

RISS AM WASSERMANTEL EINES OLDTIMERMOTORS INSTANDGESETZT

Patient mit dem Laserstrahl geheilt

Christian Frank, Maulbronn

Oftmals entsteht ein Reparaturstau, wenn der Motor Wasser verliert, aber Kühler, Schläuche und Wasserpumpe in Ordnung sind. Risse im Wassermantel, egal ob wegen eines Frostschadens oder wie im vorliegenden Fall wegen Überhitzen des Motors nach schneller Fahrt und anschließendem Stehen im Stau, bedeuten in der Regel: Ein neuer Block muss her, da eine Reparatur durch Schweißen zu risikoreich ist und oft die Kosten für einen totalen Rückbau des Motors mit Neuaufbau schnell aus dem Ruder laufen können. Sollte mangels neuen Blocks doch geschweißt werden, muss bei einer Lichtbogen-schweißung der Block komplett leer sein. Diese Risiken bestehen nicht beim Einsatz eines Nd:YAG-Lasers, wie am Beispiel des Motors eines Chevrolets von 1974 (Bild 1) gezeigt wird.

Beim Wolfram-Inertgasschweißen besteht nur nach Vorwärmen auf 400°C, Halten dieser Temperatur beim Schweißen und langsamem Abkühlen eine Chance, dass die Schweißung rissfrei bleibt, nachdem der Motorblock wieder in Betrieb genommen wurde. Ein Restrisiko besteht nach einer derartigen Vorgehensweise insbesondere, dass durch Verzug nichts mehr passt. Dann war nicht nur der bisherige In-

standsetzungsaufwand umsonst, sondern der Motor ist endgültig Schrott. Eine Alternative zum Wolfram-Inertgasschweißen ist das Laserstrahlschweißen. Hierfür müssen Anbauaggregate nur entfernt werden, soweit es für die Zugänglichkeit und die Positionierung erforderlich ist. Das Laserstrahlschweißen ist im übrigen heute längst kein Exot mehr unter den Schweißverfahren und wird bei einer Viel-

zahl von Werkstoffen für Auftrag- und Verbindungsschweißen sowie Wärmebehandlung eingesetzt.

Allerdings wird auch beim Laserstrahlschweißen die Luft etwas dünner, wenn es um Graugusswerkstoffe geht. Man unterscheidet Grauguss grob zwischen den mit Kugel- und den mit Lamellengraphit. Bei letzterem entsteht beim Abkühlen eines Schweißbads spontan eine martensitische kristalline Struktur, die bei falschen Arbeitsparametern zu Rissen führt. Weil Oldtimermotoren aus genau dieser Sorte Grauguss bestehen, braucht es neben einer leistungsstarken Nd:YAG-Laserstrahlquelle zum einen die passenden Zusatzwerkstoffe und zum anderen ein umfassendes Know-how des Schweißers, um ein brauchbares Schweißergebnis erzielen zu können.

Laserstrahlschweißen im Unterschied zu Wolfram-Inertgasschweißen

Erforderlich ist eine Nd:YAG-Laserstrahlquelle mit einer für die Schweißaufgabe ausreichenden Strahlleistung (hier 300 W). Die Brennweite der Bearbeitungsoptik muss flexibel verstellbar sein, um die Fokusslage dem Arbeitsfortschritt individuell anpassen zu können. Die Bearbeitungseinheit muss sich von Hand führen lassen und erfordert zum dreidimensionalen Beobachten der Arbeitsstelle ein Stereomikroskop mit sechzehnfacher Vergrößerung (Bild 2).

Das Laserstrahlschweißen bietet den Vorteil, dass die gepulsten Schweißbäder im Millisekundenbereich entstehen und mit einer Frequenz zwischen 1 und 100 Hz aneinandergereiht werden. Bei einer derart hergestellten Schweißnaht (Bild 3) gibt es so gut wie keine Streckenenergie, durch die in der Temperatureinflusszone eine kritische martensitische Zone entstehen könnte. Der Schweißer erhält bei 16-fach vergrößerter Darstellung des Schweißablaufs gute Kontrolle über Qualität und Design der Schweißnaht. Das Laserstrahlschweißen ist aber nicht narrensicher; ignoriert der Schweißer Fehler, die er sieht, macht

► Bild 1. Bei der erforderlichen Grundüberholung dieses Chevrolet „Nova Custom“ des Baujahrs 1974 wurde ein Riss im Wassermantel des Motorblocks entdeckt.





▲ Bild 2. Ausgebauter 5,7-L-Motor „350cui small block“ in Arbeitsposition unter der Bearbeitungsoptik des Nd:YAG-Laserstrahlschweißgeräts



▲ Bild 4. Der mit bloßem Auge an Rost- und Kalkspuren erkennbare sichtbare Riss (links) wurde mit einem 3-mm-Fräser ausgearbeitet (rechts)



▲ Bild 5. Links und rechts vom bis in den Wassermantel ausgeschliffenen Haupttriss wurde ausgenutet, um den Haarrissverlauf ermitteln zu können.



▲ Bild 3. Mindestens 90% Überlappung der einzelnen Schweißbäder (links) und im Querschliff (rechts) erkennbare einwandfreie Anbindung zwischen Schweißzusatz- und Grundwerkstoff sowohl in den Schweißnahtschultern als auch in der Schweißnahtwurzel



▲ Bild 6. Mit dem Laserstrahl links und rechts vom Haupttrissende sichtbar gemachte Haarrisse

es auch hier sofort oder später im Werkstück „Krack“.

Im Unterschied zum Wolfram-Inertgas-schweißen ist beim Laserstrahlschweißen keine bestimmte Stromstärke einzustellen, um die Schmelztemperatur des Grundwerkstoffs – etwa 1500°C bei Grauguss – zu erreichen, um dann unter Berücksichtigung der kritischen Bereiche der durch die Streckenenergie beeinflussten Abkühlgeschwindigkeit (sowohl in der Schweißnaht als auch in der Wärmeinflusszone!) durch Abschmelzen des Zusatzwerkstoffs die gewünschte metallurgische Verbindung herzustellen.

Und da ist ja auch noch die Qual der Wahl des richtigen Schweißzusatzes beim Einsatz der Lichtbogenschweißverfahren bei der Reparatur von Grauguss. Welcher Zusatz passt

am besten – Nickel, Bronze oder ein „weicher“ Stahl? Was anders ist beim Laserstrahlschweißen und bei einem geübten und erfahrenen Anwender funktioniert, geht aus dem Text im Infokasten hervor.

Von der Fugenvorbereitung bis zur fertigen Schweißnaht

Vor dem Schweißen ist sicherzustellen, dass die Schweißzone trocken, rost- und mineralfrei ist, da Wasser (nicht Öl) beim Verdampfen mit den freiwerdenden Mineralien das Schweißgut mit Blasenbildung negativ beeinflusst und dabei viele Mikrorisse entstehen. Als Nächstes muss das Ausmaß des Risses klar ermittelt werden. Unter dem Arbeitsmikroskop des Laserstrahlbearbeitungskopfs wird dazu mit einer Zylinderfräse zunächst der sichtbare

Rissverlauf bis in den Wassermantel ausgeschliffen (Bild 4). Der Haupttriss setzt sich erfahrungsgemäß immer in einem Haarriss fort, der jedoch mit dem unbewaffneten Auge gar nicht sichtbar ist. Um dessen Verlauf bis zum Ende zu ermitteln, wird links und rechts vom Haupttriss in der vermuteten Haarrissrichtung eine abgerundete Nut in das Bauteil geschliffen (Bild 5). Mit dem durch Defokussierung auf minimale Energie eingestellten Laserstrahl wird der freigelegte Bereich „abgesannt“. Der Haarriss weitet sich dabei etwas auf, sodass an den jetzt erkennbaren Veränderungen (Bild 6) das tatsächliche Ende deutlich wird. Das Anwenden der Farbeindringprüfung hätte bei dem Motorschaden zu einer zu kurzen Rissanzeige geführt. Denn durch Kalk und Korrosionsprodukte aus dem Kühlwasser wäre der

► Bild 7. Als Badsicherung in den ausgearbeiteten Riss eingelegter 3-mm-Nickeldraht



Haarrissbereich derart zugesetzt gewesen, dass keine zuverlässige Anzeige der Rissenden zustande gekommen wäre.

In der freipräparierten Schweißzone wird ein Nickeldraht mit 3 mm Durchmesser positioniert und mit Nickelschweißzusatz so fixiert, dass der halbe Radius in den Innenraum des Wassermantels ragt (Bild 7). Ohne diese Badsicherung ergäbe sich beim Schweißen auf der Wurzelseite eine Nahtunterwölbung, was zu einer Schwächung der Wanddicke führen würde. Mit einem 0,6-mm-Nickeldraht wird die Badsicherung rechts beginnend an den Grauguss geschweißt (Bild 8). Nur mit reinem Schweißzusatzwerkstoff aus purem Nickel kann die hyperaktive Reaktivität des Graugusses beherrscht werden.

