

**Inhalt:**

- 1 Ziel der Klassifizierung
- 2 Klassifizierung für Schweißzangen mit integriertem Transformator
  - 2.1 Begriffe
  - 2.2 Klassen von Schweißzangen
  - 2.3 Prüfen der Kennwerte
    - 2.3.1 Ausgangs-Gleichspannung
    - 2.3.2 Ausgangs-Belastungsstrom und Zangenwiderstand
    - 2.3.3 Thermische Lastprobe
    - 2.3.4 Ausgangs-Dauerstrom
    - 2.3.5 Netzstrom bei Belastung
- 3 Ausbaustufen von Schweißmaschinen mit Transformatorzangen
  - 3.1 Kriterien
  - 3.2 Prüfverfahren für den Nachweis einer adaptiven Regelung
    - 3.2.1 Durchführung
    - 3.2.2 Auswertung und Ergebnisdarstellung
- 4 Schrifttum

**1 Ziel der Klassifizierung**

Die Beurteilung von Widerstandsschweißmaschinen und ihrer Leistungsparameter erfordert ein immer größeres Fachwissen. Um hier eine Hilfestellung zu geben, soll das Klassifizierungssystem anhand eines Codes und von spezifizierten Ausstattungsstufen eine allgemein verständliche Grundlage für technische Anforderungen an Widerstandsschweißmaschinen für die Karosseriereparatur liefern.

Die Typisierung ist in zwei Teile untergliedert:

- die Klassifizierung nach den elektrischen Parametern des Transformators und der Zange,
- die Ausstattungsklassen nach dem Funktionsumfang der Schweißmaschine.

Entsprechend der gestaffelten Leistungsstufen können unterschiedliche Anforderungsprofile festgelegt werden.

**2 Klassifizierung für Schweißzangen mit integriertem Transformator**

In Anlehnung an die DIN EN ISO 22099 [1] werden im Folgenden Mindestanforderungen für verschiedene Klassen von Transformatorzangen definiert, wie sie in Reparaturschweißmaschinen zum Einsatz kommen. Die Anforderungen gelten für alle Einrichtungen, die mit Wechselstrom-Leistungsteilen (sogenannten Invertern) ausgerüstet sind, mit Taktfrequenzen von mindestens 1000 Hz arbeiten und für das Schweißen von Stahlverbindungen vorgesehen sind.

Im Unterschied zu [1] berücksichtigt dieses Merkblatt die spezifischen Besonderheiten des Reparaturschweißens mit Trafozangen, die sich hauptsächlich aus folgenden Merkmalen ergeben:

- hohe Frequenzen der Trafowechselspannung für ein geringes Gewicht und eine kleine Bauform,
- auf kleine relative Einschalt Dauern (3 bis 5 s, wie sie für Karosseriebetriebe typisch sind) optimierte Betriebsparameter,
- hohe Werkzeugimpedanzen, wie sie für Reparaturzangen typisch sind. Deshalb ist für die Dimensionierung des Trafos die abgegebene Wirkleistung entscheidend und nicht die aufgenommene Scheinleistung.

Die nach Abschnitt 2 ermittelte Klassifizierung einer Trafozange ist bei der Auslieferung vom Hersteller auf dem Typenschild zu vermerken (siehe dazu Merkblatt DVS 2521-1 [2]). Darüber hinaus muss der Hersteller auf Verlangen ein Messprotokoll mit allen Ergebnissen nach Abschnitt 3 zu Verfügung stellen. Eine unabhängige Prüfeinrichtung kann die Klassifizierung der Zange und die zugrunde liegenden Ergebnisse auf der Basis der Prüfungen nach Abschnitt 3 zertifizieren.

**2.1 Begriffe**

**Transformator n-Gleichrichtereinheit:** Transformator mit eingebautem Vollwelle Gleichrichter im Sekundärkreis.

**Eingangsspannung  $U_1$ :** Effektivwert der Eingangsspannung des Transformators.

**Ausgangs-Gleichspannung  $U_{2d}$ :** Effektivwert der Ausgangs-Gleichspannung des Sekundärgleichrichters, wenn an den Ausgangsklemmen ein Lastwiderstand von 10  $\Omega$  angeschlossen ist.

**Netzstrom bei Belastung  $I_{1NR}$ :** Effektivwert des Netzstromes einer Phase am Eingang der Maschine, wenn mit der Zange eine Schweißung mit Probeblechen ausgeführt wird.

