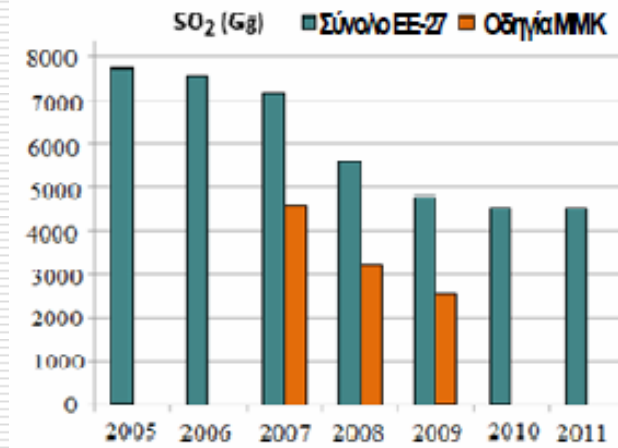


Τεχνολογίες ελέγχου των εκπομπών των Συμβατικών Ατμοηλεκτρικών Σταθμών (ΣΑΗΣ) με καύσιμο άνθρακα

Δρ. Αντώνιος Τουρλιδάκης
Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Δυτικής Μακεδονίας

➤ Τύποι εκπομπών που εκλύονται από τις μεγάλες μονάδες καύσης

- ✓ Οι σημαντικότερες εκπομπές από την καύση των ορυκτών καυσίμων: SO_2 , NO_x , CO , CO_2 και σκόνη.
- ✓ Επίσης, βαρέα μέταλλα, υδροφθορικά οξέα, αλογονούχες ενώσεις, άκαυστοι υδρογονάνθρακες, και μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOC) και διοξίνες.
- ✓ Οι εκπομπές ιπτάμενης τέφρας μπορεί να φέρουν σωματίδια σκόνης με αεροδυναμικές διαμέτρους κάτω των 10 μm , που ονομάζονται αιωρούμενη σκόνη PM_{10}



Εκπομπές SO₂ που παράγονται στην ΕΕ-27 και το μερίδιο των MMK

Συνεισφορές των εκπομπών από διάφορες κατηγορίες MMK στις συνολικές εκπομπές αερίων ρύπων των σταθμών ΟΠΕΡ που λειτουργούσαν στην ΕΕ το 2001, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Μητρώο Ρυπογόνων Εκπομπών (EPER)

Κατηγορία MMK	Συμβολή στις συνολικές εκπομπές από τους σταθμούς ΟΠΕΡ (%)										
	SO ₂	NO _x	NH ₃	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	PM ₁₀	Hg _{tot}	Διοξίνες + φουράνια	NMVO C	CO
MMK άνω των 300 MW	64,6	53,4	0,5	54,4	7,6	0,2	38,1	28,8	19,0	0,7	4,4
MMK ισχύος 50-300 MW	3,6	6,0	N1	5,0	21,0	0,2	2,1	2,6	0,2	0,7	2,8
Αεριοστρόβιλοι	0,9	3,6	0,03	5,5	0,4	0,3	0,1	N1	0,3	0,1	0,3
Σταθεροί κινητήρες	0,3	1,2	N1	0,1	N1	0,05	0,2	0,3	N1	0,1	0,03
Όλες οι MMK	69,4	64,2	0,5	65,0	29,0	0,8	40,5	31,7	19,5	1,6	7,5

Σημείωση: N1 - Δεν αναφέρονται εκπομπές για την κατηγορία αυτή

➤ Νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με τις εκπομπές ρύπων από τις μεγάλες μονάδες καύσης

- ✓ Στο επίπεδο της ΕΕ, η μέριμνα για τη μείωση των εκπομπών που παράγονται από τις μεγάλες μονάδες καύσης (ΜΜΚ) συμπεριλήφθηκε στην Οδηγία 2001/80/ΕΚ. Κύριος στόχος:
 - η βελτίωση της ποιότητας του αέρα στα κράτη μέλη της ΕΕ και, ως εκ τούτου, η ενεργός προστασία των πολιτών έναντι των κινδύνων για την υγεία που προκαλούνται από τους αέριους ρύπους, έναντι της οξίνισης και του ευτροφισμού,
 - η πρόληψη του σχηματισμού του όζοντος σε χαμηλά ύψη.
- ✓ Στην Οδηγία 2001/80/ΕΚ περιλαμβάνονται και οι απαιτήσεις για τον περιορισμό των εκπομπών SO₂, NO_x και σκόνης (κονιορτού), που έχουν καθοριστεί σύμφωνα με το τεχνολογικό επίπεδο.
- ✓ Οι μέγιστες τιμές εκπομπών που υποδεικνύονται στην Οδηγία για τις ΜΜΚ πρέπει κυρίως να τηρούνται για τις εγκαταστάσεις τύπου ΜΜΚ.

- Η Οδηγία ΜΜΚ εφαρμόζεται στις μονάδες καύσης με θερμική ισχύ εισόδου ίση προς ή και μεγαλύτερη από 50 MW_{th}, με στόχο την παραγωγή ενέργειας, ανεξαρτήτως του τύπου του καυσίμου που χρησιμοποιείται (στερεό, υγρό ή αέριο).
- Στο βαθμό αυτό, η Οδηγία περιλαμβάνει δύο κατηγορίες ειδικών μέτρων:
 - Τη σταδιακή μείωση των εκπομπών ρύπων σε ετήσια βάση στο επίπεδο του κάθε κράτους μέλους της ΕΕ.
 - Τον περιορισμό των συγκεντρώσεων ρύπων από τα καυσαέρια που απάγονται στον αέρα. Η Οδηγία θέτει περιορισμούς για κάθε κατηγορία ρύπων που βρίσκονται στα καυσαέρια, ανάλογα με τον τύπο καυσίμου και το μέγεθος των μονάδων καύσης.

Η Οδηγία διαχωρίζει τις μονάδες καύσης σε (3) τρεις τύπους:
✓ **"Υφιστάμενες μονάδες (Τύπου I)"**, για τις οποίες η άδεια κατασκευής ή, ελλείψει αυτής, η άδεια λειτουργίας ελήφθη πριν από την 01.07.1987.

✓ **"Νέες μονάδες (Τύπου II)"**, για τις οποίες η άδεια κατασκευής ή, ελλείψει αυτής, η άδεια λειτουργίας ελήφθη μετά την 01.07.1987.

✓ **"Νέες μονάδες (Τύπου III)"**: υπόκεινται σε ολοκληρωμένη διαδικασία αδειοδότησης μετά τις 27/11/02, και κάθε ΜΜΚ που έχει λάβει άδεια κατασκευής/λειτουργίας ή περιβαλλοντικών όρων από 1^η Ιουλίου 1987 και πριν από 27/11/02, αλλά δεν τέθηκε σε λειτουργία πριν από 27/11/03.

Αποκλίσεις της Οδηγίας από καθορισμένα όρια συγκεντρώσεων:

✓ Για μείωση του αριθμού των ωρών λειτουργίας της μονάδας.

✓ Σε περίπτωση προσωρινής αδυναμίας διασφάλισης της τροφοδοσίας του καυσίμου που χρησιμοποιείται κανονικά, οπότε δεν θα μπορούν να ικανοποιηθούν οι οριακές συγκεντρώσεις, λόγω του περιεχομένου του νέου καυσίμου σε θείο.

Οριακή τιμή εκπομπής: η αποδεκτή συγκέντρωση μάζας των ρυπογόνων ουσιών που περιέχονται στα καυσαέρια μίας μονάδας, και μπορούν να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα.

Καθορίζεται σε mg/m³ και ικανοποιεί ένα ογκομετρικό περιεχόμενο στα καυσαέρια της τάξης του:

✓ 3% για τις μονάδες καύσης υγρών ή αερίων καυσίμων,

✓ 6% για την καύση στερεών καυσίμων

✓ 15% για τις αεριοστροβιλικές μονάδες.

Η μετρηθείσα συγκέντρωση μάζας στα καυσαέρια μετατρέπεται σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

όπου:

$$E_B = \frac{21 - O_B}{21 - O_M} \times E_M$$

E_B = η συγκέντρωση μάζας, σύμφωνα με το επίπεδο αναφοράς του οξυγόνου,

E_M = η μετρηθείσα συγκέντρωση μάζας,

O_B = περιεκτικότητες οξυγόνου αναφοράς,

O_M = μετρηθείσες περιεκτικότητες οξυγόνου.

➤ Μείωση των εκπομπών SO_x

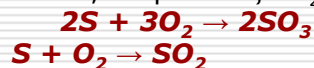
Βασική αιτία για τις εκπομπές SO_x: η παρουσία του θείου στα καύσιμα, ως ανόργανα σουλφίδια ή οργανικές ενώσεις.

□ Μηχανισμοί σχηματισμού των SO_x:

Κατά τη διάρκεια της καύσης, τα SO_x παράγονται ως SO₂. Στην περίπτωση των στερεών και υγρών καυσίμων, το 3-4% του θείου επίσης οξειδώνεται σε SO₃, και η παρουσία μετάλλων στο καύσιμο λειτουργεί ως καταλύτης για την αντίδραση. Το SO₃ απορροφάται στις ενώσεις σκόνης και, για τα υγρά καύσιμα, συμβάλλει στο σχηματισμό όξινης βροχής και αιθάλης.

Συμμετοχή θείου στη σύνθεση των γαιανθράκων:
0,1 - 1,5% (για το λιγνίτη).

Μετά την καύση, ένα μικρό μόνο τμήμα του θείου του καυσίμου μετατρέπεται σε SO₃, και το μεγαλύτερο τμήμα του θείου του καυσίμου, πάνω από το 95%, καίγεται ως SO₂:



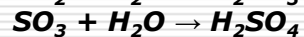
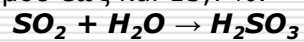
Ο μετασχηματισμός του SO₂ από τα καυσαέρια σε SO₃ συμβαίνει στο σύστημα καύσης και στον αέρα, ακολουθώντας την απαγωγή των καυσαερίων:



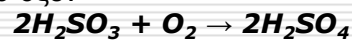
Στην ατμόσφαιρα, ο μετασχηματισμός γίνεται υπό την επίδραση UVR σε μία αναλογία 1 ÷ 2‰:



Τα οξείδια του θείου συνδυάζονται με τους υδρατμούς (που περιέχονται στο καύσιμο), τόσο στον ατμοπαραγωγό όσο και στον αέρα, οδηγώντας στο σχηματισμό θειώδους και θειϊκού οξέος. Υπό συνθήκες ομίχλης και τις ημέρες που καταγράφεται πολύ υψηλό ποσοστό υγρασίας, ο αέρας μπορεί να φθάσει σε ένα επίπεδο μετασχηματισμού έως και 15,7%.



Μέσω της οξειδωσης στον αέρα, το θειώδες οξύ μετατρέπεται και αυτό σε θειϊκό οξύ:



Οι επιβλαβείς επιπτώσεις των οξειδίων του θείου παρατηρούνται τόσο σε σχέση με την ανθρώπινη υγεία, όσο και με τη χλωρίδα και την πανίδα, μέσω της όξινης βροχής.

Τεχνολογίες για τη μείωση των εκπομπών θείου

Τρεις βασικοί τρόποι για τη μείωση των εκπομπών θείου:

- ✓ αποθείωση του καυσίμου,
- ✓ κατάλληλη επιλογή καυσίμου,
- ✓ αποθείωση των καυσαερίων.

✓ **Αποθείωση του καυσίμου**

- Η αποθείωση των υγρών καυσίμων μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά τη διεργασία της βελτίωσής τους. Στην περίπτωση αυτή, η αποθείωση γίνεται μέσω της υδρογόνωσης, υπό την παρουσία ορισμένων καταλυτών (κοβάλτιο, μολυβδαίνιο), σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις (320 – 420°C, και αντίστοιχα 25 – 70 bar).
- Η διαδικασία είναι δαπανηρή και μπορεί να οδηγήσει σε μία αύξηση του κόστους του υγρού καυσίμου κατά 20-30%.
- Όσον αφορά τα στερεά καύσιμα, η βασική λύση είναι η αεριοποίηση. Το αποτέλεσμα της αεριοποίησης είναι ένα μίγμα αερίου καυσίμου, όπου το θείο υφίσταται ως υδρόθειο (H₂S) και μπορεί εύκολα να απομακρυνθεί.

✓ **Κατάλληλη επιλογή του καυσίμου**

- Η επιλογή ενός συγκεκριμένου καυσίμου (κατά τη φάση του σχεδιασμού) ή η αλλαγή του καυσίμου που χρησιμοποιείται επί του παρόντος. Υπό αυτό το πρίσμα μπορούν να παρατεθούν δύο παραδείγματα:
- Η αντικατάσταση του ασφαλτούχου άνθρακα με φυσικό αέριο. Η περιεκτικότητα σε θείο του φυσικού αερίου είναι πρακτικά αμελητέα, με αποτέλεσμα τη δραστική μείωση των εκπομπών SO₂.
- Η χρήση άνθρακα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (< 1%). Η τιμή του εν λόγω τύπου άνθρακα είναι σχετικά υψηλή και η λύση αυτή μπορεί να μην είναι εφικτή σε μακροπρόθεσμη βάση, από οικονομικής άποψης.

✓ **Αποθείωση των καυσαερίων**

Υπάρχουν τρεις βασικές διεργασίες για τη μείωση της περιεκτικότητας σε οξείδιο του θείου των καυσαερίων:

- **ξηρή διεργασία**
- **ημίξηρη διεργασία**
- **υγρή διεργασία**

✓ **Ξηρή διεργασία**

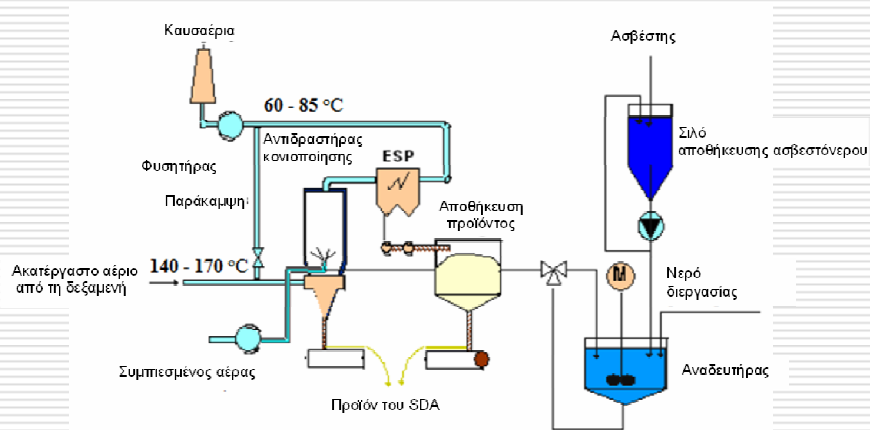
Άμεση **έγχυση** ενός ξηρού αντιδραστηρίου (πρόσθετο) στα κανάλια των καυσαερίων. Αντιδραστήρια που συνήθως χρησιμοποιούνται: κονιοποιημένος ασβεστόλιθος (CaCO_3), ένυδρος (σβησμένος) ασβέστης (Ca(OH)_2), και δολομίτης (**μίγμα CaCO_3 και MgCO_3**).

Στο θάλαμο καύσης, η θερμότητα προκαλεί την φρύξη του αντιδραστηρίου και το μετασχηματισμό του σε αντιδραστικές ενώσεις (CaO , MgO), οι οποίες αντιδρούν με το SO_2 σχηματίζοντας θειώδη (CaSO_3 , MgSO_3).

Τα θειώδη είναι χημικά ασταθή προϊόντα και, όταν αντιδρούν με το οξυγόνο, παράγουν θειικά άλατα Ca και Mg (CaSO_4 , MgSO_4). Στη συνέχεια, τα προϊόντα της αντίδρασης κατακρατούνται από τα φίλτρα σκόνης.

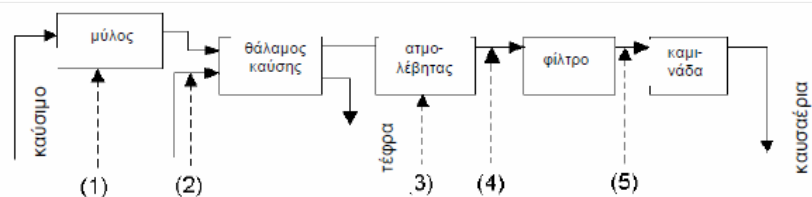
Διάγραμμα μιας εγκατάστασης αποθείωσης με ξηρή πλυντρίδα

Τυπική εγκατάσταση → απορροφητής ξηραντήρα ψεκασμού (SDA), σύστημα ελέγχου της σκόνης, με χρήση ενός ηλεκτροστατικού φίλτρου (ESP) ή σακόφιλτρου, και συσκευές ανακύκλωσης για τα προϊόντα της αντίδρασης.



ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΚΑΠΕ, 22 – 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

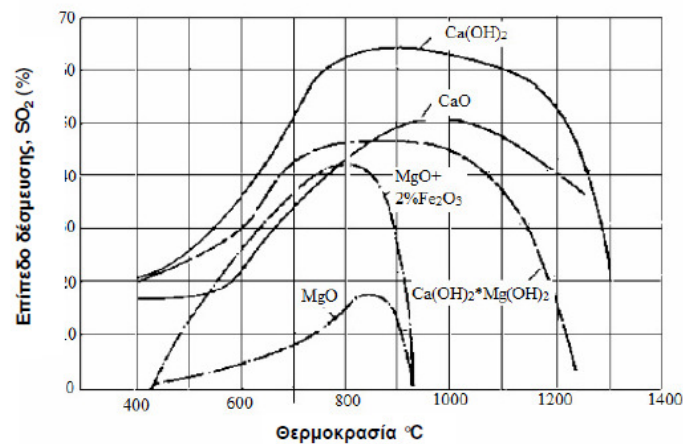
Επιλογές για την έγχυση των αντιδραστηρίων στο πλαίσιο της ξηρής αποθείωσης



1 – μύλος κωνοποίησης άνθρακα, 2 – θάλαμος καύσης, 3 – διαυλοι καυσαερίων στην περιοχή συναγωγής του ατμοπαραγωγού, 4 – φίλτρο σκόνης, 5 – καμινάδα.

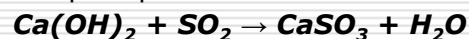
ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΚΑΠΕ, 22 – 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

Διακύμανση του επιπέδου δέσμευσης του SO₂ ανάλογα με τη θερμοκρασία για διαφορετικά αντιδραστήρια (πρόσθετα)



ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΚΑΠΕ, 22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

- ✓ Για τις ενώσεις του ασβεστίου το θερμοκρασιακό εύρος που είναι ευνοϊκό για την αντίδραση με τα οξείδια του θείου (**800 – 1100°C**) είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο για το μαγνήσιο
- ✓ Η χημική αντίδραση που περιγράφει τη διεργασία που σχετίζεται με την απομάκρυνση του SO₂ από την ροή του αερίου είναι μία απλή αντίδραση απορρόφησης οξέος/βάσης μεταξύ του SO₂ και του ένυδρου ασβέστη:



- ✓ Η χημική αντίδραση επηρεάζεται από τη θερμοκρασία της ροής του αερίου, την υγρασία του αερίου, τη συγκέντρωση SO₂ στη ροή του αερίου και το μέγεθος των σταγόνων της κονιοποιημένης ιλύος.

ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΚΑΠΕ, 22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

- ✓ Το παραπροϊόν της αντίδρασης είναι ένα ξηρό μίγμα από θειώδες ασβέστιο, θειικά, ιπτάμενη τέφρα και άσβεστο που δεν έχει αντιδράσει.
- ✓ Παρότι η διεργασία κονιοποίησης με ξηρή πλυντρίδα (ξηρό φιλτράρισμα) ορισμένες φορές καλείται “ημίξηρη” διεργασία (SD), αφού γίνεται χρήση ασβεστοπολτού (μίγμα ασβέστη με νερό), το κατάλοιπο είναι ξηρή σκόνη που συλλέγεται είτε εντός του ηλεκτροστατικού κατακρημνιστή (ESP), είτε στο φίλτρο από ύφασμα.
- ✓ Το κατάλοιπο περιλαμβάνει άσβεστο που δεν έχει αντιδράσει, ένα μέρος του οποίου ανακυκλώνεται και αναμιγνύεται με φρέσκια ιλύ ασβέστη, προκειμένου να αυξηθεί η χρήση του ασβέστη.
- ✓ Η χρήση ενός προ-συλλέκτη που απομακρύνει το μεγαλύτερο τμήμα της ιπτάμενης τέφρας πριν να εισέλθει στον απορροφητή, είναι η συνήθης δομή για τις περισσότερες μονάδες στην Ευρώπη που χρησιμοποιούν διατάξεις κονιοποίησης με ξηρή έκπλυση. Αυτός τοποθετείται μεταξύ του θερμαντήρα αέρα και του απορροφητή.

Η εγκατάσταση προ-συλλέκτη διευκολύνει τις ακόλουθες δράσεις:

- ✓ Για μία δεδομένη αποθείωση, μπορεί να μειωθεί η κατανάλωση ασβέστη (για μία δεδομένη ΔΤ) ή μπορεί να επιτραπεί η αύξηση της θερμοκρασίας λειτουργίας της διεργασίας (για μία δεδομένη αναλογία Ca/S) και, ως εκ τούτου, μπορούν να μειωθούν οι κίνδυνοι καθίζησης της σκόνης.
- ✓ Διευκολύνεται η επίτευξη υψηλότερης αποδοτικότητας από τον ESP και, επομένως, μειωμένων τελικών εκπομπών.
- ✓ Σταματά η διάβρωση του εξοπλισμού στο τελευταίο μέρος, προς την κατεύθυνση της ιπτάμενης τέφρας.
- ✓ Μειώνεται ο όγκος των προς διάθεση αποβλήτων.
- ✓ Συλλέγεται ωφέλιμο εμπορικό προϊόν (ιπτάμενη τέφρα), καθώς η αγορά ιπτάμενης τέφρας είναι καλά εδραιωμένη.

- ✓ Το κύριο μέρος του απορροφητή αποτελείται από τα **ακροφύσια κονιοποίησης** της ιλύος ασβέστη, που είναι είτε ένας περιστροφικός ψεκαστήρας είτε ένας ψεκαστήρας ρευστού διπλού ακροφυσίου.
- ✓ Η πρώτη σειρά ακροφυσίων εγκαθίσταται στο κέντρο της οροφής και κονιοποιεί λεπτές σταγόνες ένυδρου ασβέστη.
- ✓ Η ροή του αερίου υφίσταται διαχωρισμό μετά την είσοδο στον απορροφητή, έτσι ώστε το 60% του αερίου να εισέρχεται στον απορροφητή μέσω του διασκορπιστή αερίου από την οροφή και το υπόλοιπο 40% να εισέρχεται μέσω του κεντρικού διανομέα αερίου.
- ✓ Ο απορροφητής της διάταξης λειτουργεί γενικά σε θερμοκρασίες 20–30 K πάνω από τη θερμοκρασία κορεσμού, και η θερμοκρασία κορεσμού της ροής του αερίου κυμαίνεται μεταξύ **45 και 55°C**. Έτσι, στις περισσότερες μονάδες δεν απαιτείται η επαναθέρμανση της ροής του καθαρού αερίου, ωστόσο θα πρέπει να παρακολουθείται η απαιτούμενη θερμοκρασία στην καμινάδα.

- ✓ Οι διατάξεις κονιοποίησης ξηρής πλυντρίδας χρησιμοποιούνται κυρίως για λέβητες με **χαμηλή προς μέτρια** δυναμικότητα, οι οποίοι χρησιμοποιούν άνθρακα με χαμηλή έως μέτρια περιεκτικότητα σε θείο (1,5%).
- ✓ Για τον ίδιο λόγο, προτιμώνται για ανακαινίσεις και στη λειτουργία υπό συνθήκες αιχμής.
- ✓ Το υπόλειμμα συνήθως είναι ένα μίγμα από **θειώδες ασβέστιο** και **ιπτάμενη τέφρα**, που είναι λιγότερο ελκυστικό από εμπορικής άποψης.
- ✓ Έχουν διεξαχθεί δοκιμές για να διερευνηθεί η δυνατότητα της βιομηχανικής χρήσης του υπολείμματος. Σε ορισμένες μονάδες χρησιμοποιείται μία ειδική συσκευή ελέγχου, πριν από τη διάταξη κονιοποίησης ξηρής πλυντρίδας, για το διαχωρισμό της ιπτάμενης τέφρας.

