



Mit finanzieller Unterstützung
durch das EU-Programm
Erasmus+



MODUL I

Wasserstromquellen für das Lichtbogenschweißen

Stromquellen für das Lichtbogenschweißen



Einführung in die Schweißquellen für das Lichtbogenschweißen

- Das Lichtbogenschweißen ist eine Schmelzschweißtechnologie, die elektrische Lichtbogenwärme verwendet.
- Große Wärme konzentriert sich auf kleinem Raum, so dass die Schweißflächen schnell und das zusätzliche Material geschmolzen werden können.
- Schweißquellen liefern Energie, die sowohl zum Zünden als auch zum Brennen des Lichtbogens benötigt wird.



Anforderungen an Schweißquellen

- ▶ Die folgenden Anforderungen gelten für das Lichtbogenschweißen:
 - ▶ gute Lichtbogenzündung und stabiler Lichtbogen,
 - ▶ stufenlose und feine Steuerung des Schweißstroms, eventuell der Spannung nach dem Schweißverfahren, konstanter Leistung und hoher Wirkungsgrad,
 - ▶ die Leerlaufspannung muss der Stromart und der Schweißmethode entsprechen und darf die zulässigen Werte nicht überschreiten,
 - ▶ die statische Kennlinie muss der Schweißmethode entsprechen,
 - ▶ muss kurzschlussfest sein (Kurzschluss des Metalls von der Elektrode),
 - ▶ die dynamische Kennlinie muss einen schnellen Anstieg der Schweißspannung nach einem Kurzschluss gewährleisten,
 - ▶ hohe Betriebssicherheit, einfache Fehlererkennung und schnelle Beseitigung,
 - ▶ angemessene Beschaffungskosten und niedrige Betriebskosten,
 - ▶ die Konstruktion muss die Betriebssicherheit gemäß den geltenden Normen und Vorschriften gewährleisten,
 - ▶ einfach und leicht zu bedienen.

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. 42.



Anforderungen an Schweißquellen

- ▶ Lichtbogenschweißquellen müssen den Anforderungen der Schweißtechnik und den Sicherheitsvorschriften entsprechen.
- ▶ Schweißquellen sind für die Netzspannung der Nennspannung (230 V 50 Hz) oder die kombinierte Spannung (400 V 50 Hz) oder die dreiphasige (3 x 400 V 50 Hz) Stromversorgung ausgelegt.



Schweißquellen

- ▶ Vakuumspannungen von Lichtbogenschweißquellen müssen die folgenden Anforderungen für Umgebungen ohne erhöhtes Risiko eines Stromschlags erfüllen:
 - ▶ Bei Gleichstrom-Schweißstromquellen kann die Spitzenlastspannung maximal 113 V betragen,
 - ▶ Bei AC-Schweißstromquellen kann der Spitzenlaststrom maximal 113 A und ein effektiver Spannungswert maximal 80 V betragen.



Unterteilung von Schweißquellen

- ▶ Schweißquellen für das Lichtbogenschweißen werden unterteilt nach:
 1. wie man Energie in wandelt :
 - ▶ Drehquellen (Schweißdynamos)
 - ▶ statische, nicht rotierende Quellen (Schweißtransformatoren, Gleichrichter, Wechselrichter))
 2. die Art der zugeführten Energie :
 - ▶ Gleichstromquellen (Schweißdynamos)
 - ▶ Gleichrichter (Schweißgleichrichter, Wechselrichter)
 - ▶ Wechselstromquellen (Schweißtransformatoren)



Unterteilung von Schweißquellen

- Statische (nicht rotierende) Schweißquellen werden in unterteilt :
 1. Quellen mit einem Netztransformator
 - Wechselstromquellen: Schweißtransformatoren
 - Quellenstromquellen
 - Schweißgleichrichter unkontrolliert
 - Schweißgleichrichter gesteuert
 2. Quellen ohne Netztransformator
 - Schweißkonverter (Wechselrichter)

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. 43.



Grundlegende technische Parameter von Schweißquellen

- ▶ Statische Eigenschaften
 - ▶ Die statische Kennlinie der Schweißstromquelle ist der Verlauf der Betriebsspannung der Quelle über den Schweißstrom im eingeschwungenen Zustand und eine bestimmte Einstellung der Steuerstufe der Quelle.



Statische Eigenschaften

- ▶ Die charakteristischen Werte werden durch Messen der Spannung und des Stroms in dem elektrischen Stromkreis des Schweißstroms erhalten, zu dem die Steuervorrichtung gehört.
- ▶ Der Ruhezustand und der Kurzschlusszustand sind zwei äußerste Punkte statischer Eigenschaften.
- ▶ Im Ruhezustand fließt kein Strom und die Spannung der Quelle ist normalerweise die höchste - die Leerlaufspannung.
- ▶ Mit zunehmender Strombelastung nimmt die Spannung an der Quelle ab.
- ▶ Die Elektrode steht in Kontakt mit dem Schweißgut - dem Kurzschlusszustand, dh der höchste Strom fließt durch den Stromkreis.
- ▶ Entsprechend dem Verlauf der statischen Kennlinien in der Nähe des Arbeitspunktes, d.h. nach der Steigung der Kennlinie, sind die Kennlinien der Schweißquellen :

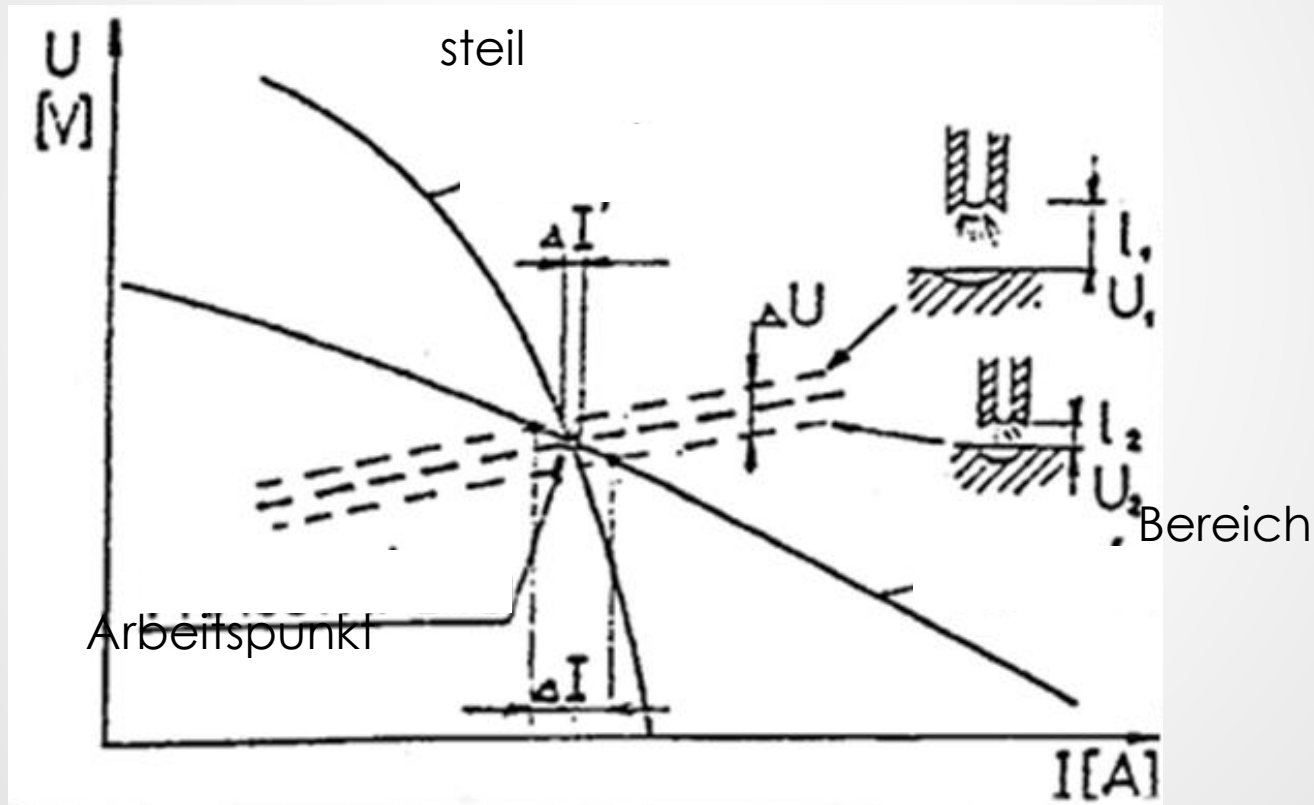


Eigenschaften von Schweißquellen

- Konstantspannungsquellen (sogenannte harte Quellen) - kleine Spannungsänderungen, flache Eigenschaften,
- Konstantstromquellen (so genannte weiche Quellen) - kleine Stromänderungen, steile Kennlinie,
- Quellen mit konstanter Leistung haben einen Spannungsabfall an der Quelle bei einem Anstieg des Schweißstroms, so dass ihre Produkt-U-Zeiten I (Leistung) als konstant betrachtet werden können, die Lastcharakteristik etwas abnimmt (halb).



Der Einfluss von flachen und steilen Kennlinien auf Stromschwankungen, die durch die Änderung der Lichtbogen-
spannung verursacht werden (Änderung der Bogenlänge)



AMBROŽ, O. A KOL. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. s. 91.



Schweißquellen

- Einige Schweißquellen haben die Fähigkeit, die statische Belastungscharakteristik zu wechseln.
- Die Kennlinien können stufenweise oder kontinuierlich umgeschaltet werden, und die Schweißstromquellen haben typischerweise mehrere statische Lastkennlinien.
- Die normierte Lichtbogenspannung ergibt sich aus der Position des Sollwerts der Lastkennlinie, die als Schnittpunkt dieser Kennlinie mit der Linie der normalisierten Betriebsspannungen definiert ist ($U_p = f(12)$).
- Die Position des Arbeitspunkts ergibt sich daher aus dem Schnittpunkt der ausgewählten statischen Lastcharakteristik der Quelle mit der Voltampelereigenschaft des Lichtbogens.



Schweißquellen

- Für das manuelle Lichtbogenschweißen ist eine Schweißquelle mit einer statischen Charakteristik geeignet, bei der die hohe Beanspruchung der Lastcharakteristik der Stromversorgung um den Arbeitspunkt eine leichte Änderung des Schweißstroms bei relativ großen Schwankungen der Lichtbogenspannung (bei variierender Lichtbogenlänge) gewährleistet..
- Wenn die Steigung 90° erreicht (die statische Charakteristik um den Arbeitspunkt ist senkrecht zur aktuellen Achse), würde sich der Wert des Schweißstroms zu keinem Zeitpunkt ändern, wenn sich die Lichtbogenlänge ändert.
- Die Länge des Lichtbogens, die die Lichtbogenspannung direkt beeinflusst, kann beispielsweise aufgrund der ungleichmäßigen Führung der Elektrode oder der Unebenheit der Oberfläche des Materials variieren.

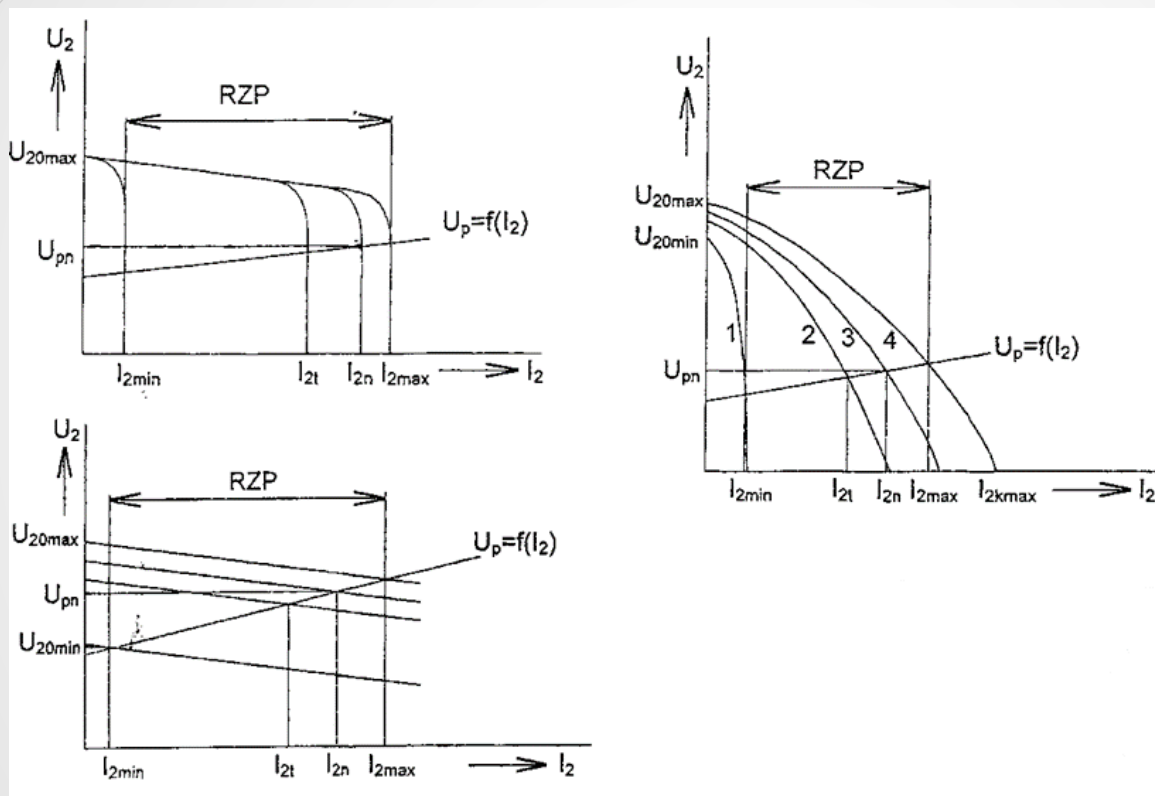


Schweißquellen

- ▶ Die Ebenheitscharakteristik wird zum automatischen Schweißen unter dem Flussmittel verwendet.
- ▶ Die eingestellte Länge des Lichtbogens bleibt unverändert, wenn die Vorschubgeschwindigkeit der Elektrode (Draht) der Schmelzgeschwindigkeit entspricht.
- ▶ Die Elektrodenschmelzgeschwindigkeit hängt von der Größe des Schweißstroms ab.
- ▶ Die Drahtverschiebung zum Brenner (Elektrodenzuführgeschwindigkeit) ist konstant.
- ▶ Für den Fall, dass beispielsweise aus irgendeinem Grund die Lichtbogenlänge verkürzt wird und als Ergebnis die Lichtbogenspannung verringert wird, gewährleistet die flache Lastcharakteristik der Quelle eine Erhöhung des Schweißstroms und somit eine Erhöhung der Elektrodenentfernungsgeschwindigkeit.
- ▶ Die Länge des Bogens erhöht sich dann allmählich auf den ursprünglich eingestellten Wert.
- ▶ Diese sogenannte selbstregelnde Funktion der flachen Lastkennlinie ist auch wirksam, wenn die Bogenlänge vergrößert wird.



Merkmale der Schweißquellen



Quellenmerkmale steil,
 halbscharf und flach
 U_{pn} – standardisierte
 Arbeitsspannung
 I_{2n} – standardisierter
 Arbeitsstrom
 I_{2t} – Dauerarbeitsstrom
 RZP – Bereich der Lastströme



Arbeitspunkt

- Die Position des Arbeitspunkts ergibt sich aus dem Schnittpunkt der gewählten statischen Lastcharakteristik der Quelle mit der Voltampereeigenschaft des Geräts (Bogen).
- Die gute Qualität der Schweißnaht hängt von der Stabilität des Lichtbogens ab.
- Die Stabilisierung des Schweißbrennens hängt von der Schweißtechnologie sowie von den Eigenschaften der Schweißquellen ab.
- Auf der Grundlage des Vergleichs der Steigung der Lastcharakteristik der Quelle und der Voltampereigenschaften wird die Stabilität des Schweißlichtbogens als Differenz zwischen der Steigung der Lastcharakteristik der Quelle und der Steigung der Voltamperercharakteristik des Lichtbogens am Schnittpunkt der beiden statischen Eigenschaften ausgedrückt.



Dynamische Eigenschaften

- ▶ Die dynamischen Eigenschaften der Schweißstromquelle ergeben die Spannungs - und Stromübergänge mit schnellen Änderungen während des Schweißens (z. B. Lichtbogen, Kurzschluss, Kurzschlussdurchbruch usw.).
- ▶ Für Schweißquellen sind die dyn. Eigenschaften, die die Zeit- und Spannungsabhängigkeiten des Zyklus "Leerlaufkurzschlussfrei" oder "Lastkurzlast" erfassen, unter Berücksichtigung der Steigung des Anfangsstroms wichtig und werden in $kA.s^{-1}$ ausgedrückt.
- ▶ Für einen optimalen Prozess muss die dynamische Steigung innerhalb eines bestimmten Bereichs liegen, und insbesondere der Kurzschlussprozess ist sehr empfindlich gegenüber der Einhaltung der dynamischen Steigung.
- ▶ Bei kurzweiliger Materialübertragung ändert sich die Belastung der Schweißquelle wegen des Lichtbogens der übertragenen Tröpfchen von Elektrode zu Schweißmetallbad sehr schnell.
- ▶ Jeder Abfall verursacht einen Kurzschluss, wenn die Spannung auf fast Null abfällt und der Strom den Übergangswert übersteigt, um einen stabilen Zustand des Kurzschlussstroms (Kurzschlussstrom) zu erreichen).
- ▶ Nach einem Kurzschluss steigt die Spannung über den Übergangswert auf einen stabilen Wert, der proportional zur Lichtbogenlänge ist, und der Strom fällt auf den Schweißstromwert.
- ▶ Die Form der dynamischen Charakteristik ist besonders wichtig für die Lichtbogenzündung, die Schweißnahtübertragung und das Lichtbogenschweißen.



Eingabe- und Ausgabeparameter

- ▶ Jede Schweißstromquelle kennzeichnet diese Basisdaten :
 - ▶ Eingangsdaten (Bedingungen für den Anschluss der Quelle an das Stromnetz)
 - ▶ Ausgabedaten (Quellschweißereigenschaften)



Daten eingeben

- ▶ Bemessungseingang (Spannung) - Phasenspannung 230 V oder kombinierte Spannung 400 V Einwegnetz oder Spannung 3 x 400 V Drehstromnetz
Jmenovitý kmitočet – 50 Hz
- ▶ Nennleistungseingang - Leistungseingang bei Nenneingangsspannung und Nennausgangsstrom
- ▶ Maximale Leistungsaufnahme - Leistungsaufnahme bei Nenneingangsspannung und maximalem Ausgangsschweißstrom
- ▶ Netzwerksicherheit - Wert und Typ der Netzwerksicherungen
- ▶ Leistungsfaktor $\cos \varphi$ - Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom

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. 45.



Daten eingeben

- Spannungsfreie Spannung an den Klemmen der Schweißquelle, wenn der Lichtbogen nicht scharfgeschaltet ist. Aus Sicherheitsgründen ist die Leerlaufspannung begrenzt.
- Arbeitsspannung - Spannung zwischen Elektrode und Schweißung. Die Größe hängt von den Eigenschaften der Schweißquelle (Schweißstromwert), dem Elektrodentyp, der Lichtbogenlänge und anderen Einflüssen ab.
- Schweißstrom - Ausgangsstrom von der Schweißquelle.
- DZ-Lader - Ladezeit Verhältnis des Schweißstroms (t_s) bei unterbrochener Last zur gesamten Einschaltdauer (Ladezeit t_s + Pausenzeit t_{is}). $DZ = t_s / (t_s + t_{is}) \times 100$ [%]
- Bemessungsschweißstrom - Strom, der aus der Schweißstromversorgung am Nennlader entnommen werden kann, für den die Quelle ausgelegt ist. Wenn nicht anders angegeben, wird die Bemessungslast $DZ = 60$ angenommen %.
- Dauerschweißstrom - der höchste Strom, den die Schweißquelle bei konstanter Last ($DZ = 100\%$) abgeben kann, d. der unterbrechungsfreie Strom, für den die Quelle ausgelegt ist.



Schweißströme

- Die meisten Hersteller von Schweißquellen geben den Bereich der Schweißströme und den Arbeitsspannungsbereich für einen bestimmten DZ-Lader an.
 - Nenn-Schweißleistung - Leistung der Schweißleistung bei Nenn-Schweißstrom und Nenn-Arbeitsspannung
 - Wirkungsgrad der Quelle = $\frac{\text{Nennschweißleistung}}{\text{Nennleistung}} \times 100$ [%]
- Der standardmäßige manuelle Schweißzyklus ist für intermittierendes Schweißen mit DZ-Ladern = 60% und einem Gesamtarbeitszyklus von 5 Minuten (möglicherweise 10 Minuten) ausgelegt).
- Bei einer Arbeitszykluslänge von 5 Minuten sind Schweißzeit $t_s = 3$ Minuten und Pausenzeit = 2 Minuten. Bei einer Arbeitszykluslänge von 10 Minuten sind Schweißzeit $t_s = 6$ Minuten und Pausenzeit = 4 Minuten.



Merkmale der einzelnen Schweißquellen

- ➔ Rotationschweißstromversorgungen
- ➔ Schweißtransformatoren



Rotationsschweißstromversorgungen

- Rotationsschweißquellen erzeugen Gleichstrom.
- Typischerweise werden sie durch einen Schweißdynamometer gebildet, der entweder von einem Elektromotor angetrieben wird, meistens von einem Dreiphasen-Asynchronmotor oder einem Verbrennungsmotor vom Zündungs- oder Kompressions-Typ, bei dem kein Stromnetz vorhanden ist.



Rotationsschweißstromversorgungen

- ▶ Der Schweißdynamo und der Motor bilden zusammen eine Einheit auf einem gemeinsamen Drehgestell - der Schweißeinheit.
- ▶ Der Schweißdynamo hat eine statische Charakteristik der Steilheit, was einen weichen Lichtbogen ergibt, der für das manuelle Schweißen mit beschichteten Elektroden sowie WIG oder MIG / MAG geeignet ist.
- ▶ Die Regelung des Schweißstroms im Regelbereich ist kontinuierlich und erfolgt durch Änderung der Magnetfelderregung des Statordynamos.
- ▶ Der Schweißstromregler kann entweder direkt an oder außerhalb der Schweißeinheit angeordnet sein, während die Schweißstromversorgung ferngesteuert wird.
- ▶ Der elektrische Strom wird im Dynamo durch Induktion in den Rotorankern erzeugt, die im elektromagnetischen Feld der Statorwicklung drehbar sind.

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. 47.



Rotationsschweißstromversorgungen

- Rotationsschweißquellen erfüllen nicht die aktuellen Wirtschaftlichkeitskriterien und die erforderliche Schweißnahtqualität.
- Sie sind sehr hart, ihr Geräusch überschreitet die zulässigen Grenzwerte, sie haben einen hohen Stromverbrauch. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass der massive Lüfter Staub um die Schweißstromquelle wirbelt.
- In Tschechien wurden Rotationsschweißquellen unter dem Handelsnamen TRIODYN hergestellt und eingesetzt.



Schweißtransformatoren

- Der Schweißtransformator für das Lichtbogenschweißen ist eine Quelle von meistens wegwerfbarem Wechselstrom.
- Jeder Transformator besteht aus einem Eisenkern (in Form eines Rahmens, Rings usw.), der aus dünnen Stahlblechen (in der chemischen Zusammensetzung von 8% bis 10% Si) besteht, Primär- und Sekundärspulen, wobei die Wicklung beider Spulen aus isolierten Cu- oder Al-Leitern besteht (Drähte mit kreisförmigem, quadratischem oder rechteckigem Querschnitt).
- Bei Schweißtransformatoren ist die Primärwicklung an das Netz angeschlossen, während die Sekundärwicklung direkt an den Schweißstromkreis angeschlossen ist. Der Wechselstrom aus dem Netzwerk, der durch die Spule der Primärspule fließt, induziert ein elektromagnetisches Wechselfeld, das hauptsächlich durch den Eisenkern (Magnetkreis) des Transformators fließt.



Schweißtransformatoren

- Infolgedessen wird nach dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion in der Wicklung der Sekundärspule eine Wechselspannung erzeugt, die nach dem Lichtbogenbogen den Sekundärstrom (Schweißstrom) in einem geschlossenen Schweißkreis erzeugt.
- Die Steuerung des Schweißstroms kann schrittweise oder kontinuierlich erfolgen.

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. 47.



Schweißtransformatoren

- Die statische Belastungscharakteristik nimmt leicht ab (Half-Stasis).
- Schweißtransformatoren eignen sich allgemein für das manuelle Schweißen mit beschichteten Elektroden oder möglicherweise für ein WIG-Verfahren, bei dem insbesondere zur Verbesserung der Stabilität der Lichtbogenverbrennung ein Hochfrequenzionisierer als Quelle für Hochspannungsimpulse verwendet wird, die entweder parallel oder in Reihe in der Sekundärwicklung des Transformators geschaltet sind.
- Verglichen mit rotierenden Schweißstromquellen haben Schweißtransformatoren einen niedrigen Energieverbrauch im Leerlauf, einen besseren Wirkungsgrad (85% bis 97%), aber der Leistungsfaktor ist relativ gering (0,5 bis 0,7).
- Dreiphasige Stromversorgung belastet die Schweißtransformatoren ungleichmäßig, weil sie beim Schweißen eine oder zwei Phasen belasten, je nachdem, ob die Eingangsspannung eine Phase (230 V 50 Hz) oder eine Kombination (400 V 50 Hz) ist).

