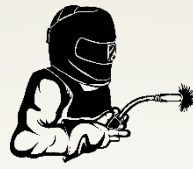




Mit finanzieller Unterstützung  
durch das EU-Programm  
Erasmus+



# MODUL A

## Einführung in das Metallschweißen

Legierungsschweißen



## Legierungsschweißen

- Schweißmetall wird legiert, um die erforderlichen physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften auf verschiedene Weise zu erreichen.
- Elemente, die diese Eigenschaften des Schweißgutes gewährleisten, müssen geprägt werden.



## Schweißmetall kann legiert werden :

- a) Durch die Verwendung beschichteter Elektroden, bei denen durch den Übergang der Elemente vom Kern der Elektrode ein Legieren des Schweißgutes erfolgt, oder von der Elektrodenhülle oder durch Hindurchführen der Elemente von dem Kern und der Elektrodenhülle.
- b) Übergang von Legierungselementen vom Grundwerkstoff zum Schweißgut.
- c) Durch die Verwendung von Flussmitteln beim Lichtbogenschweißen unter dem Flussmittel enthaltenden Legierungselementen wie Metall oder Oxid oder als Ferrolegerungen.
- d) Durch die Verwendung einer gefüllten (röhrenförmigen) Elektrode oder eines legierten Hilfsdrahtes, der an einen elektrischen Strom angeschlossen ist oder nicht.
- e) Schmelzen nach der Methode 141.

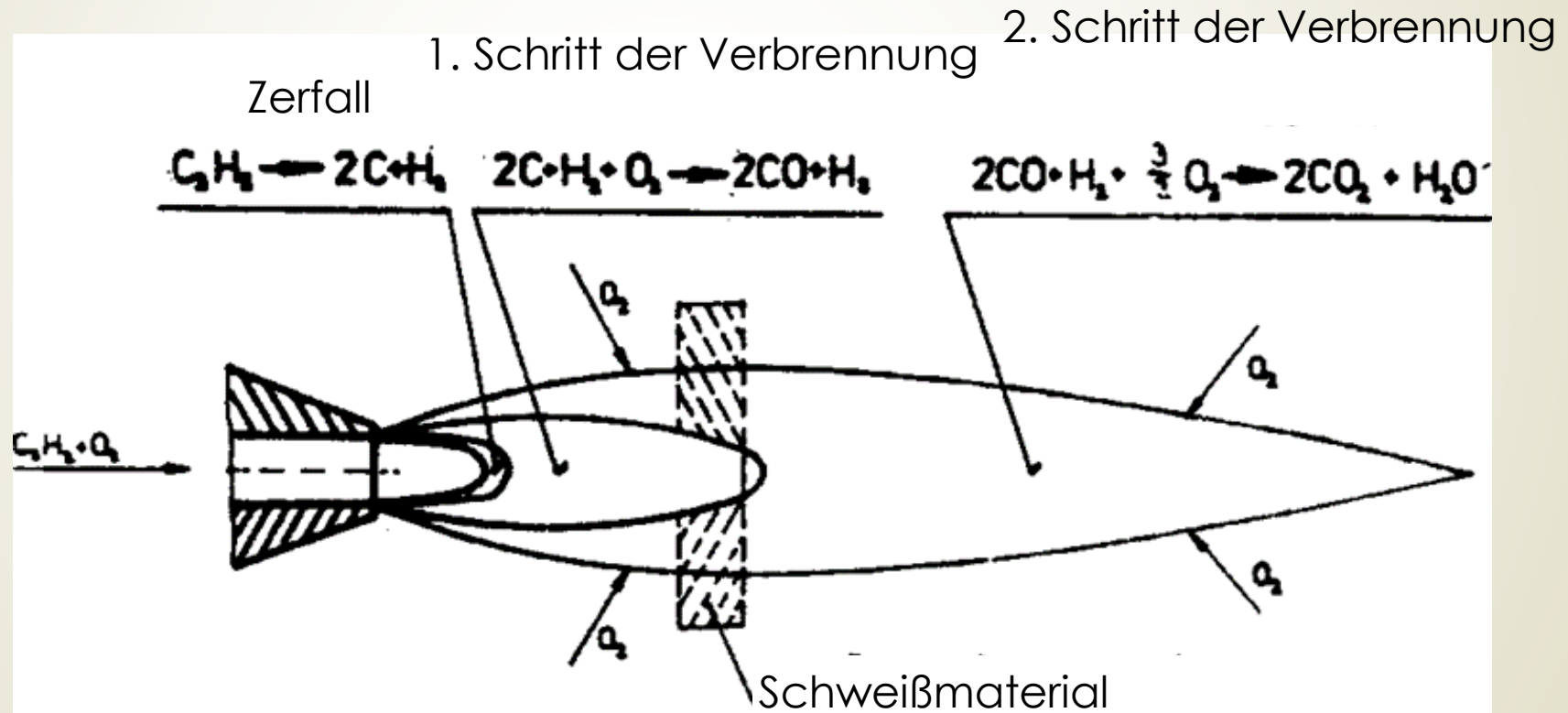


## Legierungsschweißen von Schweißgut mit Sauerstoff-Acetylen-Flammschweißen

- Schweißmetall kann durch Flammschweißen mit dem zusätzlichen Material in Form von Draht geschweißt werden, der in einem Schweißbad geschmolzen wird.
- Um legierte Stähle zu schweißen, müssen wir jedoch eine neutrale Flamme setzen. Die Figur zeigt schematisch die Form der neutralen Flamme, ihre einzelnen Bereiche, die Stufe des Acetylenzerfalls und den Grad der Acetylenverbrennung.



# Acetylenzersetzung und Acetylenverbrennung im Gemisch mit Sauerstoff



KOUKAL, J., SCHWARZ, D., HAJDÍK, J. *Materiály a jejich svařitelnost*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009. s. 43.





## Legierungsschweißen von Schweißgut mit Sauerstoff-Acetylen-Flammschweißen

- Der Brenner muss im Abstand des schraffierten Bereichs im Bild platziert werden.
- Das Schweißbad wird dann mit einer Mischung aus CO und H<sub>2</sub> geschützt.
- Es findet keine Oxidation der Legierungselemente statt und der Übergangskoeffizient der Elemente vom Zusatzstoff in das Schweißgut ist hoch.
- Die Wasserstoffmenge im Schweißgut darf nur geringfügig ansteigen.



## Legierungsschweißen von Schweißgut mit Sauerstoff-Acetylen-Flammschweißen

- Wird eine Flamme mit einem Sauerstoffüberschuss eingesetzt (oxidiert), würde das Schweißbad mit freiem Sauerstoff in Kontakt sein, und der Übergangskoeffizient der Legierungselemente vom Zusatzmaterial zum Schweißgut würde aufgrund der Oxidation der Legierungselemente stark abnehmen.
- Durch das Setzen einer Flamme mit einem Überschuss an Acetylen (Aufkohlen) würde keine Oxidation der Legierungselemente auftreten, das Schweißgut würde jedoch karbonisiert.
- Dies würde die Werte von  $R_m$ ,  $R_e$ , HV10 des Schweißgutes erhöhen und gleichzeitig die Zähigkeitswerte verringern.



## Legierungsschweißen von Schweißgut durch Schweißen mit beschichteten Elektroden

- ▶ Ein anderer Weg ist das Metalllegieren beim Schweißen mit beschichteten Elektroden.
- ▶ Es kann mit Kerndrahtelektroden, Elektroden oder einer Kombination aus beiden legiert werden.
- ▶ Beim Lichtbogen bildet sich am Zündende der Elektrode ein Krater, dessen Länge von den unterschiedlichen Schmelzgeschwindigkeiten des Kerns und der Elektrodenhülle abhängt.
- ▶ An der Oberfläche der Schweißguttropfen treten metallurgische Reaktionen zwischen den Metall-Schlacken-Gasphasen auf, deren Intensität von Temperatur, Viskosität und Oberflächenspannung abhängt.



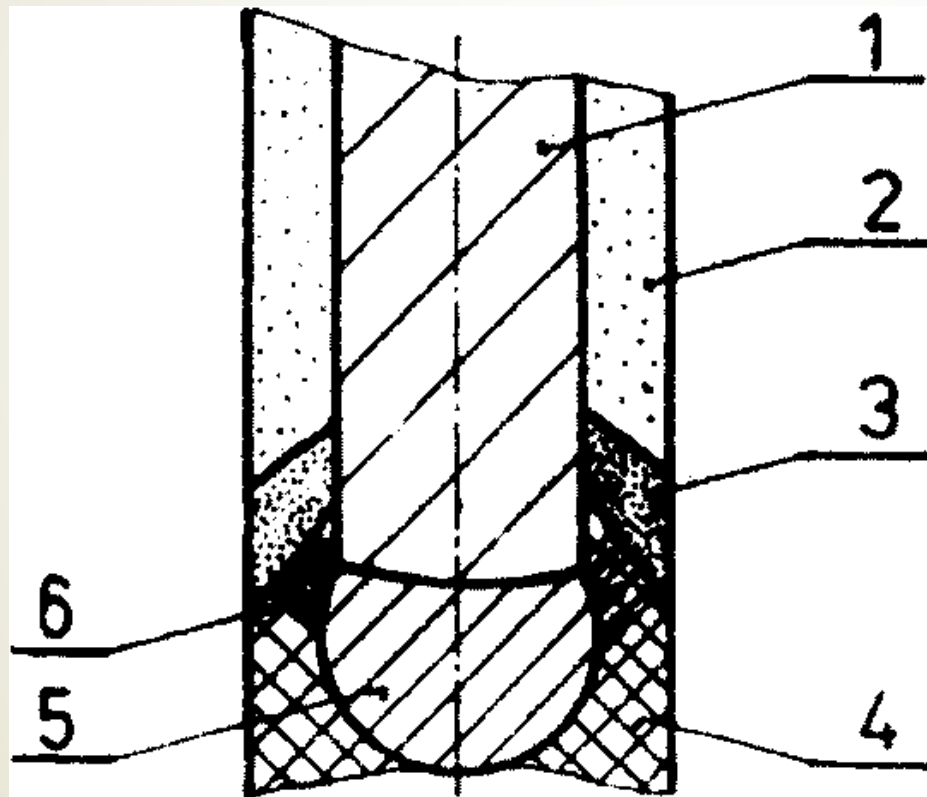


## Legierungsschweißen von Schweißgut durch Schweißen mit beschichteten Elektroden

- Es ist am besten, die Basiselektrodenpackung mit ihrem neutralen bis reduzierenden Charakter in der elektrischen Lichtbogenatmosphäre zu legieren und das Schweißgut durch Hindurchführen der Elemente aus der Schlacke stark zu legieren.
- Die bevorzugte Verzögerungsstelle ist die Phasengrenzfläche des Schweißmetall-Schlacken-Abfalls im Elektrodenkrater, wie in der Figur dargestellt.
- Der Schweißtropfen wird vom Elektrodenkrater zum Schweißbad legiert.
- Das Schweißen von aus dem Schlackenmaterial geschmolzenem Schweißmetall ist jedoch von geringer Bedeutung.



# Diagramm zum Schweißen eines Schweißtropfens mit einer Abdeckung



1. Kern der Elektrode
2. Abdeckung der Elektrode
3. gesinterter Teil des Pakets
4. Schlacke
5. legierter Tropfen Schweißgut
6. Zone des Prioritätswurfs

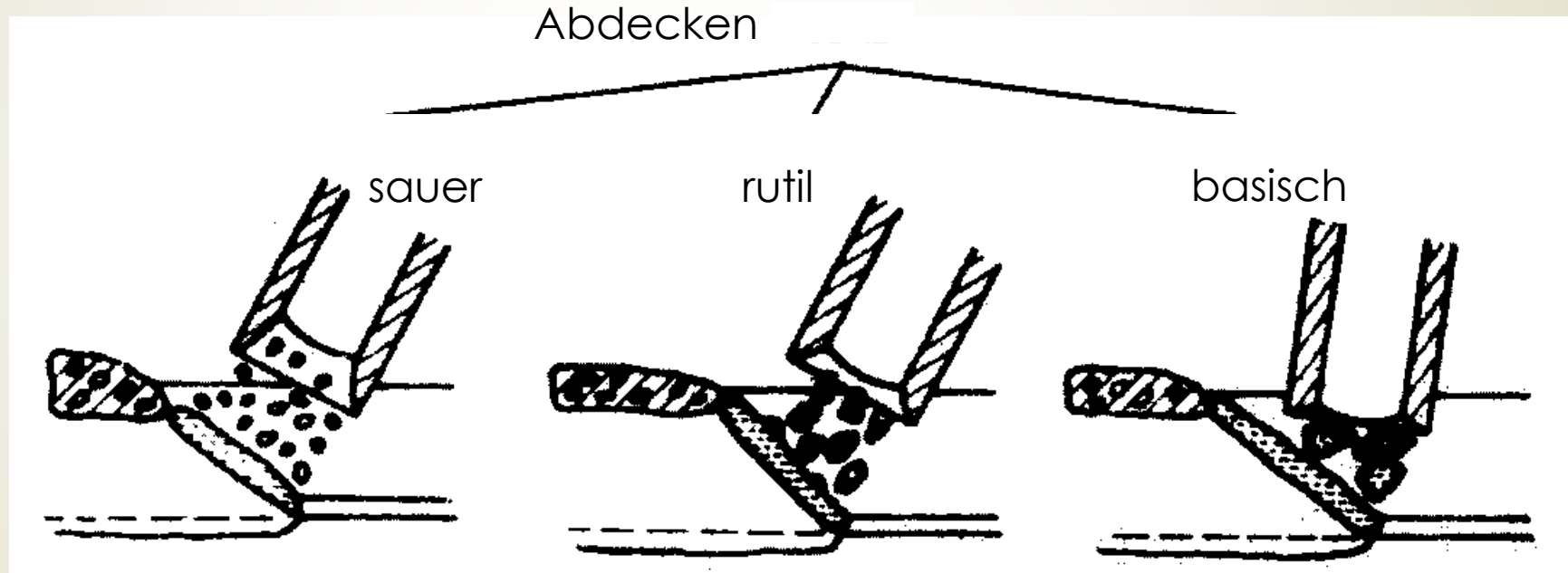


## Einteilung der beschichteten Elektroden nach metallurgischer Wirkung auf die Schweißnaht

- Beschichtete Elektroden können in verschiedene Typen eingeteilt werden, die das Verhalten der Schlacke darstellen.
- Elektroden mit basischen, rutilen und sauren Elektroden sind von großer technischer Bedeutung.
- Sie unterscheiden sich voneinander, indem sie die Schweißmetalltropfen von der Elektrode zum Schweißbad leiten, die Tiefe der Naht, die Schlackeeigenschaften und die Qualität der Schweißmetalle, wie in der Abbildung gezeigt.



# Schema des Tröpfchenübergangs von der Elektrode zum Schmelzbad von sauren, rutilen und basischen Elektroden



KOUKAL, J., SCHWARZ, D., HAJDÍK, J. *Materiály a jejich svařitelnost*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009. s. 44.



# Legierungsschweißen unter dem Flussmittel

- Hier ist es möglich, das Schweißgut mit zusätzlichem Draht oder Band, Flussmittel oder einer Kombination aus beiden zu verschweißen.
- Der Mechanismus und der Legierungsgrad hängen stark von der Art und Weise des Übergangs der Schweißguttropfen durch die Kaverne ab.
- Es gibt zwei grundlegende Möglichkeiten, das Schweißgut durch die Kaverne zu führen:
  - 1. an der Wand der Höhle,
  - 2. freier Durchgang durch die Höhle





## Legierungsschweißen unter dem Flussmittel

- Im ersten Fall fließen die Schweißmetalltropfen die Wand der Kaverne hinunter, d. H. Vom Schmelzen bis zum Metallschweißen des Basismaterials.
- Beim Durchlaufen der Kaverne steht das Tröpfchen in Kontakt mit der geschmolzenen Schlacke.
- Dieses Verfahren wird durch Erhöhen der Lichtbogenspannung, Erhöhen der Flussmittelschicht und Verwenden von oberflächenaktiven Schlacken unterstützt.
- Die Gasphasenreaktion ist vernachlässigbar.



## Legierungsschweißen unter dem Flussmittel

- Im letzteren Fall ist der Übergang der Schweißmetalltropfen dadurch gekennzeichnet, dass der Übergang ohne weiteren Kontakt mit den Schlackenabfällen erfolgt.
- Dieser Übergang wird durch die Erhöhung der Stromstärke unterstützt.
- Es können jedoch nicht alle Flussmittelarten verwendet werden, um das Schweißgut mit dem Flussmittel zu legieren.



## Flussverteilung nach Produktionsmethode

- geschmolzen
- gesintert
- keramisiert.



# Geschmolzene Flussmittel

- Dies sind geschmolzene Silikate, die nach Verfestigung eine amorphe Masse bilden.
- Komponenten für die Herstellung von geschmolzenen Flussmitteln sind Manganerze, Quarzsand, Kalk, Magnesiumoxid, Kaolin und Flussspat.
- Die Komponenten werden in einer Flamme oder einem Elektroofen bei Temperaturen von 1250 bis 1500 ° C auf ähnliche Weise wie Glaswaren bei der Glasherstellung geschmolzen.
- Der Inhalt der Komponenten unterliegt den einschlägigen technologischen Vorschriften.
- Nach dem Abstich wird die Schmelze in das Wasserbad geleitet, wo sie granuliert wird.
- Das Granulat wird dann getrocknet und nach Korngröße sortiert.
- Das Aussehen dieser Flussmittel ist glasig. Mit geschmolzenen Flussmitteln kann Schweißmetall außer Mn und Si nicht wirtschaftlich legiert werden.



# Gesinterte Flussmittel

- Sie bestehen aus Eisen- und Manganoxiden, Carbonaten, Silikaten, Fluoriden, Ferrolegierungen und dergleichen.
- Die Mischung wird homogenisiert und dann in den Öfen auf etwa 900 ° C erhitzt, kann aber noch höher sein.
- Diese Temperatur ist etwas niedriger als der Schmelzpunkt des niedrigsten Schmelzpunkts.
- Dadurch entsteht eine feste Masse, die entsprechend der Korngröße zerkleinert und abgestuft wird.
- Die Reaktionen zwischen den Flussmittelkomponenten werden nur teilweise durchgeführt und die gasförmigen Produkte werden ausgestoßen.
- Diese Flussmittel können wirtschaftlich sein für das Schweißen von Metallen.





## Keramisierte Flussmittel

- ▶ Ihre Zusammensetzung stimmt mit den gesinterten Flussmitteln überein.
- ▶ Nachdem das Gemisch homogenisiert ist, werden die Partikel des Gemisches mit einem Bindemittel vereinigt, bei dem es sich üblicherweise um ein Natrium- oder Kaliumwasserglas handelt.
- ▶ Nach gründlichem Falten wird der Kunststoff durch Düsen mit einem bestimmten Durchmesser extrudiert, auf Korn eingestellt und bei 400 ° C getrocknet.
- ▶ Diese Flussmittel können auch Schweißmetalle und Schweißnähte legieren.
- ▶ Dies schließt auch magnetische Flüsse ein.



# Keramisierte Flussmittel

- Geschmolzene Flussmittel sind schlecht hygroskopisch.
- Im Gegensatz dazu sind gesinterte und keramische Flussmittel stark hygroskopisch.
- Zum Schweißen dürfen nur trockene Flussmittel verwendet werden.
- Die geschmolzenen Flussmittel werden unmittelbar vor dem Schweißen bei 100 ° C bis 300 ° C getrocknet, um Oberflächenfeuchtigkeit zu entfernen.
- Die gesinterten und keramischen Flussmittel werden bei Temperaturen von 400 bis 800 ° C getrocknet, um Oberflächenfeuchtigkeit und kristallines Wasser zu entfernen.
- Einige Bimssteine werden bei noch höheren Temperaturen getrocknet.



## Legierungsschweißen von Schweißgut beim Lichtbogenschweißen in Schutzatmosphären

- ▶ Bei Schweißverfahren in Schutzatmosphären hat das Schutzgas die Aufgabe, das geschmolzene Zusatzmaterial vor dem Schweißbad und das Basismaterial vor der Umgebungsatmosphäre zu schützen.
- ▶ Die Wirksamkeit hängt von der chemischen Natur, der Reinheit und der Menge des verwendeten Schutzgases ab, aber auch von den Schweißparametern und Schweißbedingungen.



## Legierungsschweißen von Schweißgut beim Lichtbogenschweißen in Schutzatmosphären

- ▶ Schweißverfahren WIG und MIG arbeiten mit chemisch inerten Gasen Ar, He und deren Mischungen.
- ▶ Metallurgische Reaktionen treten nur im Schweißbad des Grundwerkstoffs aufgrund reaktionsfähiger Substanzen auf, die dem geschmolzenen Ausgangsmaterial und dem geschmolzenen Schweißmetall aus dem zusätzlichen Draht zugeführt werden.
- ▶ Schweißmetall kann nur mit zusätzlichem Material geprägt werden.
- ▶ Wenn die Basis- und Zusatzstoffe keine erhöhte Menge an Oxidationsmitteln enthalten, sind die Verluste der Legierungselemente durch das Treibmittel sehr gering.
- ▶ WIG und MIG eignen sich daher zum Schweißen von legierten Stählen.



## Legierungsschweißen von Schweißgut beim Lichtbogenschweißen in Schutzatmosphären

- ▶ Die resultierenden Tropfen des Schweißgutes werden mit Sauerstoff angereichert, der durch die Dissoziation von  $\text{CO}_2$  entsteht, und der so angereicherte Tropfen gelangt in das Schweißbad des Basismaterials.
- ▶ Im Schweißbad verursacht Sauerstoff weitere Oxidationsreaktionen, die sowohl die Festigkeit als auch die plastischen Eigenschaften des Schweißgutes beeinträchtigen könnten.
- ▶ Zusätzliche Materialien müssen daher mit den Desoxidationselementen, insbesondere Mn und Si, überstrichen werden, die in den Desoxidationsreaktionen im Schweißmetall sauerstoffunlösliche Oxide bilden und als Teil der Schlacke auf der Oberfläche des Schmelzbades abspülen.
- ▶ Trotzdem sind die Verluste an Legierungselementen durch Oxidation (Propalem) hoch. Es wird daher nicht empfohlen, die MAG-Technologie mit einer sauberen  $\text{CO}_2$ -Atmosphäre zum Schweißen von legierten Stählen zu verwenden.