

Komplettlösung für das Laserstrahlschweißen im Antriebsstrang

Thomas Harrer

Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH, Ditzingen

Das Laserschweißen im Antriebsstrang wird nun schon seit mehr als zwei Jahrzehnten in der industriellen Fertigung eingesetzt. Trotz dieser langen Geschichte gibt es auch hier immer wieder interessante Neuerungen. Neue kompakte und modular aufgebaute Laserschweißanlagen passen sich ideal den Anforderungen der Prozesstechnik und Fertigung an. Die Laserschweißtechnik kann immer schwierigere Werkstoffe schweißen und die Systemtechnik ist durch den Einsatz von Sensorik und bewährten Standardkomponenten sehr zuverlässig.

1 Einleitung

Seit mehr als 25 Jahren ist der Laser in der Fertigung des Antriebsstranges im Einsatz. Damals waren die Eigenschaften Verzugsarm und hohe Einschweißtiefe der Lasertechnologie revolutionär und das ohne die aufwendige Vakuumtechnik wie bei dem etablierten Elektronenstrahlschweißen. Heute sind diese Vorteile immer noch gültig und der Einsatz des Lasers hat sich in dieser Branche fest etabliert.

Neue Motoren- und Getriebetechnologien fordern jedoch auch in dieser Branche die Laseranwendungstechnik ständig zu neuen Innovationen auf. So zum Beispiel ist es seit einigen Jahren möglich, Guss mit Einsatzstahl zu verschweißen.[1] Diese Werkstoffpaarung ist vor allem bei der Herstellung von Differentialgetrieben interessant. Auch werden die verwendeten Kohlenstoffstähle durch die hohen Drehmomente in neuen Getriebegenerationen immer schwieriger zu schweißen. Hier kann der Einsatz von Zusatzwerkstoffen oder eine Wärmebehandlung vor oder nach dem Laserschweißen eine Lösung sein.

Doch das Schweißen von Komponenten für den Antriebsstrang erfordert mehr als nur Prozesstechnologie und eine geeignete Strahlquelle. Um ein optimales Schweißergebnis zu erhalten, sind lasergerechte Konstruktionen und eine entsprechende Bauteilvorbereitung notwendig. Für die moderne Fertigung spielt auch eine optimale technische und wirtschaftliche Anlage eine wichtige Rolle. Hier geht der Trend zu kompakten und modular aufgebauten Laserschweißanlagen, die flexibel an die Anforderungen angepasst werden können mit beispielsweise einer automatischen Be- und Entladeeinrichtung. Die TLC 1000 Powertrain erfüllt diese Anforderungen und wird im folgenden Abschnitt vorgestellt, gefolgt von ersten Anwendungen mit neuen Prozesstechnologien.

2 TLC1000 Powertrain

Bild 1 zeigt die TLC1000 Powertrain, die speziell für das Laserschweißen von Antriebsstrangkomponenten konzipiert wurde. Die Strahlführungsmaschine bildet zusammen mit dem Laseraggregat und dem Schaltschrank mit Bedienfeld eine standardisierte Bearbeitungseinheit, aufgebaut aus Komponenten des modularen Baukastens der 3-D-Laserbearbeitungsmaschinen von TRUMPF. Durch die Verwendung von bewährten Serienkomponenten wird die Funktion der Maschine gesichert. Weiterhin können verlässliche Lieferzeiten und weltweite Servicekompetenz garantiert werden. Die Maschine ist auf einer gemeinsamen Bodenplatte von ca. 9m² aufgebaut.

