

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

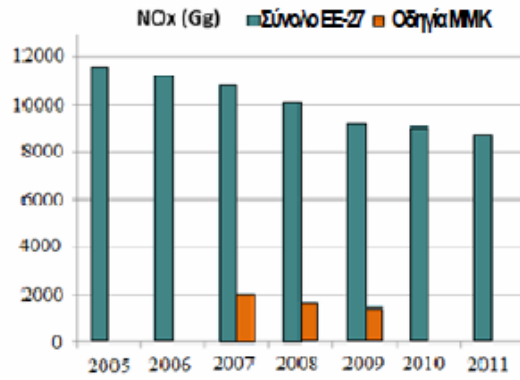
Δρ. Αντώνιος Τουρλιδάκης
Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Δυτικής Μακεδονίας

ΠΡΩΩΘΗΣΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
27-28 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

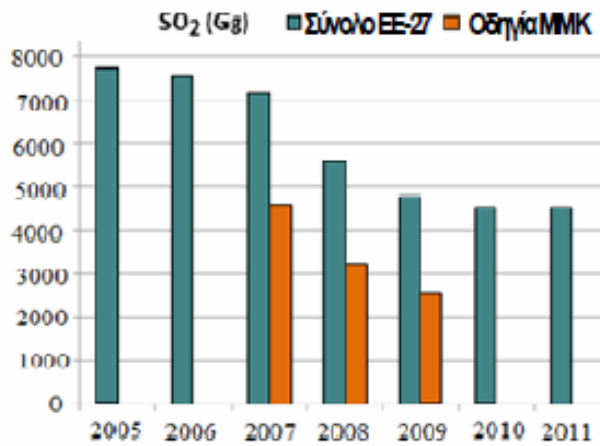
Τύποι εκπομπών που εκλύονται από τις μεγάλες μονάδες καύσης

- ✓ Οι σημαντικότερες εκπομπές από την καύση των ορυκτών καυσίμων: SO₂, NO_x, CO, CO₂ 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 PM₁₀

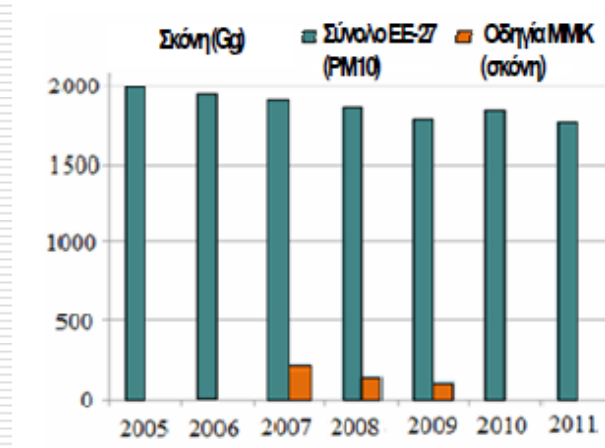
ΠΡΩΩΘΗΣΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
27-28 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015



Εκπομπές NO_x που παράγονται στην ΕΕ-27 και το μερίδιο των ΜΜΚ



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



Εκπομπές σκόνης που παράγονται στην ΕΕ-27 και το μερίδιο των ΜΜΚ

ΠΡΩΩΘΗΣΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
27-28 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

➤ 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.

ΠΡΩΩΘΗΣΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
27-28 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

- Η Οδηγία MMK 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.

➤ **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:



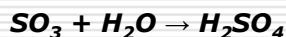
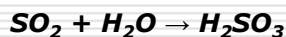
Ο μετασχηματισμός του SO₂ από τα καυσαέρια σε SO₃ συμβαίνει στο σύστημα καύσης και στον αέρα, ακολουθώντας την απαγωγή των καυσαερίων:



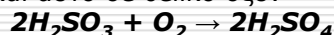
Στην ατμόσφαιρα, ο μετασχηματισμός γίνεται υπό την επίδραση UVR σε μία αναλογία 1÷2‰:



Τα οξειδία 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 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 οξειδίο του θείου των καυσαερίων:

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

✓ Ξηρή διεργασία

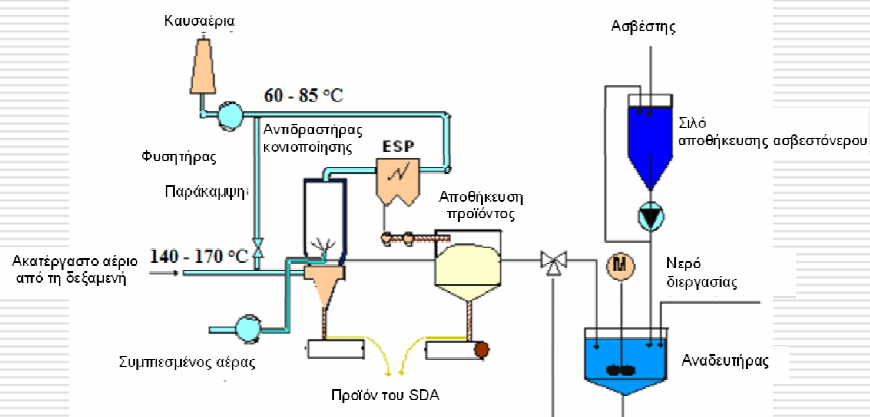
Άμεση **έγχυση** ενός ξηρού αντιδραστηρίου (πρόσθετο) στα κανάλια των καυσαερίων. Αντιδραστήρια που συνήθως χρησιμοποιούνται: κονιοποιημένος ασβεστόλιθος (CaCO_3), ένυδρος (σβησμένος) ασβέστης (Ca(OH)_2), και δολομίτης (**μίγμα CaCO_3 και MgCO_3**).

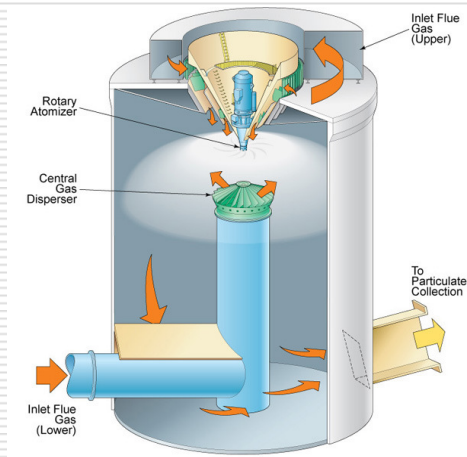
Στο θάλαμο καύσης, η θερμότητα προκαλεί την φρύξη του αντιδραστηρίου και το μετασχηματισμό του σε αντιδραστικές ενώσεις (CaO , MgO), οι οποίες αντιδρούν με το SO_2 σχηματίζοντας θειώδη (CaSO_3 , MgSO_3).

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

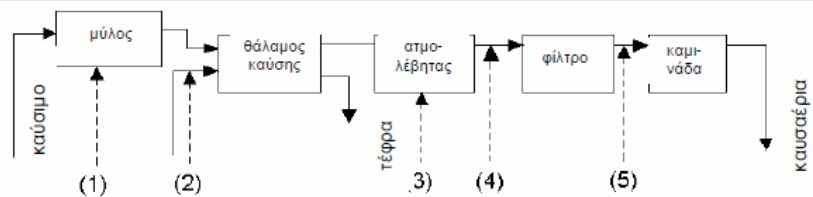
Τυπική εγκατάσταση → απορροφητής ξηραντήρα ψεκασμού (SDA), σύστημα ελέγχου της σκόνης, με χρήση ενός ηλεκτροστατικού φίλτρου (ESP) ή σακόφιλτρου, και συσκευές ανακύκλωσης για τα προϊόντα της αντίδρασης.





ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
27-28 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

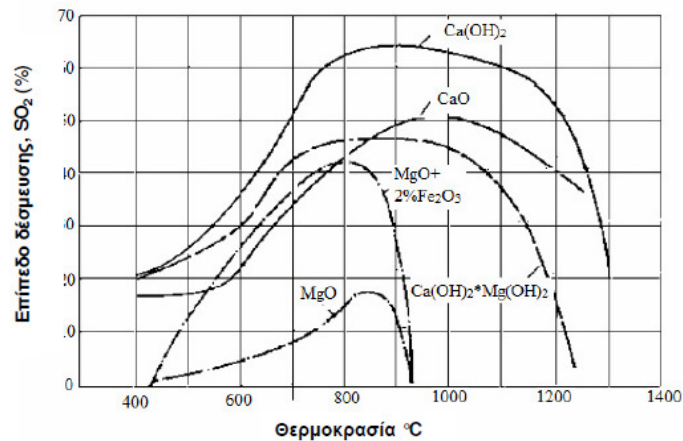
Επιλογές για την έγχυση των αντιδραστηρίων στο πλαίσιο της ξηρής αποθείωσης



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

ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
27-28 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

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



ΠΡΩΩΘΗΣΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
27-28 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

- ✓ 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.

ΠΡΩΩΘΗΣΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ
27-28 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015

- ✓ 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.

ERROR: stackunderflow
OFFENDING COMMAND: ~

STACK: