



Mit finanzieller Unterstützung  
durch das EU-Programm  
Erasmus+



# MODUL 5

## Spezielle Schmelzschweißmethoden

Plasmaschweißen



## Plasmaschweißen

- Plasma- (Plasma-, Plasma-) Plasmaionisierung erfordert eine mechanische Ionisierung des Gases (mechanisch oder thermisch), bei der Elektronen aus den äußeren Valenz- (Orbital-) Kugeln von Atomen herausgezogen oder freigesetzt werden.
- Freigegebene Elektronen haben eine negative Ladung und führen zu einem elektrischen Strom im Plasma. Der ionisierte Kern des Atoms mit den restlichen Elektronen hat eine positive Ladung. Draußen verhält sich Plasma jedoch elektrisch neutral.
- Für die Gasionisierung wird häufig ein elektrischer Lichtbogen als Wärmequelle verwendet, der durch den Durchgang durch einen kleinen Durchmesser der Auslassdüse zusammengezogen wird und die Temperatur auf einen höheren Ionisationsgrad erhöht.



# Plasmaschweißen

- Bei den zweiatomigen Gasen (Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff) muss zunächst eine Gaszerlegung stattfinden, bei der die Gasmoleküle auf die Atome verteilt werden.
- Ein Teil des Gases, das nicht ionisiert und kühler ist, stabilisiert normalerweise den Plasmastrahl in der Achse des Brenners, so dass das Plasma die Düsenwände nicht berührt.

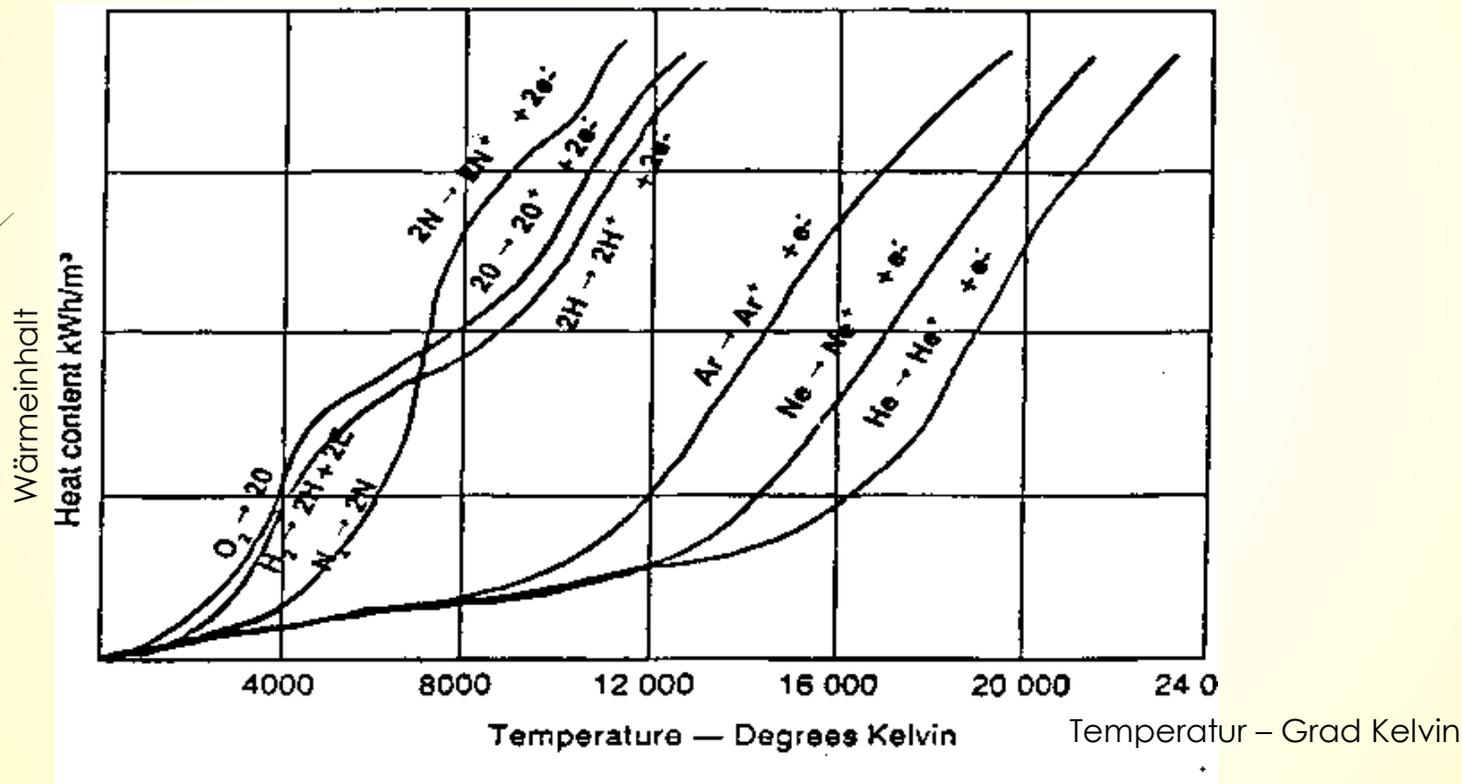


Für die verwendeten Umgebungen gelten diese ungefähren durchschnittlichen Plasmatemperaturen

➤ Stickstoffplasma	bis 9 000 °K
➤ Wasserstoffplasma	10 000 °K
➤ Argonplasma	16 000 °K
➤ Heliumplasma	20 000 °K
➤ Plasma mit Wasser stabilisiert	zu 35 000 °K



# Gasenthalpie Abhängigkeit von der Temperatur



KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 138.



# Plasmaschweißgase

- Plasma: Ar, Ar + H<sub>2</sub>, Ar + He bei einer Fließgeschwindigkeit von 0,5 l / min bis 1 l / min
- Fokussierung (nur ausnahmsweise) zur Verengung des Plasmastrahls und Flussrate von 3 l.min<sup>-1</sup> bis 18 l.min<sup>-1</sup>
- Schutz zum Schutz des Schweißbades vor Oxidation der Umgebungsluft mit einer Flussrate von 2 l · min<sup>-1</sup> bis 20 l · min<sup>-1</sup>
- Für die aktiven Materialien Ti, Zr, Ta wird der Fluss auf 20 min<sup>-1</sup> bis 30 min<sup>-1</sup> erhöht.



# Eigenschaften von technischem Plasma

- Gleichzeitig mit den elastischen Stößen der Moleküle (Atome) gibt es auch eine erhebliche Inflexibilität, die zur Dissoziation und Ionisierung von Gas führt
- Chemisch homogenes Gas wandelt sich in eine Mischung aus Atomen, Ionen, Elektronen, Photonen,
- Die Teilchenmischung im Plasma ist quasi neutral, d.h. Die Anzahl der positiven und negativen Teilchen ist ungefähr gleich
- Die elektrische Leitfähigkeit des Plasmas hängt von der Elektronenbeweglichkeit ab (100-fach höher als die Ionen), und etwa 20.000 K erreichen die Leitfähigkeit der Metallmaterialien
- Es gibt ein starkes elektrisches und magnetisches Feld im Plasma

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 137.



## Eigenschaften von technischem Plasma

- Die Natur des Plasmaschweißens basiert auf dem WIG-Schweißen.
- Anstelle einer Keramikdüse wird eine Metaldüse verwendet, die mit Wasser oder Gas gekühlt wird.
- Grundsätzlich besteht ein doppelter elektrischer Anschluss des Brenners.
- Je nach Anordnung ist der negative Pol mit der Wolframelektrode und der positive Pol des Materials verbunden.
- Ein an eine Metaldüse angeschlossener VF-Ionisor wird zum Starten und Beleuchten des Hilfslichtbogens verwendet.
- Der Hilfs- (Pilot-) Lichtbogen schafft eine ausreichend leitfähige Umgebung, um den Hauptlichtbogen auch über eine relativ große Entfernung zu zünden.
- Abhängige Verdrahtung wird hauptsächlich zum Schweißen, Schweißen und Schneiden verwendet.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 138.



# Eigenschaften von technischem Plasma

- Die Verbindung der Pole der Quelle nur mit der Elektrode und der Metaldüse wird als unabhängige Verbindung (nicht gewölbt) bezeichnet und wird hauptsächlich zum Heißspritzen oder Oberflächenhärten verwendet.
- Der Plasmabrenner hat eine verengte Austrittsdüse, die zur Kontraktion des Plasmastrahls beiträgt.
- Unterstützt wird dies durch ein Fokussiergas, das mit Wasserstoff oder Stickstoff ein Argongemisch bildet.



# Schweißbarkeit von Werkstoffen durch Plasmaschweißen

- Die Schweiß Eigenschaften und Schweißparameter sind ähnlich wie beim WIG-Schweißen beim Plasmaschweißen.
- Das Plasmaschweißen erreicht jedoch hohe Schweißgeschwindigkeiten, bevorzugteres Verhältnis von Breite zu Tiefe (1: 1,5 bis 1: 2,5) und zuverlässiges Wurzelschweißen.
- Alle Stahlsorten, Kupfer, Aluminium, Titan, Nickel-Molybdän und deren Legierungen werden geschweißt.
- Die Schweißparameter für hochlegierte Stähle reichen von 2 mm bis 10 mm in den folgenden Bereichen: Spannung zwischen 28 V und 40 V und Schweißstrom zwischen 50 A und 300 A.
- Ähnliche Parameter werden auch für das Schweißen von Nickel und seinen Legierungen verwendet und etwa 15% bis 20% für das Titanschweißen.
- Die Schweißgeschwindigkeiten sind im Vergleich zum WIG-Verfahren deutlich höher und liegen für diese Parameter zwischen  $20 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$  und  $85 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 140.



# Schweißbarkeit von Werkstoffen durch Plasmaschweißen

- Aluminium wird mit Wechselstrom verschweißt und z. Mit diesem Verlauf können 6 mm geschweißt werden:
  - direkte Polarität an der Elektrode - Schweißzyklus 140 A bei 20 m / s (oder 125 A, 20 m / s),
  - Umpolung der Elektrode - Reinigungszyklus 180 A bei 3 m / s (oder 200 A, 2 m / s).
- Überhitzungsgefährdete Materialien werden mit einem Impulsstrom geschweißt.

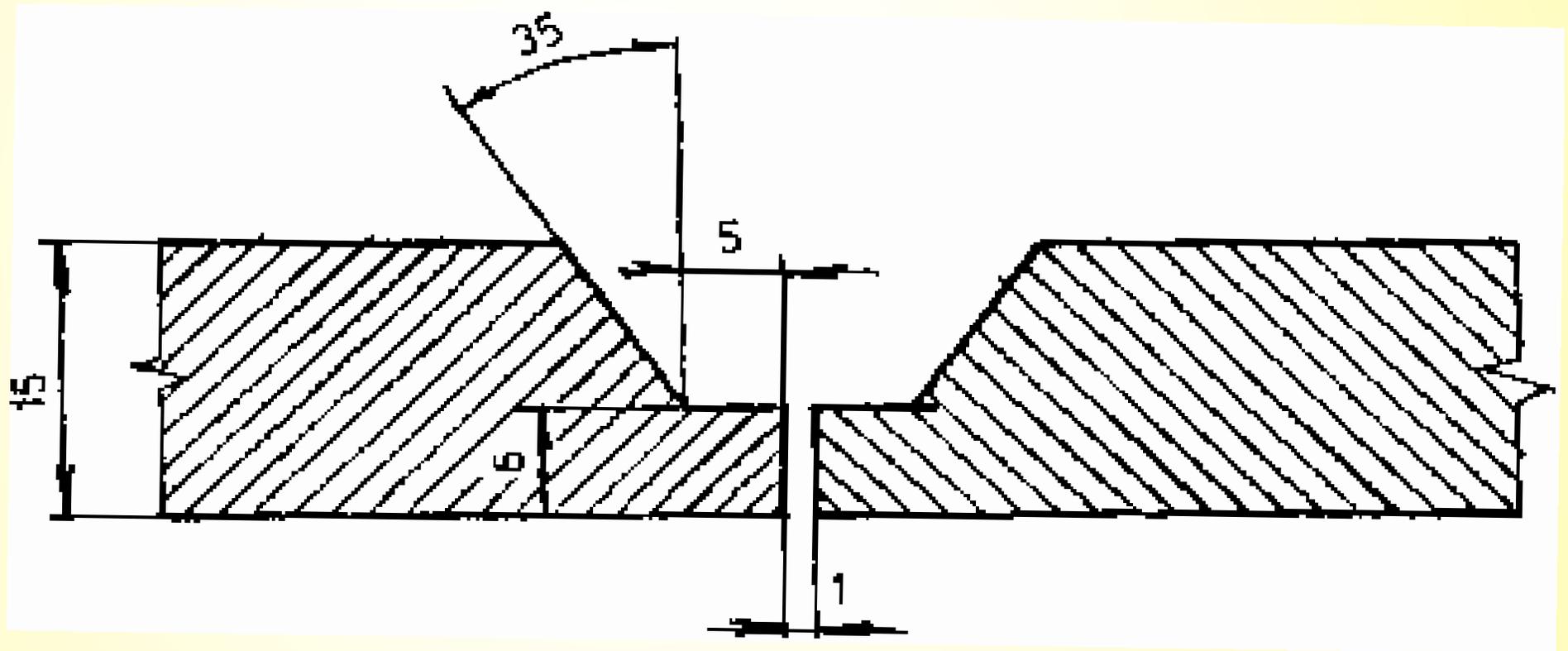


# Oberflächenmodifikationen beim Plasmaschweißen

- Die Schweißoberflächen müssen nicht speziell modifiziert werden, da der Plasmastrahl eine hohe dynamische Wirkung hat und die Wurzel bei noch größeren Dicken erwärmt.
- Rostfreier austenitischer Stahl wird ohne Fasenbehandlung mit einer Dicke von 10 mm bis 12 mm mit einem Spalt von 0,5 mm - 1 mm und mit einem Gasschutz der Wurzel mit einem Formiergas verschweißt.
- Bei unlegierten und mittellegierten Stählen sind Kanten von etwa 6 mm bis 8 mm nicht gekantet.



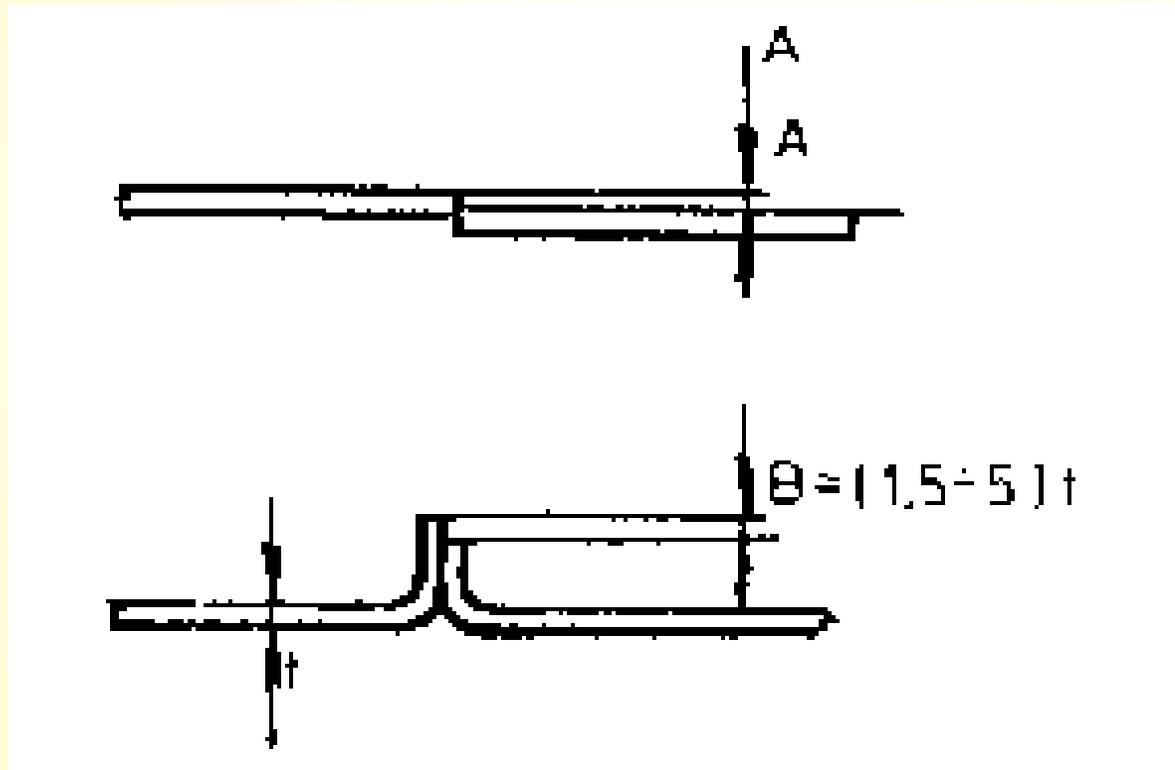
# Oberflächenmodifikationen beim Plasmaschweißen



KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 140.



# Oberflächenmodifikationen beim Plasmaschweißen



KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 140.



## Mikroplasmenschweißen

- Eine hohe Plasmabrennstabilität auch bei niedrigen Strömen wird für das mikroplasmatische Schweißen verwendet. Die Stromstärke reicht von 0,05 A bis 20 A.
- Beim mikroplasmischen Schweißen können Metallfolien geschweißt werden. 0,01 mm und Blech. 2 mm.
- Ein Hauptproblem beim Zusammenfügen dünner Filme ist die Herstellung des Schweißspalts, der zwischen 10% und 20% der Foliendicke betragen soll.
- Es ist notwendig, die Klemmvorrichtungen zur Wärmeabfuhr und Positionierung während des Schweißens zu verwenden.
- Mikroplasmenschweißen wird in der Luft- und Raumfahrt, in der Mikroelektronik, in der Messgeräteindustrie, in der chemischen Industrie und in der Lebensmittelindustrie eingesetzt.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 141.



## Beispiele für mikroplasmatische Schweißparameter

- CrNi-Stahl, Dicke 0,25 mm, Stromstärke 5,6 A, Schweißgeschwindigkeit 38 cm.min<sup>-1</sup>,
- Nickellegierung Inconel, th. 0,3 mm, Strom 6 A, Schweißgeschwindigkeit 40 cm.min<sup>-1</sup>,
- Kupfer, Dicke 0,075 mm, Strom 10 A, Schweißgeschwindigkeit 15 cm.min<sup>-1</sup>,
- Titan, Dicke 0,2 mm, Strom 5 A, Schweißgeschwindigkeit 12,5 cm.min<sup>-1</sup>.



# Sicherheit beim Plasmaschweißen

- Die Prinzipien des Plasmaschweißens ähneln dem Lichtbogenschweißen.
- Hierbei ist jedoch die hohe Temperatur im Lichtbogen sowie die während dieses Schweißens entstehende ultraviolette Strahlung zu berücksichtigen.
- Bei diesem Schweißvorgang ist es erforderlich, den Schweißer auch vor Lärm zu schützen, der in einigen Fällen bis zu 120 dB betragen kann.
- Wenn das Material durch Plasma geschnitten wird, muss ein korrektes Ansaugen gewährleistet sein.



# Plasmaschneiden

- Bei dieser Methode der thermischen Trennung ist die Eigenschaft eine hohe Temperatur und eine hohe Plasma-Plasmaausgangsgeschwindigkeit (1.000 m / s - 2.000 m / s).
- Plasma kann alle metallischen Materialien schneiden, die Metall sind.
- Die Schnittparameter basieren auf der Maschinenleistung, der Materialstärke, dem Materialtyp und den Eigenschaften.
- Beim Schneiden von dünnen Blechen kann mit hohen Geschwindigkeiten von bis zu 12 m / min gearbeitet werden.



# Plasmaschneiden

- Metallgas wird für Gas, Luft, Sauerstoff und kombinierten Stickstoff verwendet, der durch Wasserdampf stabilisiert wird.
- Das Plasmaschneiden von Material kann leicht automatisiert und mechanisiert werden.
- Vorteil ist auch die Tatsache, dass das Plasmaschneiden die Oberfläche der geschnittenen Materialien wenig beeinflusst.
- Zu den Nachteilen gehören ein hohes Arbeitsgeräusch von bis zu 100 dB, glattere Oberkanten, ein stärkeres Brennen von Löchern dickerer Bleche (über 15 mm), relativ starke UV-Strahlung sowie Rauch, Ozon und Stickoxide.