

Processoptimering i en avfallspanna

Fredrik Niklasson

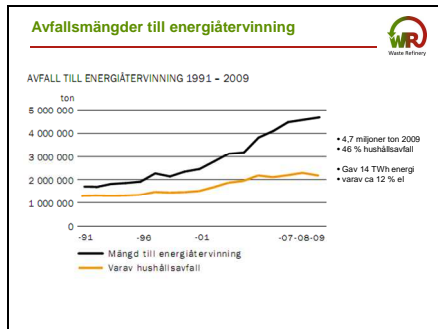
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Högskolan i Borås,
Metro Power AB, Borås Energi & Miljö,
Dalkia AB, Svenska Metall AB

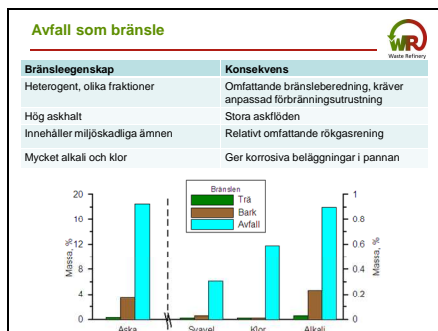


Waste Refinery

Centrum för optimal resurshandling av avfall
www.wasterefinery.se




Som bakgrund visas en graf över mängderna avfall som förbränts i Sverige från 90-talet till och med 2009. Mängderna har tredubblats och fortfarande är trenden ökande. Energin som producerades 2009 var ca 14 TWh, varav ca 12 % blev elkraft. I Sverige finns ungefär 30 avfallsförbränningsanläggningar.




Avfall är ett besvärligt bränsle att hantera och elda. Oftast är avfall olika material med väldigt olika ursprung och förbränningsegenskaper som blandats samman. Om sammansättningen förändras över tiden så förändras givetvis förbränningsegenskaperna. Vissa avfallsströmmar kan vara säsongberoende. Detta ställer krav på flexibel förbränningsutrustning. Jämför man med exempelvis skogsflis som eldas vid många kraft- och värmeverk, så kräver avfall mer omfattande bränsleberedning. Har mer aska (obrännbart) – större askflöden som ska hanteras. Mer tungmetaller och andra miljöskadliga ämnen – ökade krav på rökgasrening. Mer klor, alkalimetaller och zink – korrosiva ämnen, ger beläggningar i pannan. Det blir inte bara mer aska från avfall, den är också ofta klabbig och korrosiv

Beläggningssbildning



- Försämrade värmeöverföring
- Igensättningar
- Korrosionsangrepp



Alkaliklorider medför

- Relativt låg smältpunkt
- Kladdiga påslag
- Korrosion

Problem motverkas med

- Bättre (dyrare) material
- Begränsa materialtemperaturer

Åtgärder för att minska alkaliklorider:

- Additiv (ex. ammoniumsulfat)
- Bränsleblandning (ex. torv, slam)
- Processoptimering

Inuti de flesta pannor bildas beläggningar på de värmeöverförande ytorna, där värme tas upp från förbränningsgasen till vatten/ångsidan. Beläggningen leder värme sämre än metall, vilket medför att värmeupptaget minskar när beläggningen växer till. Detta kan sänka pannans verkningsgrad och höja rök-gastemperaturen. Eventuellt kan det framtvinga en oönskad lastsänkning eftersom det efterföljande rök-gasreningssystemet inte klarar för höga temperaturer.


Beroende på beläggningens kemiska sammansättning och temperatur angrips den underliggande metall ytan av högtemperaturkorrosion. Korrosionsmekanismerna är komplexa och inte helt kända, men kloridsalter spelar ofta en avgörande roll. Problem från alkaliklorider är vanligt vid avfallsförbränning, eftersom bränslet innehåller mycket av både klor och alkalimetaller. Generellt sänker alkaliklorider beläggningens smältpunkt, vilket gör beläggningen mer korrosiv och mer kladdig (svårare att avlägsna).

Pannorna sotblåses regelbundet under drift med olika metoder, exempelvis med överhettad ånga eller slagverk. Men sitter beläggningarna för hårt så sker ändå en uppbyggnad över tiden.

