzelzellen Module, deren Kontakte ebenfalls verschweißt werden. Anschließend werden die Batteriemodule in einem Block zusammengefasst, der dann in einem dichten Gehäuse sicher untergebracht wird.

Auch an dieser Stelle kommen moderne Lasersysteme zum Einsatz. Sämtliche Schweißverbindungen müssen jederzeit präzise und zuverlässig ausgeführt werden, denn einerseits wird die Batterie extrem beansprucht, beispielsweise durch jahreszeitlich bedingte Temperaturschwankungen oder Vibrationen und Stöße im Fahrbetrieb oder im Ernstfall durch Kollisionen. Andererseits gewährleistet sie die Mobilität. Darüber hinaus ist sie das teuerste Bauteil in einem Elektroauto und muss im Sinne der Nachhaltigkeit aufgrund der Seltenen Erden, die zur Produktion benötigt werden, auch nach dem mobilen Leben noch einer weiteren Verwendung, z. B. als Energiepuffer von Wind- und Solaranlagen einsetzbar sein. Da es nicht trivial ist, mit diesen hochenergetischen Akkumulatoren umzugehen, ist es umso wichtiger, alle Prozessschritte bei deren Herstellung möglichst genau zu überwachen.

Laserleistung beeinflusst Produktionsqualität

Ganz gleich, um welchen Laserschweißprozess es sich handelt: Die Qualität der Schweißpunkte oder der Schweißnähte nimmt entscheidenden Einfluss auf die Sicherheit und Zuverlässigkeit der produzierten Teile und hat signifikante Auswirkungen auf die Gesamtqualität des Fahrzeugs. Wie stellen die Hersteller der Anlagen und später die Betreiber sicher, dass die Lasersysteme – häufig innerhalb auto-



▲ Abb. 1: Jeder Batterieblock wird aufwendig aus vielen einzelnen Zellen zusammengefügt.

Bild: PP77LSK/Shutterstock.com



▲ **Abb. 2: Der Ophir Sensor L40(150) A-LP2-50 Sensor ermöglicht die Messung hoher Leistungen bei sehr kurzer Bestrahlungsdauer.**

matisierter Fertigungsstraßen – korrekt arbeiten? Wer sich alleine auf die Aussage verlässt, dass Laser verschleißfrei arbeiten, muss mit Qualitätseinbußen rechnen. Gerade in Produktionsumgebungen müssen äußere Einflüsse auf die Laserstrahlsysteme berücksichtigt werden. Einen ersten Anhaltspunkt, ob ein Lasersystem exakt arbeitet, erhält man durch Leistungsmessungen.

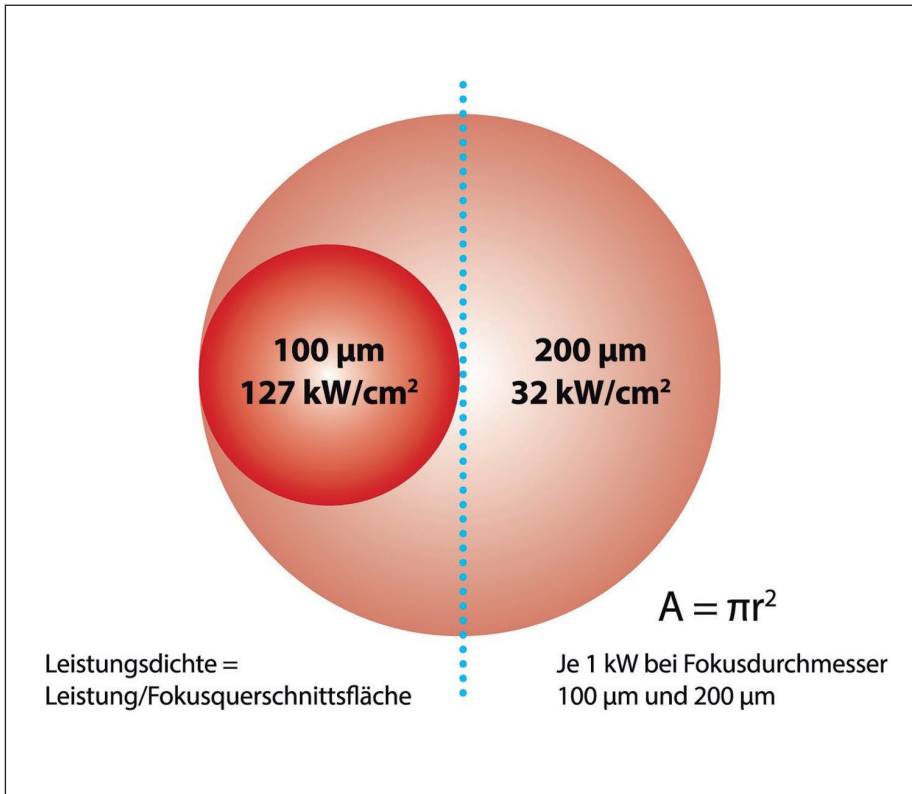
Leistungsmessung auf Bearbeitungsebene

Gerade im Karosseriebau werden häufig Laser mit Leistungen im Kilowattbereich eingesetzt. Um diese Laser schnell und einfach zu messen, entwickelte Ophir, eine Marke von MKS Instruments, Sensoren, die nach der Pulsed Power Methode arbeiten: Der L40 Sensor misst während einer extrem kurzen Bestrahlungsdauer die Energie des Laserstrahls und errechnet in Kombination mit einem kompatiblen Mess- und Anzeigegerät daraus die Laserleistung. So können bei einer

Pulsdauer von 0,5 s beispielsweise Laserleistungen bis 10.000 Watt auf kostengünstige Art und Weise gemessen werden, ohne dass eine zusätzliche Kühlung des Sensors erforderlich ist. Ein Aspekt, der insbesondere beim Schweißen von Batterien von großer Bedeutung ist. Denn hier ist der Verzicht auf eine Wasserkühlung Grundvoraussetzung. Das Risiko, im direkten Umfeld der Batterieproduktion mit Wasser zu arbeiten, wäre viel zu hoch.

Messungen in der automatisierten Fertigung

Sobald der Laser in einer vollständig automatisierten Umgebung verwendet wird, wie man sie gerade in der Automobilfertigung in der Regel antrifft, verändern sich die Anforderungen an die eingesetzte Messtechnik. Neben der reinen Leistungsmessung verlangen die Unternehmen in diesem Umfeld häufig eine Einbindung des Messgeräts in das Produktionsdaten-Netzwerk und erwarten ein insgesamt kompaktes, robustes Messgerät, das sich einfach in die Produktionsabläufe integrieren lässt. Ophir entwickelte exakt für diese Anwendungen Helios, das auf der gleichen Pulsed Power-Sensortechnik basiert. Das Leistungsmessgerät ermittelt während einer kurzen Bestrahlungsdauer zwischen 0,1 und 10 s Leistung und Energie von industriellen Dioden, Faser- oder Nd:YAG-Lasern und berechnet daraus die Gesamtleistung bis maximal 12 kW bzw. die Gesamtenergie bis zu 10 kJ ohne Luft- oder Wasserkühlung. Die Messung selbst erfolgt in wenigen Sekunden, sodass Leistungsmessungen während des Be- und Entladeprozesses durchgeführt werden können. Über Profinet-, RS232- sowie USB-Schnittstellen lassen sich die Messwerte jederzeit speichern und bei Bedarf auswerten. Sobald sich die Laserleistung auf der Bearbeitungsebene außerhalb der Toleranz bewegt, können sofort Gegenmaßnahmen ergriffen werden, um die Produktionsqualität zu sichern.



▲ Abb. 3: Die Abbildung zeigt den Zusammenhang von Fokusgröße und Leistungsdichte: Der halbe Fokusbereich ergibt eine vierfach höhere Intensität.

Strahlprofil liefert Leistungsdichte

Die Leistung des Lasers auf der Bearbeitungsebene zu kennen, erlaubt die erste Beurteilung, ob der Laser im Rahmen der Spezifikationen arbeitet. Details zur Fokusslage oder zu Veränderungen der Fokusslage über die Zeit lassen sich hingegen nur mit einem Strahlprofilmessgerät ermitteln. Die Fokusslage nimmt großen Einfluss auf die Leistungsdichte im Fokus und damit auf die Qualität der Schweißnaht.

Wie Abb. 2 zeigt, verursacht schon eine geringe Verschiebung der Fokusslage eine signifikante Veränderung der Leistungsdichte. Diese wiederum beeinflusst direkt die Qualität der Schweißnaht, die gerade bei sensiblen Schweißprozessen Änderungen der Leistungsdichte nur in sehr engen Toleranzen zulässt. Knackpunkt auch hier: die großen Leistungen. Ophir entwickelte dazu ein Messverfahren, das berührungslos arbeitet und auf der Rayleigh-Streuung basiert. Damit

wird die Streuung elektromagnetischer Wellen an Teilchen beschrieben, deren Durchmesser im Vergleich zur Wellenlänge klein ist, wie z. B. Sauerstoff- oder Stickstoff-Moleküle in der Luft. Das elektrische Feld der Laserstrahlung induziert eine Oszillation des Dipolmoleküls bei der Laserfrequenz und führt so zu einer elastischen Streuung der gleichen Frequenz. Das gestreute Laserlicht wird von der Seite mit einem telezentrischen Linsenaufbau auf eine CCD- oder CMOS-Kamera abgebildet. Jedes einzelne Pixel in einer Zeile der CCD-Kamera detektiert das gestreute Licht als einen Intensitätsmesspunkt im Strahlprofil. Aus diesen Messungen lassen sich mittels einer integrierten Software mit hoher Genauigkeit Strahl- und Strahlqualitätsparameter nach ISO-13694 und ISO-11146-Standards inklusive Fokusbereich, Fokussposition, Divergenz, Elliptizität, $M^2(1/k)$ sowie Strahlparameterprodukt (BBP) berechnen. Auf diesem Messprinzip basieren die Systeme der

BeamWatch Produktlinie und ermöglichen damit die Überwachung des Strahlprofils in Echtzeit. Fokusveränderungen lassen sich so direkt sichtbar machen. Im Fertigungsprozess können sie auch mit den vorher angesprochenen Leistungsmessungen kombiniert werden: Im Regelfall wird kurz die Laserleistung geprüft und nach einer festgelegten Produktionsdauer prüft man zusätzlich das Strahlprofil. Die leichtgewichtigen und mobilen Messgeräte der BeamWatch-Serie lassen sich dazu bei Bedarf ohne Aufwand transportieren.

Welche der vorgestellten Messmethoden eingesetzt werden sollte, muss individuell entschieden werden. Oft liefern erst Testmessungen die Grundlage für eine Entscheidung. Für Laserschweißprozesse im Automobilbau gilt das ebenso wie in der Fertigung von Karosserien im Leichtbau für Elektrofahrzeuge. Eines ist jedoch unbestritten: Die Just-in-Time-Serienfertigung von Batteriepacks stellt neue Herausforderungen an die Messtechnik. Die Batterieeinheiten sind nicht nur der zentrale und kostspieligste Teil eines Elektrofahrzeugs, die Sicherheit hängt direkt von ihrer Qualität ab. Es lohnt sich für die Hersteller, die zuverlässige Ausführung der bis zu einigen tausend Schweißverbindungen einer Batterieeinheit innerhalb des Fertigungsprozesses kontinuierlich zu prüfen, um deren Qualität dauerhaft zu sichern. Gerade wenn man bedenkt, wie viele individuelle Verbindungen hinter einem Batteriepack mit mehreren hundert Einzelzellen stehen.

■ INFO

Autor:
Christian Dini
Director Global Business Development
Ophir (www.ophiropt.com)

Kontakt:
Ophir Spiricon Europe GmbH
Gürickeweg 7
64291 Darmstadt
Tel.: 06151 7080