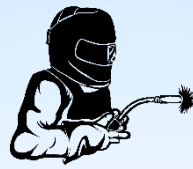




Mit finanzieller Unterstützung
durch das EU-Programm
Erasmus+



MODUL J

Elektroden zum Lichtbogenhandschweißen

Manuelles Elektrodenschweißen



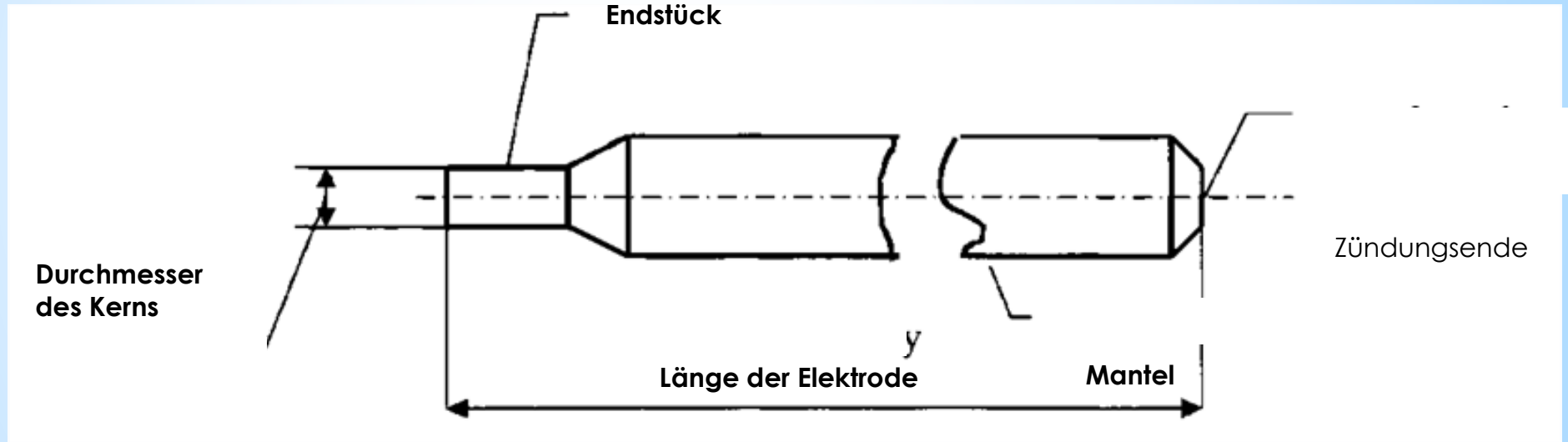
Manuelles Elektrodenschweißen

- ▶ Handschweißen mit beschichteter Elektrode ist ein Schweißverfahren, das im Wesentlichen alle Materialien an allen Positionen mit einem Schweißstrom von 10 A bis 2000 A und einer Spannung von 10 V bis 50 V schweißen kann.
- ▶ Die Lichtbogentemperatur beträgt ungefähr 5.000 ° C.
- ▶ Es wird mit Gleichstrom mit direkter und invertierter Polarität sowie mit Strom durch eine Wechselstromquelle mit steiler Voltampereigenschaft geschweißt.
- ▶ Schweißelektrodenschweißen war bis vor kurzem die am häufigsten eingesetzte Schweißtechnologie.
- ▶ Sein charakteristisches Merkmal ist die Verwendung beschichteter Elektroden als Zusatzmaterial, das ein Schweißgut hoher Qualität mit der erforderlichen chemischen Zusammensetzung liefert.



Beschichtete Elektrode

- Die Hauptteile der beschichteten Elektrode





Beschichtete Elektrode

- ▶ Die Basis der beschichteten Elektrode ist ein Metallstab, der sogenannte Elektrodenkern, auf dem sich das Packungsmaterial befindet.
- ▶ Die Hauptaufgabe der Verpackung besteht darin, das Schweißen und Schmelzen zu vereinfachen, die Schweißqualität metallurgisch zu verbessern und die Schweißproduktivität zu steigern.
- ▶ Damit die Verpackung alle Anforderungen erfüllen kann, muss sie diese Substanzen enthalten :
 - ▶ Saccharose - sauer (SiO_2) oder basisch (CaO , MgO), möglicherweise chemisch inaktiv (Rutil - TiO_2).
 - ▶ Die Schlacke reagiert mit Schweißgut ebenso wie mit der Schlacke des Elektrolichtbogenofens.
 - ▶ Darüber hinaus deckt sie den Schweißstab ab, schützt ihn vor der Einwirkung der Außenatmosphäre, verlangsamt die Erstarrung des Schweißgutes und lässt so die Gase aus dem Lichtbogenofen austreten.
 - ▶ Schlackebildende Substanzen sind für die Eigenschaften der Elektrode kritisch.



Schlackebildende Stoffe und Legierungsmittel:

- a) Die Läutermittel haben die Aufgabe, das Schweißgut zu desoxidieren. Insbesondere werden Ferromangan, Ferrosilicium und Ferrotitan verwendet. Die entstehenden Oxide sind im Schweißgut nicht löslich und müssen in die Schlacke gelangen.
- b) Die Legierungszusätze in der Verpackung ermöglichen die wirtschaftliche Herstellung von speziellen Elektroden, die ein Schweißmetall mit einer chemischen Zusammensetzung ergeben, die sich von der des Kerns stark unterscheidet.
- c) Die Vergaserzusätze werden im Lichtbogen verbrannt, um ausreichend Gas zu erzeugen, um die Luft von der Schweißstelle auszustoßen, um die Metallschmelze vor direktem Kontakt mit der Luft zu schützen.
- d) Ionisierende Zusätze sind Elemente, die ein niedriges Ionisierungspotential aufweisen. Sie erleichtern das Zünden des Bogens und gewährleisten eine ruhige Verbrennung.
- e) Bindemittel müssen Festigkeit, Konsistenz und Flexibilität der Verpackung gewährleisten.



Je nach Zusammensetzung der Verpackung teilen wir die Elektroden in auf

- ▶ stabilisierend,
- ▶ Rutil (R oder RR)),
- ▶ Rutilcellulose (RC),
- ▶ Rutilsäure (RA),
- ▶ Rutil-basisch (RB),
- ▶ sauer(A),
- ▶ basisch(B),
- ▶ Zellulose(C).

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. 110.



Elektroden

- ▶ Die Kataloge der Verbrauchsmaterialhersteller ordnen die hergestellten Elektroden bestimmten Gruppen von geschweißten Materialien zu, z. B. Elektroden zum Schweißen von unlegierten und niedriglegierten Stählen, Gusseisenelektroden, NE-Metallen usw.
- ▶ Jeder Elektrodenhersteller wählt sein spezifisches System für die Elektrodenetikettierung aus.
- ▶ Eine verbesserte Orientierung bei der Elektrodenauswahl bringt ein neues Elektrodenklassifizierungssystem nach ČSN EN ISO 2560.



Herstellung von beschichteten Elektroden

- Die Herstellung von beschichteten Elektroden kann in drei Stufen unterteilt werden :
 - Kernel-Vorbereitung,
 - Zubereitung der Packungsmischung,
 - Auftragen der Mischung auf den Kern.



Herstellung von beschichteten Elektroden

- ▶ Die Kernvorbereitung besteht darin, den Rohling (Walzdraht) in der Matrize auf das exakte Maß zu ziehen (eine Anzahl von Durchmessern beträgt je 1,6 mm – 2,0 mm – 2,5 mm – 3,2 mm – 4,0 mm – 5,0 mm – 6,3 mm a 8 mm).
- ▶ Der Draht ist weiter gerade, gereinigt und auf eine vorbestimmte Länge von 150 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm, 350 mm oder 450 mm geschnitten, und die Verpackung besteht aus mehreren Komponenten. :
 - a) Rudominal-Rohstoffe wie Flusen, Kalkstein, Dolomit, Feldspat,
 - b) Ferrolegierungen – Ferromangan, -silicium, -titan und -wolfram,
 - c) Chemikalien - Soda, Kali, Wasserglas usw.,
 - d) organische Substanzen - Zellulose, Stärke, Mehl, Torf usw..

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. 111.



Herstellung von beschichteten Elektroden

- ▶ Nach der Formel werden einzelne Komponenten verteilt, homogenisiert und dichter Teig (oder bei getränkten Elektroden Aufschlämmung).
- ▶ In den meisten Fällen wird die Beschichtung durch Pressen in speziellen Pressen auf den Kern aufgebracht.
- ▶ Das Verpackungsmaterial wird in einer Düse mit einem Druck von etwa 160 MPa und einer hohen Geschwindigkeit von etwa 18 Elektroden pro Sekunde in den Kern gedrückt.
- ▶ Anschließend wird das Klemm- und Zündende der Elektrode geschliffen und im Ofen 2 bis 6 Stunden lang bei 200 bis 400 ° C getrocknet.
- ▶ Getrocknete und gekühlte Elektroden werden am Klemmende an der Vorderseite des Kerns farblich gekennzeichnet, gedruckt und in Schachteln und Kartons verpackt.
- ▶ Nur in Ausnahmefällen wird die Verwendung von Tränken und Trocknen bei der Herstellung bestimmter Spezialelektroden und in geringen Stückzahlen verwendet.



Je nach Durchmesser der Elektrode und Kerndurchmesser teilen wir die Elektroden in auf :

- gepackt, wobei $D / d < 1,2$ ist,
- mitteldick verpackt, wobei D / d 1,2 bis 1,45 beträgt,
- dick verpackt, wobei D / d 1,45-1,8 ist und
- sehr dick verpackt, wobei $D / d > 1,8$ ist.



Elektroden

- ▶ Bei einer zufälligen Sichtprüfung können einige Verpackungsfehler aufgedeckt werden.
- ▶ Die Oberfläche der Elektroden muss durchgehend sein, nur Defekte wie Abrieb, Unebenheiten und Längsnuten dürfen maximal ein Viertel der Packungsdicke betragen.
- ▶ Längsrisse bis maximal fünfmal des Kerndurchmessers sind zulässig, auch bei geringstem Abstand.
- ▶ Außerdem wird die Exzentrizität der Packung überprüft, die bei höheren Werten als den zulässigen Werten dazu führt, dass die Elektrode ungleichmäßig schmilzt.



Grundsätze zum Aufbewahren und Trocknen von Elektroden

- ▶ Die Lagerung und Trocknung von Elektroden muss besonders beachtet werden, da das Versagen der vorgeschriebenen Anforderungen die Qualität des Schweißgutes direkt beeinflusst.
- ▶ Die Elektroden sind in trockenen, gut gelüfteten Bereichen in ungeöffneten Originalverpackungen bei der niedrigsten zulässigen Temperatur von + 10 ° C und einer maximalen relativen Luftfeuchtigkeit von 50% zu lagern..
- ▶ Die Höhe des Stapels kann nur so sein, dass das Gewicht der Elektroden durch die Elektroden in den unteren Schichten nicht gebrochen wird.
- ▶ Feuchte Elektroden müssen gemäß den Empfehlungen des Herstellers getrocknet werden.



Vorgeschlagene Trocknungsmodi

| Verpackung | Trockenmodus |
|------------|--|
| Basisch | 100 °C/1 Stunde, 350 °C bis 400 °C/2 Stunden |
| Sauer | 120 °C bis 150 °C/2 Stunden |
| Rutil | bis 120 °C/2 Stunden |

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. 112.



Vorgeschlagene Trocknungsmodi

- ▶ Der Feuchtigkeitsgehalt der Verpackung beeinflusst den Wasserstoffgehalt des Schweißgutes nachteilig.
- ▶ Für getrocknete Elektroden wird der Gehalt an 15 cm^3 Wasserstoff in 100 g Schweißgut angegeben.
- ▶ Der Wasserstoff diffundiert dann aus dem Schweißgut in einen von Wärme beeinflussten Bereich, der spröde ist.
- ▶ Der Feuchtigkeitsgehalt der Verpackung ist auf Basiselektroden am stärksten ausgeprägt.



Anforderungen an die Elektrode

- ▶ Die Elektroden müssen den mechanischen Eigenschaften des Schweißgutes entsprechen und gleichzeitig die entsprechenden Betriebseigenschaften aufweisen. Die operativen Eigenschaften der Elektroden sind vor allem :
 - ▶ die Eignung der Elektrode für das Arbeiten in verschiedenen Schweißpositionen, die Steuerbarkeit des Lichtbogens und des Schweißbades in diesen Positionen,
 - ▶ das Verfahren zum Schmelzen der Elektroden und der Übergang des Metalls zum Schmelzbad,
 - ▶ Eigenschaften und Mengen von Schlacke, Gas u.s.w.