För att inte pann-tuberna ska rosta bort alltför fort kan man välja något lämpligt hög-legerat stål, vilket är dyrt. Man tvingas även begränsa material-temperaturen (ångtemperatur), vilket begränsar anläggningens maximala elutbyte.

Det går också att förbättra gasens och askans egenskaper genom att tillsätta något additiv som ska binda upp klor eller alkalimetaller. Det hjälper även att blanda in något svavelrikt bränsle, exempelvis torv eller rötslam. Svavel-tillsats, i en eller annan form, med bränsle eller additiv, minskar problemen med alkaliklorider då det istället bildas alkalisulfater, som har högre smältpunkt än kloriderna. Beläggningss-bildningen kan också påverkas genom att styra temperaturer och flöden i pannan.

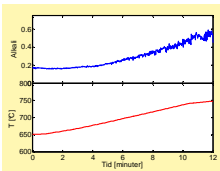
Alkaliavgångens temperaturberoende



Laboratorieförsök med bi-bränslen har visat att alkaliavgången är temperaturberoende

Det har inte tidigare studerats i avfallsledad fullskaleanläggning

Komplex kemi gör det svårt att teoretiskt förutsäga konsekvenserna av sänkt bäddtemperatur



Försök med aska som värms upp i en labbreaktor samtidigt som alkalimängden i gasen ut mäts upp illustreras i figuren, där temperaturen höjs från 650 till 750 C under 10 minuter. Detta medförde här en tredubbling av alkalimängden ut ur reaktorn.

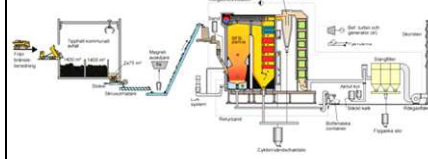
Det är inte givet att alkaliavgången från ett avfallsbränsle i en fullskaleanläggning uppför sig som en enstaka bränslepellets i labbskala. Därför har vi provat teorin i verkligheten, närmare bestämt vid avfallsförbränningsanläggningen i Borås.

Syfte med försök av sänkt bäddtemperatur



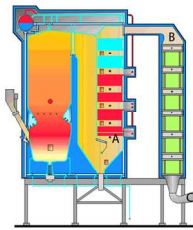
- I fullskala prova om sänkt bäddtemperatur ger driftfördelar såsom minskad beläggningstillväxt
- Demonstrera kontinuerlig drift
- Utvärdera ekonomiska och miljömässiga konsekvenser
- Undersöka hur askkemin påverkas

Avfallsförbränningsanläggningen i Borås



- Två FB-pannor, i drift 2005
- 20 MW (termiskt), värdena
- Ånga 405°C, 50 bar
- Eldar avfall från industri och hushåll
- Levererade av Metso Power AB
- Ägs av Borås Energi och Miljö AB
- Driften sköts av Dalkia AB

FB-panna för avfallsförbränning



- Bäddtemperaturen bestäms av
- Bränslets egenskaper
 - Värmeöverföring
 - Luftflödet
 - Rökgasåterföring
- Beläggningssonder utfördes uppströms överhettarna (A)

Bränslet faller ned i eldstaden från vänster i figuren. I botten av eldstaden vilar en sandbädd som fluidiseras av primärluften vilken flödar genom ett stort antal dysor i pannbotten. Vid behov blandas även återförd rökgas in för att kyla bädden. Vid försöken med sänkt bäddtemperatur ersattes en del av primärluften med rökgas. Sekundär- och tertiärluften ökades med motsvarande mängd för att totalt sett ha samma luftflöde.

Försöksmetod



- Jämförande av två driftfall
1. Normal drift (bäddtemperatur ca 870°C)
 2. Sänkt bäddtemperatur (runt 700°C)

Mätningar

- Panndrift
- Sondmätningar vid överhettare
- Provtagning av bränsle och askor

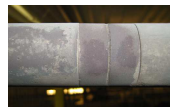


Försöken lades upp som jämförande av två driftfall, referensfall och sänkt bäddtemperatur. Mätningarna innefattade en hel del data som även normalt mäts och loggas av pannans styrsystem. Därutöver utfördes provtagningar med lansar för beläggningstillväxt. Prover av askor och bränsle togs och analyserades. Även flygaskans partikelstorleksfördelning bestämdes genom impaktormätningar. Det blev mycket data, så det går inte att redovisa allt här (hela rapporten finns på www.wasterefinery.se). Bilderna visar nedre förbränningszonen, vid normal bäddtemperatur till vänster och vid sänkt bäddtemperatur till höger.

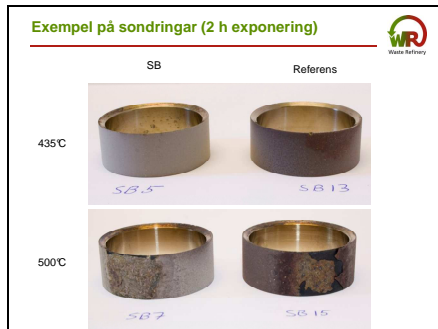
Beläggningssonder



För provtagning användes 2 st sonder som kyls med tryckluft på insidan till fastställda materialtemperaturer av 435 resp. 500°C. Sondernas diameter motsvarar tuberna i överhettare. Höglegerat stål (253 Ma) användes i provningar



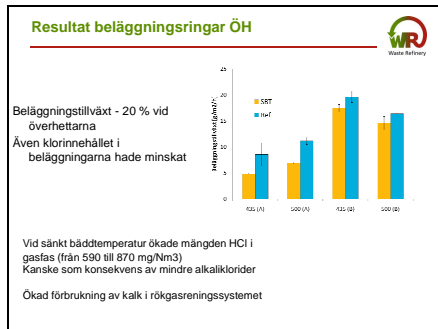
Mätningen av beläggningstillväxt gick till så att man förde in lansar med materialprover i rökgasflödet. Lansarna kyls inifrån till en förbestämd materialtemperatur med ett regulatorstyrt tryckluftflöde. Vid dessa tester lät vi lansarna sitta inne två timmar. Materialtemperaturerna valdes till 435 och 500 C, vid separata provtagningar. Temperaturerna valdes efter rimliga värden för överhettare (vad man har nu och vad man kan tänka sig i framtiden). Bilderna här ger exempel på hur sondspetsen såg ut före och efter två timmars exponering i rökgasen.



Dessa bilder visar exempel på beläggningsringar efter exponering. Ringarna vägdes före och efter exponering, från vilket en beläggningstillväxt beräknats.

Olika rader visar olika materialtemperaturer

Olika kolumner visar olika driftfall.



Staplarna här jämför beläggningstillväxten hos ringar. Gula staplar från sänkt bäddtemperatur och blå från referensfall. De är grupperade efter position i rökgaskanalen och materialtemperatur. I alla positioner minskade beläggningstillväxten med sänkt bäddtemperatur. I genomsnitt var minskningen 20%. Även klorinnehållet hade minskat. En nackdel när man minskar mängden alkaliklorider är att det som en konsekvens istället bildas mer HCl i gasfas vilket ökar förbrukningen av kalk.



En annan fördel med att sänka bäddtemperaturen var att bäddaskans egenskaper förbättrades på så sätt att man kom under "kladdtemperaturen" för en del av askans beståndsdelar. Askans grovfraction innehåller mycket glas som blir mjukt vid normal bäddtemperatur, vilket medför att agglomerat bildas med bäddsand. När bäddtemperaturen sänktes undveks detta och sandförbrukningen sjönk. Dessutom minskar risken för sintringar runt bottendysorna.

- Summering av resultat**
- Effekter av drift med sänkt bäddtemperatur
- ❖ Minskad sintringsbenägenhet av bäddmaterial
 - ❖ Minskad sandförbrukning
 - ❖ Minskad beläggningstillväxt på överhettare
 - ❖ Lägre vändschakt- och cyklonaskflöden pga minskad sandförbrukning
- > HCl i gasfas ökade och medförde en ökad kalkförbrukning
> Temperatursänkning med rökgasåterföring medförde högre totalt rökgasflöde