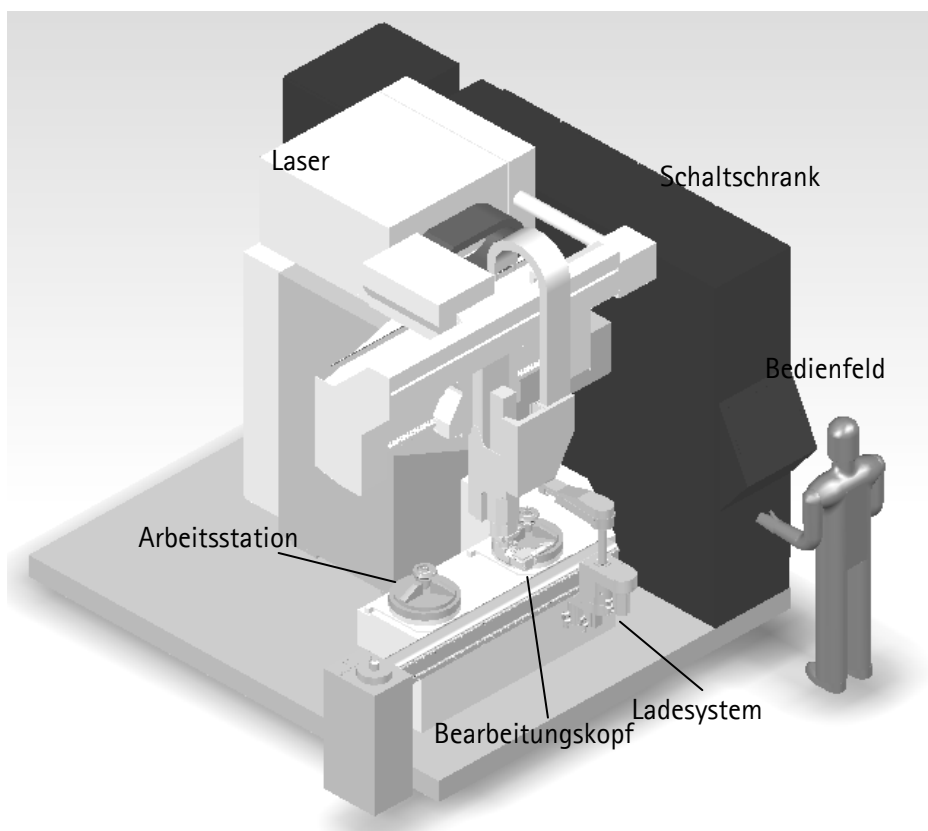


Bild 1: TLC 1000 Powertrain: Grundmaschine mit zwei Arbeitsstationen und Ladesystem

Die Arbeitsstation ist in ihrem Leistungsumfang optimiert auf einen Großteil der Werkstücke und integriert optional eine sehr kompakte Automatisierung. Bei vielen Getriebeteilen ist ein Verpressen und Schweißen in einer Arbeitsstation von Vorteil. Hierfür wurde ein kompakter Spannturm mit integrierter Drehachse und einer Presskraft von bis zu 120kN entwickelt (**Bild 2**).

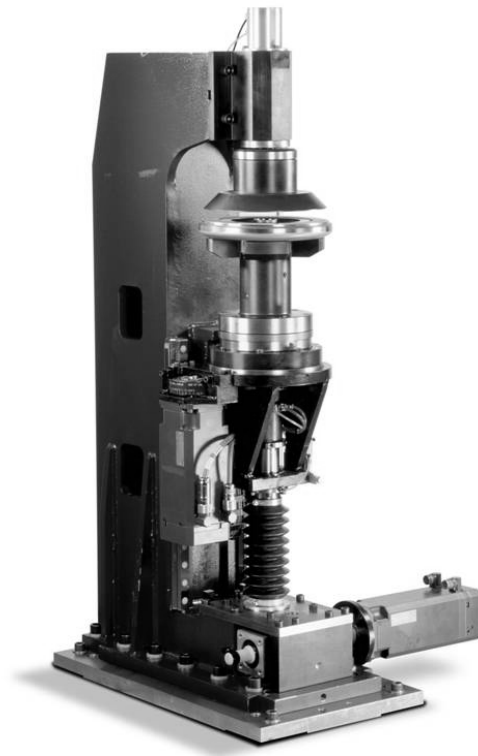


Bild 2: Spannturm mit integrierter Drehachse und Kraft-Weg gesteuertem Presshub mit Elektroantrieb

