

Sicherheit beim Senkerodieren

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

Die Hersteller von Senkerodiermaschinen optimierten die Steuerungen und konnten so die Verlustleistung reduzieren.

Beim Erodieren wirken zwischen Werkstück und Elektrode 4.000°C bis 6.000°C. Die hohen Temperaturen begünstigen die Dampfbildung. Deshalb muss der Arbeitsprozess sicherheitstechnisch begleitet werden. Dabei werden langkettige Kohlenwasserstoffe gekrackt. Es entstehen nicht nur Produkte mit kürzeren Kohlenwasserstoffketten, es laufen auch Synthesereaktionen über Radikalreaktionen ab. Durch die hohen Temperaturen kann es zu toxischen Verbindungen kommen. Diese sind bei Zimmertemperatur dampfförmig. Weil sie schwerer als Luft sind, legen sie sich auf die Badoberfläche.

In der Grenzschicht zwischen DE-Dampf und Raumluft kommt es zu einer Vermischung von DE-Dampf mit der Luft. Das Gemisch ist zwischen ca. 0,6 Vol % und 7,0 Vol % explosionsfähig.

Diese Werte können dem Sicherheitsdatenblatt des Dielektrikums entnommen werden.

Dort steht z.B.:

UEG: 0,6 Vol %, OEG: 7,0 Vol %.

Erklärung: bei 1.000 Liter Luft (1 m³) wird das Gemisch ab 6 Liter DE-Dampf explosiv, über 70 Liter DE-Dampf pro m³ Luft wird das Gemisch zu fett.

Damit die Mischung verpufft, braucht man als Auslöser Zündenergie (einen Funken). Dieser kommt entweder aus dem Bad (beim Schrumpfvorgang) oder durch



Bild 1: Dipl.-Ing. Peter A. Walther

Luftreibung in der Saugrohrleitung, wenn 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



Bild 2: Ein Edelstahlgitter an der Entlüftungsöffnung verhindert einen Flammenaustritt

größerer Oberfläche. Strömt dort Luft drüber wird DE-Dampf aufgenommen, begünstigt durch den Unterdruck in der Rohrleitung. Vor 100 Jahren waren die Vergaser von Otto-Motoren noch ähnlich konstruiert: Ein flacher Topf mit großer Benzinoberfläche, die Verbrennungsluft strömte darüber, es bildete sich ein zündfähiges Gemisch, das in den Zylinder gesaugt wurde. Die innere Oberfläche einer Saugrohrleitung wird oft unterschätzt: 3 m Rohr mit Ø 100 mm haben eine Oberfläche von ca. 1 m². Also viel Kontaktfläche. Ein weiterer Punkt, Brände und Verpuffungen zu begünstigen, ist der Abbrand der Graphitelektrode. Dabei entsteht ein Sublimat, das in den aufsteigenden Dampfblasen abgesaugt und nur teilweise im Dielektrikum gebunden wird. Sublimate sind ganz feine Partikel (unter 0,1 µm), die eine riesige Oberfläche bilden. Vornehmlich in Ritzen, Vertiefungen und an Schlauchinnenwänden lagert sich dieser Nano-Staub in der Saugrohrleitung an. Ein Funke entzündet das Graphit-Sublimat, das als Brandbeschleuniger wirkt.

Wie läuft eine Verpuffung in der Rohrleitung ab?

Es beginnt mit tiefem Rollen, ähnlich einem Gewitterdonner. Wenige Augenblicke später tritt die Flamme aus den Öffnungen und entzündet das Dielektrikum im Bad. Dann herrscht das Inferno. Dielektrikum hat einen Heizwert wie Petroleum.

Wie soll die Saugrohrleitung ausgeführt werden

- 1) Für die Rohrleitung nur leitende Werkstoffe, die das durch Reibung entstandene elektrische Potential ableiten (Stahl), verwenden, keinesfalls Kunststoff oder gefaltete Lüftungsrohre, die sind nicht dicht!
- 2) Die Rohrleitung muss, wenn sie länger als 3m ist, geerdet werden, $< 10^3 \text{ OHM}$ gegen NULL-Potential sind zu empfehlen.
- 3) Schläuche so kurz wie nötig und nie waagerecht 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 begünstigen durch Verwirbelung statische Elektrizität. Es können so bis zu 5.000 Volt entstehen. Dieses Potential kann nicht abfließen, es kommt zu einem Überschlag. Der Funke 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 x/y-Achsen, muss ein Balancer ein Durchhängen des Schlauchs verhindern. Es bilden sich sonst Dielektrikums Pfützen und es wird durch DE-Dampfaufnahme im Schlauch das DE-Dampf-Luftgemisch fetter. Es kann deshalb in den Bereich gelangen, in dem es explosiv wird.
- 7) Beim Schrappen, mit hohen Leistungen und Graphitelektroden kann es passieren, dass Funken mit hoher kinetischer Energie aus dem DE-Bad austreten und aufglühen, weil