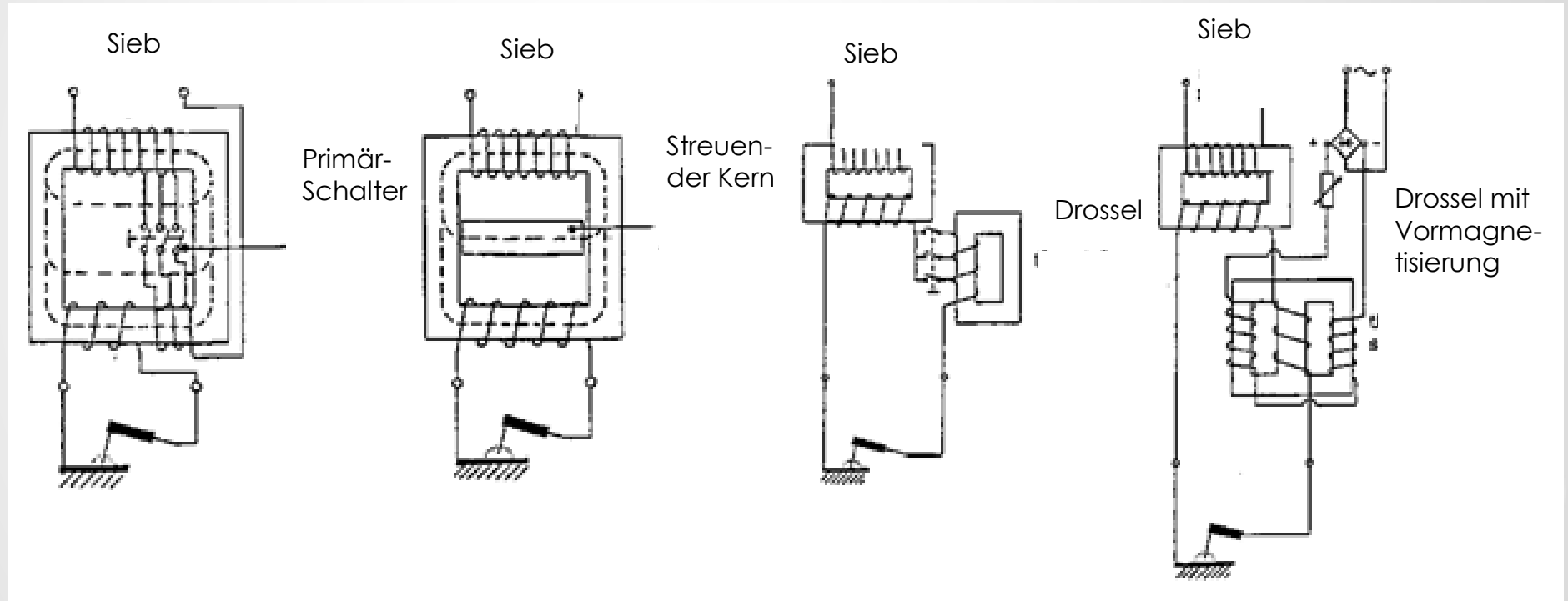


Schweißstromregelung

- ▶ Die Regelung des Schweißstroms hängt von der Auslegung des Transformators ab:
 - a) Anzahl der Fäden in der Primärwicklung ändern
 - ▶ Der Schweißstrom ändert sich stufenweise (und im entgegengesetzten spannungsfreien Verhältnis) auf der Grundlage der Umschaltung der Windungszahl auf der Primärwicklung und damit auch der Änderungen des Transformators.
 - b) Schiebe- oder Drehstreukern
 - ▶ Der Schweißstrom ändert sich kontinuierlich entsprechend der Änderung der Position des Kerns (zwischen der Primär- und der Sekundärwicklung angeordnet), die den Anteil des vom Kern eingekapselten magnetischen Flusses an dem durch die Wicklung der Sekundärspule strömenden Fluss bestimmt.
 - c) Steuerdrossel mit Schalter
 - ▶ Der Schweißstrom (sowie die Steigung der statischen Steigung) ändert sich schrittweise entsprechend der Anzahl der Spulen der Drosselwindungen, die mit der Sekundärwicklung des Transformators in Reihe geschaltet sind. Wenn die Drossel eine kleine Anzahl von Wickelfäden aufweist, ist die statische Charakteristik halbsträngig, wobei eine zunehmende Anzahl von Windungen zu einer steilen Charakteristik wird.
 - d) Steuerdrossel vor der Magnetisierung (Wandler)
 - ▶ Der Schweißstrom (und die statische Charakteristik) ändern sich kontinuierlich durch Ändern der Reaktion des Reaktors in Abhängigkeit von der Änderung der Gleichstromvormagnetisierung des Drosselkerns. Die geringe Vormagnetisierung der Drossel bedeutet eine hohe Drosselinduktivität und -reaktanz und somit einen niedrigen Schweißstrom mit einer großen Vormagnetisierung der Drossel, ihre Induktivität und Reaktanz sind niedrig und der Schweißstrom ist hoch.
 - e) Verschieben der Primär- und Sekundärwicklung gegeneinander
 - ▶ Die Größe des Schweißstroms und die Steigung der statischen Kennlinie werden durch den Grad der Bondfestigkeit auf der Grundlage der gegenseitigen Induktivität der Wicklungen der beiden Spulen beeinflusst.



Schweißtransformatoren



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. 48.



Schweißgleichrichter

- Ein Schweißgleichrichter ist eine Gleichstromquelle.
- Er besteht aus einem Netztransformator und zugehörigen Gleichrichterelementen, die im Sekundärkreis des Transformators angeschlossen sind.
- Der Transformator ist entweder einphasig oder dreiphasig.
- Die Gleichrichterelemente bestehen aus Halbleiter-Siliziumdioden oder -thyristoren, die in Einwegschweißquellen beim Anschluss eines Zweiwege-Brückengleichrichters (sogenannte Graetz-Verbindung) oder Drei-Phasen-Schweißquellen beim Anschluss des Sechswwege-Brückengleichrichters verwendet werden.
- Die Welligkeit der geradlinigen Ausgangsspannung im Einweggleichrichter ist relativ groß, die Welligkeitsfrequenz ist das Doppelte der Netzfrequenz.

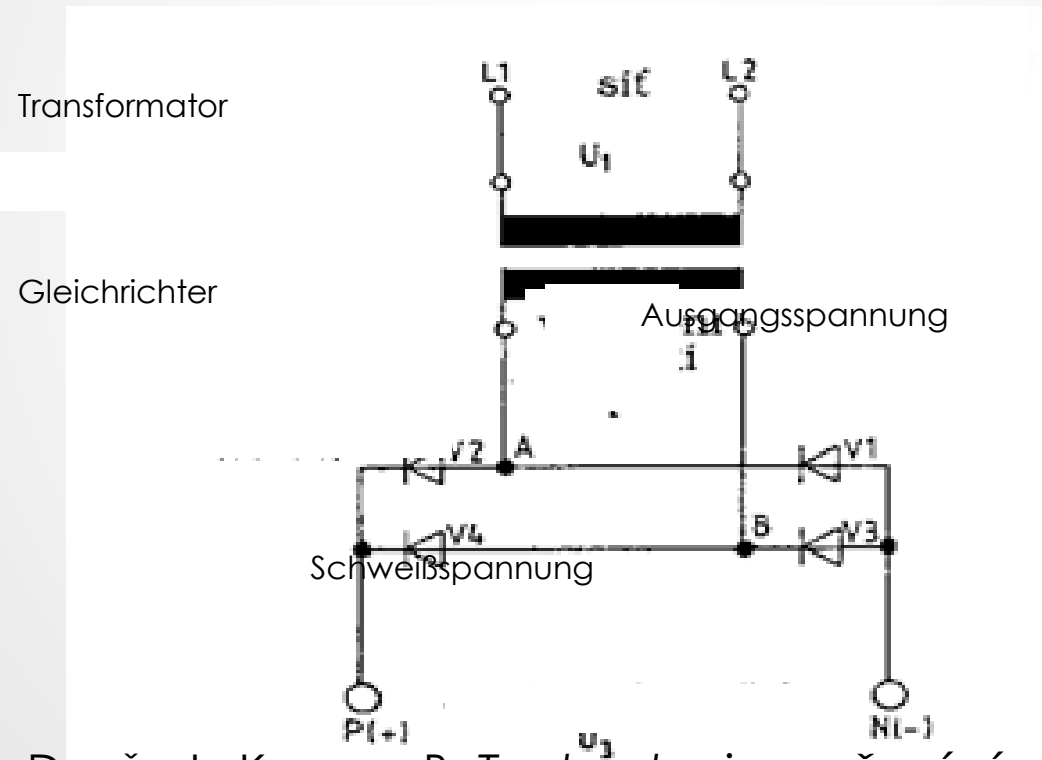


Schweißgleichrichter

- Im dreiphasigen Gleichrichter ist die Welligkeit der geradlinigen Ausgangsspannung geringer.
- Der dreiphasige Schweißgleichrichter ist für hohe Strombelastung geeignet, verfügt über gute Schweißeigenschaften und im Vergleich zu einem Einzelschuss-Schweißgleichrichter wird das Stromversorgungssystem symmetrisch belastet.
- Der Transformator bietet die Möglichkeit, während des Schweißens sowohl Gleichstrom als auch Wechselstrom zu verwenden.
- Schweißgleichrichter zeigen im Vergleich zu rotierenden Schweißstromquellen geringere Leerlaufverluste, d.h. geringerer Stromverbrauch, geräuschloser Betrieb, höherer Wirkungsgrad (im Durchschnitt ca. 80%), relativ geringes Gewicht und gute Schweißeigenschaften. Schweißgleichrichter haben sehr gute dynamische Eigenschaften, insbesondere bei schnellen Spannungs- und Stromänderungen.



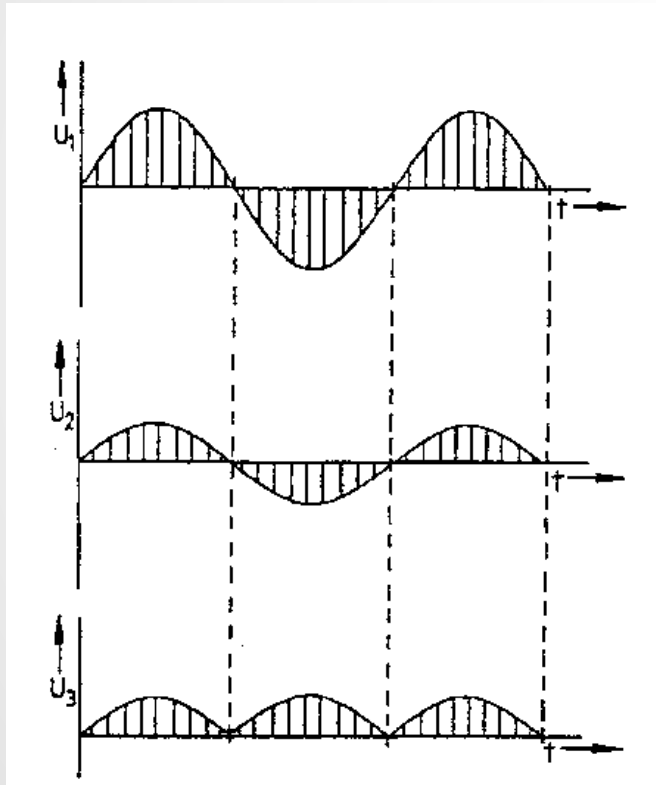
Einphasengleichrichter



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. 49.



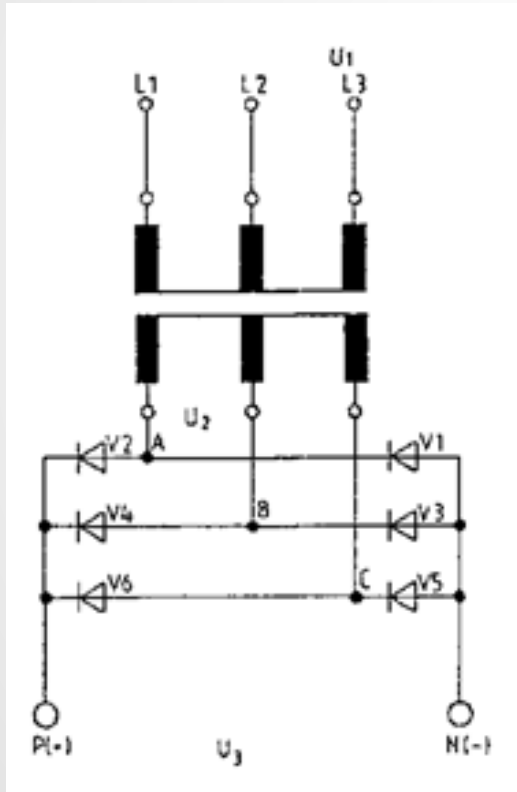
Einphasengleichrichter



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. 49.



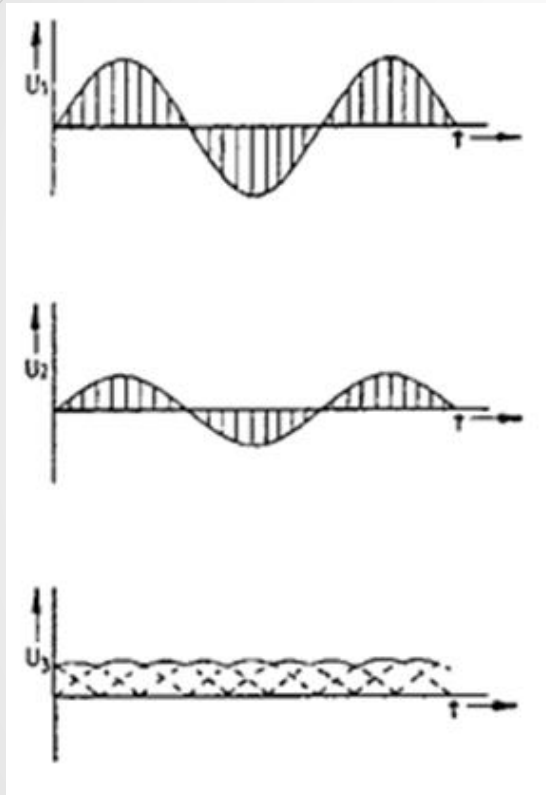
Dreiphasengleichrichter



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. 49.



Dreiphasengleichrichter



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. 49.



Einphasengleichrichter

- Die Schweißstromregelung und die Einstellung einer geeigneten Lastcharakteristik für Schweißgleichrichter werden beispielsweise über einen Wandler, eine Thyristorsteuerung, eine analoge Transistorsteuerung oder eine getaktete Transistorsteuerung durchgeführt.



Schweißgleichrichter mit Regeldrossel

- ▶ Die Regelung des Schweißstroms und die Einstellung der statischen Belastungscharakteristik basiert auf dem gleichen Prinzip wie für die Schweißquelle, wobei aufgrund der Änderung der Reaktanz des Reaktors durch direkte Vormagnetisierung des ferromagnetischen Kerns.
- ▶ Hinter dem Aufnehmer wird der Strom durch ungeregelte Gleichrichterventile (Dioden) geregelt. Diese Steuerung wird sowohl für einphasige als auch für dreiphasige Schweißgleichrichter verwendet.
- ▶ Die gewünschten statischen Eigenschaften der Schweißquelle, die für unterschiedliche Schweißmodi erforderlich sind, reichen von den steilen Lastcharakteristiken der handgeschweißten Elektrodenquelle und dem WIG-Schweißen bis zu den flachen Lastcharakteristiken der Quelle, beispielsweise für das automatische Schweißen mit MIG, MAG.
- ▶ Der Vorteil dieser Schweißquelle ist eine relativ einfache Konstruktion, daher eine geringe Ausfallrate und eine gute Effizienz (etwa 80%).
- ▶ Der Nachteil sind relativ große Abmessungen und Gewicht, schlechtere dynamische Eigenschaften und ungünstiger Leistungsfaktor.

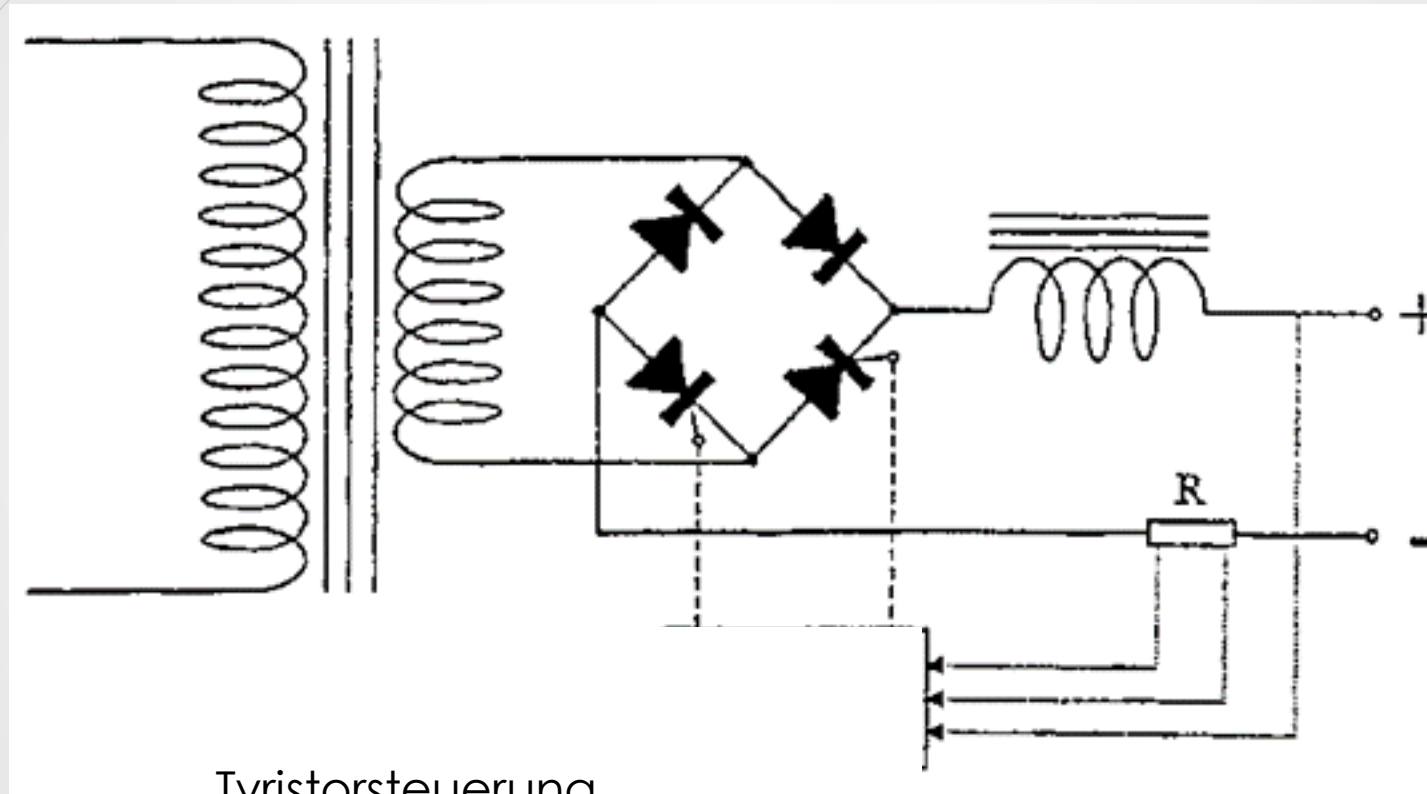


Schweißgleichrichter mit Thyristorsteuerung

- Die Einstellung der Schweißstromstärke erfolgt mittels Phasenanschnittsteuerung mit Thyristoren, wenn der Schweißstrom durch die Netzfrequenz moduliert wird.
- Thyristoren, die meistens überbrückt sind und mit der Sekundärseite des Netztransformators verbunden sind, haben die Funktion von gesteuerten Gleichrichtungsventilen.
- Das Timing der Steuerimpulse am Thyristor beeinflusst die Größe des Stroms oder des Thyristors..
- Dies reguliert nur einen Teil des Stroms, der dann durch die Drossel ausgeglichen wird.
- Schweißquellen mit Thyristorsteuerung ermöglichen die Implementierung eines Impulsprozesses mit einer Frequenz, die der Frequenz des Netzwerks entspricht.
- Die Steuerelektronik der Thyristorsteuerung wird durch eine Rückmeldung ergänzt, sie ermöglicht die Programmierung von Schweißparametern und deren Wartung.
- Der Wirkungsgrad dieser Schweißquellen ist sehr gut (ca. 80% bis 90%).
- Die dynamischen Eigenschaften sind wegen der Verwendung einer relativ großen Glättungsdrossel etwas schlechter, was sich insb. im Kurzschlusslichtbogen zeigt.



Thyristor-Sortierschema



Thyristorsteuerung

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. .



Schweißgleichrichter mit analoger Steuerung

- ▶ Die Anordnung dieser Schweißquelle besteht aus Netztransformator, Gleichrichter mit Halbleiterdioden in Brückenschaltung und Glättungskondensatoren und analog gesteuerter Transistorstufe in Abhängigkeit des variablen elektrischen Widerstandes im Stromkreis des Schweißstroms.
- ▶ Der Schweißstrom-Rückkopplungsregler steuert das kontinuierliche Öffnen und Schließen der Transistorstufe auf der Grundlage eines kontinuierlichen Vergleichs eingestellter und tatsächlicher Spannungs- und Stromwerte während des Schweißens.
- ▶ Diese Steuerungsart ist sehr effektiv, da die Halbleiterelemente auf der Sekundärseite des Transformators in der Transistorstufe kann sehr schnell auf die Steuersignale reagiert werden. Daher ist es möglich, die Ausgangsleistung entsprechend den Erfordernissen des Schweißprozesses wirksam zu ändern.
- ▶ Wegender hohen Lichtbogenstabilität und des nahezu spritzerfreien Schweißens eignen sich diese Schweißquellen für den Einsatz beim Roboterschweißen.
- ▶ Ein gewisser Nachteil bleibt das relativ hohe Gewicht und die größeren Abmessungen, die sich aus der Verwendung eines Netzwerktransformators ergeben.



