

Sicherheit beim Senkerodieren



Dipl.-Ing. Peter A. Walther

Beim Erodiervorgang wirken 4 - 6.000 °C zwischen Werkstück und Elektrode. Deshalb muss der Arbeitsprozess sicherheitstechnisch begleitet werden. Hierbei werden langkettige Kohlenwasserstoffe gecrackt. Danach entstehen nicht nur Produkte mit kürzeren Kohlenwasserstoffketten, es laufen auch Synthesereaktionen über Radikalreaktionen ab. Durch diesen Reaktionsmechanismus kann es u.a. zur Bildung von Benzol und anderen Verbindungen kommen die karzinogene Eigenschaften aufweisen. Die meisten sind bei Zimmertemperatur dampfförmig und schwerer als Luft. Sie sammeln sich auf der Badoberfläche. In der Grenzschicht zwischen Badoberfläche und Raumluft kommt es zu einer Vermischung von DE-Dampf und der Luft. Das Gemisch ist zw. ca. 0,6 - 7 Vol% explosiv.

Senkerodieren ist nur möglich, wenn der Prozess unter Luftabschluss stattfindet. Deshalb muss die Wirkstelle durch eine nichtleitende Flüssigkeit abgedeckt werden (Dielektrikum). In der Anfangszeit dieser Technologie verwendete man dafür Petroleum, das als vorzügliches Dielektrikum gilt. In der Folge und mit der starken Verbreitung wurde es für Mineralölerzeuger ein interessanter Markt. Es wurden spezielle Dielektrika für verschiedene Einsatzfälle entwickelt.

Die Werte können aus dem Sicherheitsdatenblatt des Dielektrikums entnommen werden, z.B.: Expl. Grenzen untere 0,7 Vol%, obere 7,3 Vol%.

Wie entsteht eine Verpuffung und ein nachfolgender Brand?

Bei 1.000 Liter Luft (1 m³) beginnt die Sache ab 7 Liter DE-Dampf im m³ Luft gefährlich zu werden. Über 73 Liter DE-Dampf im m³ Luft wird das Gemisch zu fett, unter 0,7 Liter/m³ ist es zu mager. Damit die Mischung verpufft, braucht man als Auslöser lediglich einen Funken. Dieser kommt entweder aus dem Bad (beim Schruppvorgang) oder wenn durch Reibung in der Saugrohrleitung ein elektrisches Potential entsteht das mangels Erdung nicht abfließen kann. Eine weitere Möglichkeit ein explosives DE-Dampf-Luftgemisch zu bilden, liegt in einer falschen Verlegung der Saugrohrleitung. DE-Dampf kondensiert teilweise in der Rohrleitung an den Wänden.

Es können sich Pfützen bilden mit größerer Oberfläche. Streicht dort Luft drüber wird

DE-Dampf aufgenommen, begünstigt durch den Unterdruck in der Rohrleitung.

Die innere Oberfläche einer Saugrohrleitung ist nicht zu unterschätzen: 3 m Rohr mit Ø 100 mm haben eine Oberfläche von ca. 1 m². Also viel Kontaktfläche. Eine weitere Möglichkeit Brände und Verpuffungen zu generieren, ist die Graphitelektrode. Der Abbrand bildet ein Sublimat, das nicht gänzlich im Dielektrikum gebunden wird.

Ein Teil kommt mit den Dampfblasen an die Oberfläche und wird mit abgesaugt. Kondensierte Sublimat sind ganz feine Partikel (unter 0,1 µm), die eine riesige Oberfläche bilden. Vornehmlich in Ritzen, Vertiefungen und an Schlauchinnenwänden lagert sich dieser Staub an.

Ein Funke aus einem Übersprung herrührend entzündet das Graphit-Kondensat, das als Brandbeschleuniger wirkt.

Wie läuft eine Verpuffung in der Rohrleitung ab?

Es beginnt mit tiefem Rollen. Wenige Augenblicke später tritt die Flamme aus den Öffnungen und entzündet das Dielektrikum im Bad. DE hat einen Heizwert wie Petroleum.

Maßnahmen zur Sicherheit beim Senkerodieren

- 1) Für die Rohrleitung nur leitende Werkstoffe, die das durch Reibung entstandene elektrische Potential ableiten



Bild 1:
Ein Balancer verhindert das Durchsacken des Schlauches

- (Stahl), verwenden keinesfalls Kunststoff.
- 2) Die Rohrleitung muss geerdet werden, max. 1.000 OHM gegen NULL-Potential.
 - 3) Schläuche so kurz wie möglich und NICHT waagrecht (vertikal) verlegen. Da bilden sich immer Pfützen.
 - 4) Die Rohrleitung so verlegen, dass sie innen glatt ist und keine Beeinträchtigung der Strömung stattfinden kann – etwa durch zu viele Bögen.
 - 5) Die oft verwendeten flexiblen Aluschläuche erzeugen durch Reibung (innen großer Widerstand für die Luft) statische Elektrizität. Es können so bis zu 5.000 Volt entstehen. Dieses Potential kann nicht abfließen und es kommt irgendwann zu einem Überschlag. Ein Funke springt über, der für die Entstehung eines Brandes genügt.
 - 6) Ist eine waagerechte Schlauchführung nicht vermeidbar, weil der Anschluss an der Maschine wandert und längere Wege zurückgelegt werden, muss ein Balancer ein Durchhängen des Schlauchs verhindern. Es bilden sich sonst Dielektrikumspfützen und es wird durch DE-Dampfaufnahme im Schlauch das DE-Dampf-Luftgemisch fetter. Es kann deshalb in den Bereich gelangen, in dem es zündfähig wird (s. Bild 1).
 - 7) Beim Schruppen, mit hohen Leistungen und Graphitelektroden kann es passieren, dass Funken mit hoher kinetischer Energie nach oben fliegen, aus dem DE-Bad austreten und aufglühen, weil Sauerstoff über der Badoberfläche dazukommt.
 - 8) Wird in diesem Fall nicht abgesaugt, also nicht laufend das Volumenverhältnis DE-Dampf-Luftgemisch mager gehalten, kann das zu einer



Bild 2: Ein Edelstahlgitter an der Entlüftungsöffnung verhindert einen Flammenaustritt

Verpuffung führen.

- 9) Oft bildet sich ein Funkennest, so dass die austretenden Funken sich an der Pinole festsetzen. Wenn dann ein explosionsfähiges DE-Dampf-Luftgemisch entsteht, ist die Verpuffung sehr wahrscheinlich.
- 10) Wird die Rohrleitung mit einer BS-Einrichtung ausgestattet, so muss bei CO₂-Flutung, die in der Rohrleitung befindliche Luft entweichen können. Dafür sind Öffnungen vorzusehen, die mit einem Edelstahl-Drahtgitter belegt sind. Letzteres wirkt als Flammensperre, es tritt also keine Flamme aus,



Bild 3: Ein stromloses Differenzdruckmanometer zeigt den Zustand des Partikelfilters an

wenn geflutet wird, lediglich heiße Luft (s. Bild 2).

Seit dem Aufkommen der ED-Technologie streiten sich die Experten über die Eignung von Absaug- und Filtersystemen. Weil die Entstehung eines explosiven Gemisches zu keinem Zeitpunkt ausgeschlossen werden kann, muss das Absaugsystem sorgfältig ausgewählt werden. So muss zum Beispiel die elektrische Verdrahtung außerhalb der explosiven Atmosphäre sein, d.h. gemäß VDE 0165, "Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen". Der Ventilator muss so gebaut sein, dass die Entstehung mechanisch erzeugter Funken auszuschließen ist. Das Absaug- u. Filtergerät muss für den Zustand des Filters eine Anzeige aufweisen. Wird der Filter voll, steigt der Widerstand desselben, die abgesaugte Luftmenge verringert sich also und es kann beim Unterschreiten der kritischen Luftmenge das Gemisch über der Wirkstelle in einen explosionsfähigen Bereich gelangen (s. Bild 3). Ist die abgesaugte Luftmenge zu groß, erfolgt durch den Unterdruck über dem Bad vermehrter DE-Austrag.

Damit wird eine Pfützenbildung begünstigt, die die Anreicherung der Luft mit DE-Dampf fördert. Aktivkohle, ja oder nein? Wie hier dargelegt, handelt es sich um Crackprodukte, die bei hohen Temperaturen entstehen. Viele davon sind bei Raumtemperatur dampfförmig. Es ist deshalb unumgänglich genügend Aktivkohle mit langer Verweildauer für die Dämpfe vorzusehen. Um sicher zu gehen, dass alle, auch leichtflüchtige Verbindungen absorbiert werden, muss der Filter nach dem Ventilator-Ausblasdruckseitig angeordnet sein, ansonsten sinkt die Absorptionsfähigkeit des Aktivkohlefilters mit dem ansteigenden Widerstand des Hauptfilters, der sich in der

Regel vor dem Ventilator befindet (s. Bild 4).

Eine überschlägige Betrachtung zeigt folgenden Sachverhalt: Geht man von den Kosten aus, die durch eine falsche bzw. fehlende Absaugung entstehen, sind Brandschäden an vorderster Stelle.

Fehlt eine Absaugung an der Wirkstelle, kann sich ein explosives Dampf-Luftgemisch bilden, denn es besteht keine Garantie, dass das Gemisch unter der unteren Explosionsgrenze bleibt. Dem Zufall sind Tür und Tor geöffnet.

Schäden, die durch Verpuffung und Brand entstehen sind immer erheblich.

Den Brand mit dem Feuerlöscher zu löschen ist meist zwecklos, weil die Strahlungswärme zu groß ist. Zum Glück gibt es selten Verletzte, weil die Beleg-

schaft richtig handelt. Oft wird behauptet, eine Raumabsaugung für Räume in denen Erodiermaschinen stehen wäre ausreichend. Wie bereits erwähnt, hat die Absaugung der DE-Dämpfe direkt an der Wirkstelle zu erfolgen damit sich im Becken nicht explosionsfähige DE-Luftgemische bilden können. Deshalb ist eine solche Variante wenig sinnvoll. In vielen Fällen sind die Betriebskosten auch ungleich höher. In diesem Zusammenhang ist zu beachten:

1. Die EN 12 957: „Sicherheit beim Senkerodieren“, Okt. 2001, schreibt eine Verkettung der BS-Einrichtung mit der Absaugung, bei manlosem Betrieb vor.
2. Die Gefahrstoffverordnung (Gef. StoffV) unter Anhang III No.1 Brand und Explosionsgefahren schreibt unter 1.3 (3) vor, dass Gefahrstoffe an ihrer

Austritts- u. Entstehungsstelle vollständig zu erfassen und zu beseitigen sind.

Beispiel eines Schadensfalls

Ein Beispiel soll aufzeigen, wie sich falsche Konstruktionen von Absaugungen auswirken können:

Ein Kunststoffspritzgießmaschinenhersteller betreibt einen Formenbau, indem 4 EDM's in Reihe aufgestellt sind. Die Absaugrohrleitung führt von einer Sammelleitung für jede EDM an der Wand senkrecht nach unten und von hinten an das Becken. Der Ventilator hat 3 kW, 2.800 m³/h, also pro EDM 700 m³, die stündlich abgesaugt werden.

Schließlich gibt es im Becken der vorletzten EDM eine Verpuffung, die in der Rohrleitung zu einem Brand führt. Nach wenigen Sekunden fällt der Ventilator aus, weil das Laufrad am Einströmring aufläuft und der Läufer im E-Motor durch die große Hitze auf den Stator crasht.

Die Rohrleitung beginnt an einigen Stellen zu glühen. Der in der Rohrleitung innen festgesetzte Metallschlamm, wird durch die Hitze flüssig und fließt durch die Stichleitungen nach unten und tropft in das Bad. Damit stehen alle 4 EDM's unter Feuer.

Durch die Strahlungshitze sind Glasscheiben geborsten und die Druckluft-Rohrleitung aus Kunststoff geplatzt. Alle 4 EDM's wurden zu Schrott.



Bild 4: Aktivkohlefilter als 3. Filterstufe, nach dem Ventilator



Bild 5: Brandschutzklappe BSKT, rechts offen, links ist der Schmelzfaden geschmolzen

Die Rohrleitungen sollten mit CO₂ geflutet werden. Eine Statistik zeigt, dass etwa die Hälfte der Brände in der Rohrleitung beginnen.

Die Luft im Rohr muss bei der CO₂-Flutung leicht entweichen können. Die Klappen müssen bei Überdruck aufgehen. Damit keine Flamme austritt, die größeren Schaden anrichten könnte, muss an der Austrittsstelle ein Edelmetallgitter angebracht sein. Dann tritt nur heiße Luft aus.

Sicherheitsbausteine für das Absauggerät?

Die EN 12957 schreibt für Mannlosbetrieb bei Brandmeldungen die Unterbrechung der Absaugleistung auf Ø vor. Das BS-System ist mit einem Sicherheitschieber verbunden, der sofort die Rohrleitung schließt. Entsteht der Brand jedoch in der Rohrleitung, so muss eine

Brandschutzvorrichtung, die auf heiße Luft reagiert vorhanden sein (s. Bild 5).

Zusammenfassung

Solange es Dielektrika gibt, die brennbar sind, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um einen Brand zu verhindern bzw. wenn es brennt den Schaden zu minimieren. Alle hier beschriebenen Maßnahmen sind sinnvoll. Es bleibt letztlich den Betreibenden überlassen, die entscheiden, ob dafür investiert werden soll.

Wenn ja sollte man es richtig machen und ein Fachunternehmen damit beauftragen.

(Werkbilder:
Acotec Walther,
Günzburg)