Bild 3: Ein stromloses Differenzdruck-Manometer zeigt den Zustand des Partikelfilters an

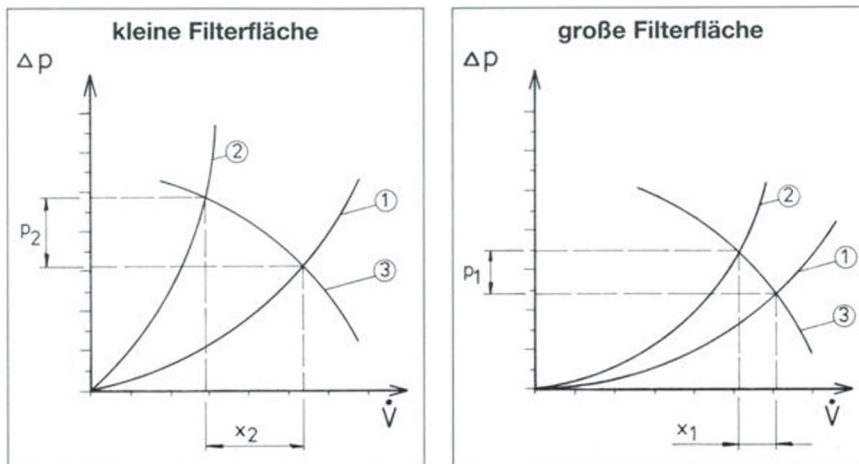


Bild 4: Filterstandzeit bei großer und kleiner Filterfläche des Partikelfilters

Sauerstoff über der Badoberfläche dazukommt.

- 8) Oft bildet sich ein Funkennest, weil die austretenden Funken sich an der Pinole festsetzen. Wenn dann ein explosionsfähiges DE-Dampf-Luftgemisch entsteht, gibt es eine Verpuffung.
- 9) Wird in diesem Fall nicht abgesaugt, also nicht laufend das DE-Dampf-Luftgemisch mager gehalten, kann das zu einer Verpuffung führen.
- 10) Wird die Rohrleitung mit einer Brandlöscher-Einrichtung ausgestattet, muss bei CO₂-Flutung die Luft in der Rohrleitung entweichen können. Dafür sind Öffnungen vorzusehen, die mit einem Edelstahl-Drahtgitter belegt sind. Dieses wirkt als Flammensperre, es tritt also keine Flamme aus, nur heiße Luft (Bild 2).

Seit dem Aufkommen der Funkerosionstechnologie streiten sich die Experten über die Eignung von Filtersystemen. Weil die Entstehung eines explosiven Gemisches zu keinem Zeitpunkt auszuschließen ist, muss die elektrische Verdrahtung außerhalb der explosiven Atmosphäre sein (gemäß VDE 0165, „Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen“). Das Gebläse muss in ex-Schutz ausgeführt werden, damit die Entstehung mechanischer Funken auszuschließen ist. Das Filtergerät muss den Beladungszustand des Partikelfilters anzeigen (Bild 3). Mit zunehmender Betriebsdauer wird das Filter voll, es steigt sein Widerstand, die abgesaugte Luftmenge verringert sich und es kann beim Unterschreiten der kritischen Luftmenge das Gemisch über der Wirkstelle in

einen explosionsfähigen Bereich gelangen. Wichtig ist die Filterfläche des Partikelfilters,

