

Eigenschaften, Anwendungen und Weiterentwicklungen der modernen Lichtbogenschweißtechnik zur systematischen Automation von Schweißaufgaben

B. Fritz, B. Jaeschke, Lorch Schweißtechnik GmbH, Auenwald, Deutschland, 23.01.2014

Für den Automatisierungstechniker ist eine Orientierung innerhalb der verfügbaren modernen Lichtbogenschweißverfahren auf Grund deren Mannigfaltigkeit schwieriger geworden. Die Betrachtung verschiedener Lichtbogenarten, deren Modifikationen zur Erzielung spezieller Eigenschaften (wie z.B. geringerer Wärmeeintrag), sowie der Parametrierung für bestimmte Anwendungen (z.B. Steignachtschweißen), erleichtert hingegen eine Einschätzung der zu erwartenden Ergebnisse und ermöglicht Vergleiche zu Alternativen. Es wird auf ausgewählte Entwicklungen von Lorch eingegangen, die aus der kombinierten Sicht von Verfahrenstechnik und Systemintegration die Produktivität, Reproduzierbarkeit und Qualitätssicherung von automatisierten Schweißaufgaben wirtschaftlicher gestalten und nach kürzerer Zeit einen Return on Investment ermöglichen.

1 Einführung

Das letzte Jahrzehnt war geprägt von der Einführung vielfältiger Innovationen der Lichtbogenforschung in die angewandte Schweißtechnik. Neue wissenschaftliche Ansätze [1] geben weitere Impulse zur Weiterentwicklung, sind vom Anwender jedoch allein nicht nutzbar. Hierzu bedarf es einerseits der technischen Umsetzung durch Geräteentwickler und Systemintegratoren, andererseits müssen aber auch die erzielbaren Vorteile sich dem Anwender theoretisch und praktisch erschließen. Dabei ist es sehr hilfreich, eine gewisse systematische Übersicht zu bewahren [2].

2 Prozesstechnische Grundprinzipien

Eine werbeunabhängige Klassifizierung ist durch Betrachtung der messbaren physikalischen Vorgänge und der angewandten steuer- und regelungstechnischen Prinzipien beim Lichtbogenschweißen möglich. Es zeigt sich, dass Einschätzung bzw. Vergleich der verschiedenen angebotenen und beworbenen Verfahrensvarianten, trotz der Vielfalt und Kombinationsmöglichkeiten von erreichbaren Effekten, sich letztendlich auf wenige Grundprinzipien zurückführen lässt.

Einige Grundprinzipien der Prozessführung:

- Art des Werkstoffübergangs (Lichtbogentyp);
- Auslösung, Durchführung und Beendigung des Werkstoffübergangs;
- Polarität von Elektrode und Werkstück;
- Veränderung von Strom und/oder Spannung;
- Reaktion auf den Schweißprozess;
- Prinzip der Kombination;
- Prinzip der Kommunikation.

Diesen Grundprinzipien lassen sich allgemeine Effekte zuordnen, die insgesamt eine grobe Orientierung hinsichtlich der damit erreichbaren anwendungstechnischen Eigenschaften erlauben.

Das erste Grundprinzip ist die idealisierte Art des Werkstoffübergangs (Lichtbogenart):

- kurzschlussbehaftet (z.B. Kurzlichtbogen);
- kurzschlussfrei (z.B. Sprühlichtbogen, Impulslichtbogen).

Bei der Wärmebilanz des Schweißprozesses hat der brennende Lichtbogen selbst den größten Anteil. Er ist allgemein wesentlich größer, als die Widerstandserwärmung von Elektrode und Werkstück durch den Stromfluss. Daher ist der Wärmeumsatz des Schweißprozesses tendenziell geringer, wenn der Lichtbogen geometrisch kleiner oder zeitlich kürzer brennt.

Im Zusammenhang damit steht das Prinzip der Auslösung, Durchführung und Beendigung des Werkstoffübergangs:

- natürlich (ungesteuert) oder gesteuert, geregelt (z.B. Impulsschweißen);
- mechanische Bewegungsänderung Elektrode;
- Schmelzbadeigenschwingung, Oberflächenspannung;
- Abschnürung (z.B. elektromagnetisch, druckbeeinflusst).

Der Schweißprozess läuft umso regelmäßiger, je abgestimmter der Werkstoffübergang zu einer Reihe von Einflussparametern ist. Diese werden im Zuge der Entwicklung des Arbeitspunktes bzw. der synergetischen Kennlinie vom Entwickler berechnet, erprobt, optimiert und letztendlich programmiert.