**Ausgangs-Dauerstrom  $I_{2th}$ :** Höchster Effektivwert des Ausgangsstromes des Sekundärgleichrichters, bei einer Einschalt-dauer ED = 100%, ohne dabei die Grenzwerte der zulässigen Erwärmungstemperatur zu überschreiten.

**x Ausgangs-Belastungsstrom  $I_{2R}$ :** Effektivwert des Ausgangs-Gleichstromes des Sekundärgleichrichters, wenn an den Ausgangsklemmen ein beliebiger Lastwiderstand angeschlossen ist.

**Ausgangs-Belastungsspannung  $U_{2R}$ :** Arithmetischer Mittelwert der Ausgangs-Gleichspannung des Sekundärgleichrichters, wenn an den Ausgangsklemmen ein beliebiger Lastwiderstand angeschlossen ist.

**x Stromflusszeit  $t_{st}$ :** Zeitspanne innerhalb der Halbwelle einer Periode der aus dem Inverter stammenden Wechselspannung, in der der gemessene Wert einer Spannung größer oder gleich  $\frac{1}{2} \hat{u}$  ist, wobei  $\hat{u}$  den Spitzenwert der Ausgangsspannung des Inverters wiedergibt. Die relative Stromflusszeit ergibt sich, indem die tatsächliche Stromflusszeit zur Zeitspanne einer Halbperiode in Bezug gesetzt wird. Die Angabe erfolgt in Prozent.

**x Zeit ohne Stromfluss  $t_{pr}$ :** Zeitspanne innerhalb der Halbwelle einer Periode, in der keine Stromflusszeit ist.

**Stromzeit  $t_s$ :** Zeit, während der in einem Schweißprozess Strom fließt.

**Pausenzeit  $t_p$ :** Zeit zwischen den Stromblöcken.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beurteilung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

**2.2 Klassen von Schweißzangen**

Die Transformatorenzangen werden in Klassen eingeteilt, deren Kennwerte aus Tabelle 1 ersichtlich sind. Die Prüfung der Kennwerte beschreibt Abschnitt 3.

**Tabelle 1. Parameterabstufungen für die verschiedenen Klassen von Trafos/Zangen.**

	Trafokennwerte		Zangenkennwerte	
	Nenn-Ausgangs-Gleichspannung $U_{2d}$ [V]	minimale Ausgangsleistung bei Belastung $P_{2d}$ [kW]	minimaler Ausgangs-Dauerstrom $I_{2th}$ [kA]	thermische Lastprobe bei $I_S = 9,5$ kA $n_{th}$ [Punkte]
A0	14,3	36,0	2,0	200
A1	12,5	30,0	2,0	200
A2	10,0	24,0	2,0	200
A3	9,1	18,0	2,0	200
B0	14,3	36,0	1,7	150
B1	12,5	30,0	1,7	150
B2	10,0	24,0	1,7	150
B3	9,1	18,0	1,7	150
C0	14,3	35,0	1,4	100
C1	12,5	30,0	1,4	100
C2	10,0	24,0	1,4	100
C3	9,1	18,0	1,4	100
D0	14,3	35,0	1,1	50
D1	12,5	30,0	1,1	50
D2	10,0	24,0	1,1	50
D3	9,1	18,0	1,1	50

Zur Klassifizierung der Zange muss jeder der vier Kennwerte erfüllt sein. Die genaue Klassenermittlung zeigt Tabelle 2 an folgenden Beispielen:

**Tabelle 2. Beispiele zur Klassifizierung von Zangen.**

	Ausgangsspannung $U_{2d}$	Ausgangsleistung $P_{2d}$	Ausgangs-Dauerstrom $I_{2th}$	thermische Lastprobe $n_{th}$	Klassifizierung
Musterzange 1	11,4	32,1	1,5	150	C2
Musterzange 2	13,0	31,5	2,2	200	A1
Musterzange 3	9,5	29,5	0,4	45	keine

**2.3 Prüfen der Kennwerte**

**2.3.1 Ausgangs-Gleichspannung**

Zur Messung ist der Transformator an der Stromquelle (Inverter) zu betreiben, die bei Serienauslieferung vorgesehen ist. Der Inverter ist mit Konstantstromregelung (KSR) auf den maximal möglichen Schweißstrom einzustellen (der eingestellte Schweißstrom ist im Messprotokoll anzugeben). Die Stromzeit  $t_s$  ist mit 100 ms zu wählen. Um die Messung durchführen zu können, muss ggf. die Stromüberwachung der Maschine deaktiviert werden.

Während des Tests muss die Höhe der Eingangsspannung mit  $U_{1N} \pm 5\%$  übereinstimmen (Typenschild). An den Ausgangsklemmen der Transformatoren-Gleichrichtereinheit ist ein Widerstand  $R = 0,5 \text{ m}\Omega \pm 10\%$  anzuschließen.

Die Höhe der Ausgangs-Gleichspannung  $U_{2d}$  ist als Effektivwert über eine Integrationszeit von 3 bis 5 Perioden zu messen. Im Ergebnis darf die Ausgangs-Gleichspannung  $U_{2d}$  nicht mehr als  $\pm 5\%$  von dem auf dem Typenschild angegebenen Sollwert abweichen.

**2.3.2 Ausgangs-Belastungsstrom und Zangenwiderstand**

Zur Messung ist der Transformator an der Stromquelle (Inverter) zu betreiben, die bei Serienauslieferung vorgesehen ist. Der Inverter ist mit Konstantstromregelung (KSR) auf den maximal möglichen Schweißstrom einzustellen. (Der eingestellte Schweißstrom ist im Messprotokoll anzugeben.) Die Stromzeit  $t_s$  ist mit 100 ms zu wählen.

Während des Tests muss die Höhe der Eingangsspannung mit  $U_{1N} \pm 5\%$  übereinstimmen (Typenschild).

An den Ausgangsklemmen der Transformatoren-Gleichrichtereinheit ist

a) zuerst ein Widerstand  $R = 0,5 \text{ m}\Omega \pm 10\%$  anzuschließen. Dafür sind zwei Nebenzweige zu schalten, mit einem Nennstrom von 1500 A und einem Spannungsabfall von 300 mV sowie drei Verbindungsleitungen (z.B. Kupferlamellenband) von jeweils 200 mm Länge und einem Querschnitt von 150 qmm in Reihe zu schalten.

b) Danach ist der Schweißstromkreis der Zange (Elektrodenkurzschluss mit Nennbelastung) anzuschließen.

**Hinweis zu a):** Diese Messung dient zur Ermittlung der Maximalleistung des Transformators. Durch den im Vergleich zu einer Schweißzange relativ hohem Widerstand wird bezweckt, dass der am Inverter eingestellte Strom nicht erreicht wird und somit der Transformator bei maximaler Aussteuerung betrieben wird. Nebenfalls ist wiederum die Stromüberwachung zu deaktivieren.

**Hinweis zu b):** Diese Messung dient zur Ermittlung des Zangenwiderstands. Dabei ist die Spannung an denselben Klemmen wie bei der Messung a) zu messen.

Beide Messungen sind 5-mal durchzuführen und das Ergebnis als Mittelwert der Messungen auszuweisen.

Die Höhe der Ausgangs-Belastungsspannung  $U_{2R}$  ist als arithmetischer Mittelwert über eine Integrationszeit von 50 ms zu messen. Die Spannung ist mit einem Digitalspeicheroszilloskop über einen RC-Tiefpassfilter mit einer Zeitkonstante von 1 ms ( $R = 1 \text{ k}\Omega$ ;  $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ ) zu messen. Der Ausgangs-Belastungsstrom  $I_{2R}$  ist mit einem handelsüblichen Schweißstrommessgerät als Effektivwert über eine Integrationszeit von 50 ms zu messen. Dabei sind die ersten und die letzten 25 ms der eingestellten Stromzeit für die Messung von Strom und Spannung auszublenden. Der gemessene Stromwert ist mit dem Spannungsabfall über einen der beiden Shunts zu verifizieren. Die Ergebnisse müssen mit einer Toleranz von  $\pm 2\%$  übereinstimmen.

In der Auswertung der Messung sind folgende Kenndaten anzugeben:

1. Maximale Wirkleistung  $P_{2d}$  des Transformators aus Messung a). Das Ergebnis darf nicht mehr als  $\pm 5\%$  von dem auf dem Typenschild angegebenen Sollwert abweichen.
2. Der Ausgangs-Belastungsstrom  $I_{2R}$  für eine Last von  $R = 0,5 \text{ m}\Omega$ . Das Ergebnis wird aus der Maximalleistung nach der Messung a) berechnet und darf nicht mehr als  $\pm 5\%$  von dem auf dem Typenschild angegebenen Sollwert abweichen.
3. Die Strom-Widerstands-Kennlinie, entsprechend Bild 1, berechnet nach der Messung a).
4. Der Widerstand der Schweißzange nach Messung b).