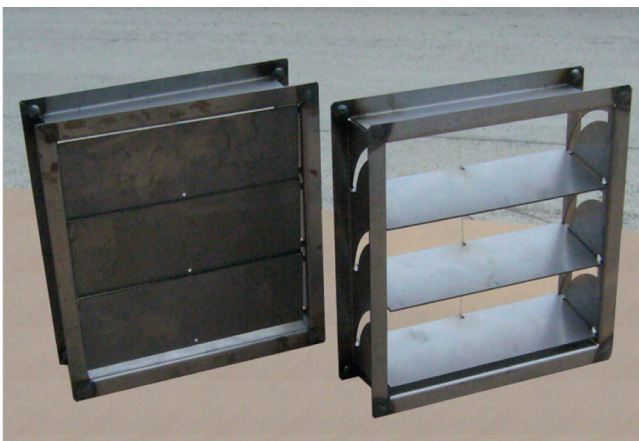


Bild 5: Brandschutzklappe BSKT, rechts offen, links ist der Schmelzfaden geschmolzen

damit eine ausreichende Standzeit sichergestellt werden kann (Bild 4). Zusätzliche Sicherheit bringt eine Brandschutzklappe im Filtergerät, die ohne Druckluft und Strom funktioniert (Bild 5).

Ist die abgesaugte Luftmenge zu groß, erfolgt wegen höherem Unterdruck über dem Bad vermehrter DE-Austrag (erhöhter DE-Verbrauch). Das zusätzlich abgesaugte DE in der Rohrleitung kondensiert und bildet so eine Pfütze, die die Anreicherung der Luft mit DE-Dampf fördert.

Aktivkohle, ja oder nein?

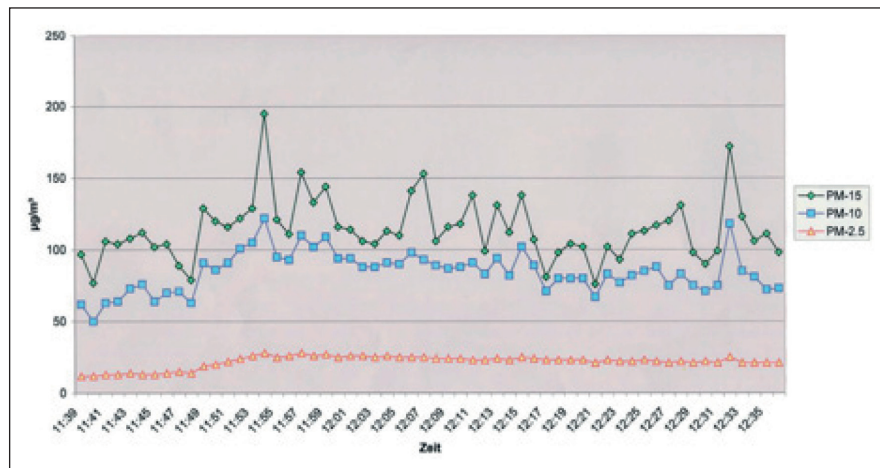
Wie bereits erwähnt, handelt es sich um Crackprodukte, die bei hohen Temperaturen entstehen, sie sind bei Raumtemperatur dampfförmig. Es ist deshalb wichtig, Aktivkohle mit großer Verweildauer für die Dämpfe vorzusehen. Um sicher zu gehen, dass alle, auch leichtflüchtige Verbindungen absorbiert werden, muss der Filter nach dem Ventilator druckseitig angeordnet sein. Im Saugbereich sinkt die Aufnahmefähigkeit der Aktivkohle mit dem ansteigenden Widerstand des Hauptfilters, der sich in der Regel vor dem Ventilator befindet. Der Unterdruck steigt stetig.

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 nach Belieben bilden, denn es besteht keine Garantie, dass das Gemisch unter der unteren Explosionsgrenze bleibt. Die Schäden, welche durch Verpuffung und Brand entstehen, sind immens.

Den Brand mit dem Feuerlöscher zu löschen ist zwecklos, weil die Strahlungswärme zu groß ist. Zum Glück gibt es selten Verletzte, wenn die Belegschaft richtig handelt und Fersengeld gibt. Oft wird behauptet, eine Raum-

Bild 6:
Kontamination der Raumluft, wenn
die Absaugung nicht direkt an der
Wirkstelle erfolgt

absaugung für Räume in denen Erodiermaschinen stehen, wäre ausreichend (Bild 6). 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 jedem Fall sind die Betriebskosten ungleich höher. Dazu kommt, dass giftige Metall-aerosole aus den Legierungsbestandteilen des Werkstoffes (Nickel, Chrom, Wolfram, Niob, Tantal, Cadmium usw.) in die Atemluft gelangen und eingeatmet werden. Die Maßnahmen, die notwendig sind, z.B. Kanäle, die



für die Abluft der Raumluft notwendig werden, sowie Brandschutzklappen an den Brandabschnitten verursachen hohe Kosten in Anschaffung und Wartung. Wir wissen, dass Brandschutzklappen erst schließen, wenn das Lot schmilzt oder die Patrone platzt. Bis es soweit ist, hat sich

der Brand schon lange in den mit DE verschmutzten Kanal in den angrenzenden Räumen ausgebreitet. Der mit DE vermischte Metallschlamm wirkt als Zündschnur. Der Urheber solcher Konstruktionen wird spätestens nach einem Brand eines Besseren belehrt. Die Versicherung verweigert in der



Bild 7:
Strömungssensor

erfassen und zu beseitigen sind. Ein Beispiel soll aufzeigen, wie sich die unsachgemäße Auslegung einer Absaugung auswirkt: Ein großer, international tätiger

Regel für den Schaden zu zahlen und das hat folgenden Grund:

Die Anlage entspricht nicht dem Stand der Technik.

Da wären:

1. DIN EN ISO 28881: „Werkzeugmaschinen - Sicherheit - Funkenerodiermaschinen“, Okt. 2014, schreibt eine Verkettung der BS-Einrichtung mit der Absaugung, bei mannlosem Betrieb vor.
2. Weiters ist ein Strömungssensor vorzusehen, der die Luftgeschwindigkeit in der Rohrleitung kontrolliert (Bild 7).
3. Die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) unter Anhang III No. 1 Brand und Explosionsgefahren schreibt unter 1.3 (3) vor, dass Gefahrstoffe an ihrer Austritts- u. Entstehungsstelle vollständig zu

Kunststoffspritzgießmaschinenhersteller betreibt einen Formenbau, in dem die Entwicklung auf dem Gebiet Kunststoffspritzteile (der Betrieb ist weltweit führend) in die Praxis umgesetzt werden. Dazu gehören vier EDMs in Reihe aufgestellt. Die Absaugrohrleitung führt von einer in 3 m Höhe geführte Sammelleitung für jede EDM an der Wand senkrecht nach unten und nach hinten in das Becken. Der Ventilator hat 3 kW und fördert 3.800 m³/h, also pro EDM 950 m³/h die pro Becken abgesaugt werden. Im Becken der vorletzten EDM gibt es 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 Antriebsmotor durch die große Hitze ausfällt.

Die Rohrleitung beginnt an einigen Stellen zu glühen. Der in der Rohrleitung abgelagerte Metallschlamm, eine üble Pampe, wird durch die Hitze flüssig und weil die Rohrleitung mit Steigung verlegt ist, fließt der brennende Schlamm durch die Stichleitungen nach unten und tropft in das Bad. Kurz danach stehen alle vier EDMs unter Feuer.

Was tun? Abbrennen lassen und



Bild 8:
nova 1000 SE an einer
AGIE-Senkerodiermaschine

(Werkbilder: Acotec Walther, Günzburg)

hoffen, dass der Brand nicht auf die benachbarten Abteilungen übergreift. Durch die Strahlungshitze bersten Glasscheiben und die Druckluft-Rohrleitung aus Kunststoff ist wie ein Luftballon geplatzt. Alle vier EDMs sind Schrott. Sollen die Rohrleitungen mit CO₂ geflutet werden? Ein uneingeschränktes Ja. Eine Statistik zeigt, dass etwa die Hälfte der Brände mangels Erdung 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 Edelstahlgitter angebracht sein. Dann tritt nur heiße Luft aus.

Sicherheitsbausteine für das Absauggerät?

Die DIN EN ISO 28881 schreibt für Mannlosbetrieb bei Brandmeldungen die Reduzierung der Absaugleistung auf null vor. Das BS-System ist mit einem Sicherheitschieber verbunden, der bei Brandmeldung sofort (innerhalb kürzester Zeit) die Rohrleitung schließt. Entsteht der Brand jedoch in der Rohrleitung, so greift der für das Bad bestimmte Sensor nicht, es muss eine Brandschutzvorrichtung sein, die auf heiße Luft reagiert. Fassen wir zusammen: 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 oben beschriebenen Maßnahmen sind empfehlenswert.

Es bleibt letzten Endes dem Betreibenden überlassen, zu entscheiden, ob dafür investiert werden soll. Wenn ja, sollte man es richtig machen und ein Fachunternehmen damit beauftragen. Am falschen Ende sparen kann ins Auge gehen. Die Devise könnte lauten: Kühl die Risiken abschätzen und handeln, bevor es heiß wird.