Ein eindeutiges Grundprinzip ist die Verwendung einer bestimmten Polarität von Elektrode und Werkstück:

- Gleichstrom (DC), pos./negative Elektrode;
- Wechselstrom (AC), zyklisch wechselnde Polarität der Elektrode.

Die Wärme- und Kräftebilanz, sowie das physikalisch-chemische Verhalten der beteiligten Oberflächen können vorteilhaft beeinflusst werden. Allerdings ist der erforderliche Hardwareaufwand in der Schweißstromquelle für AC deutlich größer.

Das Prinzip der zeitlichen Veränderung des Schweißstromes ist sehr vielfältig und wird bei allen modernen Verfahrensvarianten angewandt. Es beeinflusst wesentlich die Wirkung aller anderen Grundprinzipien und versteckt sich in Schlagwörtern wie:

- Stromquellendynamik;
- Stromanstieg, -abfall, Sektorsteuerung;
- Puls(frequenz), Modulation, Überlagerung,...

Das Prinzip der Reaktion auf den Schweißprozess steht im Zusammenhang mit der zeitlichen Veränderung und hat ebenso vielfältige Ausprägungen. Begriffe sind hier z.B.

- Strom-/Spannungs-Regelung, Kennlinienneigung, Dynamik (Drosselwirkung);
- Ereignisdetektion, Kurzschlussbehandlung, adaptive Regelung, Lichtbogenlängen-Regelung, ...

Die Kombination, d.h. die gleichzeitige Anwendung oder die zeitliche Folge (zyklisch, regelmäßig) anderer Prinzipien ist wiederum selbst ein wesentliches Grundprinzip, welches weitere Vervielfältigungen erlaubt. Durch die Kombination von Lichtbogenarten und zyklische energetische Veränderungen sind z.B. Verfahrensvarianten wie SpeedUp möglich.

In einer systematischen Betrachtung nicht fehlen darf das Prinzip der Kommunikation: Der Schweißprozess ist in Wechselwirkung mit seiner systemischen Umgebung und den anderen Grundprinzipien. Aspekte zur Einbindung in die Automatisierung sind daher:

- Führungsparameter, Korrekturparameter;
- Synergie-Steuerung, Abläufe, Jobs;
- Reaktionszeiten, Busanbindung;
- Lichtbogen-Sensorik (z.B. Nahtverfolgung, Fehlererkennung/Qualitätssicherung).

Die hier genannten Grundprinzipien können durch bestimmte technische Maßnahmen angewandt werden. Ein Mehr an Aufwand führt zu mehr Freiheitsgraden, zu mehr Möglichkeiten der Optimierung, aber auch zu einer höheren Komplexität und damit zu geringerer Durchschaubarkeit des Systems.

3 Anwendungsorientierte Betrachtung

Für den Anwender ist es unbedeutend, wie viele "Schrauben sein Auto hat"; er will damit fahren. Die Gesamtfunktion, Eigenschaften, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit stehen im Vordergrund, wohin gegen die theoretische Abstraktion des vorangegangenen Kapitels eher dem wissenschaftlichen Anspruch genügt. Mit dieser neuen Betrachtung entsteht eine andere Art der Klassifizierung, welche für den Anwender durchschaubarer sein kann: Die Klassifizierung nach den Ziel-Anwendungsfeldern und den Anwendungseigenschaften der Verfahrensvariante. Diese Anwendungsfelder und spezifischen Eigenschaften ergeben sich

aus der speziellen Kombination und Ausprägung der prozesstechnischen Grundprinzipien. Die hierfür erforderliche Zusammen- und Einstellung der Grundprinzipien erfolgt vorteilhaft durch spezialisierte Fachleute (z.B. beim Stromquellenhersteller), der Anwender kann sich dadurch mehr auf seine Arbeitsaufgabe konzentrieren.

So kann für die Anwendung "Steignachtschweißen" sehr vorteilhaft das Prinzip der Kombination von energetisch unterschiedlichen Lichtbogen-Arbeitspunkten mit der Verfahrensvariante SpeedUp angewandt werden [3]. Um die etlichen Details der angewandten Grundprinzipien muss sich der Anwender also nicht kümmern, zumal diese abhängig sind vom Werkstoff und dem Schutzgas. Zur Einstellung reicht ein Führungsparameter und ggf. eine Korrekturmöglichkeit.

Die für Steignachtschweißungen (Position PF) optimierte Verfahrensvariante ist nun auf ähnliche Anwendungsfälle übertragbar, wo ebenfalls das Schmelzbad gegenüber der Erdanziehungskraft kontrolliert werden muss. Bekannt sind vorteilhafte Anwendungen auch in den (sogar wechselnden) Positionen PC, PD und PE. Für die Automatisierung ist diese anwendungsorientierte Verfahrensvariante wie geschaffen, denn sie vereint Schnelligkeit, Sicherheit und Einfachheit.

Ähnlich eindeutig kann für die Anwendung Wurzel-schweißung die Verfahrensvariante SpeedRoot [4] vorteilhaft genutzt werden.

Andere wirtschaftliche MSG-Verfahrensvarianten, wie SpeedArc, SpeedPulse [5] oder SpeedTwinPuls decken ein breiteres Spektrum von Anwendungen ab, so dass Orientierung eher über deren Anwendungseigenschaften gelingt.

Hierzu, sowie auch zu den klassischen und anwendungsspezifischen MSG-Verfahrensvarianten, gibt **Tabelle 1** einen Überblick.

4 Zusatzanwendung Lichtbogen-Sensorik

Der elektrische Bereich des Lichtbogens und der stromdurchflossene Elektrodenbereich ist ein sehr praktischer Sensor, denn er ist pauschal vorhanden und zudem nahe dran am Schweißprozess. Für die Automatisierungstechnik ist der Lichtbogensensor besonders interessant bezüglich der Gewinnung von geometrischen Abstandsinformationen, z.B. bei veränderlichem Schweißfugenverlauf oder toleranzbehafteten Werkstücken, zumal ohnehin eine Kommunikation zwischen Automatisierungssteuerung und Schweißstromquelle stattfindet.

Ließen sich bestimmte Messwerte des Lichtbogensensors bei konventionellen (d.h. nicht sehr komplex gesteuerten) MSG-Verfahren relativ einfach und eindeutig aus Schweißstrom oder Lichtbogen Spannung ableiten, so sind diese bei modernen gesteuerten



MSG-Verfahren komplizierter miteinander verknüpft. Mit geeigneten Rechenalgorithmen kann die Stromquellensteuerung hier dennoch auch Informationen, z.B. über den Abstand Kontaktrohr-Werkstück beim MSG-Impulslichtbogenschweißen gewinnen, allerdings ohne Bezug auf eine physikalische Einheit (also

weder Volt, Ampere oder mm). Die erfolgreiche Verwendung dieser "abgeleiteten" Informationen durch die Automatisierungseinrichtung ist aber funktional dennoch gut möglich.

Tabelle 1: Lorch MSG-Verfahrensvarianten Juni 2012

Verfahrensorientierte Betrachtung				Anwendungseigenschaften		
Lorch - Bezeichnung	Lichtbogenart, (Werkstoffübergang)	Charakterisierung	Eigenschaften (energetisch, schweiß-technisch)	Empfohlene Anwendungen	Führungsparameter, Korrektur	Vorteile
Standard	Kurzlichtbogen, Übergangslichtbogen (kurzschlussbehaftet); Sprühlichtbogen	konventioneller MSG-Lichtbogen	konventioneller MSG-Lichtbogen	konventionelles MIG/MAG-Schweißen/Löten Lichtbogensensor (Länge, Strom)	Strom / Spannung (synergetisch), Korrektur Draht od. Spannung; Spannung, Draht (physikalisch)	Konventionelles Standard-Verfahren, hoher Bekanntheitsgrad
Puls	Impulslichtbogen (kurzschlussfrei)	konventionell "Ein Tropfen pro Puls"	konventioneller MSG- Impulslichtbogen, spritzerarm	konventionelles MIG/MAG-Impulsschweißen/Löten Lichtbogensensor (Länge)	Strom (synergetisch), Korrektur Draht od. Spannung	Konventionelles Impulsschweiß-Verfahren, hoher Bekanntheitsgrad, wenig Nacharbeit
SpeedPulse [5]	Modifizierter Impulslichtbogen (kurzschlussfrei)	"Ein Führungstropfen pro Puls" + sekundärer Sprühlichtbogen	Wirkungsgrad Schweißgeschwindigkeit, Lichtbogenkonzentration, Abschmelzleistung, Prozesswirkungsgrad, Impulseigenschaften	Alle konventionellen MIG/MAG-Puls-A. Sprühlichtbogen-A. ohne Übergangsbereich Lichtbogensensor (Länge)	Strom (synergetisch), Korrektur Draht od. Spannung	wie Puls, aber kürzere Schweißzeit, weniger Verzug, energieeffizienter
SpeedArc [5]	Kurzlichtbogen, Übergangslichtbogen (kurzschlussbehaftet); Modifizierter Sprühlichtbogen	Hochdynamische Strom-/Spannungs-Regelung, moduliert	Erhöhte Konzentration, Schweißgeschwindigkeit, tiefer Einbrand	MIG/MAG Lichtbogensensor (Länge, Strom)	Spannung (synergetisch), Korrektur Draht; Spannung, Draht (physikalisch)	wie Standard, aber kürzere Schweißzeit, für dickere Werkstücke, weniger Verzug, energieeffizienter
SpeedRoot [4]	Modifizierter sektorgesteuertes Kurzlichtbogen (kurzschlussbehaftet)	Spezialisierte Kennlinienregelung	Schmelzbadkontrolle, Spaltüberbrückung, spritzerarm	MAG Wurzelschweißungen, Lichtbogensensor (Stickout-Länge)	Strom (synergetisch), Korrektur Energie	Sichere schnelle Wurzelschweißung in PG
SpeedUp [3]	Kombiniert	gesteuerte Übergänge zwischen zyklischen Kombinationen	Einbrand- und Schmelzbadkontrolle	Positionen PF, auch PE, PD	Strom (synergetisch), Korrektur Draht od. Spannung	einfache schnelle Brennerführung, hohe Nahtqualität
TwinPuls, Speed-TwinPuls	Modifizierter Impulslichtbogen (kurzschlussfrei)	Puls-Intervall-Technik SpeedPulse Intervall-Technik	Beeinflussung Schmelzbad, bessere Ausgasung, Schmelzbadkontrolle	Alu, CrNi-Stahl	Strom (synergetisch), Korrektur Draht od. Spannung	Vermeidung Poren, bessere Nahtoptik
SpeedCold	Modifizierter sektorgesteuertes Kurzlichtbogen (kurzschlussbehaftet)	Spezialisierte Kennlinienregelung	energie-minimiert, spritzerarm	Energiearmes MAG-Schweißen /Löten, Dünnschleibereich Lichtbogensensor (Stickout-Länge)	Strom (synergetisch), Korrektur Energie	energiereduziert, Spritzerarmut

Die verfahrensspezifische Signalaufbereitung der Lichtbogen-Sensorik durch die Steuerung der Schweißstromquelle muss natürlich schnell genug

erfolgen. Die modernen MSG-Stromquellen von Lorch sind hierfür gut gerüstet: z.B. beträgt die für externe Buskopplung genutzte Zykluszeit bei Lorch



Stromquellen nur ca. 20 ms, und erreicht damit den Bereich der Impulsfrequenz beim MSG-Impulsschweißen, bzw. der Kurzschlussfrequenz bei Kurzlichtbogenschweißprozessen. Sie stößt damit also bereits an natürliche Grenzen bei der zeitlichen Auflösung ganzer Zyklen dieser periodischen Prozesse. Die erprobte und nutzbare Lichtbogen-Sensorik ist in Tabelle 1 zu den MSG-Verfahrensvarianten mit angegeben.

5 Komponenten und deren Zusammenspiel

Für kleine und mittlere Schweißaufgaben besteht oft die wirtschaftlichste anwendungstechnische Lösung im Einsatz von spezialisierten Komponenten der Mechanisierung/Automatisierung [5]. Die Schweißstromquellen und Automatisierungskomponenten eines Herstellers können dabei einfach und effektiv untereinander über einen einzigartigen Bus (z.B. LorchNet, vergl. **Tabelle 2**) kommunizieren.

Tabelle 2: Übersicht LorchNet-Komponenten

Steuerung	Automatisierungssteuerung "Control" für Dreh-/Kipptische (50 kg..500 kg), pneum. Brennerzustellung, Spannvorrichtung, Feldbus-Koppler, Schweißdatenüberwachung Q-Sys
Zuführung Werkstoff	Drahtfördersystem Kaltdraht / Heißdraht
Stromquelle	Div. Schweißstromquellen, Heißdraht-Stromquelle

Für Automatisierungskomponenten anderer Hersteller unterstützen Feldbuskoppler die Anbindung von LorchNet an folgende Feldbusvarianten:

Profibus	Devicenet	Canopen
Profinet	Ethernet/IP	Ethercat

Alle in Tabelle 1 aufgeführten Verfahrensvarianten können im automatisierungstechnischen Zusammenspiel von der übergeordneten Steuerung entweder über Jobs oder direkt mit eindeutigen Verfahrensnummern ausgewählt werden. Auf Grund der durchdachten Datenstruktur ist sogar eine Umschaltung zwischen verschiedenen Verfahrensvarianten ohne Unterbrechung während des Schweißens möglich. Die Steuerung des Schweißprozesses kann verfahrensabhängig (siehe Tabelle 1) über 2 Steuerparameter erfolgen.

Im synergetischen Modus ist der Führungsparameter entweder Strom- oder Spannungswert, der zweite Parameter dient zur Korrektur von Spannung oder Drahtvorschubgeschwindigkeit.

Im sogenannten "manuellen" Modus sind (in Anlehnung an die Einstellmöglichkeiten beim konventionellen nichtsynergetischen Lichtbogenschweißen) die Steuerparameter direkt die physikalischen Sollwerte für Schweißspannung und Drahtvorschubgeschwindigkeit.

6 Praktisches Fallbeispiel

Für einen Hersteller von Aluminium-Guss- und extrudierten Aluminiumprodukten wurde von den Anwendungstechnikern der Lorch System Integration (LSI) eine Machbarkeitsstudie erstellt, welche hier als Beispiel für das systematische Vorgehen bei der Konzeption einer automatisierungstechnischen Anwendung dienen soll.

Aufgabenstellung war die wirtschaftliche Verbindung eines Al-Druckgussteiles nicht konstanter Wandstärke (AlSi7Mg) mit einem extrudierten Al-Hohlprofil (AlMgSi0,5) für die Fahrzeugtechnik. Durch die Fertigungstoleranzen der Guss- und extrudierten Bauteile entstehen unregelmäßige Spaltmaße bis zu 1,5mm zwischen den Bauteilen (Bild 1). Diese galt es, durch einen kontrollierten Prozess reproduzierbar zu schließen und insbesondere dabei einen sicheren Einbrand von mindestens 15 % der Grundwerkstoffdicke (ca. 0,3 mm) zu erreichen. Als Zusatzwerkstoff war AlSi5 und als Schutzgas Argon 4.6 vorgegeben.

Wahl der Verfahrensvarianten:

Auf Grund der bekannten hervorragenden Eigenschaften hinsichtlich Schweißgeschwindigkeit und Einbrand wurde zunächst die gepulste MSG-Verfahrensvarianten SpeedPulse ausgewählt. Zusätzlich wurden Versuchsreihen mit dem intervallgesteuerten SpeedTwinPulse angesetzt, um die parallel erwarteten Vorteile hinsichtlich der besseren Ausgasung der Schmelze (geringere Porosität) mit dieser MSG-Verfahrensvariante vergleichend prüfen zu können.

Wahl der automatisierten Mechanik:

Um sowohl aus verfahrenstechnischer Sicht eine möglichst optimale Schweißposition zu erlangen, als auch um aus Sicht der Automatisierung eine günstige Erreichbarkeit der Brennerposition durch den Roboter zu gewährleisten, wählten die Spezialisten von LSI zusätzlich zum Roboter einen zweiachsigen Positionierer. Damit war es möglich, den Schweißbrenner immer in optimaler Lage und gleichbleibender Schweißgeschwindigkeit koordiniert um das komplette Bauteil zu führen.

Nahtführungskonzept:

Aufgrund der Neigung von Aluminiumwerkstoffen zur Porenbildung, besonders in den Anfangs- und Endpunkten der Schweißnaht, wurde entschieden, Start- und Endpunkt nicht in die beanspruchten Bereiche

der Schweißnaht zu legen. Es wurde deshalb auf einem relativ dicken Stück des Gussteils der Lichtbogen gezündet und anschließend im 45° Winkel in die Schweißnaht eingefahren. Umgekehrt erfolgte dies für den Endpunkt der Schweißnaht: nach kurzem Überlapp des eingefahrenen Nahtanfangs wird im 45° Winkel wieder zurück auf den Grundwerkstoff gefahren und dort der Schweißprozess mit gezielter Füllung des Endkraters beendet (**Bild 2**).