Schweißgleichrichter mit digitaler Steuerung an der Sekundärseite

- Der Aufbau dieser Schweißquelle besteht auch aus einem Eingangnetzwerktransformator, einem ungebremsten Brückengleichrichter und einer nachgeschalteten digital gesteuerten Transistorstufe als Halbleiterschalter in der Schweißstromschaltung.
- Die Transistorstufe wird periodisch mit der Taktfrequenz (z. B. 20 kHz) ein- und ausgeschaltet).
- Diese periodische Umschaltung und Umschaltung wird als "Taktung" bezeichnet.
- Der große Vorteil beim Schalten von Transistoren ist ihre hohe Schaltgeschwindigkeit bis etwa 200 kHz.

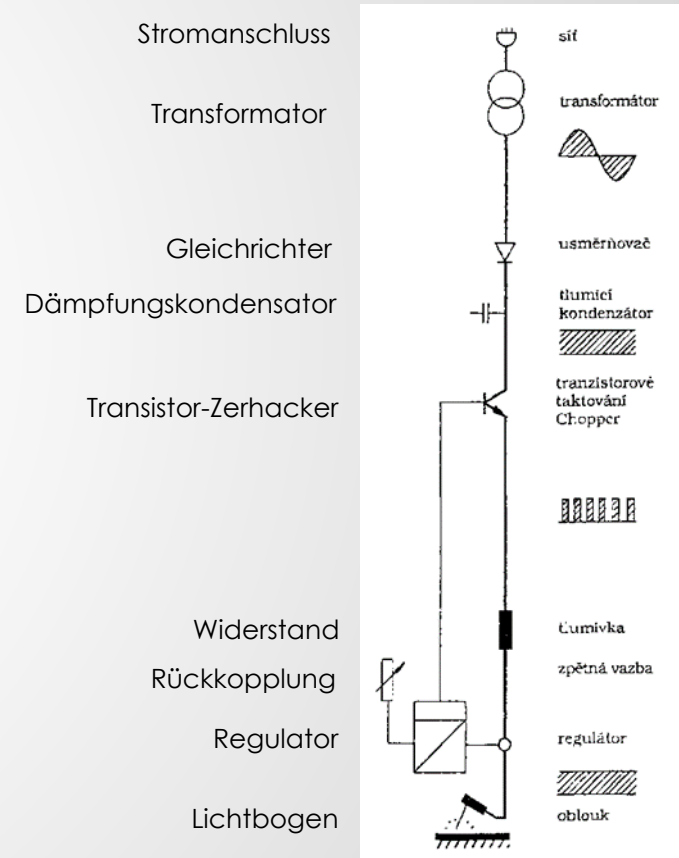
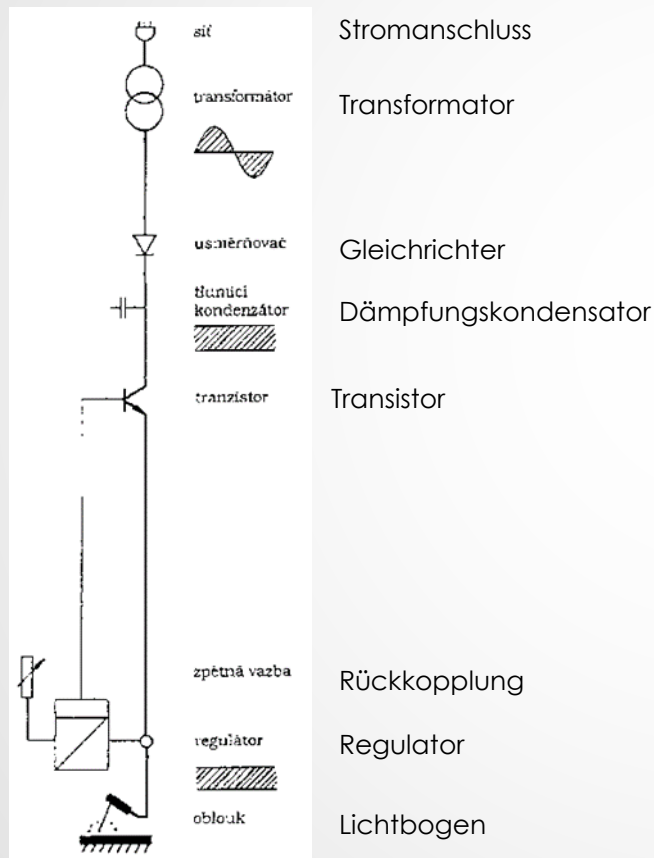


Schweißgleichrichter mit digitaler Steuerung an der Sekundärseite

- Sie haben den Charakter von Verstärkern mit sehr geringer elektrischer Leistung (mehrere Watt), die eine Stromquelle mit beispielsweise 20 kW (500 A) steuert.
- Die Transistordrossel sorgt für eine Akkumulation und Glättung des Impulsschweißstroms.
- Der Rückkopplungsregler führt die erzeugten Taktimpulse der Transistorstufe zu, indem er die eingestellten und tatsächlichen Spannungs- und Stromparameter vergleicht.
- Die Vor- und Nachteile wie bei der analogen Steuerung.
- Die digitale Steuerquelle ist durch einen Impulsschweißprozess gekennzeichnet.



Diagramm des Schweißgleichrichters mit analoger und digitaler Steuerung



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. 51.



Schweißinverterquellen

- ▶ Inverter-Schweißquellen sind in erster Linie gesteuerte Stromquellen mit Transistoren, die nach dem Prinzip von Frequenzumrichtern (Frequenzumrichtern) mit einer Frequenz von 20 kHz bis 100 kHz arbeiten, und sind derzeit die fortschrittlichsten Konzepte moderner Schweißquellen.



Schweißinverterquellen

- Das grundlegende Merkmal der Wechselrichterquellen ist der Ort des Transformators in der Energiekette bis zum Schalttransistor.
- Der Grund für diese Anordnung ist die Abhängigkeit des Gewichts und des Volumens des Transformators von seiner Arbeitsfrequenz.
- Je höher die Frequenz, desto geringer Volumen und Gewicht. Daher haben diese Quellen ein geringes Gewicht und geringe Abmessungen, ohne ihre Leistung zu beeinträchtigen.
- Die aktuelle Masse überschreitet praktisch nicht 0,05 kg / A.
- Ein weiterer Vorteil ist der hohe elektrische Wirkungsgrad (ca. 90%).
- Um eine hohe Taktfrequenz zu verwenden, muss zuerst die Netzwechselfspannung eingestellt werden. Die über den Primärgleichrichter zur Verfügung stehende Gleichspannung wird über den Transistorschalter in eine Hochfrequenz umgewandelt.
- Die Ausgangsspannung des Transformators wird dann weiter angepasst.

KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUŠ, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 52.



Schweißinverterquellen

- Das Herzstück des Geräts ist eine Steuerelektronik, die das Zusammenspiel der Funktionsblöcke der Schweißeinheit mit den Drahtvorschubgeräten und der Schutzgasversorgung regelt, die korrekte Funktion des Geräts überprüft, über die Anzeige mit dem Bediener kommuniziert, um die Parameter einzustellen und zu überprüfen..
- Bei großen Geräten ist die Schweißsystemsteuerung auch mit einem Peripheriegerätausgang ausgestattet, der die fortlaufend erfasste Auswahl von Betriebsparametern (Drucker, Schreibgerät usw.) oder die Kommunikation mit einem externen Computer fortlaufend erfasst, wodurch spezielle Wellenformen einzelner Parameter in Echtzeit programmiert werden können.



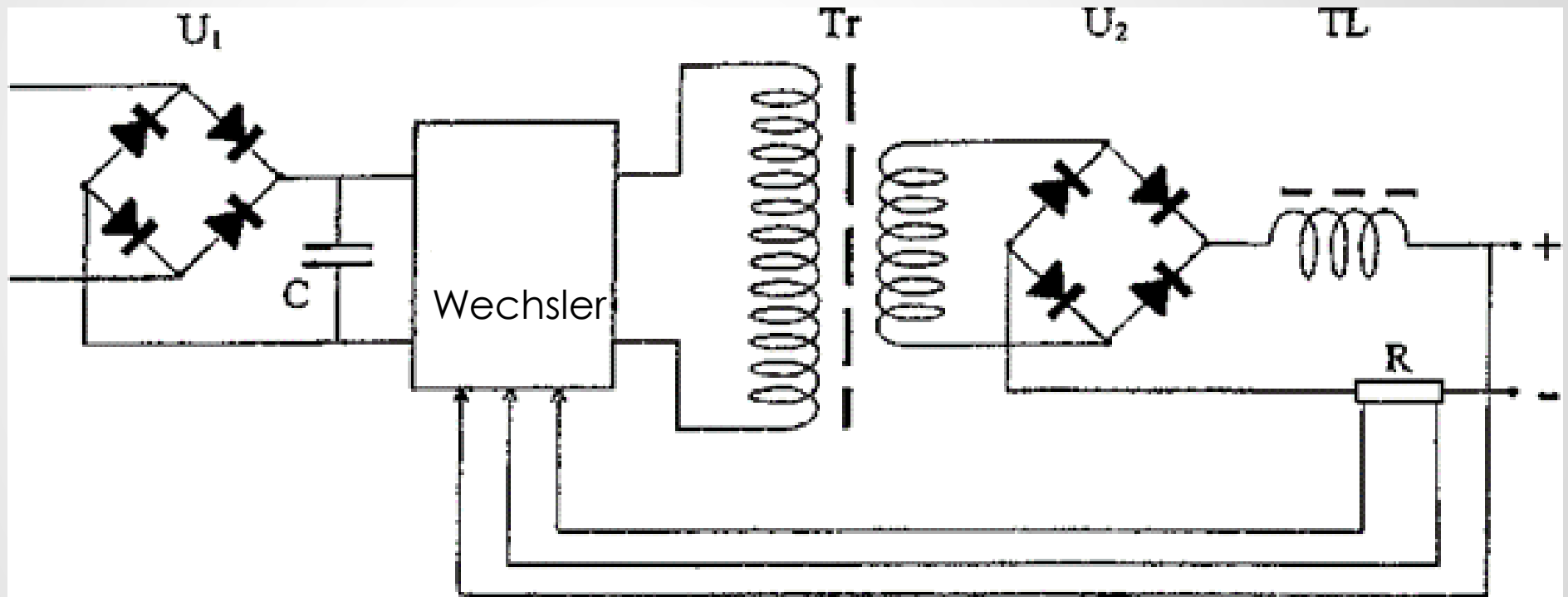
Die Auslegung von Inverter-Schweißquellen bietet Voraussetzungen für :

- ▶ hohe und stabile Schweißleistung,
- ▶ optimal variable statische Eigenschaften in den Modi MIG, MAG, TIG und MMA,
- ▶ einfach und benutzerfreundlich,
- ▶ vielseitige Verwendbarkeit,
- ▶ die Möglichkeit der Ausgabe für die Computerdatenverarbeitung unter Kontrolle und Kontrolle der Qualität,
- ▶ die Möglichkeit der einfachen Kommunikation mit automatisierten und Roboterarbeitsplätzen,
- ▶ hohe Betriebssicherheit oder Einfache Fehlererkennung und deren schnelle Beseitigung.

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. 52.



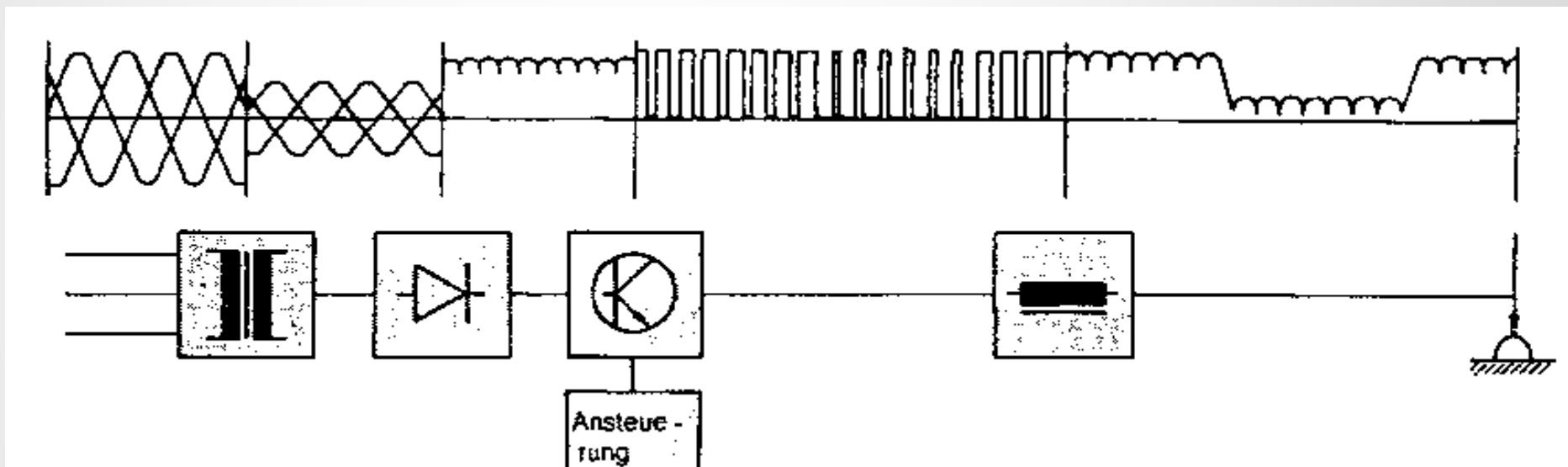
Verdrahtungsplan der Wechselrichterquelle



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. 52.



Blockschaltbild und Wellenformen der Wechselrichterquelle





Digitale Schweißquellen

- Die Steuerelektronik dieser Quelle ist das Ergebnis eines revolutionären Fortschritts bei der Entwicklung von Schweißquellen.
- Es bringt die vollständige Digitalisierung ihrer Systeme.
- Die Verwendung digitaler Signalprozessoren gewährleistet eine hohe Betriebsgeschwindigkeit, die für eine schnelle Datenverarbeitung unerlässlich ist.
- Dies eröffnet die unerwarteten Möglichkeiten, den Schweißprozess durch Software zu beeinflussen.
- Darüber hinaus werden Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Schweißergebnisse erhöht, da die analogen Halbleiterbauelemente, die einer Temperaturdrift unterliegen, eliminiert werden.



Digitale Schweißquellen

- Die Kommunikation zwischen Schweißquelle und Peripherie (Drahtvorschubgerät, Fernbedienung usw.) erfolgt über einen zentralen Datenbus des Mikrocomputers.
- Mit allen bidirektionalen Informationen können Sie Betriebsdaten oder Parametereinstellungen an Ihrer eigenen Quelle, am Drahtvorschubgerät oder direkt am Brenner lesen oder ändern.
- Der Steuerungs-Mikrocomputer verarbeitet die Daten mit höchster Präzision und prüft sorgfältig die kritischen Schweißparameter.
- Beim Schweißen werden bis zu 10.000 Steuer- und Steuerschritte pro Sekunde verglichen, die tatsächlichen Schweißparameter mit den eingegebenen verglichen und bei Abweichungen sofort um die eingegebenen Werte korrigiert.
- Gleichzeitig werden Netzspannung, Gasdurchfluss, Schweißdrahtzufuhr und andere wesentliche Funktionen des Geräts geprüft.



Stoßstromschweißen

- Das Stoßstromschweißen basiert auf einer geeigneten Modulation des Ausgangsstroms der Schweißquelle, wobei sich die Amplitude des Stroms vom Pegel des Basisstroms (niedrigerer Wert) auf den Stoßstrompegel (höherer Wert) innerhalb der gegebenen Periode ändert, wobei die Impulstaktfrequenz entweder von der Netzfrequenz abgeleitet wird (Frequenz 50 Hz) oder wird unabhängig von der Netzfrequenz erzeugt.
- Das Verhältnis des Impulsstroms zu dem Basisstrom kann stufenweise oder kontinuierlich variiert werden, ebenso das Verhältnis der Impulsbreite zu der Lückenbreite der gegebenen Stromperiode.
- Die Änderung des Stroms von der Basis zum Impuls und zurück kann durch einen Sprung (rechteckförmiger Verlauf des Impulsstromes) oder mit einer bestimmten Steigung der Vorderflanke oder der Abwärtsflanke des Impulsstromes (trapezförmiger Verlauf des Impulsstromes) realisiert werden).



Stoßstromschweißen

- Um die Schweißleistung für gesteuerte Quellen in einem großen Bereich beliebig einstellen zu können, muss die Einschaltzeit (Impulsbreite) auf die Ausschaltzeit (Spaltbreite) geändert werden).
- Das Verfahren wird Pulsweitenmodulation genannt.
- Die erforderliche Impulsform und Wellenform wird auch durch das Verhältnis der Amplitude des Impulses und des Basisstroms beeinflusst.
- Bei Impulsfrequenzen im Bereich von 1 Hz bis 1000 Hz gibt es für jedes Material eine Impulsform.



Stoßstromschweißen

- Der Impulslichtbogen ermöglicht die optimale Einstellung aller Parameter (automatische oder manuelle) zur Kurzschlussübertragung von Material mit minimalem Sprühniveau.
- Im Schmelzbad fällt bei jedem Impuls ein Tropfen Zusatzstoff von der Drahtelektrode.
- Mit der Pulse-Technologie können Sie konstante Tröpfchengröße und -geschwindigkeit im gesamten Leistungsbereich einstellen.
- Dadurch ist es möglich, die Prozessgeschwindigkeit, die Qualität der Schweißnähte und natürlich die in das Material eingebrachte Wärmeenergie genau zu definieren.



Parametersteuerung - Synergic-Schweißmodus

- ▶ Der ideale Verlauf des gesamten Schweißvorgangs von der Anfahrphase vor der Lichtbogenzündung bis zur Lichtbogenlöschphase und dem gleichzeitigen Abschmelzen des letzten Drahtabfalls ist nur durch eine Vielzahl stufenlos einstellbarer Parameter erreichbar.
- ▶ Das Einstellen einer großen Anzahl von Parametern würde den Betrieb der Schweißstromversorgung komplizieren.
- ▶ Mit Hilfe eines sogenannten "Synergic-Modus" (Einzelparametersteuerung, z. B. Vorschubgeschwindigkeit) mit vorprogrammierten Parametern für eine beliebige Kombination von Draht / Gas kann der Benutzer das gesamte Gerät auf einfache Weise steuern.
- ▶ Die Aufgabe, Parameter für eine ganze Reihe von Grund- und Zusatzwerkstoffen sowie Schutzgasen zu optimieren, übernimmt der Schweißmaschinenhersteller.