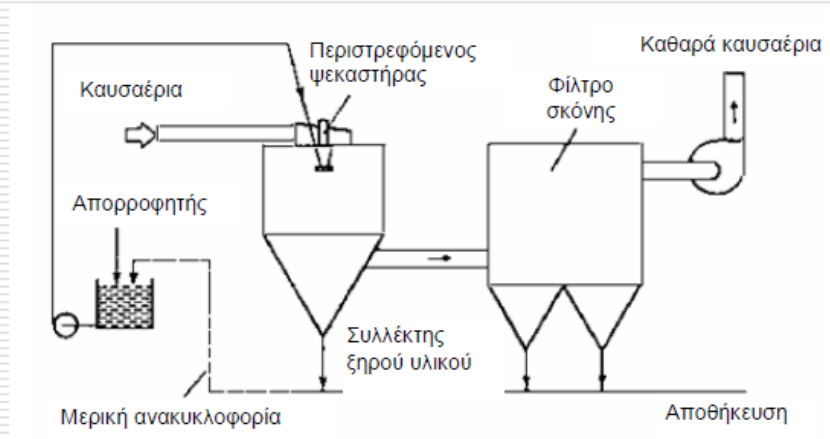
- ✓ Οι δαπάνες για μια διάταξη κονιοποίησης ξηρής πλυντρίδας για ένα λέβητα εκτιμώνται σε 18–25 € ανά MWel όσον αφορά το κόστος επένδυσης, και σε 0,5–0,7 € ανά MWh (θερμότητα εισόδου) για τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης.
- ✓ Το κόστος μείωσης των ρυπαντών ανέρχεται στα €600–800 ανά τόνο διοξειδίου του θείου που εξαλείφεται. Η επίπτωση στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου €6 ανά MWh (παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια).
- ✓ Οι υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν στις μικρότερου μεγέθους MMK σε σύγκριση με την εφαρμογή μεθόδων υγρής αποθείωσης των καυσαερίων.

✓ **Ημιξηρη διεργασία**

Στην **ημιξηρη διεργασία**, το μέσο απορρόφησης (εν γένει ένα **εναιώρημα ασβέστη**) κονιοποιείται στα καυσαέρια σε μια εξαιρετικά λεπτή διασπορά. Η διεργασία αυτή έχει αναπτυχθεί με βάση το γεγονός ότι η απορρόφηση του SO₂ από τις ενώσεις ασβεστίου μπορεί να βελτιωθεί μέσω της διαβροχής τους.

Μετά από τη διεργασία, το νερό στον απορροφητή εξατμίζεται και το SO₂ αντιδράει με το (χημικό) μέσο απορρόφησης. Η διεργασία της εξάτμισης λαμβάνει χώρα μέχρι τα αντιδραστήρια να λάβουν τη μορφή ξηρής σκόνης, που στη συνέχεια κατακρατείται στο φίλτρο της τέφρας.

Διάγραμμα μίας μονάδας ημίξηρης αποθείωσης



ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΚΑΠΕ, 22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

- ✓ Η ημίξηρη διεργασία, σε σύγκριση με την ξηρή διεργασία, χαρακτηρίζεται από πιο υψηλές αποδοτικότητες αποθείωσης (για την ίδια ποσότητα αντιδραστηρίων), αν και τα κόστη επένδυσης και λειτουργίας είναι υψηλότερα.
- ✓ Σε σύγκριση με την υγρή διεργασία, η αρχική επένδυση είναι χαμηλότερη, ωστόσο τα λειτουργικά κόστη είναι υψηλότερα λόγω της χρήσης πιο ακριβού αντιδραστηρίου (ασβέστης).
- ✓ Ένα άλλο πλεονέκτημα σε σχέση με την υγρή διεργασία είναι το γεγονός ότι, μετά την αποθείωση, τα καυσαέρια εν γένει δεν χρειάζεται να επαναθερμαίνονται.

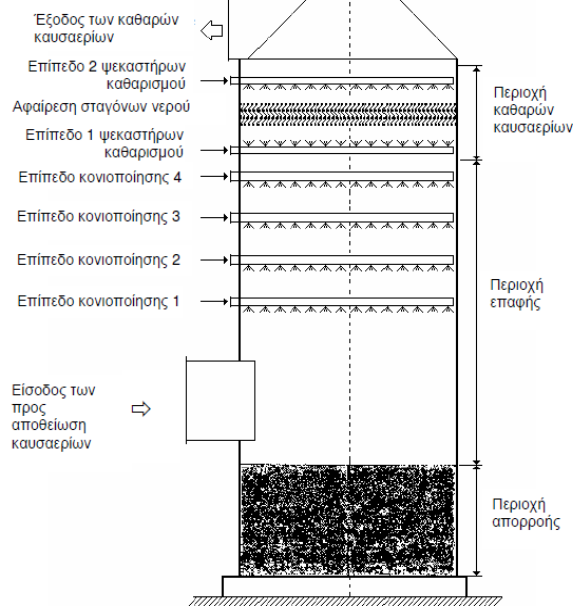
ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΚΑΠΕ, 22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