Stromquellensteuerung:

Die wechselnde Materialdicke über den Nahtverlauf und die daraus resultierende unterschiedliche Wärmeabfuhr des Gussteils machte es notwendig, mit unterschiedlichen Stromstärken zu arbeiten. Ansonsten drohte entweder der Durchbrand des relativ dünnen extrudierten Profils, oder mangelhafter Einbrand an dickeren Stellen des Gussteils.

Um dies flexibel, einfach verständlich und reproduzierbar zu gestalten, wurden in der Stromquelle mehrere Jobs mit entsprechend unterschiedlich angepassten Parametern gespeichert, welche durch die Robotersteuerung an der jeweiligen Nahtposition ohne Unterbrechung der Schweißung umgeschaltet werden.

Optimierungsprozess und Ergebnisse:

Mit den getroffenen Vorentscheidungen wurde die erwartete Prozessstabilität bei den dann praktisch durchgeführten Anwendungsstudien mit SpeedPulse zunächst grundsätzlich erreicht.

Die Nahtoberfläche war durchgehend homogen und eine hinreichende Ausgasung der Schweißnaht konnte durch Schliffproben und Porositätsanalysen mit einem Porenanteil von weniger als 3 % in den definierten Eckbereichen nachgewiesen werden. Die Größe der Einzelporen lag dabei unter dem vom Kunden vorgegebenen maximalen Durchmesser von 1 mm. Mit Schliffproben wurde ebenfalls eine ausreichend hohe Einbrandtiefe festgestellt (**Bild 3**).

In der zweiten Versuchsreihe wurden mit der Verfahrensvariante SpeedTwinPuls weitere Freiheitsgrade bei der Optimierung der Schweißung erschlossen.

Die Funktionsweise des SpeedTwinPuls-Verfahrens beruht auf zyklischer Umschaltung zwischen zwei Energieniveaus im SpeedPulse-Lichtbogen. Dabei kann der Lichtbogen in jeder Stromphase individuell beeinflusst und ggf. angepasst werden. So kann durch einen langen Lichtbogen in der Hochstromphase und einen kurzen Lichtbogen in der Niederstromphase das Schmelzbad verbreitert werden. In der Hochstromphase wird auch ein tieferer Einbrand erreicht, während in der Niederstromphase das Schmelzbad abzukühlen kann und ein weiterer Füll-effekt erzielt wird.

Mit dieser Technik konnte die inkonstante Materialstärke und das schwankende Spaltmaß nahezu egalisiert werden und eine homogene Schweißnaht in

allen Bereichen erzielt werden. Weiterhin war bei diesem Verfahren ein besseres Ausgasen der Schmelze gegenüber dem reinen SpeedPulse-Verfahren zu erwarten, da das gesamte Schmelzbad durch die Umschaltung zwischen den zwei Energieniveaus in langsame Schwingung versetzt wird.

Insgesamt wurden je drei gleiche Bauteile an sieben, im Voraus als kritisch beschriebenen Stellen geschnitten und untersucht. Im Vergleich der Versuchsergebnisse konnten die erwarteten Wirkungen bestätigt werden (**Tabelle 3**). Obwohl bereits mit dem SpeedPulse die vorgegebenen Randbedingungen eingehalten werden konnten, ergaben sich bei Einsatz der für diese Anwendung geeigneteren Verfahrensvariante SpeedTwinPuls deutliche Verbesserungen.

Tabelle 3: Durchschnittlicher Vergleich

	SpeedPulse	SpeedTwinPuls
Einbrand	0,96 mm	1,1 mm
Porosität	2,33 %	1,44 %



Bild 1: Bauteil: Spaltmaß (oben), MSG-Schweißnaht mit SpeedTwinPuls (unten)



Bild 2: Nahtanfangs- und Endbereich SpeedTwinPuls (Labormontage: Heftpunkte in Bohrungen unterhalb der Naht)

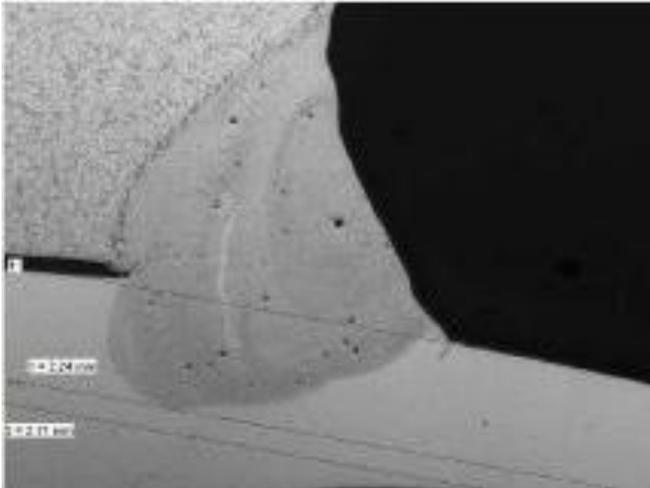


Bild 3: Schliffbild SpeedTwinPuls
(Gussteil oben links, extrudiertes Teil unten)

Aufgrund der umfangreichen Versuche kann nun über die Schweißgeschwindigkeit die Zykluszeit ermittelt werden, welche benötigt wird um ein komplettes Bauteil zu schweißen. Dies ermöglicht es schon im Voraus den Output der Anlage genau zu berechnen und unterstützt somit bei der Auswahl und Auslegung von Anlagenkomponenten.

7 Wirtschaftlichkeitsrechnung

Bei der Entscheidung, ob eine neue Anlage zum automatisierten Schweißen angeschafft wird, ist für viele Unternehmen der Anschaffungspreis das entscheidende Kriterium für oder gegen ein bestimmtes Konzept. Führt man jedoch eine Return on Investment (ROI) Kalkulation durch, so rückt der Anschaffungspreis oft an die zweite Stelle.

Diese ROI-Kalkulation wird von den Spezialisten der Lorch System Integration auf Wunsch durchgeführt. Unter Berücksichtigung konkreter Investitionskosten und Randbedingungen wird die Zeit ausgerechnet, innerhalb der sich die konzipierte Anlage vollständig amortisiert. Die detaillierte Berücksichtigung einer Vielzahl von Einflussfaktoren, wie Inbetriebnahme-, Personal- und Wartungskosten, sowie der Verzinsung eines ggf. aufzunehmenden Kredits, die Betrachtung der Produktionssteigerung bis hin zur Betrachtung einer sich ändernden Fehlerrate der produzierten Teile, erlaubt eine hohe Güte der Prognose. Im Folgenden werden das Vorgehen und die Ergebnisse einer ROI-Kalkulation anhand eines anderen Beispiels kurz erläutert.

Es handelt sich um eine reale Anwendung, bei der aus verschiedenen Aluminium-Strangpressprofilen ganze Fassadenbauteile hergestellt werden. Der Betrieb stößt an seine Kapazitätsgrenzen, denn zum jetzigen Zeitpunkt sind im Einschichtbetrieb sieben

qualifizierte Handschweißer nötig, um die geforderte Tagesmenge zu produzieren. Dabei werden mit dem WIG-Verfahren einzelne Lamellen mit einer Schweißnahtlänge von 22 mm mit Zusatzwerkstoff verschweißt. Ein wichtiges Kriterium dabei ist es, die Kante des Profils nicht aufzuschmelzen, da es sich bei allen Nähten um Sichtnähte handelt.

Durch Laborversuche der Spezialisten von LSI konnte nachgewiesen werden, dass die geforderte Nahtqualität auch unter Einsatz der MSG-Verfahrensvariante SpeedPulse erreicht werden kann. Die damit deutlich höhere Schweißgeschwindigkeit muss jedoch in der Fertigung anwendbar sein. Es wurde daraufhin ein Konzept mit einem doppelten Längsfahrwerk und zwei Stromquellen erstellt, mit dem parallel auf beiden Seiten geschweißt werden kann, während auf einem separaten Arbeitstisch die Einzelteile über eine Vorrichtung zur gewünschten Länge des gesamten Fassadenbauteils zusammengesetzt werden können.

Durch die geschickte Anordnung zweier Arbeitsstationen kann ein 3,6 m langes Fassadenbauteil, inklusive Einricht-, Positionier-, Handlings- und Schweißzeit, bei hoher reproduzierbarer Qualität in nur 22 Minuten produziert werden. Dem gegenüber steht die bisherige Bearbeitung von Hand, dabei muss der Schweißer laut eigenen Angaben nach jeder siebten Schweißnaht die Wolframnadel wechseln und neu schleifen, da sonst nicht die gewünschte Nahtqualität erreicht werden kann. Insgesamt benötigte ein WIG-Schweißer ca. 3 Stunden, um das Bauteil mit 3,6 m Länge fertigzustellen.

Bei Betrachtung der finanziellen Aufwände des Kunden wurden neben den Investitionskosten von 200.000 € für die konzipierte Anlage zusätzlich noch insgesamt 20.000 € für Installation, Schulungen, Kosten für Inbetriebnahme und Produktionsbetreuungskosten berücksichtigt. Weiterhin wurden 0,1 Techniker und 0,2 qualifizierte Schweißer pro Schicht zur Bedienung, Qualitätskontrolle und Wartung der Anlage abgeschätzt.

Als Ergebnis der ROI-Kalkulation für die konzipierte Anlage mit einem Anschaffungspreis von 200.000 € ergibt sich eine Amortisationszeit von ca. 5 Monaten, wenn als Alternative eine Produktionserweiterung durch Einstellung qualifizierter (und nicht vorhandener) WIG-Schweißer erwogen wird.

Es ist eigentlich zu erwarten gewesen, dass bei Ersatz von handgeführten WIG-Schweißungen durch automatisiertes MSG-Schweißen die Produktivität drastisch steigt. Die Richtigkeit der Entscheidung für die Investition in den automatisierten Fertigungsprozess wird durch die ROI-Kalkulation aber besonders deutlich.

8 Zusammenfassung

Ausgehend von der Betrachtung theoretischer prozesstechnischer Grundprinzipien wurde eine anwendungsorientierte Sicht auf die Eigenschaften moderner Verfahrensvarianten angestrebt und eine kompakte Übersicht über die MSG-Verfahrensvarianten von Lorch gegeben.

Aussagen zur Lichtbogen-Sensorik, zu Automatisierungskomponenten und zur Konzeption einer Automatisierungslösung runden die Informationen ab.

An einem Fallbeispiel und an einer Wirtschaftlichkeitsrechnung wird das Vorgehen der Spezialisten von Lorch System Integration (LSI) bei der systematischen Automation von Schweißaufgaben beschrieben.

9 Literatur

Diese Fachdokumentation wurde erstmalig veröffentlicht durch: B. Jaeschke, B. Fritz: Eigenschaften, Anwendungen und Weiterentwicklungen der modernen Lichtbogenschweißtechnik zur systematischen Automation von Schweißaufgaben. DVS-Berichte Band 286, DVS Congress 2012, S. 162 ff. DVS Media, Düsseldorf 2012.

Zur Vertiefung der Information wird folgende Lorch Fachdokumentation empfohlen:

- B. Jaeschke: Der wirtschaftliche MSG-Lichtbogenschweißprozess durch moderne Schweißgerätetechnologien, Y00.0010.0-00.PDF
- B. Jaeschke: Zusammenhänge bei der Messung, Steuerung und Regelung moderner MSG-Lichtbogenschweißprozesse und deren Verständnis, Y00.0030.0-00.PDF

Weitere Literaturstellen:

[1]: D.Uhrland, K.-D. Weltmann, J.Schein, U.Füssel, J.Kruscha, U.Reisgen, J.Wilden: Analysemethoden und erweitertes Verständnis für den MSG-Prozess. DVS-Berichte Band 275, DVS Congress 2011, S. 593 ff. DVS Media, Düsseldorf 2011.

[2]: H. Cramer, L.Baum, S.Pommer: Überblick zu modernen Lichtbogenprozessen und deren Werkstoffübergängen beim MSG-Schweißen. DVS-Berichte Band 275, DVS Congress 2011, S. 232 ff. DVS Media, Düsseldorf 2011.

[3]: B. Jaeschke, A. Rimböck, K. Vollrath: Steignähte leicht und sicher Schweißen. Der Praktiker 5/2011, S. 190 ff. DVS Media, Düsseldorf 2011.

[4]: B. Jaeschke: Zusammenhänge bei der Messung, Steuerung und Regelung moderner MSG-

Lichtbogenschweißprozesse und deren Verständnis. DVS-Berichte Band 275, DVS Congress 2011, S. 250 ff. DVS Media, Düsseldorf 2011.

[5]: B. Jaeschke: Der wirtschaftliche MSG-Lichtbogenschweißprozess durch moderne Schweißgerätetechnologien. DVS-Berichte Band 267, DVS Congress 2010, S. 328 ff. DVS Media, Düsseldorf 2010.

[6]: F. Höcker, S. Huth, A. Dutschmann: Automatisierung von kleinen und mittleren Schweißaufgaben. GST2008, DVS-Berichte Band 250, S. 122 ff. DVS-Media, Düsseldorf 2008.