

plasmO 2010:

Qualitätssicherungssystem beim Remote-welding Laserschweißverfahren

Die Lasertechnik hat sich in den vergangenen Jahren zu einer zukunftsweisenden Technologie für das Fügen bei Automobilisten und Zulieferanten entwickelt. Mit der Laser-Remote-Welding –Technologie wurde ein Verfahren entwickelt, das in direktem Wettbewerb zum Punktschweißen steht. Die im Vergleich zum Punktschweißen 10- bis 15-fach höhere Schweißgeschwindigkeit, die frei programmierbare Nahtgeometrie und die nur einseitig notwendige Zugänglichkeit zu der Fügestelle sind Eigenschaften, die das Remote-Welding attraktiv machen. Insbesondere durch die auf dem Einsatz von höchstfesten Stählen basierenden Leichtbaukonzepte gewinnt das Remote-Welding eine weitere Zukunftsperspektive.

1. Qualitätsanforderungen

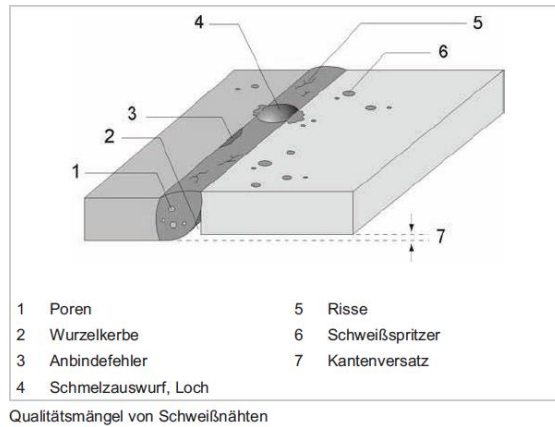
Die gestiegenen Qualitätsanforderungen an in Serie produzierter Komponenten in vielen Industriezweigen lassen sich häufig nur noch durch eine 100%ige Endprüfung realisieren. Auch die Frage nach der Validierbarkeit der Produktionsprozesse tritt immer stärker in den Vordergrund. Besonders offensichtlich ist dies in der Elektronikindustrie und in der Automobilindustrie, wo auch Remote-Welding-Verfahren vermehrt zum Einsatz kommen.

Hinter jeder Qualitätsprüfung steht die Frage, ob das Werkstück seine Funktion zuverlässig erfüllen wird. Beim Schweißen beziehensich die Qualitätskriterien auf die Eigenschaften der Naht und den Einfluss des Bearbeitungsprozesses auf das Werkstück. Zwei Grundanforderungen sind an Schweißnähte gerichtet:

2. Grundanforderung an Schweißungen

- **Breite und Tiefe** der Naht müssen die definierten Werte erreichen, denn sie bestimmen den Anbindungsquerschnitt und damit die Festigkeit der Schweißverbindung.
- **Die metallurgische Beschaffenheit**, das Gefüge der Naht, sollte möglichst gleichmäßig und feinkörnig sein.

Technische Normen nennen viele weitere Kriterien und verschiedene Arten von Nahtfehlern. Sie unterscheiden dabei äußere und innere Nahtfehler. Bild 1 zeigt einige davon

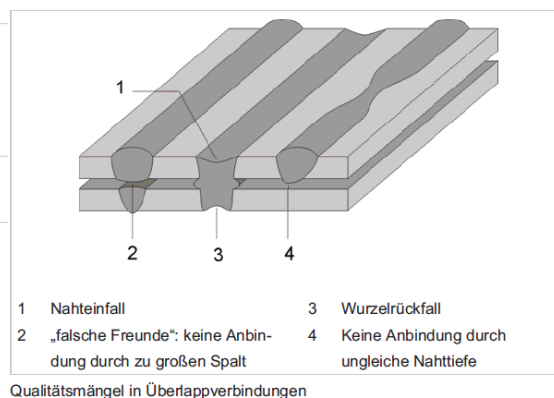


[Bild 1: Qualitätsmängel von Schweißnähten]

3. Innere Nahtfehler von Schweissnähten

Typische innere Nahtfehler sind:

- **Anbindefehler:** Der Fügespalt ist nicht vollständig gefüllt.
- **Poren:** Die Naht enthält kleine Luft- oder Gasblasen.
- **Risse** in der Nahtoberfläche oder im Werkstück.



[Bild 2: Qualitätsmängel bei Überlappverbindungen]

4. Äußere Nahtfehler

Äußere Nahtfehler und ihre Auswirkungen:






- **Nahtformfehler** wie Einbrand- und Wurzelkerben sind Schwachstellen, an denen die Naht reißen kann.
- **Schmelzauswurf:** Wenn Schmelze aus der Naht geschleudert wird, entstehen Löcher. Diese verringern die Festigkeit und können die Naht undicht machen.
- **Nahteinfall und Wurzelrückfall** verringern den Nahtquerschnitt und damit die Festigkeit.
- **Kantenversatz** bei Stumpfstoßen verringert den Nahtquerschnitt.
- **Mulden** am Nahtende, so genannte Endkrater, verringern den Nahtquerschnitt.

- **Oxidation** der Nahtoberfläche reduziert die Korrosionsbeständigkeit von rostfreien Stählen.
- **Spritzer** auf dem Werkstück oder auf der Nahtoberfläche können stören und erfordern dann Nacharbeit.

5. Wärmeeinbringung und Verzug

Während des Schweißens gibt die Schmelze ihre Wärme an das umgebende Material ab. Hohe Qualität heißt, das Werkstück möglichst wenig zu erwärmen und dafür zu sorgen, dass die Wärme gut abfließen kann. Hierfür gibt es drei Strategien:

- Gestepte Nähte statt durchgezogener Schweißlinien.
- Im Pulsbetrieb schweißen.
- Wenn die Baugruppe viele Schweißpunkte oder -nähte enthält, die Schweißreihenfolge so wählen, dass das Bauteil gleichmäßig erwärmt wird.

Form	Grafik	Bewertung
Durchgezogene Linie		Die Standardnaht im cw-Betrieb; am Anfang und Ende der Naht ist die mechanische Spannung bei Belastung am höchsten und die Einschweißtiefe geringer. Die Naht ist gas- und flüssigkeitsdicht.
Gestepte Linie		Wärmeeintrag geringer als bei der durchgezogenen Linie; geringere Einschweißtiefe am Anfang und Ende jedes Nahtabschnitts.
Linie aus Einzelpunkten		Die Standardnaht für gepulste Laser. Geringere Erwärmung durch Pulsen; das Werkstück kühlt in den Pausen zwischen den Pulsen ab; gas- und flüssigkeitsdicht – abhängig vom Überlappungsgrad der Schweißpunkte.
Einzelne Schweißpunkte		Typische Verbindung für Puls laser. Anwendung meist im Elektronik-Bereich; durchlässige Verbindung.
Freie Formen		Möglich mit Scannerschweißen; die Nahtform wird für die Belastung optimiert; Wärmeeinbringung wird optimiert.

Nahtarten im Überblick

[Bild 3: Nahtarten im Überblick]

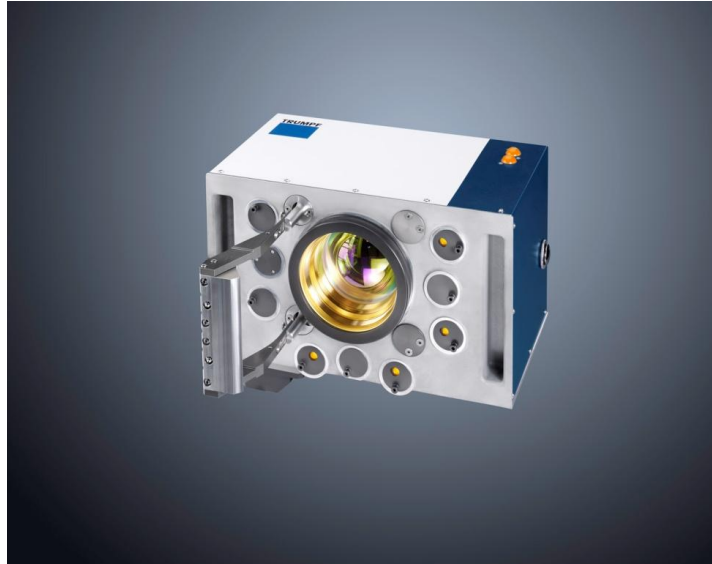
6. Parameter

Wer mit dem Laser schweißt, muss mit folgenden Laserparametern richtig umgehen können:

- Die Laserleistung hängt von Werkstoff, Verfahren und Nahtgeometrie ab. Edelstahlkanten mittels Wärmeleitungsschweißen zu verbinden erfordert weniger Leistung als Tiefschweißnähte in Baustahl zu erzeugen.
- Die Schweißgeschwindigkeit bestimmt im cw-Betrieb, wie viel Energie das Material entlang der Schweißnaht aufnimmt (Streckenenergie). Sie beeinflusst Tiefe und Form der Naht.
- Im Pulsbetrieb ergibt sich die Schweißgeschwindigkeit aus Pulsfrequenz und Überlappung der Schweißpunkte. Pulsleistung und Pulsdauer bestimmen, wie viel Energie ins Material gelangt.
- Fokusbereich und Fokusbildung bestimmen den Strahldurchmesser auf dem Werkstück und beeinflussen so Breite und Tiefe der Naht.
- Die Leistungsdichte muss hoch genug sein, um die Bearbeitungsschwelle für das jeweilige Verfahren zu überschreiten. Zum Tiefschweißen werden höhere Leistungsdichten benötigt, als zum Wärmeleitungsschweißen.
- Ein Doppelfokus, kann das Schweißergebnis bei einigen Anwendungen verbessern, zum Beispiel: Schweißen von Aluminium oder Nähten im Überlappstoß.

7. Aufbau und Funktionsweise der Inline Prüfmittel für Remote-Welding

Die processobserver Baurreihe basiert auf der Auswertung der sichtbaren und infraroten Lichtemissionen, die für I.O.- und N.i.O-Schweißungen unterschiedlich sind. Hierzu wird das Prozesslicht über sechs Lichtleiter,



[Bild 4: Fenster für Lichtleitfasern zur Abdeckung des Remoteräumes]

die in die Schweißoptik integriert sind, zu einem Sensor geführt und ausgewertet. Die Emissionswerte für eine i.O.-Schweißung müssen innerhalb einer vorausbestimmten Streubreite liegen. Diverse über Jahre entwickelte Algorithmen erkennen sicher relevante Prozessschwankungen, die beim Remote-Schweißen auftreten. Dadurch ist es möglich, jede Naht auf Basis der vorgegebenen Qualitätskriterien zu prüfen und eine systemseitige IO/NIO Entscheidung herbeizuführen, ob eine Nacharbeit notwendig und das Bauteil entsprechend aus dem Prozess auszuschleusen ist. Bei komplexen Bauteilen, wie Sitzgarnituren und Automobiltüren mit bis zu 1000 Nähten, liegt die Auswertung aller Nähte mit dem Ende der Bauteilverarbeitung vor. Naht zu Nahtzeiten von bis 10ms sind durch die Raumabdeckung des Remoteschweißraums ohne Problem möglich.

8. Parameter und Auswertalgorithmen

Grundsätzlich gilt: wer mit dem Laser schweißt, muss mit vielen diversen Laserparametern richtig umgehen können um auch die richtigen Rückschlüsse auf den Prozess zu erzielen. Der plasmoo processobserver mit seiner modularen Software hat sich bei der Überwachung und Detektion von Schweißfehlern vielfach in der Praxis bewährt und als sehr vorteilhaft erwiesen. Als maßgeblicher Vorteil dienen die verschiedenen Auswertalgorithmen.

- Absolute Grenzen / Langzeitfehler
- Relative Grenzen / Kurzzeitfehler
- Minimale Schweißzeitlänge / zu kurze Naht, Veränderung der Schweißgeschwindigkeit
- Signaldynamik / Anbindungsfehler, Falsche Freunde
- Pulsfrequenz, Pulsdauer und Anzahl Pulse

Jeder dieser mathematischen Algorithmen wurde nach langen Erfahrungen durch verschiedene Schweißverfahren bei verschiedenen Serienprozessen und Laborversuchen entwickelt und für die Detektion bestimmter Fehlerarten im System implementiert. Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich Fehlerarten bei verschiedensten Applikationen meist ähnlich im Signalverlauf bzw. in der Veränderung der Lichtintensität verhalten.

Parameter	Beschreibung	Bewertung
Laserleistung	Die Laserleistung hängt von Werkstoff, Verfahren und Nahtgeometrie ab. Edelstahlkanten mittels Wärmeleitungsschweißen zu verbinden erfordert weniger Leistung als Tiefschweißnähte in Baustahl zu erzeugen.	Die Signalintensität steigt oder sinkt mit der Veränderung des Prozessparameters über einen längeren Zeitraum und überschreitet die "absoluten Grenzen".
Geschwindigkeit	Die Geschwindigkeit bestimmt im CW – Betrieb wie viel Energie das Material entlang der Schweißnaht aufnimmt (Streckenenergie). Sie beeinflusst Tiefe und Form der Naht.	Falls ein Signalverlauf kürzer ist als dieser Wert eingestellt wurde, bewertet der plasmO processobserver die Schweißnaht als NIO.
Pulsbetrieb	Im Pulsbetrieb ergibt sich die Schweißgeschwindigkeit aus Pulsfrequenz und Überlappung der Schweißpunkte. Pulsleistung und Pulsdauer bestimmen, wie viel Energie ins Material gelangt.	Die zentrale Überwachung der Signalenergie je Naht durch wird durch Anzahl der Pulse, Pulsfrequenz und Pulsdauer bestimmt.
Leistungsdicht	Die Leistungsdichte muss hoch genug sein, um die Bearbeitungsschwelle für das jeweilige Verfahren zu überschreiben. Zum Tiefschweißen werden höhere Leistungsdichten benötigt, als zum Wärmeleitungsschweißen	Die Signalintensität steigt oder sinkt mit der Veränderung des Prozessparameters über einen längeren Zeitraum und überschreitet die "absoluten Grenzen".



[Bild 5: Inline processobserver advanced Überwachung im Einsatz mit Trumpf PFO 3D]

9. Dokumentation der Prüfergebnisse

Zur vollständigen Dokumentation aller Schweißnähte der produzierten Bauteile werden sämtliche Prüfergebnisse in einer Datenbank gespeichert. Neben der Information der Bauteilnummer werden detaillierte Informationen (siehe Bild 3) zu den einzelnen Schweißnähten sowohl naht- als auch bauteilbezogen gespeichert und dokumentiert.



[Bild 6: Software processobserver advanced Auswertung einer einzelnen Naht]

Dies ermöglicht eine lückenlose Dokumentation und bildet die Basis für die Visualisierung und kontinuierliche weitere Verbesserung des Produktionsprozesses und der Schweißprozessqualität durch statistische Verfahren.

10. Visualisierung

Zur schnellen Nahtoptimierung können sämtliche Prüfergebnisse am Arbeitsplatz oder an einem Offline AP dargestellt werden. Für den Werker wird z.B. die Position der automatisch durchgeführten Prüfung der Schweißnähte direkt am Bildschirm farblich durch rot oder grün angezeigt. Zusätzlich stehen umfangreiche Detailinformationen in Form von statistischen Auswertungen über mehrere Schichten direkt an den Fertigungsanlagen zur Verfügung oder werden im übergeordneten System abgespeichert. Über eine weitere externe Visualisierung am Bildschirm können dem Werker die Schweißnähte später in der Produktion angezeigt werden und ggf. nachbearbeitet werden.

plasma Industrietechnik GmbH

plasma ist ein innovatives, weltweit agierendes Technologieunternehmen für automatisierte Qualitätssicherungssysteme in der produzierenden Industrie. 2003 gegründet, ist plasma führend in der Echtzeit-Qualitätskontrolle für Schweißprozesse. Das breite Portfolio im Bereich Qualitätssicherung umfasst Laserleistungsmessung, Kontrolle von Schweißprozessen, Überwachung von Schweißnähten, geometrischen Formen und Oberflächen, maßgeschneiderte Lösungen im Bereich industrieller Bildverarbeitung, Analysesoftware sowie ausgedehnte Serviceangebote. Das Expertenteam begleitet seine Kunden von der Definition der Prüfaufgabe bis hin zur Realisierung des Prüfsystems. Fast alle in Europa produzierten Fahrzeuge von Audi bis VW, aber auch Weiße Ware und viele andere Industrieprodukte passieren in der Fertigung die innovativen Prüfsysteme von plasma. International vertrauen namhafte Kunden von ABB über Hettich bis Magna und zahlreiche Automobilhersteller wie Audi, BMW, Daimler, PSA, Suzuki, Volvo oder der holländische Stahlhersteller Corus auf Qualität und Qualitätssicherung von plasma. Im Jahr 2008 erwirtschaftete das 20köpfige Unternehmen mit Hauptsitz in Wien einen Umsatz von 1,8 Mio. EUR. 2008 eröffnete das neue

plasma-Büro in Deutschland und auch die plasma-Vertriebspartner in Japan, Belgien, Niederlande und Luxemburg starteten ihre Aktivitäten.

Autor: Daniel Nufer/plasma Industrietechnik GmbH

Copyright plasma, Abdruck honorarfrei
Fotodownload und weitere Infos: <http://www.plasma.eu>

Rückfragehinweis:

plasma Industrietechnik GmbH

Niederlassung Deutschland

Tina Bruno

tina.bruno@plasma.eu

Tel +49 (711) 49066 307

Fax +49 (711) 49066 309

Leitzstr. 45, D-70469 Stuttgart