Optimale „Förderbarkeit“ von Schweißdraht

Prozess-Sicherheit in der Verarbeitung durch sauberen Draht mit idealen Fördereigenschaften

Im Fokus der folgenden Betrachtung stehen die Oberflächeneigenschaften bzw. die „Förderbarkeit“ von Schweißdrähten. Die metallurgischen Eigenschaften der Drähte spielen hierbei keine Rolle.

Basierend auf einer Vielzahl von Versuchen und Analysen von Schweißdrähten und deren Qualität bei der Verwendung beim Schweißen spricht Richard Fichtner, Entwicklungsingenieur bei der Firma GEO-Reinigungstechnik GmbH und Autor dieser Betrachtung, bei dem Begriff „Förderbarkeit“ von „einer Geschichte voller Missverständnisse“. Denn was wird eigentlich unter „Förderbarkeit“ (bzw. auch Förderwiderstand) verstanden, wie kann „Förderbarkeit“ definiert werden?

Schweißer und somit die Anwender sprechen davon, dass der Draht „schlecht ist“, „dass der Draht schlecht gefördert wird“. Für ihn „läuft der Draht einfach nicht richtig“, er „reibt zu stark und muss besser geschmiert werden“, er „rattert“. So umschreibt der Begriff „Förderbarkeit“ die Eigenschaften des Produktes in der Praxis. Aber ist „Förderbarkeit“ messbar?

Eine gängige Methode ist, die Reibung (Förderkraft) des Drahtes in der Förderstrecke (Förderschlauch und Kontaktspitze) zu messen. Zu diesem Zweck werden im Einlauf der Förderstrecke Sensoren platziert, die die Förderkraft für den Transport des Drahtes durch die Förderstrecke messen. Nach Ansicht Richard Fichtners liefert diese Methode aber lediglich ein eher diffuses Bild hinsichtlich der „Förderbarkeit“ des Drahtes im Schweißprozess. Seiner Meinung nach sind die Ursachen für die zuvor beschriebenen „Probleme“ in sich verändernde Bedingungen in der Förderstrecke zu sehen, die vermeintlich im „Verhalten“ des Drahtes in der Kontaktspitze und die dadurch generierten Auswirkungen auf die „Durchlaufgeometrie“ zu sehen sind. Die folgenden drei schematischen Darstellungen (Bilder 1 - 3) dokumentieren diese Auffassung.

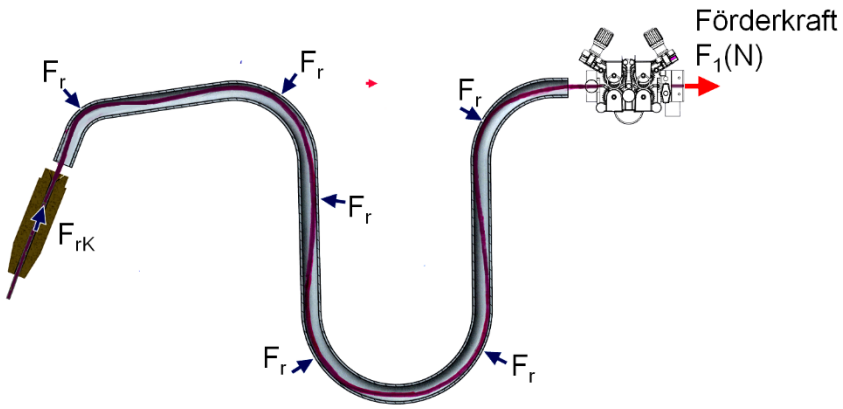


Bild 1: *der Draht hat in dem Förderschlauch Freiraum und die Reibungskraft in der Kontaktspitze (F_{rK}) verursacht eine der Höhe dieser Kraft (F_{rK}) entsprechende Stauchung des Drahtes im Förderschlauch mit Bildung von Druckstellen des Drahtes an der Schlauchwand mit Reibungskräften F_r. Die Förderkraft F_1 setzt sich aus der Summe dieser Kräfte zusammen $F_1=F_{rK}+6F_r$.*

So lange sich die Reibungskraft in der Kontaktspitze (F_{rK}) nicht ändert (erhöht), bleibt auch die Förderkraft F_1 nahezu konstant.

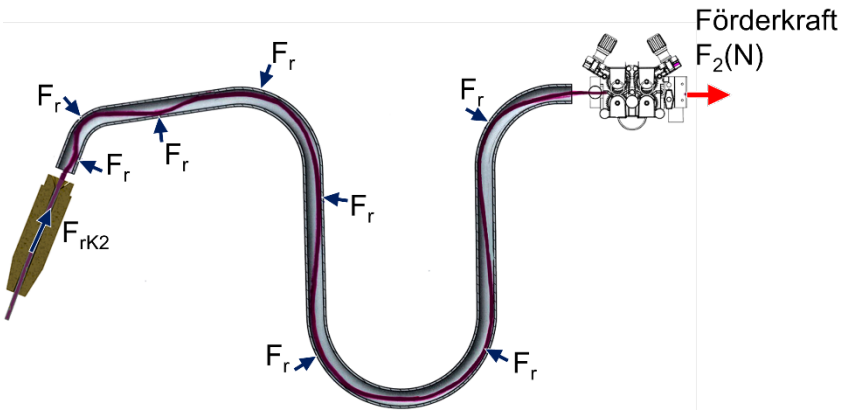


Bild 2: *erhöht sich die Reibungskraft in der Kontaktspitze kurzzeitig (< 1 Sek.), führt dies in der Nähe der Kontaktspitze gleichermaßen kurzzeitig zur Bildung zusätzlicher Kontaktstellen des Drahtes im Förderschlauch. Dies ist im Schweißprozess spürbar, d.h. der Schweißer kann es auch fühlen. Bedingt durch die lange Strecke von der Kontaktspitze bis zur Messstelle der Förderkraft aber wird die Übertragung gedämpft und bei der Messung der Förderkraft nicht adäquat erfasst.*

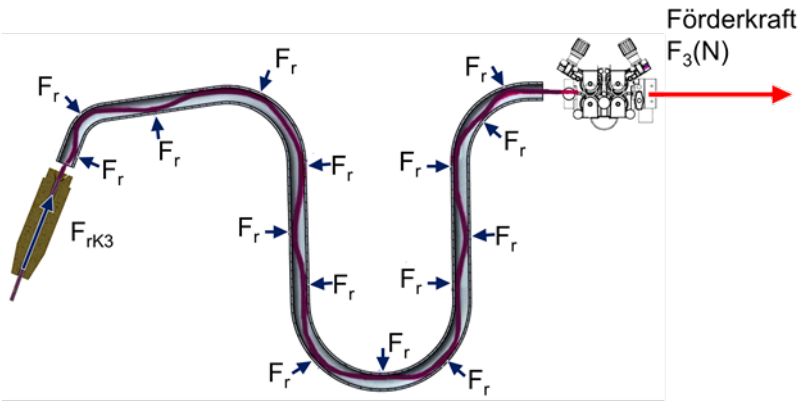


Bild 3: *erhöht sich die Reibungskraft in der Kontaktspitze für längere Zeit (> 1 sek), führt dies zu weiteren Kontaktstellen des Drahtes im gesamten Förderschlauch und einer signifikanten Erhöhung der Förderkraft* $F_3=F_{rK3}+15F_r$.

Die Bilder 1 bis 3 dokumentieren in erster Linie den Einfluss des Verhaltens des Drahtes in der Kontaktspitze auf das gesamte System „Förderschlauch“. In der Praxis wird der Draht aber nicht einfach durch ein enges Rohr, also die Bohrung der Kontaktspitze geführt, es werden beim Schweißen gleichzeitig hohe Ströme übertragen. Dies hat nach Ansicht Richard Fichtners entscheidenden Einfluss auf den Schweißprozess.

Die Voraussetzung für eine gute Stromübertragung sind eine ausreichend große Kontaktfläche und ein geringer Übergangswiderstand. Eine Verringerung der Kontaktfläche bzw. die Erhöhung des Übergangswiderstandes während der Stromübertragung führen zur Bildung von Lichtbögen.

Übertragen auf die Durchführung des Schweißdrahtes in der Kontaktspitze, wobei relativ hohe Ströme durch eine verhältnismäßig kleine Kontaktfläche übertragen werden, führen auch marginale Änderungen der Kontaktfläche zur Entstehung von Mikrolichtbögen und zu einem Aufschmelzen von Material im Inneren der Kontaktspitze. Verantwortlich hierfür sind in der Regel Oberflächendefekte des Drahtes oder eine Veränderung des Übergangwiderstands aufgrund überschüssiger Gleitmittel oder sich ansammelnder Verschmutzungen. Erstarrt aufgeschmolzene Material nicht direkt am Austritt aus der Kontaktspitze, nimmt der Schweißer diese Beeinträchtigung der Bewegung des Drahtes als Vibrationen war.

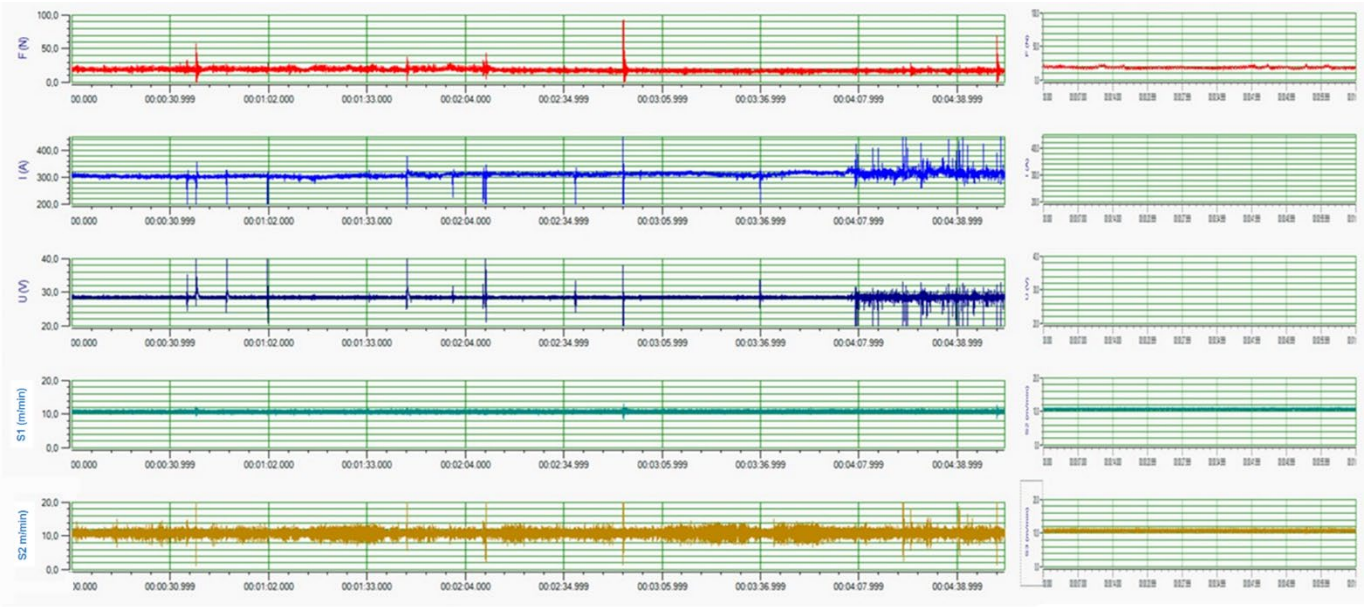
Konventionelle Messung der Förderkraft erfassen die zuvor beschriebenen Störungen aufgrund der langen Übertragungswege zumeist zeitversetzt. Störungen werden entsprechend als erhöhte Reibung oder Schwankungen des Drahtes im gesamten Schlauchpaket interpretiert. Zur Verringerung der Reibung werden in der Praxis dann mehr Gleitmittel auf den Draht aufgetragen. Dies wiederum führt zu einer weiteren Erhöhung des Kontaktwiderstandes und in der Folge häufig zur weiteren Verschlechterung der Ergebnisse.

Die GEO-Prüfsysteme WWTE und WWTE-TV verfolgen einen erweiterten Ansatz. Bei ihnen stehen die Drahtoberflächen und deren Einfluss auf den Schweißprozess im Fokus. WWTE und WWTE-TV erlauben somit eine objektive Beurteilung der durch die Drahtoberfläche bedingten Eigenschaften der Schweißdrähte auf den Schweißprozess. Ergänzend kann eine optische Prüfung sowohl der Drahtoberfläche als auch der Kontaktspitze mit der zugehörigen Mikroskop-Station erfolgen.

Das System **WWTE** wurde für Prüfung der Schweißdrähte direkt im Schweißprozess entwickelt. Es wird von den Kunden u.a. für die Qualitätssicherung und zu vergleichenden Prüfungen in Reklamationsfällen herangezogen. Während des Schweißprozesses werden folgende Parameter simultan aufgenommen und auf der Zeitachse übereinander dargestellt:

- Förderwiderstand F (in Newton);
- Schweißstrom I (in Ampere);
- Schweißspannung U (in Volt);
- Drahtgeschwindigkeit S1 (in m/min) direkt nach den Förderrollen. Die Höhe der Standardabweichung σ_{S2} dieser Drahtgeschwindigkeit ist ein Indiz für den Schlupf in den Förderrollen;
- Drahtgeschwindigkeit S2 (in m/min) direkt vor der Schweißpistole. Die Höhe der Standardabweichung σ_{S3} dieser Drahtgeschwindigkeit ist ein Indiz für Kontakt -bzw. Gleitprobleme des Drahtes in der Kontaktspitze.

Die Parameter F, S1 und S2 werden zudem ohne Schweißen aufgenommen. Die Werte können anschließend verglichen und statistisch ausgewertet werden. Beispielhaft sind auf der folgenden Abbildung (Bild 4) die Messergebnisse für den Draht „Aristorod“ dargestellt.



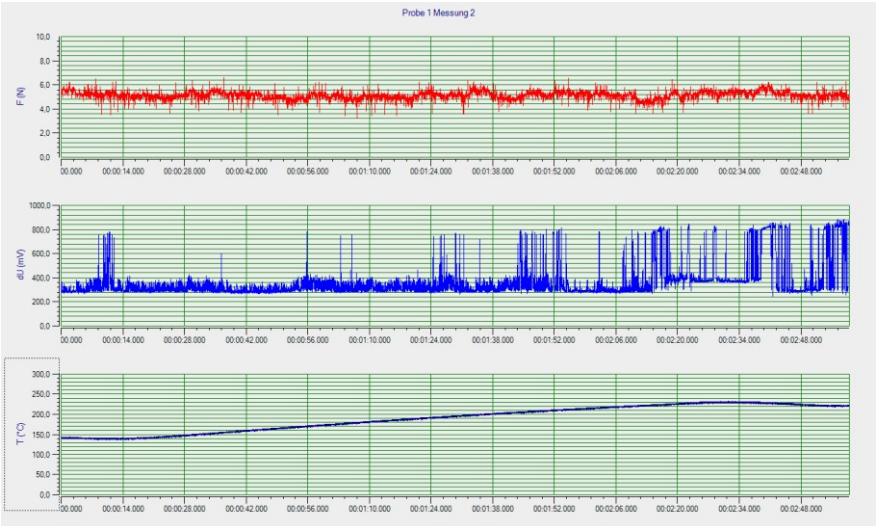
	Welding time 5 minutes					without welding 1 minute		
Measured parameters/ Измеренные параметры	F (N)	I (A)	U (V)	S2 (m/min)	S3 (m/min)	F (N)	S2 (m/min)	S3 (m/min)
Mean/ средняя величина	18,3	309	28,5	10,8	10,8	19	10,7	10,8
Range /максимальный разброс	96	471	81	4,7	36	12	1,56	2,6
Standard deviation/ стандартное отклонение	2,7	14	1,6	0,22	0,94	1,5	0,18	0,33

Bild 4: *die Kurve der Förderkraft (F) verläuft sowohl ohne Schweißen (Abb. rechts) als auch beim Schweißen (Abb. links) gleichmäßig. Bei den Kurven der Drahtgeschwindigkeiten S1 (hier S2) und S2 (hier S3) sind ohne Schweißen keine Unterschiede zu sehen. Beim Schweißen sind deutliche Unterschiede zu erkennen. Diese Schwankungen der Geschwindigkeit S2 (hier S3) während des Schweißens werden vom Schweißer als Vibrationen wahrgenommen.*

Das Prüfgerät **WWTE-TV** ist für die Qualitätssicherung sowohl in der Produktion als auch in der Eingangskontrolle bei den Schweißdrahtanwendern konzipiert. Anders als beim System WWTE erfolgt die Prüfung mit dem WWTE-TV ohne die Erzeugung eines Lichtbogens. Schweißfachkräfte und ein speziell eingerichteter Platz mit Abzug, Lichtschutz etc. sind nicht erforderlich. Das WWTE- TV ist mit seinen Abmessungen von 100 x 40 x 70 cm als „Tischgerät“ ausgeführt. Da in der Prüfstation WWTE-TV die Messungen ohne Lichtbogen erfolgen, können nicht nur Schweißdrähte, sondern auch Förderschläuche und Kontaktspitzen vergleichend geprüft werden.

Für die Prüfung mit dem WWTE-TV wird der Schweißdraht durch einen Förderschlauch (die Art ist frei wählbar) und die Kontaktspitze mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 15 m gezogen oder geschoben. Hierbei werden bei einem konstanten Strom von 20 A der Förderwiderstand und der Spannungsabfall in der Kontaktspitze kontinuierlich gemessen und simultan aufgezeichnet. Zwecks Annäherung an die Bedingungen, die bei einem Lichtbogen vorliegen, kann die Kontaktspitze zusätzlich bis auf 300°C erhitzt werden.

Auf den folgenden Bildern 5 und 6 sind beispielhaft zwei mit dem WWTE-TV durchgeführte Messungen von 2 Drähten aus der gleichen Produktion dargestellt.



Messparameter / Measured Parameters	F (N)	dU (mV)	T°C
Mittelwert /Average	5,2	362	190
maximale Variation / Maximum Rash	3,4	658	97
Standardabweichung / Standard deviation	0,25	144	31

Bild 5: *Draht aus einer Reklamationscharge.*

Messparameter / Measured Parameters	F (N)	dU (mV)	T°C
Mittelwert /Average	5,0	232	125
maximale Variation / Maximum Rash	4,9	81	156
Standardabweichung / Standard deviation	0,35	6	46

Bild 6: *Draht nach einer Verbesserung im Ziehprozess und verringertem Gleitmittelauftrag.*

Die oberen Kurven der Förderkraft (F) zeigen, dass sich die Ergebnisse bei der Förderkraft praktisch nicht unterscheiden. Die Ergebnisse beim Spannungsabfall aber belegen, dass der Draht aus der Reklamationscharge signifikante Kontaktprobleme, insbesondere bei höheren Temperaturen, aufweist. Die gemessenen Schwankungen in der Kurve des Spannungsabfalls würde der Schweißer als Vibrationen fühlen.

GEO-Reinigungstechnik führt auf Anfrage Untersuchungen mit der Prüfanlage WWTE oder mit dem Prüfgerät WWTE-TV im Kundenauftrag durch. Die in unserem Fachbeitrag in der Zeitschrift Schweißen & Schneiden 69 (2017), Heft 9 dokumentierten Messungen wurden mit der Prüfanlage WWTE erstellt.

Ein Video zum WWTE-TV finden Sie in unserem YouTube Kanal:
https://www.youtube.com/user/GeoReinigungstechnik/videos

Richard Fichter
GEO-Reinigungstechnik GmbH
Im Garbrock 7
D-48683 Ahaus-Ottenstein
fichtner@geo-reinigungstechnik.de
www.geo-reinigungstechnik.de