3 Anwendungsbeispiele

3.1 PKW- und LKW- Achsausgleichsgetriebe

Wie in der Einleitung erwähnt ist seit wenigen Jahren das Laserschweißen von Guß/Stahlverbindungen bekannt. Erste Anwendungen wurden bereits in der industriellen Fertigung installiert. **Bild 3** zeigt ein Achsausgleichsgetriebe in geschraubter und lasergeschweißter Ausführung. Die Vorteile der geschweißten Version liegen auf der Hand: eine deutliche Kosten- und Gewichtsreduktion durch den Wegfall der Schraubverbindungen, geringere Einbaumaße und eine Verringerung der Geräuschemission. Das Gehäuse ist aus GGG60 und das Tellerrad aus einem einsatzgehärteten Stahl, bei dem die Fügezone während dem Einsatzhärten abgedeckt wurde oder die Einsatzschicht an der Fügezone vor dem Schweißen abgedreht wurde. Mit einer eigens für diesen Prozess entwickelten Fügegeometrie und einem nickelhaltigen Zusatzdraht kann eine feste Schweißverbindung hergestellt werden, wie die Prüfstands- und Fahrzeugstests gezeigt haben. Dabei dient die Fügegeometrie zur optimalen Durchmischung des Zusatzwerkstoffes bis zur Nahtwurzel, und der Nickeldraht macht das Schweißgefüge duktiler. **Bild 4** zeigt ein Schliffbild dieser Anwendung. Das Getriebe wurde mit 4kW, 1,5m/min und einer Einschweißtiefe von 5mm geschweißt.

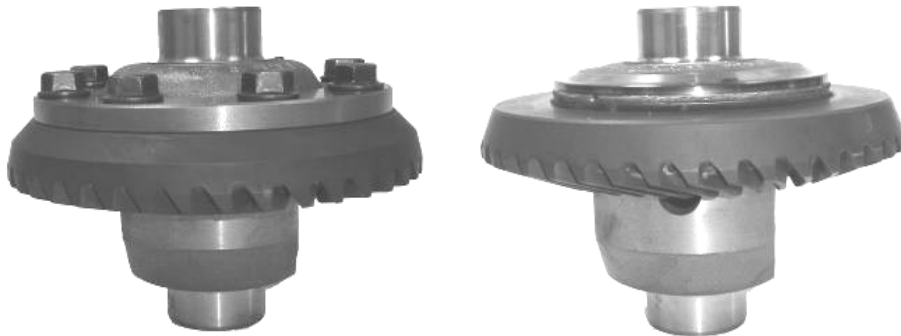


Bild 3: PKW-Achsausgleichgetriebe: geschraubte und geschweißte Version (©BMW AG)

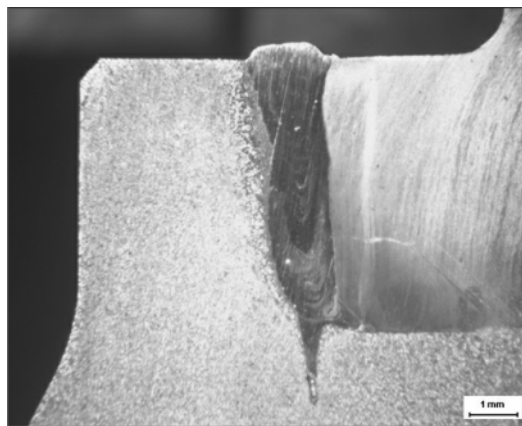


Bild 4: Schweißverbindung GGG60 und Einsatzstahl beim PKW-Achsausgleichsgetriebe

Bild 5 zeigt das Innere der Produktionsanlage dieser Ausgleichsgetriebe bei der BMW AG. Die Teile werden auf Werkstückträger nicht gefügt angeliefert und von dem Ladesystem der Laserschweißanlage entnommen und in die jeweils freie Arbeitsstation geladen. Dort werden die Teile verpresst und die Nahtposition wird mit einem Nahtsensor gemessen und gegebenenfalls korrigiert. Im Anschluss wird das Bauteil verschweißt. Durch die 3 Arbeitsstationen kann ein taktzeitparalleles Laden, Entladen, Messen und Verpressen erreicht werden. Die geschweißten Teile werden zurück auf den Werkstückträger geladen und gehen dann in eine integrierte Bürststation, die die Schweißnaht reinigt.



Bild 5: Laserschweißzelle für PKW-Achsausgleichsgetriebe, angebunden an eine Transportsystem mit kompaktem Ladesystem und drei Arbeitstationen zum Verpressen und Schweißen

Auch im Nutzfahrzeugsbereich gibt es hier eine erste Anwendung. **Bild 6** zeigt LKW-Ausgleichsgetriebe, die bisher mit 29 Schrauben gefügt wurden. Die neue Bauweise ergibt auch hier Gewichts- und Kostenvorteile. Auf einer Produktionsanlage bei Arvin Meritor werden mit einer Taktzeit von ca. 90s diese Ausgleichsgetriebe gefertigt. Geschweißt werden die Getriebe mit 10kW Laserleistung und einer Vorschubgeschwindigkeit von 1,5m/min, sowohl bei einer axialen als auch radialen Naht. Die Einschweißtiefe beträgt 10mm. Da beim Gehäuse kein GGG verwendet wird, ist der Einsatz von Zusatzwerkstoff auch nicht notwendig.



