

Die konditionierte Trockensorption - ein wirtschaftliches Verfahren

5. Potsdamer Fachtagung, 21./22.02.2008

Optimierung in der thermischen Abfall- und Reststoffbehandlung, Perspektiven und Möglichkeiten

A n h a n g

Stellungnahme zur energetischen Nutzung der Abwärme nach Kessel - bei Betrieb einer kond. Trockensorption mit Natriumbicarbonat oder mit Kalkhydrat

Berechnung durch Herrn Dipl.-Ing. Papa, MHKW Coburg

Spezifische Berechnungen bei einem Heizwert von ca. 11.000 kJ/kg Müll

1. **Spezifische Wärme-Menge (brutto)/ t_M :**
ca. 10,9 GJ/ t_M = ca. 2,6 Gcal/ t_M = ca. 3 MWh/ t_M
2. **Spezifische Rauchgasmenge (feucht)/t Müll:**
ca. 7.200 Nm³ (feucht)/ $t_{Müll}$
3. **cpm-Wert Rauchgas : ca. 0,36 kcal/Nm³ • °C**
4. **Spezifische Aufheizleistung im Abgas (pro t_M /h)**
 - 4.1 ca. 7.200 $\frac{\text{Nm}^3 \cdot 1 t_M}{t_M \cdot h}$ • ca. 0,36 $\frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$ • 70 °C $\frac{140 - 210}{^\circ\text{C}}$ = ca. 181.440 kcal/h =
= ca. 210 KW = 0,21 MW (bei $\Delta t = 70$ °C)
 - 4.2 ca. 7.200 $\frac{\text{Nm}^3 \cdot 1 t_M}{t_M \cdot h}$ • ca. 0,36 $\frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$ • 30 °C $\frac{180 - 210}{^\circ\text{C}}$ = ca. 77.760 kcal/h =
= ca. 90,5 KW = ca. 0,09 MW (bei $\Delta t = 30$ °C)
5. Reduzierung Frischdampf 40 bar, 400 °C, ca. 3.215 kJ/kg_D auf ca. 23 bar, ca. 220 °C, ca. 2.780 kJ/kg_D (Enthalpie-Differenz: ca. 435 kJ/kg_D)
6. Spezifisch erforderliche Frischdampfmengen (pro t_M /h)
 - 6.1 bei 210 KW (bei $\Delta t = 70$ °C)
 $\frac{\text{ca. } 759.689 \text{ KJ} \cdot \text{kg}_D}{\text{h} \cdot \text{ca. } 2.780 \text{ kJ}}$ = ca. 273,3 kg_D/h = **ca. 0,27 t_D/h**
 - 6.2 bei ca. 90,5 KW (bei $\Delta t = 30$ °C)
 $\frac{\text{ca. } 325.281,12 \text{ KJ} \cdot \text{kg}_D}{\text{h} \cdot \text{ca. } 2.780 \text{ kJ}}$ = ca. 117 kg_D/h = **ca. 0,12 t_D/h**

Die konditionierte Trockensorption - ein wirtschaftliches Verfahren

5. Potsdamer Fachtagung, 21./22.02.2008

Optimierung in der thermischen Abfall- und Reststoffbehandlung, Perspektiven und Möglichkeiten

7. Spezifische Minderungen (z. B.) der Stromerzeugungs-Leistungen (pro t_M/h)

$$7.1 \quad \frac{\text{ca. } 0,27 t_D \cdot \text{ca. } 200 \text{ KW} \cdot h}{h} \quad \frac{t_D}{t_D} = \text{ca. } \underline{54 \text{ KW}}$$

$$7.2 \quad \frac{\text{ca. } 0,12 t_D \cdot \text{ca. } 200 \text{ KW} \cdot h}{h} \quad \frac{t_D}{t_D} = \text{ca. } \underline{24 \text{ KW}}$$

8. Spezifische Minderungen (z. B.) der Stromerzeugungs-Arbeiten (pro t_M/h)

$$8.1 \quad \text{ca. } 54 \text{ KW} \cdot \frac{h}{t_M} = \text{ca. } \underline{54 \frac{\text{KWh}}{t_M}}$$

$$8.2 \quad \text{ca. } 24 \text{ KW} \cdot \frac{h}{t_M} = \text{ca. } \underline{24 \frac{\text{KWh}}{t_M}}$$

9. Spezifische Minderungen (z. B.) der Stromerzeugungs-Erlöse (pro t_M/h)

$$9.1 \quad \text{ca. } 54 \frac{\text{KWh}}{t_M} \cdot \frac{\text{ca. } 0,04 \text{ €}}{\text{KWh}} = \text{ca. } \underline{2,16 \frac{\text{€}}{t_M}}$$

$$9.2 \quad \text{ca. } 24 \frac{\text{KWh}}{t_M} \cdot \frac{\text{ca. } 0,04 \text{ €}}{\text{KWh}} = \text{ca. } \underline{0,96 \frac{\text{€}}{t_M}}$$

$$9.3 \quad \text{Kosten für das Aufmahlen} = \text{ca. } \underline{0,70 \frac{\text{€}}{t_M}} \quad [3]$$

10. Berechnungsbeispiel für eine Anlage mit einem Mülldurchsatz von 120.000 t_M/a

$$10.1 \quad \text{ca. } 2,16 \text{ €/t}_M \cdot 120.000 t_M/a = \text{ca. } \underline{260.000 \text{ €/a}}$$

$$10.2 \quad \text{ca. } 0,96 \text{ €/t}_M \cdot 120.000 t_M/a = \text{ca. } \underline{115.000 \text{ €/a}}$$

$$10.3 \quad \text{ca. } 0,70 \text{ €/t}_M \cdot 120.000 t_M/a = \text{ca. } \underline{84.000 \text{ €/a}}$$

$$10.4 \quad \text{ca. } 2,16 \text{ €/t}_M - 0,96 \text{ €/t}_M - 0,70 \text{ €/t}_M = 0,50 \text{ €/t}_M$$

$$10.5 \quad \text{ca. } 0,50 \text{ €/t}_M \cdot 120.000 t_M/a = \text{ca. } \underline{60.000 \text{ €/a}}$$

[3] Mahlkosten für Natriumbicarbonat bei einer Mühle: Hosokawa Alpine; Vortrag im Haus der Technik, Essen, 16./17.11.2006

Die konditionierte Trockensorption - ein wirtschaftliches Verfahren

5. Potsdamer Fachtagung, 21./22.02.2008

Optimierung in der thermischen Abfall- und Reststoffbehandlung, Perspektiven und Möglichkeiten

Bei Anlagen mit Katalysator ergibt sich nach Berechnungen von Herrn Papa, Leiter des Müllheizkraftwerkes Coburg, bei Wiederaufheizung vor dem Katalysator von 140 auf 210 °C eine spezifische Aufheizleistung im Abgas/t Müll und Stunde von 0,21 MW. Bei Wiederaufheizung von 180 auf 210 °C beim Betrieb mit Natriumbicarbonat errechnet sich dementsprechend eine spezifische Aufheizleistung im Abgas/t Müll und Stunde von 0,09 MW. Umgerechnet entspräche dies einer verminderten Stromerzeugungsleistung von ca. 54 KWh/t Müll bzw. 24 KWh/t Müll. Daraus errechnen sich wiederum verminderte Stromerzeugungserlöse/t Müll von ca. 2,16 €/t Müll bei Einsatz von Kalkhydrat und ca. 0,96 €/t Müll bei Einsatz von Natriumbicarbonat. Diese Mindererlöse sind allerdings mehr theoretischer Natur, weil über z. B. Wärmeverschiebesysteme und Wärmetauscher die Energie von $\Delta 70$ °C bzw. $\Delta 30$ °C für die Wiederaufheizung fast vollständig zurückgewonnen und genutzt werden kann. Das heißt, dass auch bei Einsatz von Kalkhydrat fast keine Energieverluste durch die erforderliche Wiederaufheizung der Rauchgase gegenüber dem Einsatz von Natriumbicarbonat eingerechnet werden muss. Außerdem müssen die Mehrkosten für die Mahlung und Förderung der größeren Menge an Natriumbicarbonat berücksichtigt werden.

11. Zusatzbemerkungen

11.1 Energetische Nutzung der Abwärme

Falls (technisch und wirtschaftlich) möglich und sinnvoll, z. B. bei Altanlagen, sollte z. B. bei Einsatz von Kalk oder Natriumbicarbonat die Wärmenutzung des Abgases nach dem Kessel (ca. 200 - 300 °C am Ende der Reisezeit) bis zum Gewebefilter energetisch mittels Wärmetauscher genutzt werden.

Bei Einsatz von Kalk erfolgt die Wärmenutzung (anstatt auf ca. 180 °C) für Natriumbicarbonat auf eine ca. 40 °C niedrigere Temperatur bzw. ca. 140 °C. Der hieraus resultierende, etwas größere Wärmetauscher (-System) ermöglicht auch eine entsprechende höhere energetische Nutzung der Abgaswärme bei Einsatz von Kalk.

11.1.2. Wiederaufheizung des Abgases (nach dem Gewebefilter) mittels Dampf

Entsprechend der (vorstehenden) tieferen Temperaturabsenkung bei Einsatz des Betriebsmittels Kalk muss auch die Wärmetauscherfläche bzw. der Wärmetauscher entsprechend größer sein, um die erforderliche Arbeitstemperatur für den Katalysator bzw. die SCR-Anlage zu erreichen.

Dies ist zusätzlich entsprechend beim Vergleich von Kalk mit Natriumbicarbonat zu berücksichtigen.

Die konditionierte Trockensorption - ein wirtschaftliches Verfahren

5. Potsdamer Fachtagung, 21./22.02.2008

Optimierung in der thermischen Abfall- und Reststoffbehandlung, Perspektiven und Möglichkeiten

11.1.3 Wärmenutzung des Abgases nach der Wiederaufheizung (bzw. der SCR-Anlage) bis zum Kamin

Falls (technisch und wirtschaftlich) möglich und sinnvoll, sollte das Temperaturgefälle des Abgases von ca. 210 - z. B. ca. 100 °C (noch für Fernwärme ausreichend) genutzt werden.

Hier ergibt sich kein Unterschied bei dem Einsatz der beiden Betriebsmittel.

11.2 Entstickung mittels SNCR- oder SCR-Anlage bei Neuanlagen

Der Stand der Technik (welcher auch die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt) ist die SNCR-Technik.

Hiermit kann bei wesentlich geringeren Investitionskosten eine NO_x-Konzentration im Reingas, bei akzeptablem NH₃-Schlupf, von < 100 mg NO_x/Nm³ erreicht werden (derzeitiger 17. BImSchV-Grenzwert: 200 mg NO_x/Nm³, aber bezüglich weiterer wesentlicher Reduzierung in Diskussion).

Hierbei ist auch die vorstehende Wärmenutzung des Abgases bei beiden Betriebsmitteln gleich.