Bei der Auswahl der Elektrode müssen folgende Überlegungen berücksichtigt werden:

- ▶ Eigenschaften des Grundmaterials,
- ▶ Größe und Art der Schweißlast und individuelle Schweißnähte,
- ▶ Schweißanforderungen,
- ▶ Schweißposition,
- ▶ die Notwendigkeit der Weiterverarbeitung des Schweißens, Art und Wert des Schweißstroms, Kosten und Wirtschaftlichkeit.



Beschriftung der Elektroden

- Die Elektroden sind gemäß der Norm ČSN EN 499 gekennzeichnet.
- Die Elektroden sind derzeit nach Streckgrenze, Festigkeit und Dehnungsgrenzen markiert.
- Das Elektrodenetikettieren gemäß dieser Norm hat einen verbindlichen Teil, es hat 5 Daten und ein Teil ist optional, es hat 8 Daten.
- Im obligatorischen Teil sind der Produkttyp, die Festigkeit, die Duktilität, die chemische Zusammensetzung und die Art der Verpackung aufgeführt.



Kennzeichnung der Elektroden auf der Verpackung





Kennzeichnung der Elektroden auf der Verpackung





Elektrodenschweißtechnik

- Schweißelektrodenschweißen ist eine der am häufigsten verwendeten Methoden zum einfachen Einstellen der Schweißparameter. Diese Methode kann an allen Positionen geschweißt werden.
- Der Schweißstrom wird normalerweise gemäß den Herstellerempfehlungen auf der Box eingestellt.



Elektrodenschweißtechnik

- ▶ Wo keine Empfehlungen verfügbar sind, unterliegen sie Erfahrungswerten :
 - ▶ Für die Elektrode mit Säure- und Rutilhülle ist der Schweißstrom I (A) $I = (40 \text{ bis } 55) \times d$,
 - ▶ für Elektroden mit Grundfüllung $I = (35 \text{ bis } 50) \times d$, wobei d der Durchmesser des Elektrodenkerns ist.



Elektrodenschweißtechnik

- ▶ Die Spannung des Schweißers wird nicht durch die statische Charakteristik des Lichtbogens eingestellt.
- ▶ Beim Schweißen ist es erforderlich, die Elektrode und den Lichtbogen so zu führen, dass die Elektrode etwas gegen die Schweißnaht geneigt ist, so dass die geschmolzene Schlacke nicht aus dem Lichtbogen hervorsteht und keine Schlackeneinschlüsse im Schweißgut bildet.
- ▶ Die Länge des Bogens entspricht ungefähr dem Durchmesser des Elektrodenkerns.
- ▶ Am Ende der Schweißnaht darf keine Stagnation auftreten, dh am Ende der Raupe muss eine gewisse Menge Flüssigmetall zugegeben werden.
- ▶ Dies wird durch Drehen oder einen kleinen Schritt zurück erreicht.



Spezielles Lichtbogenschweißen

- Zu diesen Techniken gehört insbesondere das Impulsschweißen (hauptsächlich für MIG- und MAG-Verfahren).



Fragen zum Nachdenken

1. Welche Funktion enthält die Elektrodenabdeckung und welche Substanzen enthält sie?
2. Erläutern Sie, warum beim Lichtbogenschweißen Schweißquellen mit flachen statischen Eigenschaften verwendet werden.
3. Begründen Sie die Wichtigkeit des Trocknens der Elektroden.
4. Wie lauten die Temperatur- und Feuchtigkeitsgrenzwerte für die Lagerung der Elektroden?
5. Welche Aspekte werden bei der Auswahl der Elektroden berücksichtigt?



Empfohlene Literatur und Informationsquellen

- ▶ AMBROŽ, O. A KOL. Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2001, 395 s. Svařování. ISBN 80-85771-81-0.
- ▶ BERNASOVÁ, E. A KOL. Svařování. Praha: SNTL, 1987. ISBN 04-221-88.
- ▶ 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, 242 s.