Bild 6: LKW-Achsausgleichsgetriebe: geschraubte und geschweißte Version (©Arvin Meritor)

3.2 Führungsrollen für Kettenfahrzeuge

Kettenantriebe werden vor allem bei Baufahrzeugen eingesetzt. Durch die hohe Anzahl der Führungsrollen pro Fahrzeug macht der Einsatz eines hochproduktiven Verfahrens wie das Laserschweißen wirtschaftlich Sinn. Mit dem Laserstrahlschweißen wird bei diesem Bauteil nicht nur die Taktzeit reduziert, sondern auch die Prozesskette verkürzt. Die Bauteile (**Bild 7**) können fertig bearbeitet verschweißt werden, da durch den Schweißprozess die Form- und Lagetoleranzen

nicht beeinträchtigt werden. Bedingt durch den hohen Kohlenstoffanteil des Werkstoffes ist der Einsatz von Zusatzdraht notwendig, um die geforderte Nahtqualität zu erreichen. Um eine ausreichende Durchmischung bis in die Wurzel zu garantieren, sind die Teile mit einem definierten Spalt versehen. Dieser Spalt wird durch einen Trumpf Seam Detektor (TSD) gemessen, um damit die Vorschubgeschwindigkeit des Zusatzdrahtes zu bestimmen. Zudem wird auch bei jedem Teil die Position der Fügespalte gemessen, um somit Bauteiltoleranzen auszugleichen. Die Bauteile werden mit einem Niederhalter mit integrierter Bauteillängenmessung beim Schweißen gespannt.

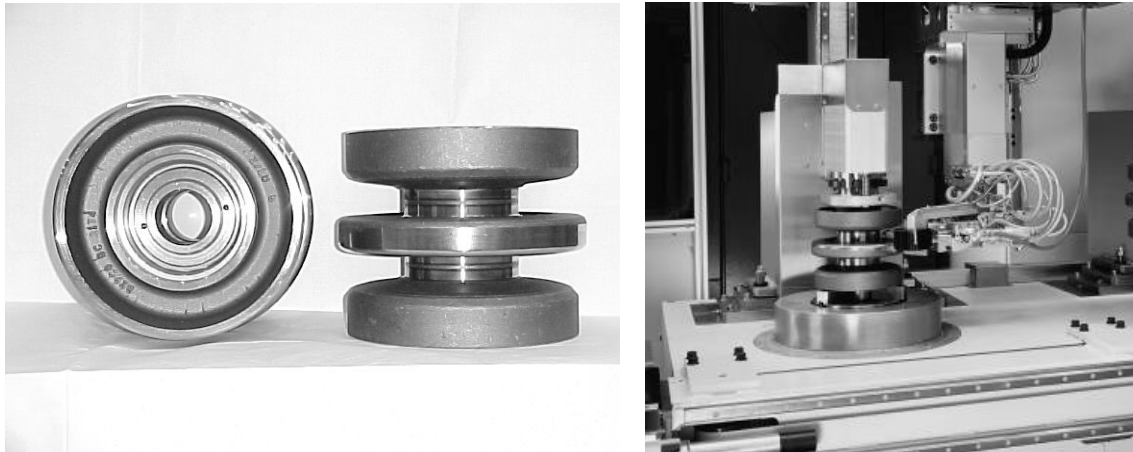


Bild 7: Führungswellen für Kettenantrieb: links Bauteil und rechts Spannsituation mit Bearbeitungskopf und Trumpf Seam Detektor

3.3 LKW-Achsen

Bei LKW-Achsen wurden bisher die Achsendstücke als Rohlinge an den Achsgrundkörper mit Hilfe von Reibschweißen gefügt. Bei diesem Fügeverfahren ist jedoch eine mechanische Bearbeitung der kompletten LKW-Achse nach dem Schweißen notwendig. Beim Laserschweißen ist es möglich, die endbearbeiteten Achsendstücke an den Achsgrundkörper zu schweißen. Die Anzahl der Fertigungsschritte für dieses Bauteil konnte damit halbiert werden. Voraussetzung für diese Vorgehensweise war ein nahezu verzugsfreies Schweißen und ein hochgenaues Spannen der Einzelteile. Aufgrund des hohen Kohlenstoffäquivalents der Achsendstücke ($CE=0,47$) werden die Bauteile an den Fügepositionen mit einer Induktionsspule auf ca. 350°C erwärmt. Vor dem Schweißen wird auch hier die Fügeposition mit einem Sensor gemessen und ggf. korrigiert. Mit dem eingesetzten 12kW Laser kann mit 2,1m/min geschweißt werden. Der Schweißprozess und ein Querschleif der Naht sind in **Bild 8** zu sehen.

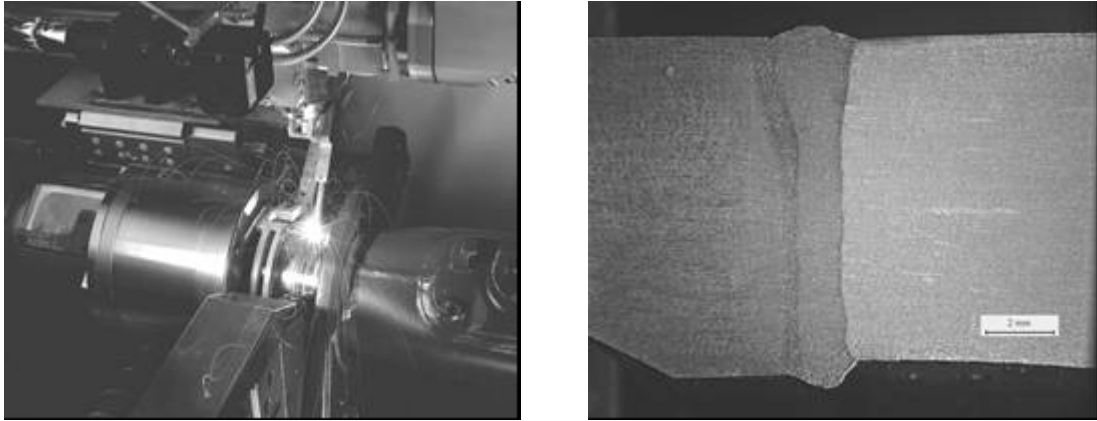


Bild 8: Laserschweißen einer LKW-Achse: links Prozess, rechts Querschleiff

4 Zusammenfassung

Wie in diesem Artikel gezeigt wurde, geht der Trend zu kompakten und modular aufgebauten Laserschweißanlagen. Durch den modularen Aufbau können die Anforderungen des Schweißprozesses und der Fertigung schnell mit Hilfe von geprüften Standardkomponenten umgesetzt werden. Die Laserschweißtechnik entwickelt sich hin zu immer schwierigeren Werkstoffen und wird immer häufiger mit geeigneter Sensorik unterstützt. Dies zeigt einmal mehr, dass das Laserschweißen von Antriebsstrangkomponenten mehr als nur eine geeignete Strahlquelle bedeutet. Die technisch und wirtschaftlich ideale Anlage, die Prozesstechnik, die Sensorik und auch die Dienstleistungen wie Applikationsunterstützung, Teleservice und weltweiter Service vor Ort sind wichtige Komponenten der Komplettlösung.

Zukünftig wird sich auch der Scheibenlaser in dieser Industrie etablieren. Erste Projekte sind hier schon in der Planungsphase. Vor allem bei Bauteilen mit kurzen Schweißzeiten ist ein Mehrstationenbetrieb ideal. Mit der schnellen und einfachen Strahlweiche mit bis zu 6 Ausgängen kann hier idealerweise ein Scheibenlaser verwendet werden. Die hohe Fokussierbarkeit und die hohe verfügbare Leistung erfüllen schon heute die Anforderungen an minimalen Verzug gleichzeitig hoher Einschweißtiefe.

5 Literatur

- [1] Shu, Xiangjun: Untersuchung von Werkstoffkombination aus Gusseisen und Stahl, Shaker Verlag (1994).