

Auflistung zum Thema: „Merkblatt DVS 3203-3: Ausgabe 9/2017 ersetzt Ausgabe 1/1990“

Laserstrahl-Schweißbeignung verschiedener metallischer Werkstoffgruppen

1. Allgemeine Baustähle

Hier liegt der Kohlenstoffgehalt bei 0,09 bis etwa 0,50 %. Stähle der Gütegruppe I enthalten bis zu 0,08 % Phosphor bei Schwefelgehalten bis zu 0,05 % und sind daher nur bedingt schweißgeeignet. Beim Laserstrahlschweißen von unberuhigt vergossenen Stählen können Poren und Risse entstehen

2. Kaltzähe Baustähle

Diese besitzen einen Kohlenstoffgehalt von 0,02 bis 0,26 %. Mit Ausnahme der stickstofflegierten Stähle ist bei nicht zu hohen Kohlenstoffgehalten eine sehr gute Schweißbeignung gegeben. Die stickstofflegierten Stähle neigen zur Porenbildung.

3. Warmfeste Baustähle

Der Kohlenstoffgehalt ist bei 0,10 bis 0,50 %. Kennzeichnende Legierungselemente sind hier Molybdän, Chrom und Vanadium. Werkstoffe mit Kohlenstoffgehalten < 0,20 % sind im Allgemeinen gut schweißgeeignet. Bei höheren Kohlenstoffgehalten muss entsprechend hoch vorgewärmt bzw. angelassen werden.

4. Feinkornstähle

Hier liegt der Kohlenstoffgehalt bei 0,15 bis 0,21 %. Einige Güten werden mit Titan oder Vanadium legiert (typische Legierungsgehalte 0,05 bis 0,12 %). Zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit bzw. Zugfestigkeit können Kupfer (0,30 bis 0,40 %) und/oder Nickel (0,25 bis 0,70 %) zulegiert sein. Alle Feinkornbaustähle sind gut schweißgeeignet.

5. Druckwasserstoffbeständige Stähle

Bei diesen Güten ist der Kohlenstoffgehalt bei 0,12 bis 0,30 % angesiedelt. Chrom mit Gehalten von 0,90 bis 5,50 % ist das wichtigste Legierungselement. Weiterhin enthalten sind Molybdän, Vanadium und Wolfram. Die dadurch gebildeten Chromkarbide bleiben auch bei höheren Temperaturen und Drücken weitgehend beständig gegen diffusiblen Wasserstoff. Im Allgemeinen sind diese Werkstoffe gut schweißgeeignet. Bei höheren Kohlenstoffgehalten muss vorgewärmt bzw. je nach Bauteilgeometrie nach dem Schweißen angelassen werden.

6. Einsatzstähle

Diese haben einen Kohlenstoffgehalt von 0,07 bis 0,29 %. Chrom mit Gehalten von 0,30 bis 2,10 %, Nickel mit 0,40 bis 4,75 % und Molybdän mit 0,15 bis 0,50 % sind kennzeichnende Legierungselemente. Der überwiegende Teil der Einsatzstähle ist ohne besondere Maßnahmen gut schweißgeeignet. Bei einigen höher legierten Güten muss vorgewärmt werden. Vor dem Schweißen ist die Einsatzschicht zu entfernen oder der spätere Schweißnahtbereich vor Aufkohlung zu schützen.

7. Nitrierstähle

Der Kohlenstoffgehalt liegt hier bei 0,26 bis 0,45 %. Aluminium, Chrom, Vanadium als Sondernitridbildner sind kennzeichnende Legierungselemente. Bei den mit Aluminium legierten Güten liegen die typischen Gehalte bei 0,80 bis 1,20 %. Als weitere Legierungselemente sind teilweise Molybdän oder Nickel vorhanden. Die hoch aluminiumhaltigen Stähle eignen sich nicht zum Laserstrahlschweißen. Ein Teil der Werkstoffe ist mit Vorwärmung schweißgeeignet. Bei bereits nitrierten Werkstücken ist die Nitridschicht im Schweißbereich vor dem Schweißen zu entfernen.

8. Vergütungsstähle

Die Vergütungsstähle haben einen Kohlenstoffgehalt von 0,18 bis 0,65 %. Einige Sondergüten enthalten bis zu 1,3 %. Hauptlegierungselemente sind Mangan, Chrom, Nickel und Molybdän. Als weitere Legierungselemente sind teilweise Silizium oder Vanadium vorhanden. Nur die niedrig gekohlten Güten sind ohne besondere Maßnahmen schweißgeeignet. Bei höheren Kohlenstoffgehalten muss entweder durch Vorwärmung oder durch eine Anlassglühung der starken Aufhärtung begegnet werden.

9. Unlegierte Werkzeugstähle und Schnellarbeitsstähle

Diese Gruppe weist einen Kohlenstoffgehalt von 0,42 bis 1,45 % auf. Bei den Schnellarbeitsstählen sind die Hauptlegierungselemente Wolfram, Vanadium, Cobalt und Molybdän. Der überwiegende Teil dieser Werkstoffe muss als nicht schweißgeeignet eingestuft werden. Auch wenn es durch die sehr geringe Wärmeeinbringung beim Laserstrahlschweißen möglich ist, diese Werkstoffe zunächst rissfrei zu schweißen, steht jedoch die starke Versprödung der Schweißnaht einer Verwendung entgegen.

10. Automatenstähle

Der Kohlenstoffgehalt liegt hier bei 0,09 bis 0,65 %. Kennzeichnende Legierungselemente sind Schwefel und Phosphor mit Gehalten von 0,15 bis 0,40 % bzw. 0,06 bis 0,10 %, sowie Blei mit 0,15 bis 0,30 %. Durch die damit verbundene Heißrissgefahr und Neigung zur Porenbildung sind diese Werkstoffe für das Laserstrahlschweißen nicht geeignet.

Laserstrahl-Schweißbeignung verschiedener metallischer Werkstoffgruppen

11. Nichtrostende Stähle

Der durchschnittliche Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,02 bis 0,15 %. Einige Güten sind mit Kohlenstoff bis zu Gehalten von 1,10 % legiert. Hier sind die kennzeichnenden Legierungselemente Chrom und Nickel mit Gehalten von 12,0 bis 26,0 % bzw. 0,3 bis 26,0 %. Rein ferritische bzw. voll austenitische Güten gelten im Allgemeinen als gut schweißgeeignet. Ein Erstarrungsmoduswechsel bei einigen austenitischen Werkstoffen kann aufgrund der laserspezifischen, hohen Erstarrungsgeschwindigkeit deren Schweißbarkeit gegenüber konventionellen Schweißprozessen deutlich herabsetzen. Austenitische Stähle mit hohen Nickelgehalten neigen zur Heißrissbildung. Bei martensitischen Werkstoffen besteht die Gefahr der Kaltrissbildung. Bei laserstrahlgeschweißten Duplex-Stahlsorten sollte auf das Verhältnis zwischen den austenitischen und ferritischen Phasen im Schweißgut geachtet werden, da die aufgrund der hohen Abkühlraten gehinderte Austenitbildung die Zähigkeit und die Korrosionseigenschaften der geschweißten Verbindungen negativ beeinträchtigen kann.

12. Aluminiumwerkstoffe

Diese Werkstoffe sind aufgrund des Reflexionsverhaltens und der guten Wärmeleitung nur bei ausreichend hoher Energiedichte schweißgeeignet. Hat man im Gegensatz dazu nur eine geringere Leistungsdichte zur Verfügung, so muss man wegen der besseren Absorption bei der Bearbeitung auf den Einsatz von Festkörperlasern ausweichen. Aufgrund der gerichteten Erstarrung neigen beim Laserstrahlschweißen einige Aluminiumlegierungen zur Heißrissbildung, die durch Zuhilfenahme von höher legierten Zusatzwerkstoffen unterbunden werden kann. Höhere Gehalte der Legierungselemente Magnesium und Zink sowie die Verwendung von Aluminiumdruckguss führen häufig zur Porenbildung.

13. Titan/Titanlegierungen

Hier führt die Aufnahme geringer Mengen an Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff bereits zu einer starken Versprödung der Schweißverbindung. Deshalb ist der Schweißvorgang nur unter dem Schutz von Edelgas (Helium, Argon, He/Ar-Gemische) oder im Vakuum möglich. Beim Schweißen muss unbedingt darauf geachtet werden, dass der Gasschutz bis zur völligen Erkaltung (etwa 80 °C) des Nahtbereiches in Bezug auf die Korrosionsbeständigkeit aufrecht erhalten bleibt. Höhere Gehalte des Legierungselementes Zinn führen zur Porenbildung.

14. Laserstrahlschweißen von Kupfer und Kupferlegierungen

Da das Element Kupfer sehr hohe Reflexionseigenschaften besitzt, besteht hier bei einer Defokussierung des Laserstrahls die Gefahr, dass Resonatorkomponenten des Lasers und/oder gar die Peripherie selbst beschädigt werden, obgleich sich Kupfer und Kupferlegierungen nach DIN CEN/TS 13388 im Prinzip je nach Werkstoff und Werkstückdicke untereinander mit einem Laserstrahl schweißen lassen. Dabei sind die reinen und niedrig legierten Kupferwerkstoffe mit einem cw-, Scheiben- oder Faserlaser mit hoher Strahlqualität und einer Mindestleistung von 3 KW gut schweißbar. Hohe Geschwindigkeiten beim Schweißen von Rohren aus Kupfer und Kupferlegierungen sind mit solchen Lasern durchaus zu verwirklichen. Benötigt man darüber hinaus Schweißnähte mit sehr schmalen Wärmeeinflusszonen, so sollte man auf den Einsatz neuer, frequenzverdoppelter Festkörperlaser (Wellenlänge 532 nm) mit ihren sehr guten Absorptionsgraden zurück greifen.

» Dipl.-Ing. Jörg Felde, Remscheid