

Inhalt:

- 1 Zweck
- 2 Definition
- 3 Verfahrensvarianten
- 4 Systemtechnik
 - 4.1 Lasergeräte
 - 4.2 Prozessgase
 - 4.3 Handhabungssystem
- 5 Parameter und Besonderheiten
 - 5.1 Remote-Schweißen
 - 5.2 Remote-Schneiden: Dampfdruck-Schmelzschnitten
 - 5.3 Remote-Schneiden: Dampfdruck-Abtragschnitten
- 6 Technologiepotenziale und Anwendungsbeispiele
- 7 Schrifttum
 - 7.1 Normen
 - 7.2 Literatur

1 Zweck

Die Qualifizierung der Laserstrahl-Verfahren zum Fügen und Trennen und zu wissenschaftlich-technischen Entwicklungen hinsichtlich einer Ausschöpfung ihrer Technologiepotenziale schreitet stetig voran. Dies macht eine Sprachregelung für einen ungehinderten Wissenstransfer und Informationsaustausch notwendig.

Zweck des Merkblattes ist es, die im Weiteren als Laserstrahl-Remote-Bearbeitung bezeichneten Füge- und Trennverfahren zu definieren und besonders praxisrelevante Merkmale wichtiger bisher bekannt gewordener Verfahrensvarianten zu beschreiben.

2 Definition

Unter Laserstrahl-Remote-Bearbeitung (abgekürzt LRB) wird ein Laserstrahlbearbeitungsverfahren bezeichnet, das nachfolgende Bedingungen erfüllt:

- Bearbeitung aus großer Entfernung mit dem Ziel der Reduzierung von Nebenzeiten wie Strahl-Positionierzeiten, Bild 1.
- Der Arbeitsabstand zwischen Werkstück und Unterkante Bearbeitungsoptik ist typischerweise größer als 250 mm.
- Schnelle Positionierung des fokussierten Laserstrahls über Winkelablenkung des Strahls, z.B. durch Scanner. Dabei kann der Laserstrahl vor oder nach der Winkelablenkung fokussiert werden.

Dabei wird sowohl das Schweißen als auch das Schneiden betrachtet. Im Gegensatz zum konventionellen Laserstrahlschneiden wird beim Remote-Schneiden für den Schmelzaustrieb kein zusätzliches Schmelzgas benötigt.

3 Verfahrensvarianten

Bild 2 gibt einen Überblick zu den bekannten Varianten der LRB. Die eingesetzten Optiken zur Fokussierung des Laserstrahls auf das Werkstück kann eine Scanneroptik oder eine einfache Standardoptik in Verbindung mit einer Maschine oder einem Industrieroboter sein, die für eine Winkelablenkung des Laserstrahls im Bearbeitungsraum sorgen.

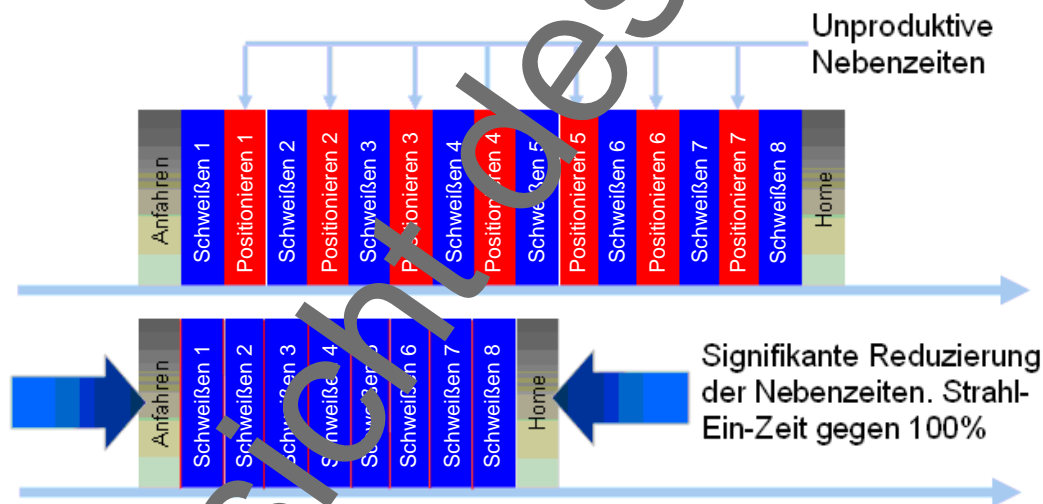


Bild 1. Reduzierung der Positionierzeiten (oben) durch LRB (unten).

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Bearbeitung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

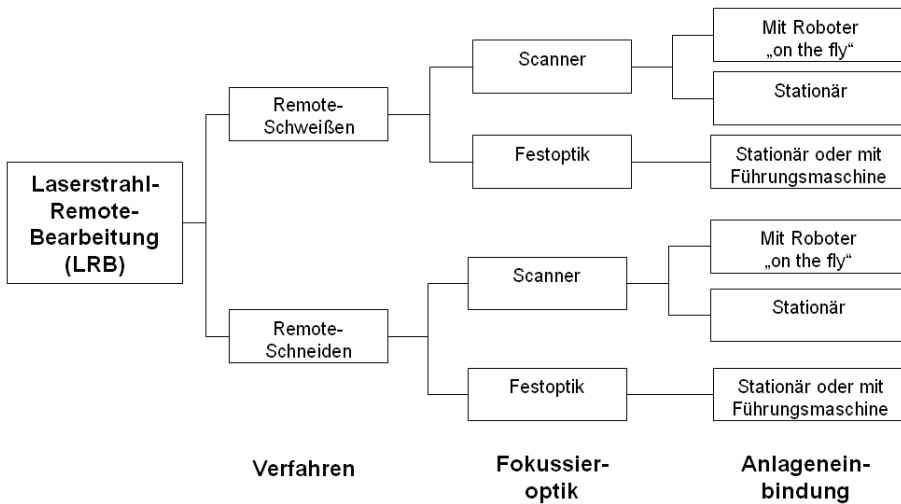


Bild 2. Struktur der Verfahrensvarianten.

Bei der LRB werden zwei Verfahrensvarianten unterschieden: Remote-Schweißen und Remote-Schneiden.

- Beim Remote-Schweißen unterscheidet sich der Schweißprozess grundsätzlich nicht vom herkömmlichen Laserstrahlschweißen, nur die Zeiten für die Versatzbewegung von Naht zu Naht werden minimiert.
- Beim Remote-Schneiden werden zwei Arten unterschieden:
 - Das gaslose Dampfdruck-Schmelzschnitten von Stählen, bei dem der Verdampfungsdruck auf der Schneidfront, unabhängig von der Einstrahlrichtung, für den Schmelzaustritt in Durchstrahlrichtung sorgt. Mit nur einer Passage können Stahlbleche bis zu mehreren Millimetern Dicke geschnitten werden. Dieses Verfahren kann nur mit Festkörperlaser im Wellenlängenbereich von 1 µm durchgeführt werden. Mit CO₂-Lasern lassen sich auch Nichtmetalle wie Papier, Kunststofffolien, Textilien oder Holzurniere mit Scanneroptiken ohne Gasunterstützung schneiden.
 - Das Dampfdruck-Abtragschneiden, das dem Gratieren ähnlich ist und durch mehrfaches Abfahren der Schneidfront zu einem Trennschnitt führt. Der Schmelzaustritt erfolgt hier entgegen der Einstrahlrichtung, in Richtung der Bearbeitungsoptik.

Weitere Lasermaterialbearbeitungsverfahren, wie Markieren und Beschriften, Bohren, Oberflächenbearbeitung oder generative Bearbeitung, werden hier nicht behandelt.

4 Systemtechnik

Zu einer LRB-Anlage gehören ein Lasergerät, eine Strahlführung zum Transport der Laserleistung vom Lasergerät in den Bearbeitungsraum, ein strahlformendes und strahlableitendes Optiksystm, eine Prozessgaszuführung und eine Maschine (z. B. ein Industrieroboter oder ein Portalsystem) zur Aufnahme und Positionierung des Optiksystms. Weitere erforderliche Komponenten sind: Absaugeinrichtung, Laserschutzkabine (Schutzklasse 1), Anlagensteuerung und optische Überwachungssysteme für den Bearbeitungsprozess.

4.1 Lasergeräte

Zur LRB werden verschiedene Laserstrahltypen mit unterschiedlicher Wellenlänge eingesetzt:

- CO₂-Laserstrahlung wird als Feistrahls über Spiegel zur Bearbeitungsoptik geleitet. Für eine 3D-Bearbeitung ist eine zusätzliche Bauteilbewegung erforderlich.
- Die Strahlungsleistung der eingesetzten Festkörperlaser im Wellenlängenbereich um 1 µm, wie z. B. Scheibenlaser, Fasersonde wird über Laserlichtkabel zur Bearbeitungsoptik geführt. In Verbindung mit einem Industrieroboter ist eine 3D-Bearbeitung möglich.

Beide Laserstrahltypen liefern hinreichend gute Strahlqualität, um eine LRB aus großem Arbeitsabstand mit genügend kleinem Fokussdurchmesser durchführen zu können. Allerdings werden Festkörperlaser wegen der einfacheren Integration in Fertigungsline und der 3D-Fähigkeit weitaus öfter eingesetzt als CO₂-Laser.

Die benötigte Strahlqualität für die LRB ist bei Festkörperlaser durch den Durchmesser d_{LLK} des Laserlichtkabels und dem dazugehörigen Austrittswinkel (Vollwinkel) θ_{LLK} gegeben. Das Produkt dieser beiden Größen wird Strahlparameterprodukt¹⁾ genannt und ist eine Systemkonstante. Es sollte zum Remote-Schweißen und Dampfdruck-Schmelzschnitten typischerweise kleiner als 10 mm · mrad und zum Dampfdruck-Abtragschneiden kleiner als 5 mm · mrad betragen.

Wie bei allen Laseranwendungen, muss der Laserstrahl durch geeignete Optiksystme an die Anwendung angepasst werden.

Zur LRB werden bevorzugt Scanner-Optiken eingesetzt. Sie bestehen im Wesentlichen aus 1 oder 2 hochdynamischen beweglichen Spiegeln (Galvospiegel) und einer Fokussieroptik, die entweder vor oder nach der Strahlableitung angeordnet ist. In Bild 3 ist schematisch der Strahlengang für beide Lasertypen zu erkennen.

Die Größe des Bearbeitungsfelds hängt von der Bauart und der Brennweite oder vom Arbeitsabstand des Fokussierobjektivs ab. Typische Bearbeitungsfelder bzw. Bearbeitungsräume für Hochleistungsanlagen sind:

| Laserstrahltyp | Arbeitsabstand [mm] | Feldgröße/-raum L x B x H [mm ³] | Typ. Wiederholgenauigkeit [µm] | Maximale Positionierdauer im ges. Feld/Raum [ms] |
|------------------------|---------------------|--|--------------------------------|--|
| Festkörperlaser | 370 | 300 x 300 | ± (10 – 20) | 30 |
| | 500 | 350 x 200 x 140 | ± (12 – 25) | 30 |
| | 1200 | 1000 x 1000 | ± (30 – 60) | 30 |
| CO ₂ -Laser | 2000 | 2900 x 1800 x 1000 | ± 100 | 330 |

¹⁾ SPP = $\frac{1}{4} \cdot d_{LLK} \cdot \theta_{LLK}$ = Konstant; nach DIN 32532