Ist dieser Arbeitsvorgang abgeschlossen, wird der geschweißte Bereich blank geschliffen. Dabei wird die Schweißfuge so präpariert, dass Schultern für die folgenden Schweißabläufe entstehen (Bild 9). Beginnend in der Fugenmitte wird abwechselnd in kurzen Raupen Lage für Lage die Schweißfuge gefüllt (Bild 10). So entsteht ein Fischgrätenmuster, und in der Schweißnaht werden so gut wie keine Zugspannungen aufgebaut. Durch diese Vorgehensweise ergibt sich eine ebene Naht entsprechend der originalen Wanddicke des Motorblocks. Sie wird abschließend umlaufend mit einer weiteren Schweißraupe „gesäumt“, um Randkerben auszuschließen (Bild 11).

► Bild 9. Die eingeschweißte Badsicherung ist so beschliffen, dass die Übergänge zwischen Schweißgut und Grauguss metallisch blank sind.

Langzeitbeständigkeit erfordert Korrosionsschutz

Oft wird nicht beachtet oder zumindest unterschätzt, dass über die Jahre im Kühlkreislauf (Kühler, Schläuche, Wasserpumpe und Was-



▲ Bild 8. Begonnenes Anschweißen der Badsicherung aus Nickel an den Grauguss



sermantel) chemische und elektrochemische Prozesse ablaufen. Sie führen stets zu Rost- und Kalkablagerungen im System. Durch das Schweißen und das Einbringen von Nickel (Nickel ist elektrochemisch edler und damit korrosionsbeständiger als Grauguss) ergeben sich zwangsläufig elektrische Spannungsunterschiede zwischen diesen beiden Werkstoffen. Diese Potenziale führen zu elektrochemischer Korrosion, weil in aller Regel Leitungswasser in das Kühlsystem eingefüllt wird. Deshalb ist es wichtig, den geschweißten Bereich durch chemisches Versiegeln vor Spaltkorrosion zu schützen. Eine Reinigungs- und Konservierungsspülung mit „Water Coat Proof 100“ von DSI (Bild 12) versiegelt die blanke Stelle im rostigen System und sorgt so für Ruhe an der Wasserfront.

In einer ersten Reinigungsspülung wird der Wassermantel des einbaufertigen Motors (Bild 13) von Metallspänen, weiteren Schleifrückständen, losem Rost und Kalk befreit. Hierfür empfiehlt sich destilliertes Wasser, dem das Reinigungsmittel im Verhältnis 1 : 10 (1 Teil „WCP 100“ auf 10 Teile Wasser) zugemischt wurde. Dies erfolgt dann nicht mehr im Schweißbetrieb, sondern im eingebauten Zustand in der Autowerkstatt (Bild 14). Nachdem die unerwünschten Rückstände aus dem Wassermantel entfernt sind, wird der Motorblock mit den Nebenaggregaten verbunden. Jetzt wird als Kühlwasser erneut die Reinigungsmischung eingefüllt und der Motor mit diesem Kühlmittel etwa 30 min betrieben. Bei der erhöhten Tem-



▲ Bild 10. Jede Lage wird von der Rissmitte nach außen abwechselnd in kurzen Abschnitten geschweißt.



▲ Bild 11. Abschließend erhält der Übergang Schweißnaht-Grauguss umlaufend eine schmale Schweißbraupe.



▲ Bild 12. Reinigungskonzentrat für den Langzeitkorrosionsschutz

operatur wirkt das Reinigungsmittel stärker und überführt auch die restlichen in Wasserpumpe, Schläuchen und Kühler vorhandenen chemisch wirksamen Stoffe in ungefährliche Produkte. Auf diese Weise wird der Schweißbereich vor Spaltkorrosion geschützt und bleibt dort dauerhaft dicht. Nach dem Ablassen der Reinigungsflüssigkeit wird das Kühlsystem mit Wasser und Frostschutzmittel befüllt. Damit ist dann eines der vielen p.i.a.p's (problems in all parts) dieses Fahrzeugs beseitigt (Bild 15).

Fazit

Grauguss lässt sich mit dem Laserstrahl schweißen. Es entsteht kein Risiko für das geliebte Objekt, weil kein Verzug es möglicherweise unbrauchbar macht. Ein mechanisches Nachbearbeiten der instandgesetz-



◀ Bild 13. Da die Ölwanne einschließlich Ölfüllung während der gesamten Instandsetzung montiert bleibt, ist der Motorblock nach dem Schweißen gleich wieder einbaufertig.

ten Stelle ist angesichts der nur geringen optischen Veränderung nicht erforderlich. Zudem ist es bei in Zukunft auftretenden Schäden beliebig oft wiederholbar. Das Beseiti-

gen des Risses am Wassermantel durch Laserstrahlschweißen war auf den ersten Blick nicht gerade billig. Die Schleif- und Schweiß-

Professional Extreme
Der Schweißstisch mit einer Härte von 700 Vickers.

» extrem widerstandsfähiger, plasmanitrierter Werkzeugstahl
» kratzfest und rostunempfindliche Oberfläche
» mehr Stabilität und Tragkraft für höchste Belastungen
» verbesserte Ergonomie für sicheres und einfacheres Arbeiten

NEU

Professional Extreme live sehen:
Schweißen&Schneiden
16.09. - 21.09.2013
Hall 11, Stand A106

siegmund

Fordern Sie unseren kostenlosen Katalog an (ca. 600 Seiten).
Bernd Siegmund GmbH · Ährenstraße 29 · 86845 Großaitingen
info@siegmund-group.com · www.siegmund-group.com

INFO

Nd:YAG-Laser beim Instandsetzungsschweißen

Der zum Einsatz kommende Nd:YAG-Laser arbeitet im Infrarotbereich (Wellenlänge 1064 nm). Der über die Fokussieroptik auf das Objekt gelenkte Laserstrahl wird gepulst. Dadurch überführt die im Laserstrahl mitgeführte Leistung (W) und Wärmeenergie (J) entsprechend dem Fokusdurchmesser (W/mm^2) und der Pulsdauer (ms) den Werkstoff innerhalb von Millisekunden vom festen in den flüssigen Zustand und nach dem Pulsende unmittelbar zurück in den festen Zustand.

Die Schmelzaktivität, die der Laserstrahl im Werkstoff entfaltet, hängt außerdem von der Absorptionsrate seiner Wellenlänge und der Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs ab. Ist die Absorptionsrate hoch und die Wärmeleitfähigkeit niedrig, lässt sich problemlos ein Schweißprozess nach dem Prinzip des Wärmeleitungsschweißens einleiten. Hierbei ist die in den Werkstoff eingekoppelte Energie verhältnismä-

ßig niedrig, sodass der Laserstrahl nur wenig in die Tiefe dringt und eine breitere Naht erzeugt. Ist die Absorptionsrate niedrig (Laserstrahl wird zum weit überwiegenden Teil von der Werkstoffoberfläche reflektiert) und die Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs hoch, gestaltet sich das Schweißen schwierig, weil höchstens ein stark eingeschränkter Schmelzprozess möglich ist. Grundsätzlich sind Eisenwerkstoffe besser zu schweißen als beispielsweise Kupfer und dessen Legierungen wie Bronze (Messing ist ein anderes Kapitel).

Nach einem auf Grund- und Zusatzwerkstoff sowie Arbeitsumfang abgestimmten Prozessschema wird die Schweißzone Lage um Lage aufgebaut. Hält sich der Schweißer diszipliniert an die vorgegebenen Abläufe, so wächst die Schweißzone kontinuierlich in Breite und Höhe auf das Fertigmaß der Wanddicke.

Die Vorteile liegen klar auf der Hand. Die Maximaltemperatur im Bereich der Schweißzone steigt nicht über 50 bis 80°C. Der Schweißprozess kann beliebig oft unterbrochen werden und wann auch immer wieder aufgenommen werden. Das Nahtaussehen ist nicht von unkalkulierbaren Einflüssen, etwa Blasenbildung durch Überhitzung, abhängig und erfordert deshalb nicht unbedingt ein Nachbearbeiten. Deshalb ist nach dem Ende des Schweißens der Rückbau des Blocks in den Motorraum unmittelbar der nächste Arbeitsschritt.

Rost, Kalk und Wasser im Schweißbereich sind der Tod jeder Schweißung, und der Misserfolg ist in einem solchen Fall garantiert. Deshalb ist beim Vorbereiten des Schweißbereichs akribisch vorzugehen und erst dann das Ausschleifen zu beenden, wenn sicher im gesunden Grundwerkstoff mit dem Schweißen begonnen werden kann.

arbeiten erforderten sechs Arbeitsstunden, die mit 100 €/h zu vergüten waren. Wäre man die Reparatur mit Wolfram-Inertgasschweißen angegangen, hätte man sich jedoch dem Risiko des Misslingens der Arbeiten ausgesetzt. Inso-

fern kam das Laserstrahlschweißen auch nicht teuer, weil der Motor sofort danach einbaufertig war und keine im Zusammenhang mit dem Wolfram-Inertgasschweißen erforderlichen kostenträchtigen Arbeiten (sämtliche Anbauaggre-

gate abbauen, Öl ablassen, Ölwanne, Zylinderkopf usw. demontieren, Vorwärmen und Wärmenachbehandeln sowie anschließender Zusammenbau) anfielen. Allerdings bleibt häufig das Problem, einen kompetenten Laserstrahl-



**Wir sind zertifiziert nach
DIN EN ISO 3834-2:2006/26.07.11**

DSI Laser-Service GmbH

Daimlerstraße 22
75433 Maulbronn
☎ 07043 9555 6
☎ 07043 9555 89
info@dsi-laser.de
www.dsi-laser.de

- **Laserschweißreparatur** von Großformen und Maschinen bis 60 t im Laserzentrum Maulbronn
- **Oldtimerreparaturen**
- **Emergency Service** direkt beim Kunden
- **Laserauftragsschweißen**
- **Vertrieb von:**
Schweißzusätzen (Laser-Mold®)
Lasierzubehör
Laser-Applikationsvorrichtungen
Laserbeschriftungssysteme
Vertriebspartner von Alpha Laser GmbH
- **Laserschulungen** (Modul I, II, III, IV)
- **Laserbeschriftungen**



▲ Bild 14. Eingebauter Motor, bereit für die Reinigungsspülung.

schweißbetrieb mit der notwendigen Zeit für derartige Schweißaufgaben zu finden. ■



Christian Frank,
Geschäftsführer,
DSI Laser-Service GmbH,
Maulbronn,
info@dsi-laser.de

joined for welding **GSI SLV**
Duisburg

DVS VERBAND

3. FACHTAGUNG
SCHWEISSTECHNISCHE VERARBEITUNG
VON STÄHLN IM KRAFTWERKSBAU

Ansprechpartner:
Bettina Koths
Tel.: 0203 3781-244
anmeldung@slv-duisburg.de
www.slv-duisburg.de

Tagung
12.06.2013
Duisburg



◀ Bild 15. Der Schrauber (links) und der Besitzer (rechts) sind glücklich über die schweißtechnische Beseitigung eines Hauptproblems des Oldtimers.

VERÖFFENTLICHUNGEN ■

Beuth Praxis: Rechtskonformes Inverkehrbringen von Produkten – In 10 Schritten zur Konformitätserklärung

Das Buch von Peter Buck, Michael Loerzer und Andreas Schwabedissen ist eine praktische Hilfe für alle, die mit Konformitätserklärungen zu tun haben. Es beschreibt anhand von ausgewählten Fallbeispielen den Prozess der Erstellung von Konformitätserklärungen in zehn Schritten.

Rechtsvorschriften der Europäischen Union (EU) decken heute fast alle Bereiche im kommerziellen und industriellen Gewerbe ab. Gemäß EU-Recht dürfen Waren nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn der Hersteller

nachweisen kann, dass die Produkte in Übereinstimmung mit den geltenden Anforderungen gefertigt werden. Die Übereinstimmung wird durch eine EU-Konformitätserklärung seitens des Herstellers bescheinigt und durch die CE-Kennzeichnung nach außen angezeigt. Aktuell gelten 24 EU-Richtlinien und Verordnungen im Bereich der CE-Kennzeichnung. Mit dem Leitfaden erhalten auch Nichtjuristen einen praxisnahen Einstieg in das Thema und finden hier eine verständliche Darstellung der rechtlichen Aspekte.

Folgende Fragen werden eingehend behandelt:

- Was bedeutet Inverkehrbringen?
- Was muss beachtet werden, wenn ein neues Produkt in Verkehr gebracht wird?
- Welche Rechtsvorschriften sind relevant und müssen beachtet werden?
- Was bedeuten Konformitätsbewertung und -vermutung?
- Was bedeutet „Compliance“ in Zusammenhang mit Rechtsnormen?
- Wo liegen die Unterschiede zwischen B2B- und B2C-Ware?

Hrsg.: DIN. 1. Auflage. 244 Seiten. Beuth Verlag, Berlin 2013. Preis 48,- Euro.