Parametersteuerung - Synergic-Schweißmodus

- Die Erkenntnisse werden als Datenbank (sogen. Programm-bibliothek) in einer elektronischen Speichereinheit gespeichert.
- Der Benutzer stellt direkt den Drahtdurchmesser, den Schutzgastyp und den Materialtyp direkt an der Schweißquelle ein, und der eingebaute Mikroprozessor stellt sicher, dass die Leistung durchgehend einstellbar ist.
- Dies gewährleistet qualitativ hochwertige Schweißnähte, Produktivität und Prozessgeschwindigkeiten und vereinfacht gleichzeitig Bediener und Kontrolle.
- Fehlbedienungen sind hier praktisch ausgeschlossen.
- Darüber hinaus dank der Möglichkeit der Verarbeitung von Schweißprozessen am Computer die Möglichkeit der Überwachung und Kontrolle der Schweißparameter.



Parametersteuerung - Synergic-Schweißmodus

- Darüber hinaus ermöglicht das Schweißsteuerungssystem dem Benutzer, seine optimalen Parameter für jedes Schweißereignis zu erstellen und einzustellen, sie zu speichern und, falls erforderlich, ein eigenes Programm zu erstellen (auf Knopfdruck), um es abzurufen.
- In einigen Fällen kann der Schweißer während des Schweißvorgangs den Strom kontinuierlich regulieren (Bogenbearbeitung), indem er den Brennergriff am Brennergriff verwendet und die Schweißleistung um bis zu $\pm 50\%$ des durch das aktuelle Schweißprogramm eingestellten Werts ändert.



Fernbedienung

- Moderne elektronische Schweißsysteme ermöglichen die Fernsteuerung der Quelle während Schweißprozessen (z. B. in automatisierten und robotergestützten Anwendungen), die Überprüfung und Aufzeichnung von realen Parametern einzelner Schweißnähte (mit der Möglichkeit der Archivierung und des Druckens von Signalverläufen einzelner Parameter) sowie die Programmierung spezieller Signalverläufe einzelner Parameter in Echtzeit.
- Klassische Fernbedienungen zur manuellen Steuerung oder Fußsteuerung in einem separaten Gehäuse sind an eigene Schweißkabel beliebiger Länge angeschlossen.
- In einigen Fällen ist die Fernbedienung in den Brennergriff integriert, um den Komfort der Arbeit des Schweißers zu erhöhen. Sie können alle wichtigen Parameter abrufen, einstellen und auf dem Display des Controllers verfolgen.



Zubehör für Schweißquellen

- Startergerät
- Anschluss der Stromversorgung an das Stromnetz
- Schweißkabel
- Elektrodenhalter
- Schweißklemmen



Startergerät

- ▶ In einigen Fällen ist es ratsam, eine Lichtbogenzündung durchzuführen, ohne das Grundmaterial zu berühren.
- ▶ Lichtbogenzündung durch Kontakt mit der WIG-Technologie kann zum Schweißen von Schweißgut mit Wolframelektrodenmaterial führen.
- ▶ Beim Wechselstromschweißen ist es auch wünschenswert, das Wiederauftauchen des Lichtbogens beim Wechsel der Polarität zu unterstützen.
- ▶ Dies kann so sichergestellt werden, dass die Spannung zwischen der Elektrode und dem Schweißlichtbogen auf einen so hohen Wert erhöht wird, dass in dem Gas, das sich zwischen der Elektrode und der Schweißung befindet, eine Lawinenionisation auftritt.
- ▶ Der Startvorgang wird durch einen Ionisator bereitgestellt, der unter normalen Bedingungen Spannungsimpulse mit einer Amplitude von mehreren tausend Volt bereitstellen muss, die die elektrische Stärke der Umgebung zwischen den Elektroden übersteigen.
- ▶ Der Starter-Ionisator muss nach dem Lichtbogenbogen elektronisch getrennt werden.
- ▶ Der Ionisator für das Wechselstromschweißen ist fest angeschlossen.



Anschließen der Stromversorgung an das Stromnetz

- Jede Schweißquelle ist aus Sicht der allgemeinen Elektrotechnik eine elektrische Maschine.
- Daher müssen alle Bauelemente den Anforderungen der einschlägigen elektrischen und technischen Normen sowie der technischen und vor allem der Sicherheit entsprechen.
- Für einphasige (230 V 50 Hz) oder dreiphasige (3 x 230/400 V 50 Hz) Netze wird die Schweißstromversorgung normalerweise über einen beweglichen Einlass angeschlossen, der durch den entsprechenden Stecker zum Einsetzen in eine feste Steckdose abgeschlossen wird.



Anschließen der Stromversorgung an das Stromnetz

- In einigen Ausnahmefällen großer Schweißquellen, die dauerhaft und unbeweglich an einem einzigen Ort innerhalb des Schweißarbeitsplatzes angeordnet sind, können sie an eine Stromversorgung mit fester Versorgung angeschlossen werden.
- Sowohl die bewegliche als auch die feste Versorgung müssen entsprechend der maximalen Leistungsaufnahme richtig dimensioniert sein (sowohl elektrisch als auch mechanisch).
- Feste Stromverteilung im Vergleich zum Bewegen / Die feste Versorgung muss den gleichen oder einen größeren Querschnitt der Leiteradern haben und muss durch einen Schutzschalter mit geeigneter Größe und langsamer Auslösecharakteristik geschützt werden.



Anschließen der Stromversorgung an das Stromnetz

- Die Schweißquelle wird im Allgemeinen gemäß den elektrischen Normen als elektrisches Objekt der Klasse I eingestuft und muss daher über Schutzklemmen für den Anschluss des Schutzleiters verfügen, der als bewegliche oder starre Versorgung vorgesehen ist.
- Der Schutz des Bedieners vor gefährlichem Kontakt mit stromführenden Teilen der Quelle (den fließenden Teilen) wird durch Abdeckung, Isolierung und zusätzliche Isolierung (unter Verwendung von Schutzausrüstung) gemäß den einschlägigen Normen gewährleistet.
- Schutzart an der Schweißquelle beträgt üblicherweise IP 21 bis IP 23.
- Bedienerenschutz beim Berühren unbelebter Teile ist der Schutz von Skeletten, Abdeckungen und tragenden Metallstrukturen.
- Es wird nur verwendet, wenn die Isolation fehlerhaft ist und normalerweise durch Nullstellen oder durch einen Überspannungsschutz geschützt wird.
- Bisher häufig eingesetzter Erdschutz wird heute ausnahmsweise eingesetzt.



Schweißkabel

- ▶ Bei den Schweißkabeln handelt es sich um einadrige Leiter mit zusammengesetzten Kernen und mit Gummiisolierung, die den Schweißstrom von der Schweißquelle zum Elektrodenhalter oder Schweißbrenner sowie die Schweißklemme, die an dem Schweißgut befestigt ist, zuführen, um den Stromkreis zu schließen.
- ▶ Der Querschnitt der Kerne ist entsprechend dem maximalen Schweißstrom bemessen.
- ▶ Die maximal zulässige Länge des Schweißdrahtes ist so festgelegt, dass der Spannungsabfall bei Nennlast 2 V nicht überschreitet.
- ▶ Wenn ein längerer Schweißdraht als die angegebene Länge erforderlich ist, muss sein Querschnitt höher gewählt werden.



Schweißkabel





Schweißkabelanschluss





Elektrodenhalter

- Der Elektrodenhalter dient zum Klemmen der Elektrode während des Schweißens.
- Zu den grundlegenden Anforderungen zählen geringes Gewicht, Sicherheit, gute Kontrolle beim Elektrodenwechsel und Schweißen in verschiedenen Positionen.
- Elektrodenhalter für das Lichtbogenhandschweißen sind in ČSN 05 2250 oder ČSN EN 60 974-11 standardisiert.
- Die Größe der Schweißklammern hängt von der Größe der Klemmbacken und der Strombelastung ab.



Schweißzange ohne Elektrode





Einlegen der Elektrode in die Schweißhalterung





Schweißklemmen

- Sie dienen zusammen mit Kabeln dazu, die zweite Polarität von der Schweißquelle zum Schweißgut zu bringen.
- Die Klemmen müssen fest geklemmt sein, um den Übergangswiderstand zu minimieren.
- Bringen Sie die Klammer so nah wie möglich am Schweißpunkt an.
- Die Klemmen sind je nach Schweißstromgröße unterschiedlich groß.



Schweißklemmen





Fragen zum Nachdenken

1. Was sind die Anforderungen an Schweißquellen??
2. Wie ist die Unterteilung der Schweißquellen nach der Art der Energieumwandlung?
3. Wie ist die Unterteilung der Schweißquellen nach der Art der zugeführten Leistung?
4. Wie kann ein Lichtbogen gezündet werden?
5. Was gibt die dynamischen Eigenschaften der Schweißquelle an?
6. Beschreiben Sie ein statisches Merkmal.
7. Was sind die Eingabe- und Ausgabeparameter der Schweißquellen?
8. Charakterisieren Sie rotierende Schweißquellen.
9. Charakterisieren Sie den Schweißtransformator.
10. Was ist ein synergetischer Schweißmodus??
11. Charakterisieren Sie die Schweißkabel und deren Zubehör.



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.