



BOLZENSCHWEIßEN

www.bolte.gmbh

GENERATION
2022

SERIE PRO-I

- » VERBESSERTE PROZESSÜBERWACHUNG
- » VEREINFACHTE FERTIGUNGSÜBERWACHUNG DURCH ÜBERWACHUNG ALLER SCHWEIßPARAMETER UND NACHFOLGENDE SICHTPRÜFUNG
- » KOMFORTABLES, GENAUES UND SCHNELLES EINSTELLEN VON BOLZENSCHWEIßPISTOLE BZW. AUTOMATIKSCHWEIßKOPF
- » OPTIMIERTER PROZESSABLAUF



Schneller und reproduzierbarer vorwärmen:

Mechanisierte Vorwärmung von Mischverbindungen mit Tiefeninduktion

Seite 421

Wirtschaftlich und sicher schweißen:

Neue Perspektiven in der Qualitätssicherung beim Bolzenschweißen

Seite 428

1000 m auf einer Verlagerung:

Einbau einer Steigeleitung in einen Bergwerksschacht

Seite 434

NEUE PERSPEKTIVEN IN DER QUALITÄTSSICHERUNG BEIM BOLZENSCHWEISSEN

Wirtschaftlich und sicher schweißen

Rainer Trillmich, Gevelsberg

Seit in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts das Bolzenschweißverfahren aus den USA nach Europa kam, konnten damit zahlreiche Befestigungsaufgaben schneller und sicherer gelöst werden. Überall da, wo ein „kleines“ Befestigungsmittel an ein „großes“ Bauteil angebracht werden muss, spielt das Bolzenschweißen eine wichtige Rolle. Hunderte von Gewindebolzen an einer Kfz-Karosserie, Tausende Verankerungsbolzen im Ofen- und Kesselbau oder Zehntausende Kopfbolzen im Verbundbrückenbau: Ohne die verschiedenen Bolzenschweißprozessvarianten, sei es das Bolzenschweißen mit Hubzündung mit Keramikring oder Schutzgas oder das Kurzzeitbolzenschweißen, wäre eine wirtschaftliche und gleichzeitig sichere Fertigung nicht denkbar.

Jedem, der mit Schweißtechnik zu tun hat, ist jedoch bekannt, dass sich Schweißverbindungen nur eingeschränkt 100%ig prüfen lassen. In die Schweißzone kann man schließlich nicht hineinsehen. Zerstörende Prüfungen können immer nur Stichproben sein, zerstörungsfreie Prüfungen sind meistens aufwendig und scheiden daher oft für eine vollständige Kontrolle aller Schweißungen aus. Qualität kann man überdies nicht in die Verbindung hineinprüfen, sie muss vielmehr erzeugt werden. Daher kommt der nachweislich sicheren Ausführung der Schweißung die entscheidende Bedeutung zu.

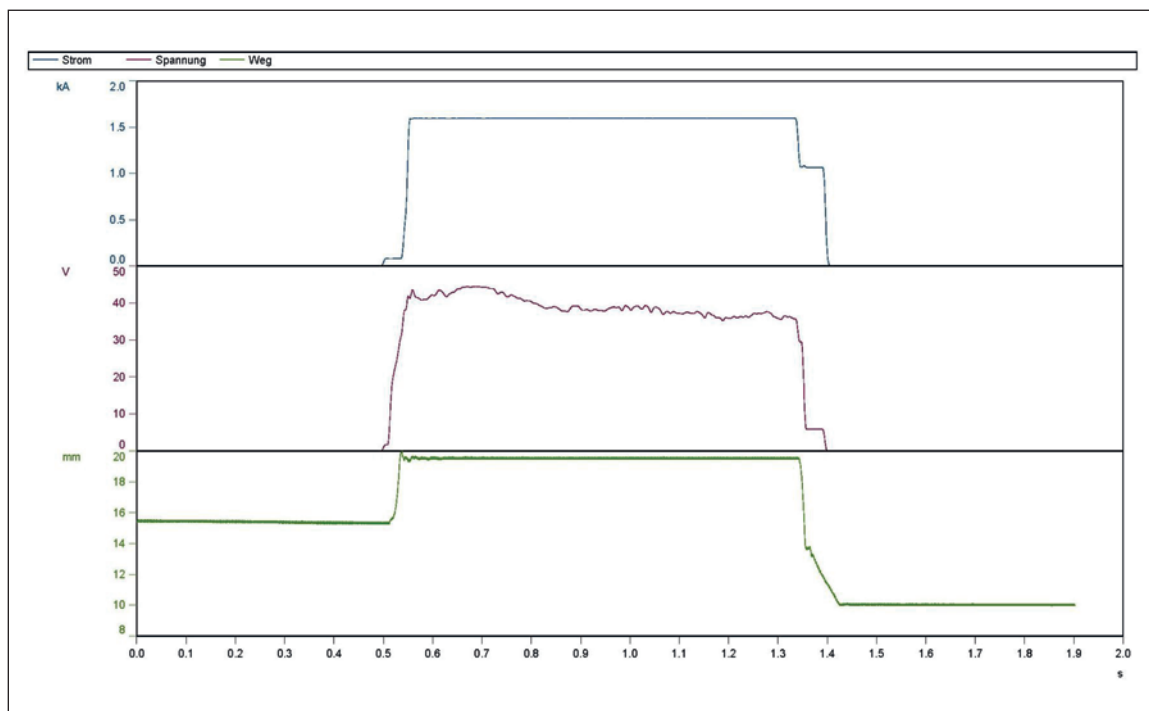
Die Qualitätssicherung in der Schweißtechnik ist in vielen Normen beschrieben. Vor jeder Schweißung im geregelten Bereich, wozu unter anderem das Bauwesen gehört, muss eine Schweißanweisung erstellt und qualifiziert werden. Schweißer, beim Bolzenschweißen Bediener, brauchen eine Prüfungsbescheinigung. Bei hohen Qualitätsanforderungen müssen die Schweißgeräte kalibriert sein. Das Regelwerk gibt auch Hinweise, worauf bei der Ausführung der Schweißung zu achten ist, damit das erwartete Ergebnis erreicht wird. Soweit die Theorie...

Wie ist dagegen die Praxis? Werden die Schweißanweisungen immer eingehalten?

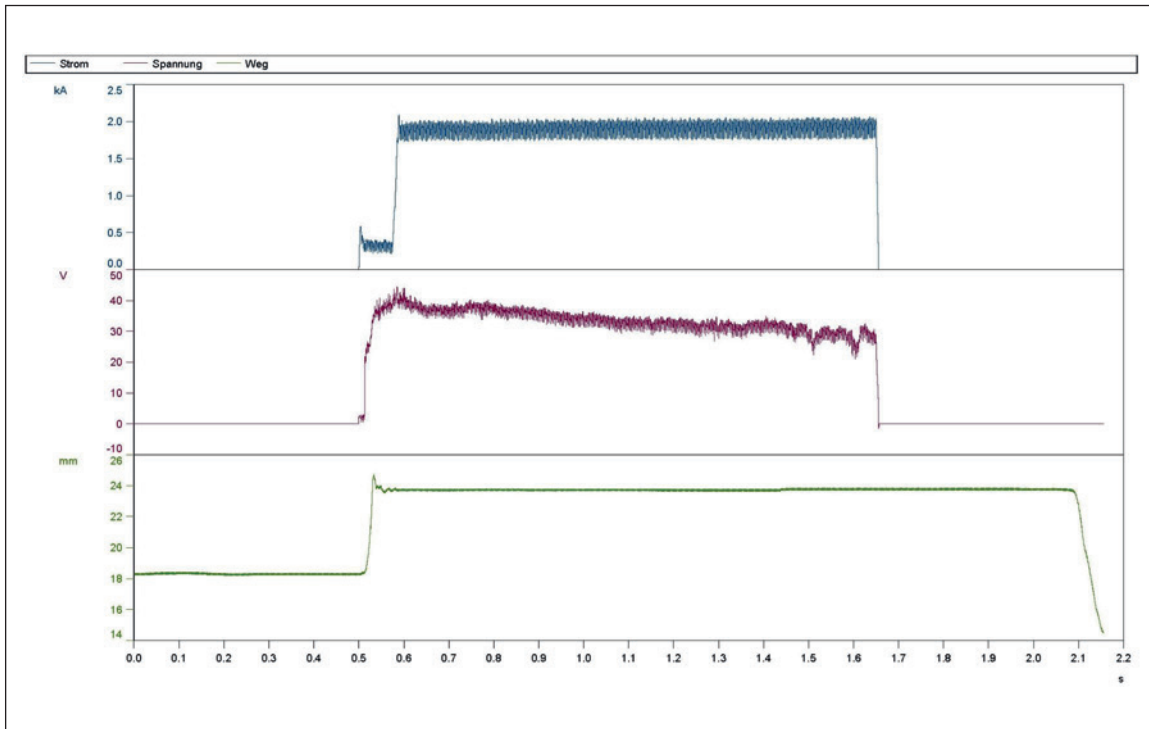
Sind die Schweißgeräte in einwandfreiem Zustand? Hat das Bedienpersonal verstanden, was zu einer sicheren Schweißung gehört? Ist die Schweißaufsicht sicher, dass allen Anforderungen auch nachgekommen wurde? Kann man sich auf den Faktor Mensch immer verlassen?

Besonderheiten beim Bolzenschweißen

Bolzenschweißen ist ein „automatischer Schweißprozess“, deshalb sollte man meinen, hier kann nichts schief gehen. Weil dem aber nicht so ist, sind in der DIN EN ISO 14555, Kapitel 6, Anforderungen an das Personal festgelegt: „Bediener von



◀ Bild 1. Ablauf einer regelkonformen Bolzenschweißung mit Hubzündung



◀ Bild 2. Ablauf einer Bolzenschweißung mit „kalt“ eingetauchtem Bolzen

Bolzenschweißeinrichtungen müssen Fachwissen zur Bedienung, zur ordnungsgemäßen Einstellung der Einrichtung und zur richtigen Ausführung der Schweißung besitzen. Dabei ist auf guten Kontakt und geeignete Anbringung der Massekabel und auf gleichmäßige Verteilung ferromagnetischer Massen (siehe Tabelle A.8) zu achten. Das Schweißpersonal muss in Übereinstimmung mit ISO 14732 qualifiziert werden. [...] Schweißaufsichtspersonen beim Bolzenschweißen müssen Kenntnisse und Erfahrung im Bolzenschweißen, besonders in dem eingesetzten Bolzenschweißprozess, haben. Sie müssen die richtigen Parameter, z. B. Hub, Überstand (Eintauchmaß), Strom und Schweißzeit, auswählen und einstellen können.“

Nehmen wir an, dass sowohl das Bedien- als auch das Aufsichtspersonal alle diese Bedingungen erfüllt und eine einwandfreie Bolzenschweißung hergestellt hat. Wie lässt sich nun aber nachweisen, dass bei allen Schweißungen, und seien es Zehntausende, alle Bedingungen erfüllt waren? Die vielfach praktizierte Biegeprüfung kann keine Lösung sein, da diese mehr oder weniger zerstörend ist. Dass dies keine akademische Frage ist, beweisen nicht regelkonforme Kopfbolzenschweißungen an Stahlbauteilen für ein großes Stahlbauvorhaben in NRW im Jahr 2019. Hier haben ungeeignete Schweißeinrichtungen zu massiven Fehlern in der Schweißzone geführt, die



◀ Bild 3. Kleiner Bindefehler am Rand aufgrund von kaltem Eintauchen, Bolzen erreicht nicht den geforderten Biegewinkel von 60°

bei der Sichtprüfung nicht erkennbar sind und erst bei stichprobenartig durchgeführten Biegeprüfungen auffielen. Untersuchungen mit einem Prozesskontrollgerät offenbarten die Ursachen.

Das Ziel ist klar

Die Antwort geben moderne Bolzenschweißgeräte mit umfassender Prozessüberwachung. Die Einstellwerte von Schweißstrom,

Schweißzeit, Hub (Lichtbogenlänge) und Überstand (Eintauchmaß) müssen nachweisbar innerhalb bestimmter Grenzwerte liegen, nur dann kann eine zusätzliche Sichtprüfung des geschweißten Bolzens Sicherheit vermitteln.

Bereits seit Jahrzehnten ist es problemlos möglich, den Schweißstrom und auch die Schweißzeit elektronisch zu erfassen und auszuwerten. Schwieriger wird es aber bei der Erfassung der Bolzenbewegung, die ein



◀ Bild 4. Unterschneidung aufgrund von Eintauchbehinderung



◀ Bild 5. Massive Bindefehler am Rand aufgrund von kaltem Eintauchen, Schweißzone versagt bei geringer Belastung



◀ Bild 6. Bolzenschweißpistolen „GD 12-SC“, „GD 12“, „GD 16“ und „GD 22“ mit Wegmesssystem

entscheidender Faktor bei der Schweißung ist. Erfolgt die Bewegung nicht genau koordiniert mit dem „Stromprogramm“, kann das sogenannte „kalte Eintauchen“ eintreten. Wenn der Bolzen nicht während der Lichtbogenphase mit dem Werkstück vereinigt wird, sondern danach, und seien es auch nur Millisekunden, bildet sich auf der dann vom Lichtbogendruck nicht mehr geschützten Schmelze sofort eine Oxidhaut. Mehr oder weniger große Bindefehler sind die Folge. Sie lassen sich durch eine Sichtprüfung kaum entdecken.

Ein Beispiel eines einwandfreien Schweißablaufs zeigt **Bild 1**. Deutlich erkennbar ist die Abwärtsbewegung des Bolzens während der Lichtbogenphase. Wenn sich beide Schmelzbäder vereinigen, sinkt die Spannung deutlich vor dem Abschalten des Schweißstroms ab. Wird dagegen erst der Schweißstrom abgeschaltet und danach der Hubmagnet der Schweißpistole (**Bild 2**), sind mehr oder weniger ausgeprägte Bindefehler die Folge (**Bilder 3 bis 5**).

Wie erwähnt, ist das Bolzenschweißen ein automatischer Schweißprozess, dadurch gekennzeichnet, dass der Bediener während des Vorgangs weder eingreifen geschweige denn Unregelmäßigkeiten ausgleichen kann. Abweichungen von den eingestellten Werten lassen sich daher nur messtechnisch erfassen.

Die Lösung

Bolzenschweißgeräte wie die der „Pro-Serie“ der Bolte GmbH, Gevelsberg, zusammen mit den Schweißpistolen „GD“ mit Wegmesssystem ermöglichen sowohl die Erfassung der elektrischen Werte (Strom und Zeit) als auch die des Bolzens (Hub, Überstand und Eintauchmaß). Die Geräte „Pro-I“ und „Pro-S“ bedienen sich moderner Invertertechnik, die nicht nur eine Gewähr für einen „glatten“ Schweißstrom ist, sondern auch für sparsamen Umgang mit elektrischer Energie. Darüber hinaus ermöglicht das Weitbereichsnetzteil den Betrieb an Spannungen zwischen 320 und 495 V; störungsfreier Betrieb auch an Generatoren auf Baustellen ist damit sichergestellt (**Bilder 6 und 7**). Die „Pro-D“-Geräte setzen auf den altbewährten Thyristorgleichrichter.

Über die beiden Begriffe Überstand und Eintauchmaß besteht manchmal Unklarheit. Überstand ist ein Einstellwert, das heißt, er wird vorgewählt. Das Eintauchmaß gibt den Betrag der Abwärtsbewegung des Bolzens bis

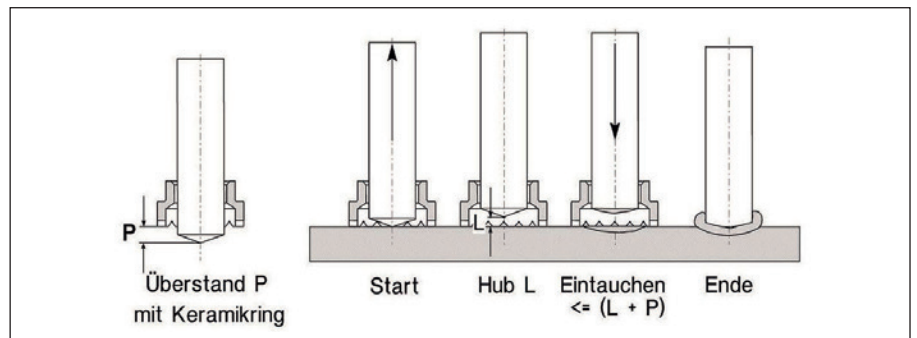
zum Stillstand an (**Bild 8**). Es ergibt sich aus Überstand, Federkraft, Schwerkraft, Dämpfung usw. und kann maximal so groß werden wie die Summe aus Hub und Überstand. Wird ein flacher Wulst gewünscht, wird der Überstand geringer gewählt und damit nur wenig eingetaucht und umgekehrt. Der Bewegungsvorgang ist in **Bild 8** dargestellt.

Bei den „Pro“-Geräten kann der Bediener vor einer Schweißung nicht nur Strom und Zeit, sondern auch Hub und Überstand einstellen und die Werte, ohne zu schweißen, auf dem Display der Stromquelle ablesen (**Bilder 9 und 10**). Dazu wird die Pistole auf das Werkstück aufgesetzt und ein Arbeitsspiel simuliert. Es liegen also genau die gleichen Bedingungen wie bei einem realen Schweißvorgang vor. Im Gegensatz zu manchen anderen Bolzenschweißsystemen, werden hier nicht nur Sollwerte eingestellt, sondern diese auch mit einem präzisen Sensor gemessen und damit verifiziert.

Der Hub wird durch Verstellen der Anschlagsschraube an der Pistole verändert, der Überstand durch Verschieben der Säulen. Sind alle Werte wie gewünscht gewählt, schweißt und bewertet man als Arbeitsprüfung einige Bolzen. Die Bolzenschweißgeräte der „Pro“-Serie speichern in der Grundausstattung zehn Schweißungen mit den Werten Strom I_s , Zeit t_s , Spannung U , Hub L ,



▲ Bild 7. Inverter-Stromquellen der Serie „Pro-I“



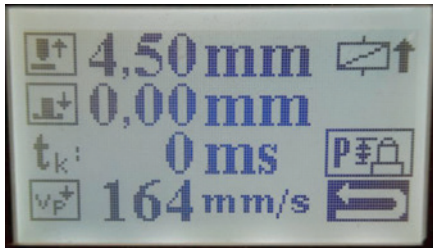
▲ Bild 8. Schematische Darstellung des Prozessverlaufs beim Bolzenschweißen mit Hubzündung (nach Merkblatt DVS 0902)



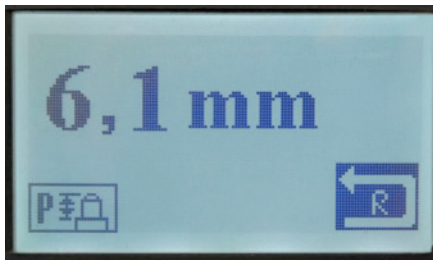
PowerPackage



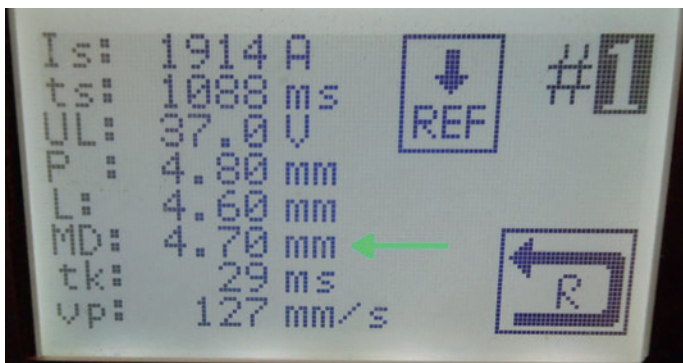
- » AKTIVES UND INTELLIGENTES SYSTEM ZUM VERBINDEN VON ZWEI ODER DREI BOLZENSCHWEIßGERÄTEN PRO-I ZU EINER LEISTUNGSSTARKEN EINHEIT
- » SERIENMÄßIG INTEGRIERT IN DEN MODELLEN PRO-I 1300 UND PRO-I 2200
- » KOMBINATIONSMÖGLICHKEITEN:
 - » PRO-I 1300 + PRO-I 1300: max. Schweißstrom/-zeit: 2100 A/1500 mS ⇒ max. Schweißdurchmesser 22 mm
 - » PRO-I 1300 + PRO-I 1300 + PRO-I 1300: max. Schweißstrom/-zeit: 3150 A/1500 mS ⇒ max. Schweißdurchmesser 25 mm
 - » PRO-I 2200 + PRO-I 1300: max. Schweißstrom/-zeit: 3150 A/1500 mS ⇒ max. Schweißdurchmesser 25 mm



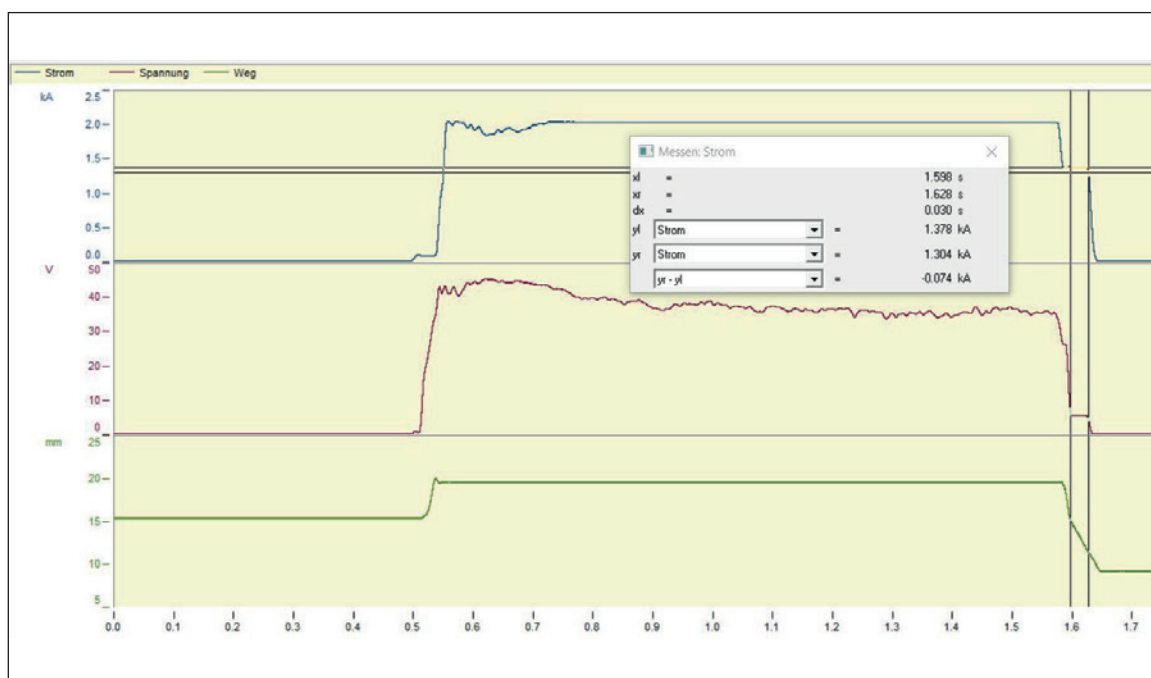
▲ Bild 9. Messwerte nach Ablauf eines Prüfspiels: Hub, Eintauchmaß, Kurzschlusszeit, Eintauchgeschwindigkeit



▲ Bild 10. Anzeige des Überstands nach einem Prüfspiel



◀ Bild 11. Messwerte nach einer Schweißung mit Anzeige des gewünschten Eintauchmaßes (grüner Pfeil)



◀ Bild 13. Prozessverlauf einer korrekten Bolzenschweißung mit heißem Eintauchen, Kurzschlusszeit 30 ms

Überstand P, Eintauchmaß MD und Eintauchgeschwindigkeit vp. Ob sich die Schmelzbäder „heiß“, das heißt im brennenden Lichtbogen, vereinigt haben, erkennt das Gerät ebenfalls und zeigt die Kurzschlusszeit tk an. Ist diese größer als Null, ist „heißes Eintauchen“ nachgewiesen. Wenn die Sichtprüfung zur Zufriedenheit der Schweißaufsicht ausgefallen ist, wird diese Schweißung als Referenz gespeichert. Dann kann weiter ein Toleranzband nach oben und unten festgelegt werden, bei dessen Verlassen ein Alarm ausgelöst wird. Damit werden unzulässige Schweißergebnisse sofort bemerkt, und die Schweißaufsicht oder der Bediener kann eingreifen.

Bild 11 zeigt die Anzeige nach einer einwandfreien Schweißung und Bild 12 den geschweißten Bolzen, der dazu gehörende Kurvenverlauf ist in Bild 13 zu sehen. Als Kurzschlusszeit, auf die es hier besonders ankommt, weil „kaltes Eintauchen“ in der



▲ Bild 12. Schweißung mit den Messwerten aus Bild 11

Produktion nur durch exaktes Messen festgestellt werden kann, wurden mit einem externen Messsystem 30 ms gemessen (Zeit zwischen den beiden senkrechten Linien) – eine sehr gute Übereinstimmung mit der Anzeige im Display der Stromquelle. Das gleiche gilt auch für alle anderen qualitätsbestimmenden Parameter.

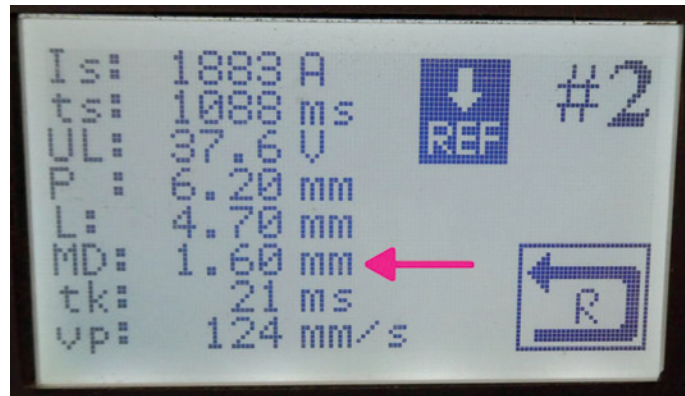
Wenn nun trotz aller richtigen Einstellwerte der Lichtbogen beispielsweise durch

Schweißen am Rand abgelenkt wird, wird der Bolzen nur einseitig angeschmolzen und erreicht deshalb nicht das normale Eintauchmaß. Hier zeigt sich der Vorteil der Stromquellen der „Pro“-Serie und der Pistolen „GD“ mit Wegmesssystem. **Bild 14** zeigt die Anzeige, auf der man sofort das außergewöhnlich geringe Eintauchmaß (1,6 mm gegenüber 4,7 mm bei einer einwandfreien Schweißung) erkennt, **Bild 15** die dazu gehörenden Schweißergebnisse. Wenn gewünscht, lassen sich durch eine optionale Erweiterung bis zu 25.400 Schweißungen auf einen Personalcomputer speichern und weiter statistisch auswerten.

Das im Verbundbrückenbau eingeführte Allgemeine Rundschreiben (ARS 18/2019) hat die Anforderungen an Kopfbolzenschweißungen im Verbundbrückenbau deutlich angehoben. Nicht konforme Schweißungen dürfen nicht mehr durch manuelles Nachschweißen repariert werden. Kommen „Pro“-Geräte zum Einsatz, kann das Gerät sofort jede Abweichung von den idealen zulässigen Werten melden und ermöglicht so der Schweißaufsicht und dem Bediener ein rechtzeitiges Erkennen von Mängeln in der Schweißdurchführung wie ungenügendes Ausgleichen der Blaswirkung, Schiefstellung der Pistole und anderes. Die Fertigungsüberwachung kann sich damit auf die Überwachung und die Aufzeichnung aller Schweißungen durch die Stromquelle und eine nachfolgende Sichtprüfung beschränken.

Nachweisbare Sicherheit

Bolzenschweißen ist ein automatischer Schweißprozess, der zwar programmgesteuert abläuft, bei dem Schweißaufsicht und Bediener aber vor der Schweißung die notwendigen Voraussetzungen für einwandfreie Ergebnisse schaffen müssen. Bolzenschweißgeräte der „Pro“-Serie bieten nicht nur gute



◀ Bild 14. Messwerte nach einer Schweißung mit schiefer Bolzenanschmelzung und zu geringem Eintauchmaß (roter Pfeil)



◀ Bild 15. Schweißungen mit den Messwerten aus Bild 14 (Bilder: DVS (8), Bolte)

Schweißeigenschaften, sondern können jeden wichtigen Parameter überwachen und die erreichten Werte speichern und auswerten. Zusammen mit der Sichtprüfung ermöglicht das System damit nachweisbare Sicherheit und erfüllt die Anforderungen an hoch qualitative Bolzenschweißungen. ■



Dipl.-Ing. Rainer Trillmich (IWE), Anwendungstechnik und technische Beratung, Bolte GmbH, Gevelsberg, r.trillmich@bolte.gmbh



DER SYSTEMANBIETER FÜR BOLZENSCHWEIßEN.

DVS Media GmbH, 40010 Düsseldorf
Postfach 10 19 65
Postvertriebsstück
Gebühr bezahlt

G 3794

BOLTE



ALLES AUS EINER HAND:

- » **SCHWEIßBOLZEN**
- » **KOPFBOLZEN**
- » **GERÄTETECHNIK**
- » **ANWENDUNGSBERATUNG**



Bolte GmbH
Flurstraße 25
D-58285 Gevelsberg
Ohmstraße 3
D-85221 Dachau
info@bolte.gmbh