

Der Schweißlichtbogen - ein technologisches Werkzeug

Dr. sc. techn. Martin Schellhase

| | |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 1. Einteilung von Schweißlichtbögen | 9 |
| 2. Ladungsträgerbilanz | 13 |
| 2.1. Überblick | 13 |
| 2.2. Gaseigenschaften | 14 |
| 2.3. Ionisation in Gasen | 18 |
| 2.3.1. Anregungszustand | 18 |
| 2.3.2. Ionisationszustand | 19 |
| 2.3.3. Ionisationsgrade bei Mehrkomponentenplasmen | 25 |
| 2.4. Temperatur der Lichtbogensäule | 26 |
| 2.5. Elektronenemission | 29 |
| 2.5.1. Glühemission (thermische Elektronenemission) | 29 |
| 2.5.2. Feldemission | 30 |
| 2.5.3. Thermische Feldemission | 32 |
| 2.6. Anodenvorgänge | 33 |
| 3. Energiebilanz | 36 |
| 3.1. Potentialverteilung | 36 |
| 3.2. Temperaturverteilung | 36 |
| 3.3. Materialfunktionen | 41 |
| 3.3.1. Wärmeleitfähigkeit | 41 |
| 3.3.2. Enthalpie | 42 |
| 3.3.3. Dynamische Zähigkeit | 45 |
| 3.3.4. Elektrische Leitfähigkeit | 45 |
| 3.4. Strömungsverteilung | 47 |
| 3.4.1. Strömungsentstehung | 47 |
| 3.4.2. Gestalt der Lichtbogensäule | 54 |
| 3.5. Energieanteile | 57 |
| 3.5.1. Überblick | 57 |
| 3.5.2. Anteil der freien Drahtlänge | 58 |
| 3.5.3. Katodenbilanz | 62 |
| 3.5.4. Anodenbilanz | 63 |
| 3.6. Gesamtbilanz | 64 |
| 3.7. Wärmestromverteilung | 70 |
| 3.8. Technologische Kennziffern | 72 |
| 3.8.1. Abschmelzmenge | 72 |
| 3.8.2. Produktivitätskennziffern | 74 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 4. Schweißlichtbögen an nichtabschmelzender Elektrode | 77 |
| 4.1. Wolfram-Inertgas-Lichtbogen | 77 |
| 4.1.1. Zündung des WIG-Lichtbogens | 77 |
| 4.1.2. Lichtbogenkennlinie | 78 |
| 4.1.3. Wechselstrombetrieb | 80 |
| 4.1.4. Wärmestromverteilung | 85 |
| 4.1.5. Lichtbogenbrennstabilität | 90 |
| 4.2. Unterdruck-WIG-Lichtbogen | 93 |
| 4.3. Überdruck-WIG-Lichtbogen | 95 |
| 4.4. WIG-Lichtbogen mit Impulsüberlagerung | 97 |
| 4.5. Plasmalichtbogen | 99 |
| 4.6. Lichtbogen zum Fugenhobeln | 100 |
| 5. Schweißlichtbögen an abschmelzender Elektrode | 102 |
| 5.1. Zünden des Lichtbogens | 102 |
| 5.2. Lichtbogenkennlinie | 104 |
| 5.3. Dynamisches Lichtbogenverhalten | 109 |
| 5.3.1. Lichtbogenbrennstabilität | 109 |
| 5.3.2. Dynamisches Verhalten der Lichtbogensäule | 112 |
| 5.3.3. Wiederzündungscharakteristik | 116 |
| 5.3.4. Dynamisches Verhalten der Lichtbogenansatzpunkte | 118 |
| 5.3.5. Dynamische Lichtbogenkennlinie | 124 |
| 5.4. Werkstoffübergang | 129 |
| 5.4.1. Kräfte beim Werkstoffübergang | 129 |
| 5.4.2. Einteilung des Werkstoffübergangs | 142 |
| 5.4.3. Werkstoffübergang beim CO ₂ -Schweißen | 147 |
| 5.4.4. Werkstoffübergang beim MIG-Schweißen | 159 |
| 5.4.5. Werkstoffübergang bei umhüllten Stabelektroden | 172 |
| 5.4.6. Werkstoffübergang beim UP-Schweißen | 175 |
| 5.4.7. Werkstoffübergang beim Fülldrahtschweißen | 177 |
| 6. Beeinflussung des Schweißlichtbogens | 182 |
| 6.1. Magnetische Beeinflussung | 182 |
| 6.1.1. Grundlagen | 182 |
| 6.1.2. WIG-Lichtbogen im Quermagnetfeld | 183 |
| 6.1.3. Lichtbogen im magnetischen Längsfeld | 186 |
| 6.1.4. Beeinflussung zweier Lichtbögen | 187 |
| 6.1.5. Magnetisch bewegter Lichtbogen | 190 |
| 6.2. Einfluß von Flußmitteln | 194 |
| 6.2.1. Aktivierung der abschmelzenden Elektrode | 194 |
| 6.2.2. Aktivierung der Werkstückoberfläche | 197 |
| Formelzeichenverzeichnis | 200 |
| Umschlüsselungstafel | 208 |
| Literaturverzeichnis | 210 |
| Sachwörterverzeichnis | 234 |