- ✓ Η έκπλυση του αέρα ή η ύγρανσή του αποφέρει αέριο που ψύχεται μέχρι τους 50-60°C, για την υγρή διεργασία, και μέχρι τους 70-100°C για την ημίξηρη διεργασία.
- ✓ Υπό τέτοιες συνθήκες, η ανύψωση του νέφους του καπνού είναι περιορισμένη και δυσκολεύει η διασπορά του.
- ✓ Η μείωση της θερμοκρασίας σε επίπεδα κάτω του σημείου δρόσου του οξέος αυξάνει την πιθανότητα για σημαντικές διαβρώσεις καθ' όλη τη διαδρομή του αερίου, και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο απαιτείται θέρμανση του αερίου, με ατμό, ή αναγεννητικά, ή με ένα θερμό μίγμα αερίων, ή μέσω της θερμότητας που λαμβάνεται από την καύση πρόσθετου καυσίμου.

✓ **Υγρή διεργασία**

- Η υγρή διεργασία είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία αποθείωσης των καυσαερίων, καθώς συναντάται σε περίπου 80% των περιπτώσεων.
- Ο απορροφητής που χρησιμοποιείται πιο συχνά είναι το ανθρακικό ασβέστιο (ασβεστόλιθος - CaCO_3). Η χρήση του ανθρακικού ασβεστίου αποτελεί πλεονέκτημα καθώς είναι διαθέσιμο σε μεγάλες ποσότητες σε πολλές χώρες, και είναι φθηνό. Τα προϊόντα που προκύπτουν είναι γύψος ή ένα μίγμα θειικού και θειώδους ασβεστίου.
- Η βασική συνιστώσα της μονάδας είναι ένας πύργος (πλυντρίδα) όπου λαμβάνει χώρα η μίξη μεταξύ καυσαερίων και αντιδραστηρίων.
- Ένας πύργος έκπλυσης αποτελείται από:
 - ✓ την (κάτω) περιοχή απορροής,
 - ✓ την περιοχή επαφής αερίου / υγρού, και
 - ✓ την περιοχή καθαρού καυσαερίου.

Πύργος απορρόφησης κονιοποίησης για την υγρή αποθείωση των καυσαερίων



ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΚΑΠΕ, 22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

- ✓ Στην περιοχή απορρόφησης συλλέγεται το εναιώρημα που προκύπτει από την έκπλυση, το οποίο στη συνέχεια αναμιγνύεται, αερίζεται και εμπλουτίζεται με φρέσκο απορροφητικό υλικό. Ο όγκος της περιοχής αυτής καθορίζεται κυρίως από τον ρυθμό διαλυτοποίησης του απορροφητή, καθώς και από την ποσότητα του προς απομάκρυνση SO₂.
- ✓ Στη μεσαία περιοχή της πλυντρίδας, δηλαδή στην περιοχή επαφής αερίου / υγρού, τα αέρια έρχονται σε επαφή με το εναιώρημα της έκπλυσης, σε οπισθόρρευμα, και με τον τρόπο αυτό καθαρίζονται. Το υγρό έκπλυσης κατανέμεται ομοιόμορφα, σε αρκετές στρώσεις κονιοποίησης. Έτσι, δημιουργείται ένα ομοιογενές μίγμα αερίου/υγρού, όπου λαμβάνει χώρα η μεταφορά μάζας από τα καυσαέρια στο υγρό έκπλυσης.

ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΚΑΠΕ, 22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

- ✓ Στο άνω τμήμα της πλυντρίδας (περιοχή καθαρών καυσαερίων), τα καυσαέρια περνούν από ένα διαχωριστή σταγόνων ο οποίος κατακρατεί τις μικρές σταγόνες υγρού που έχουν μεταφερθεί εκεί από αυτά. Προκειμένου να καθαριστεί, ο διαχωριστής σταγόνων εκπλύνεται με νερό προς τα κάτω, σε μία συγκεκριμένη διαδοχή των τομέων του, με τη βοήθεια ψεκαστήρων.
- ✓ Οι υγρές πλυντρίδες με ασβεστόλιθο διακρίνονται γενικά σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τον τύπο της οξείδωσης: της **εξαναγκασμένης** οξείδωσης και **φυσικής** οξείδωσης. Η μέθοδος οξείδωσης καθορίζεται από τις χημικές αντιδράσεις, το pH της αντιδραστικής ιλύος και το προκύπτον παραπροϊόν.

ERROR: stackunderflow
OFFENDING COMMAND: ~

STACK: