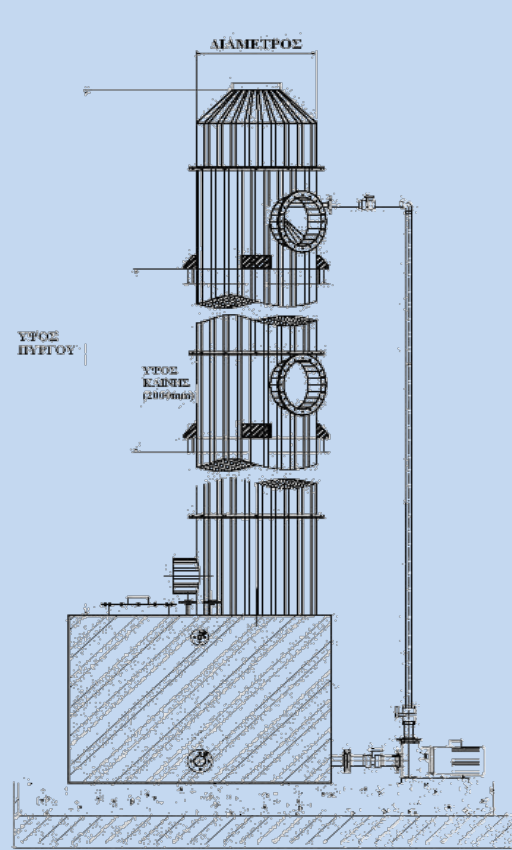
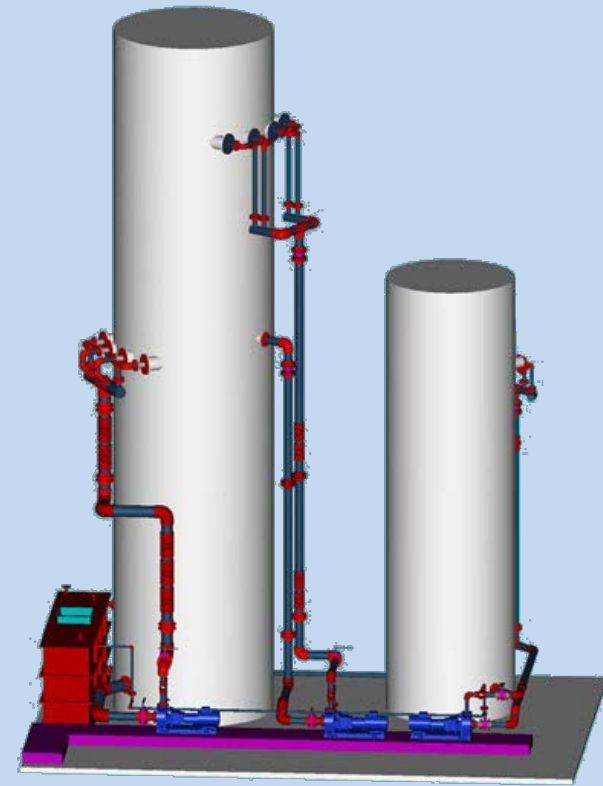


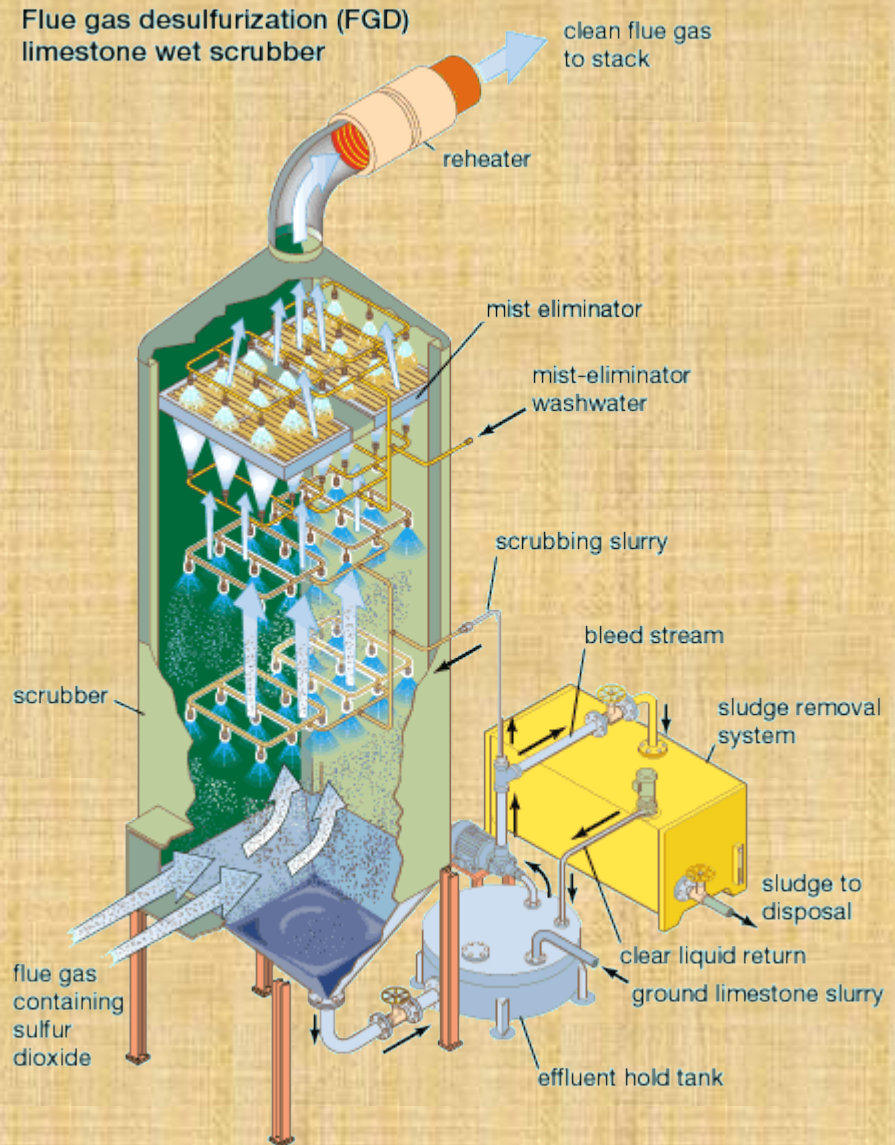


ΠΛΥΝΤΡΙΔΕΣ (Scrubbers)



Πλυντρίδες (Scrubbers)

Οι **πλυντρίδες (Scrubbers)** είναι συστήματα καθαρισμού αέριων και όχι μόνο ρύπων. Αποτελούν μια διαφορετική ομάδα των διατάξεων ελέγχου της ρύπανσης του αέρα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αφαιρεθούν αιωρούμενα σωματίδια ή και αέρια από βιομηχανικά ρεύματα καυσαερίων.



Πλυντρίδες (Scrubbers)

Η πρώτη πλυντρίδα αέρα σχεδιάστηκε για την απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από τον αέρα στο εσωτερικό ενός πρώιμου υποβρυχίου (Ictineo I), κάτι για το οποίο συνεχίζουν και χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα.



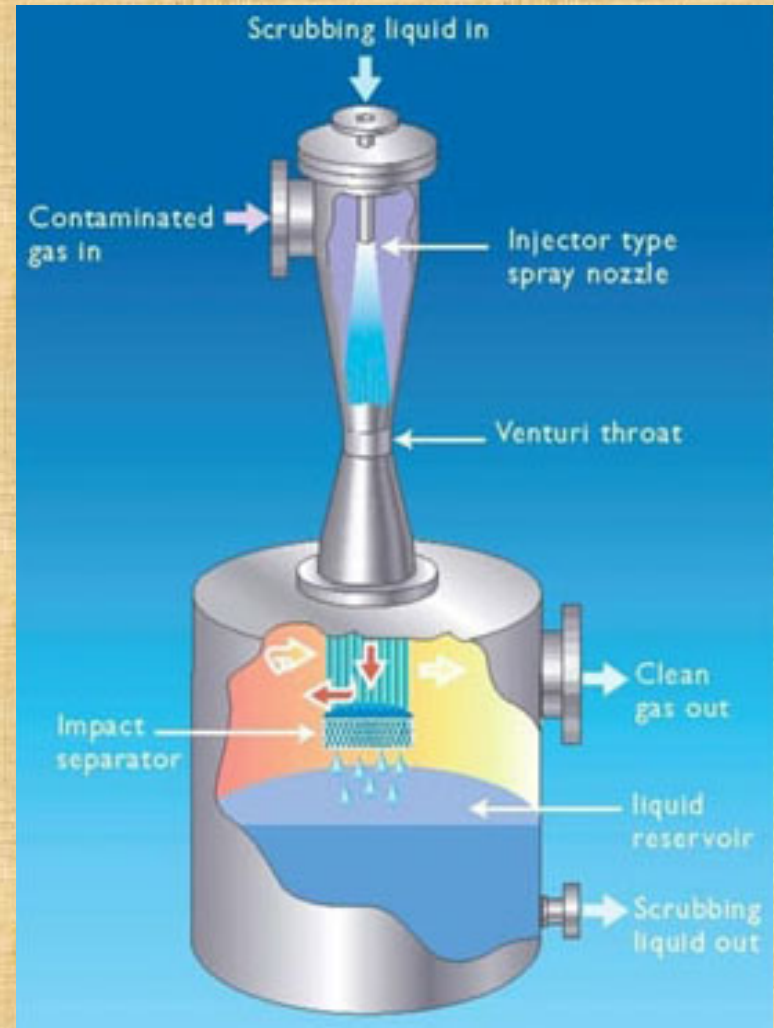
General characteristics	
Class and type:	Submarine
Tonnage:	10 t (9.8 long tons; 11 short tons)
Length:	7 m (23 ft 0 in) (outer hull) 4 m (13 ft 1 in) (pressure hull)
Beam:	1 m (3 ft 3 in) (pressure hull)
Height:	2.5 m (8 ft 2 in) (outer hull) 2 m (6 ft 7 in) (pressure hull)
Installed power:	Human muscle
Propulsion:	Hand crank propellers
Endurance:	2 hours (submerged)
Test depth:	50 m (160 ft)

Class overview	
Name:	<i>Ictineo I</i>
Builders:	Narcís Monturiol i Estarriol , financed by the people of Spain
Operators:	Narcís Monturiol i Estarriol
Succeeded by:	Ictineo II
In service:	28 June 1859 to January 1862
Completed:	1
Lost:	1

Πλυντρίδες (Scrubbers)

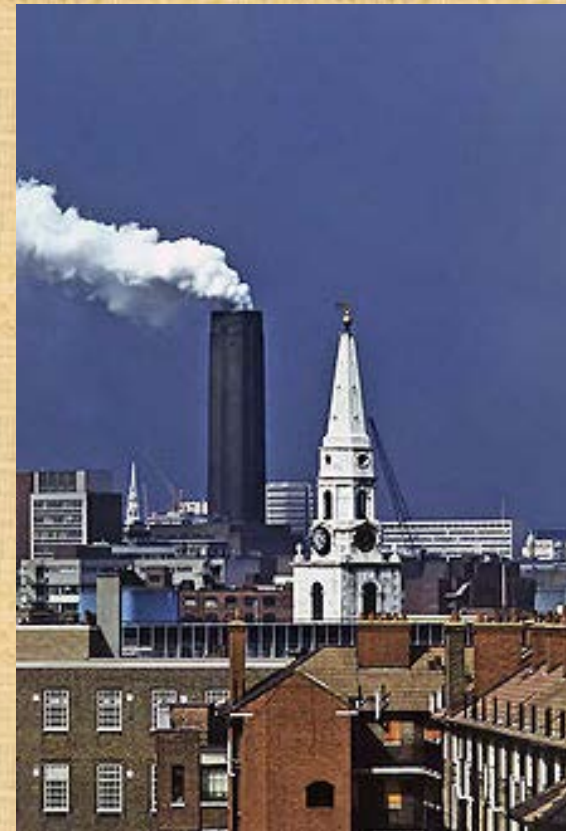
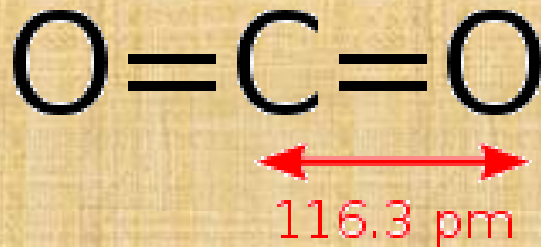
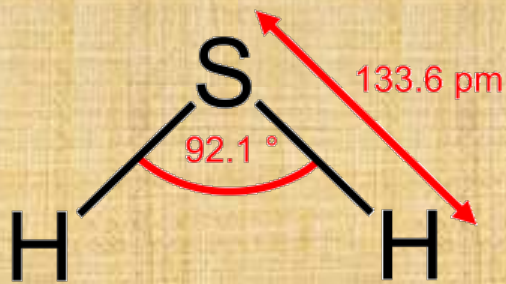
Παραδοσιακά, ο όρος «**διαχωριστής-πλυντρίδα** » χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ρύπανσης σε διατάξεις που χρησιμοποιούν υγρό για να «πλένουν» τους ανεπιθύμητους ρύπους από ένα ρεύμα αερίου που περιέχει ρύπους.

Πρόσφατα, ο όρος χρησιμοποιείται επίσης για να περιγράψει συστήματα που εκχύνουν ξηρά αντιδραστήρια ή πολτό εντός ενός βρώμικου ρεύματος καυσαερίων, με σκοπό να "ξεπλύνει" τα όξινα αέρια που περιέχονται σε αυτά.



Πλυντρίδες (Scrubbers)

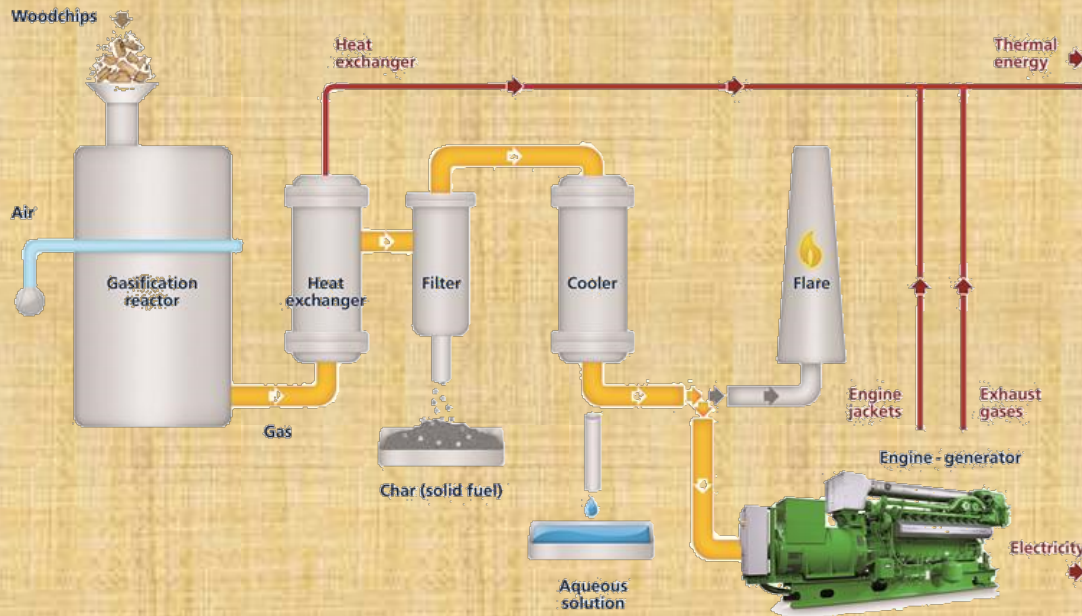
Οι πλυντρίδες είναι ένα μα από τις κύριες διατάξεις ελέγχου στις εκπομπές αερίων, ειδικά στις περιπτώσεις αερίων οξέων. Τέλος, οι πλυντρίδες μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση θερμότητας από τα θερμά αέρια με συμπύκνωση των καυσαερίων.



Flue gas from London's Bankside Power Station, 1975

Πλυντρίδες (Scrubbers)

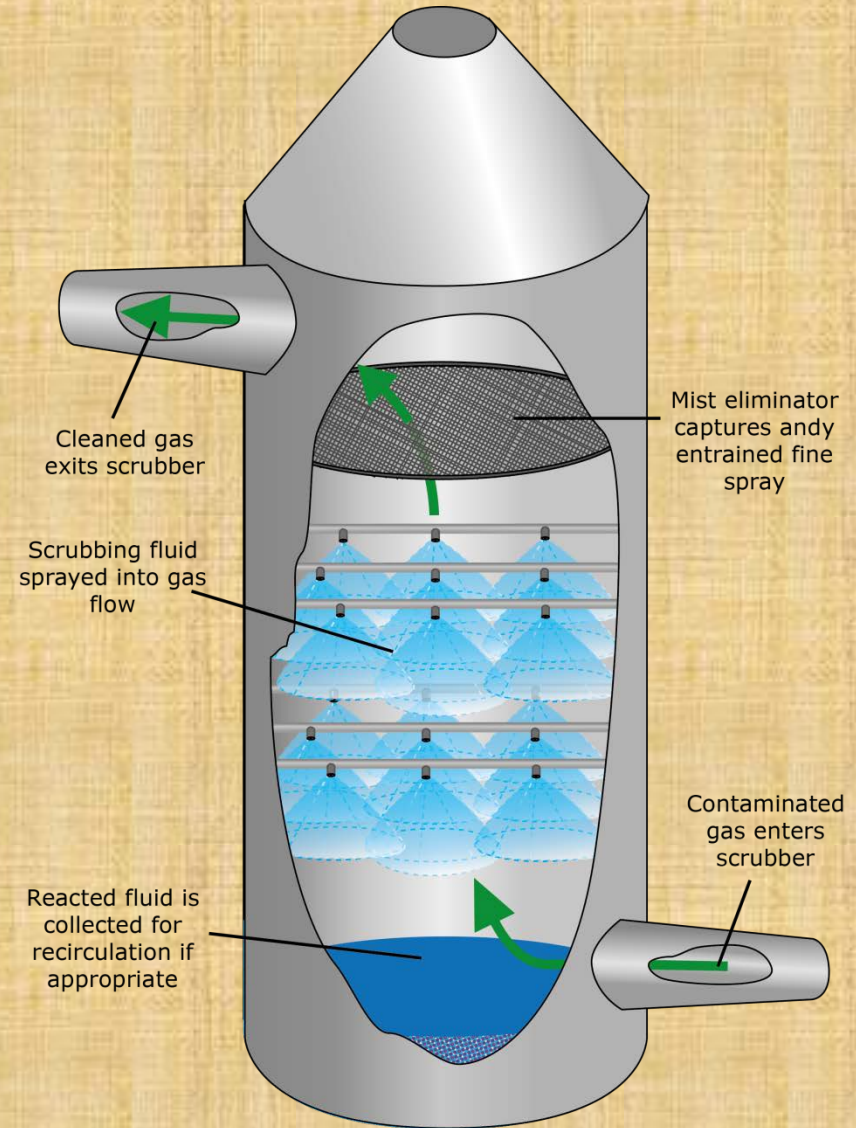
Η καύση είναι μερικές φορές η αιτία για τη δημιουργία επιβλαβών καυσαερίων. Σε πολλές όμως περιπτώσεις, η καύση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό των καυσαερίων, αν η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή και ταυτόχρονα είναι διαθέσιμο αρκετό οξυγόνο.



Υγρή Πλυντρίδα (Wet Scrubbers)

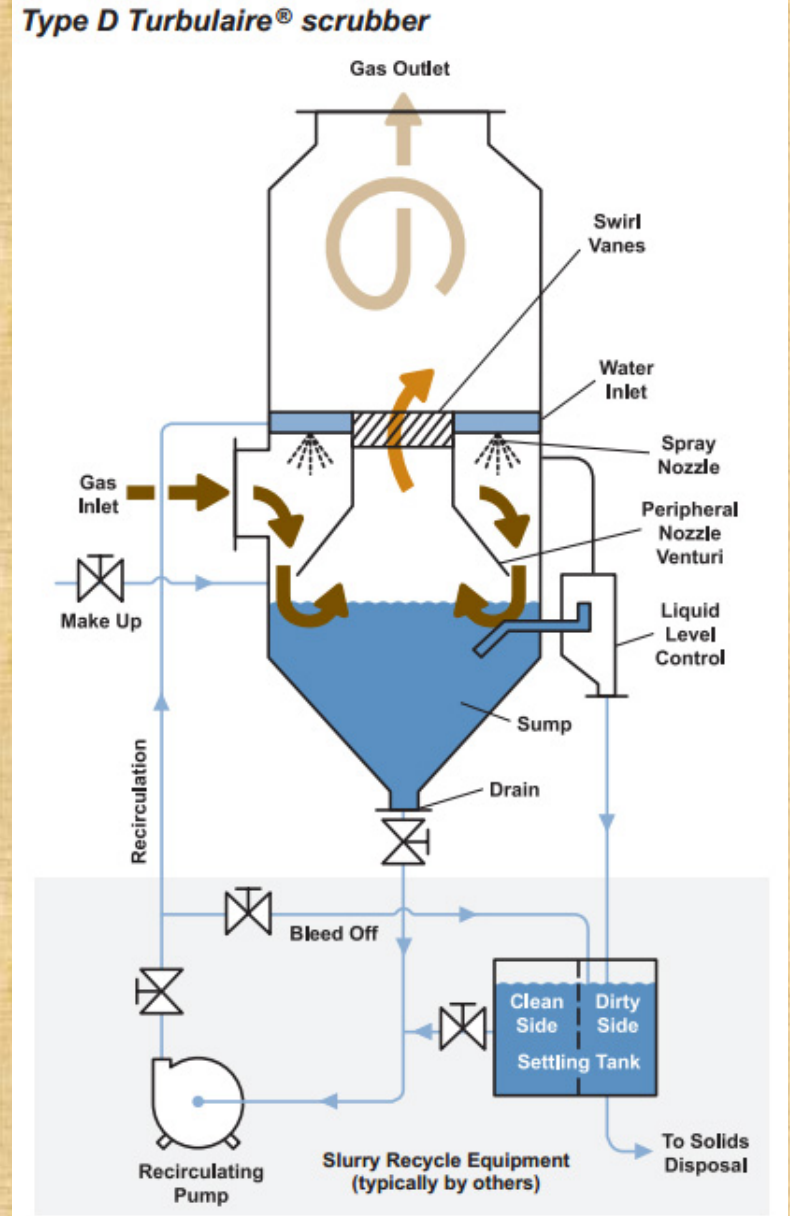
Τα καυσαέρια της καύσης μπορεί να περιέχουν ουσίες που θεωρούνται επιβλαβείς για το περιβάλλον, τα ζώα και τον άνθρωπο. Έτσι, αναζητούνται διατάξεις-καθαριστές που μπορούν να αφαιρέσουν ή και να εξουδετερώσουν τέτοιες επικίνδυνες ουσίες-ρύπους από τα καυσαέρια μιας καύσης.

Μια τέτοια διάταξη είναι και η **υγρή πλυντρίδα**, η οποία χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του ρεύματος αέρα, καυσίμου αερίου ή άλλων αερίων που περιέχουν διάφορους ρύπους και σωματίδια σκόνης.



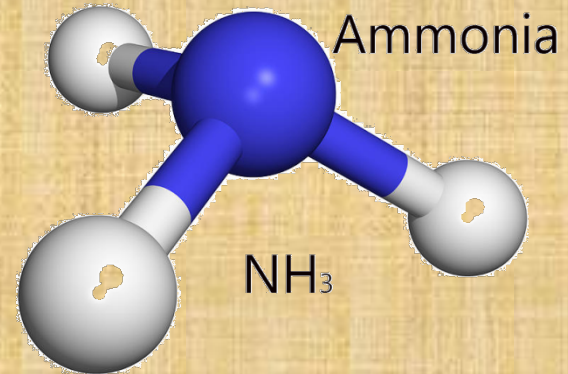
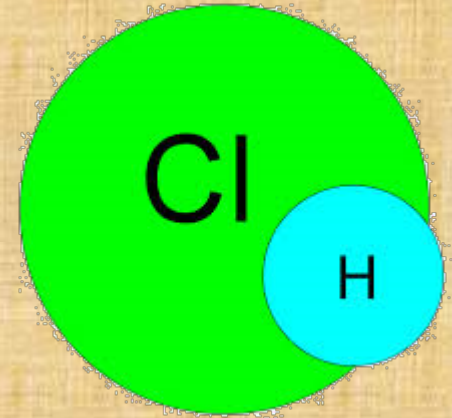
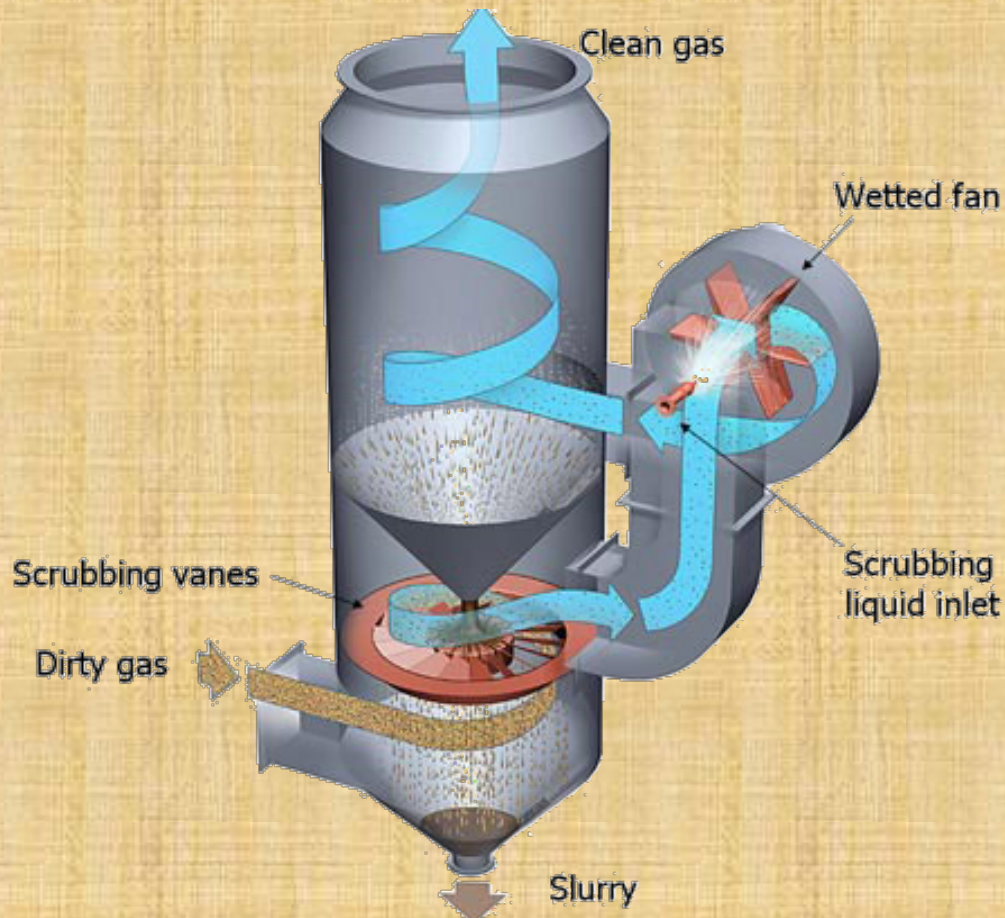
Υγρή Πλυντρίδα (Wet Scrubbers)

Η υγρή πλυντρίδα λειτουργεί μέσω της «επαφής» των ενώσεων-στόχους ή των αιωρούμενων σωματιδίων με το διάλυμα καθαρισμού. Τα διαλύματα καθαρισμού μπορεί να είναι απλώς το νερό (για τη σκόνη και τα αιωρούμενα σωματίδια) ή διαλύματα χημικών αντιδραστηρίων που στοχεύουν ειδικά σε ορισμένες χημικές ενώσεις, ώστε μέσα από μια σειρά χημικών αντιδράσεων να τις εξουδετερώσουν και να τις μετατρέψουν σε χημικές ενώσεις που είναι λιγότερο ή καθόλου επιβλαβείς για το περιβάλλον, τα ζώα και τον άνθρωπο.



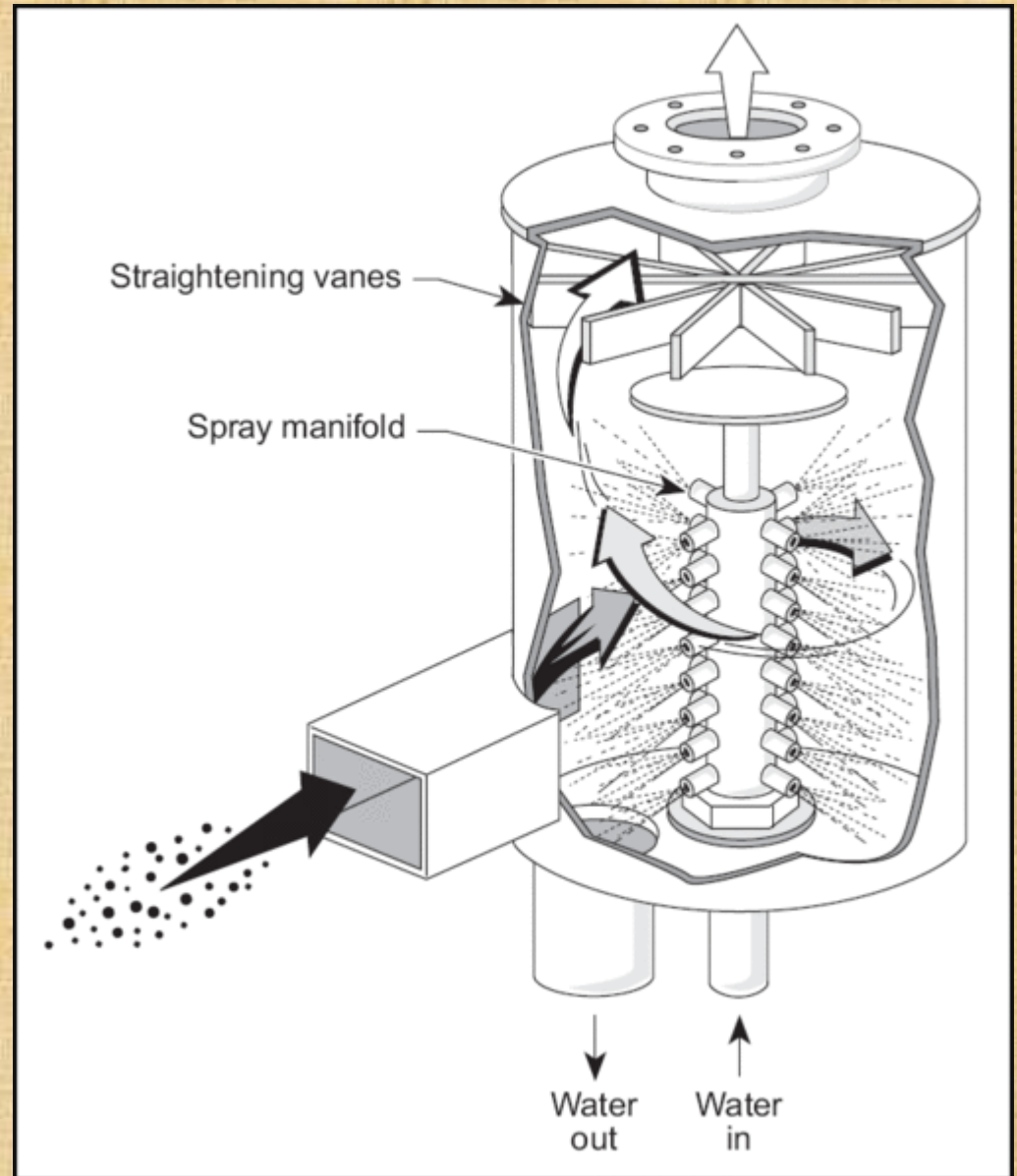
Υγρή Πλυντρίδα (Wet Scrubbers)

Κατά τη διαδικασία μιας καύσης, τα καυσαέρια μπορεί να περιέχουν υδατοδιαλυτά τοξικά ή και διαβρωτικά αέρια όπως το υδροχλωρικό οξύ (HCl) και η αμμωνία (NH₃). Αυτά τα τοξικά και διαβρωτικά αέρια, μπορεί να απομακρυνθούν σε πολύ μεγάλο επίπεδο από μια υγρή πλυντρίδα.



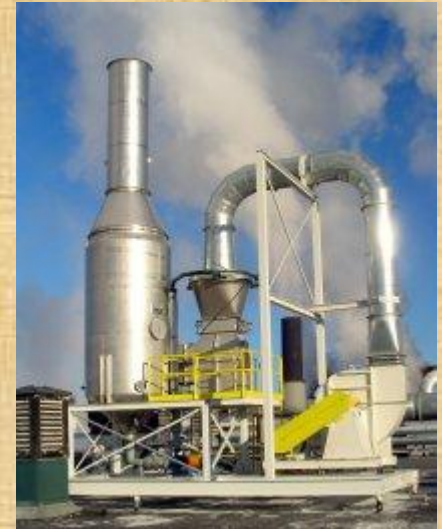
Υγρή Πλυντρίδα (Wet Scrubbers)

Η απόδοση αφαίρεσης των ρύπων σε μια υγρή πλυντρίδα αυξάνεται με την αύξηση του χρόνου παραμονής στην πλυντρίδα των προς καθαρισμό αερίων ή από την αύξηση του εμβαδού επιφάνειας του διαλύματος του διαχωριστή με τη χρήση ενός ακροφυσίου ψεκασμού ή ενός πύργου ή ενός αναρροφητή.



Υγρή Πλυντρίδα (Wet Scrubbers)

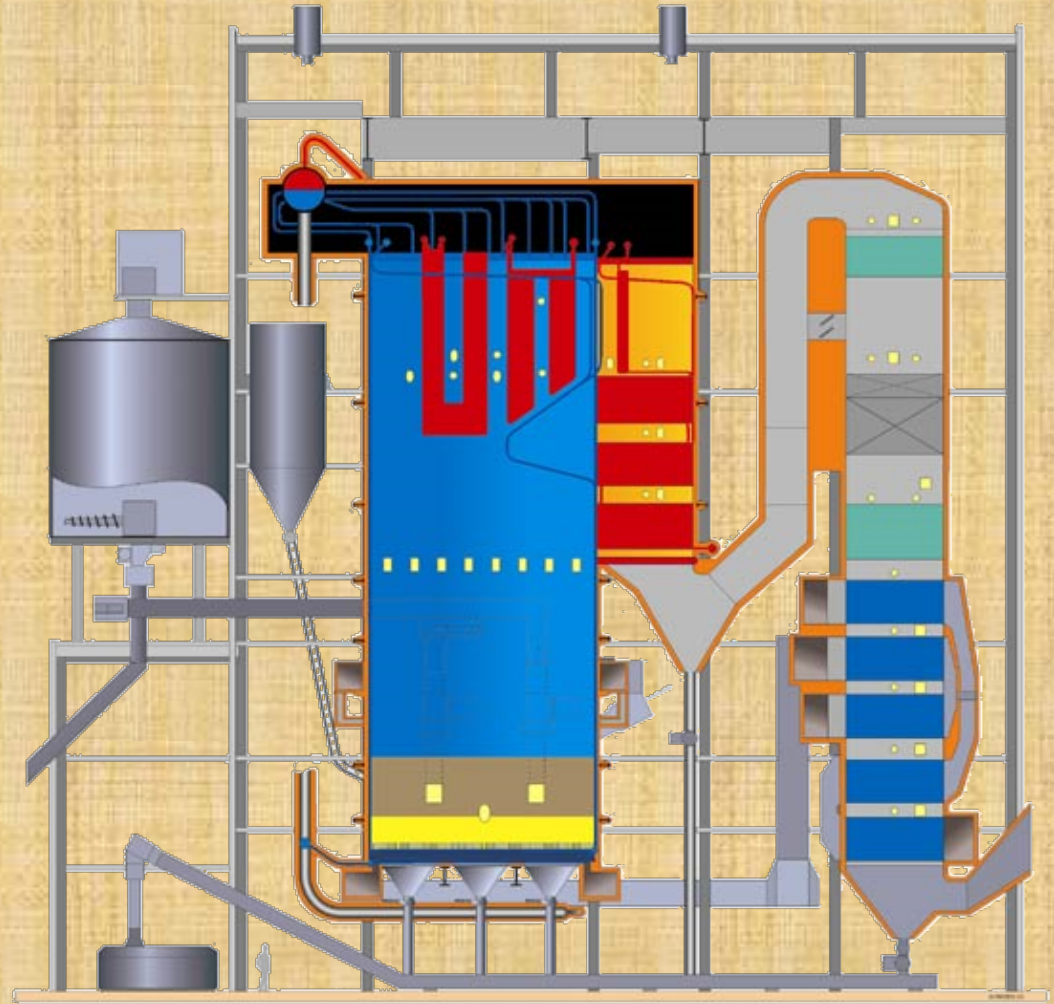
Η χρήση των υγρών πλυντρίδων μπορεί έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού της υγρασίας-νερού στο αέριο, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένας ορατός θύσανος λευκού ή γκρι καπνού, που ξεπηδά μέσα από την καμινάδα.



Υγρή Πλυντρίδα (Wet Scrubbers)

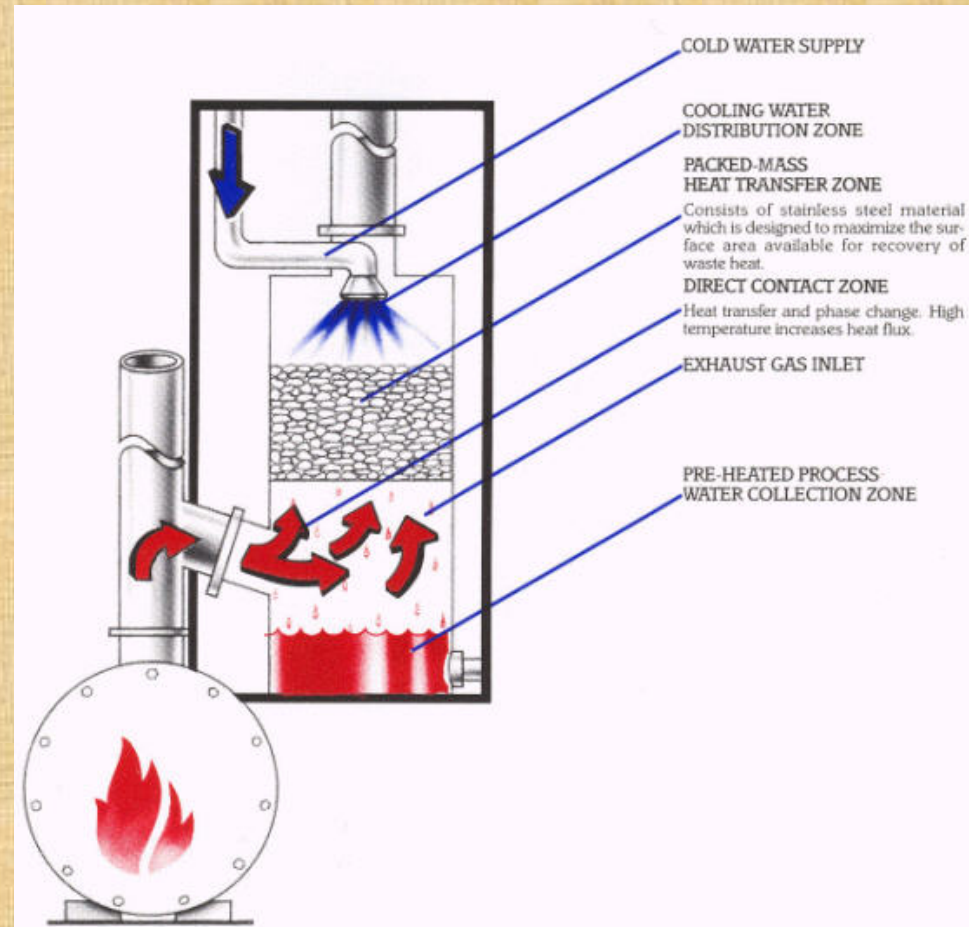
Οι υγρές πλυντρίδες μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση θερμότητας από τα θερμά αέρια με συμπύκνωση των καυσαερίων.

Όταν χρησιμοποιείται και λειτουργεί για αυτόν το σκοπό, ονομάζεται πλυντρίδα συμπύκνωσης.



Υγρή Πλυντρίδα (Wet Scrubbers)

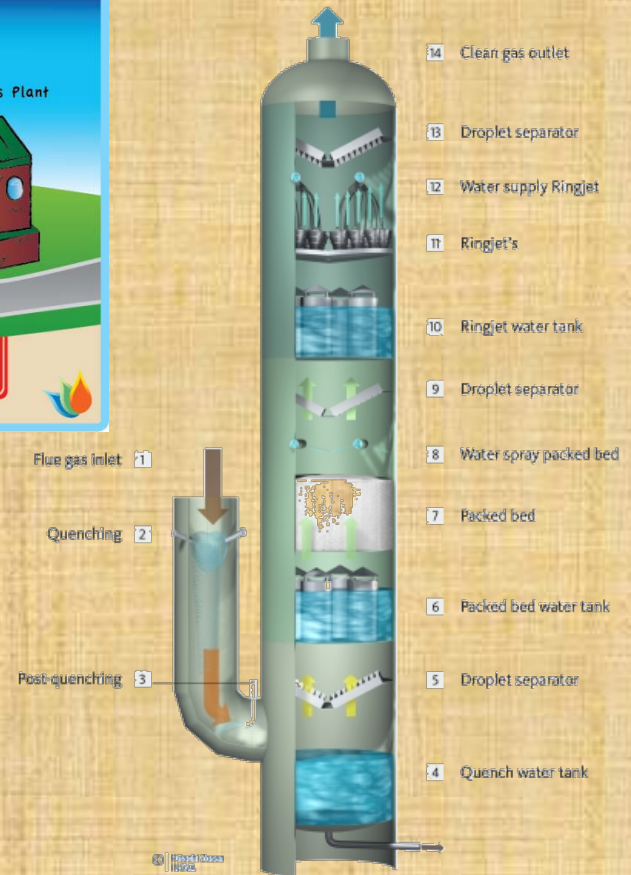
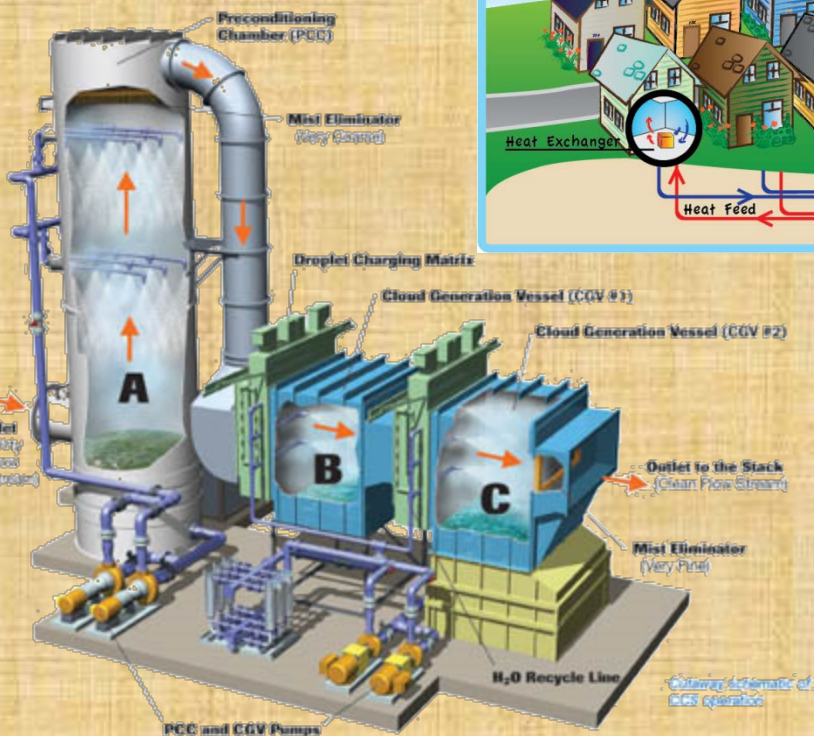
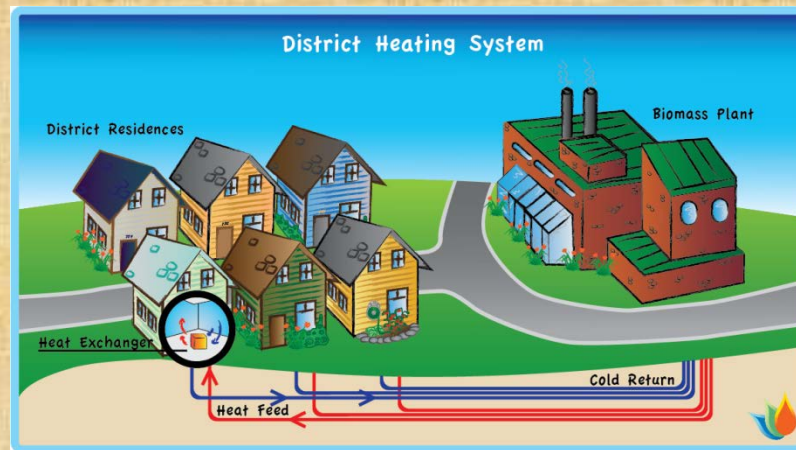
Το νερό από τον αγωγό πλυντρίδα κυκλοφορεί μέσω ενός ψύκτη στα ακροφύσια στην κορυφή του καθαριστή. Το θερμό αέριο εισέρχεται στον διαχωριστή-πλυντρίδα στο κάτω μέρος. Εάν η θερμοκρασία του αερίου είναι πάνω από το σημείο δρόσου του νερού, αυτό αρχικά ψύχεται εξατμίζοντας σταγόνες νερού. Περαιτέρω, η ψύξη είναι η αιτία να συμπυκνωθούν οι υδρατμοί, προσθέτοντας έτσι νερό στην ποσότητα του κυκλοφορούντος νερού.



Υγρή Πλυντρίδα (Wet Scrubbers)

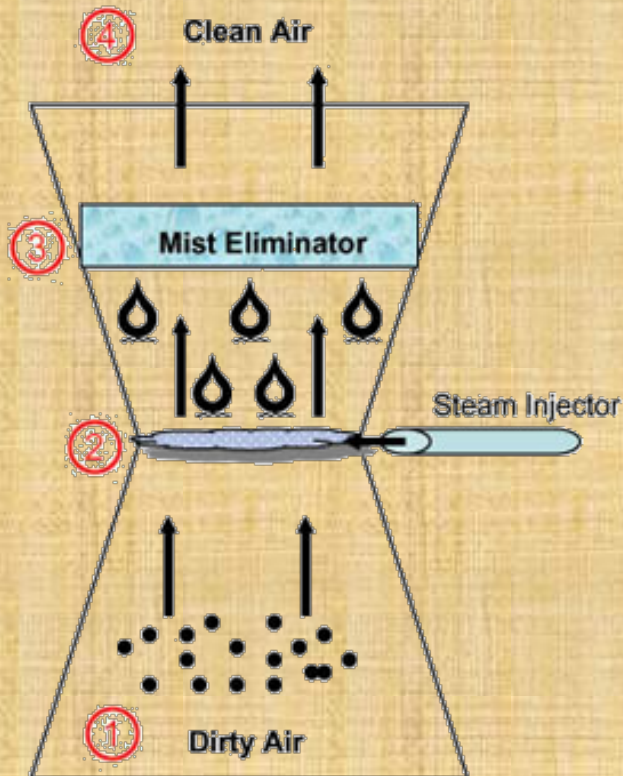
Η συμπύκνωση του νερού είναι η αιτία απελευθέρωσης σημαντικών ποσοτήτων θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας (πάνω από 2 GJ (~560 kWh) ανά τόνο του νερού), που μπορεί να ανακτηθεί από τον ψύκτη (για παράδειγμα σε χρήσεις και εφαρμογές τηλεθέρμανσης).

HZI wet scrubber



Υγρή Πλυντρίδα (Wet Scrubbers)

Η περίσσεια συμπυκνωμένου νερού πρέπει συνεχώς να αφαιρείται από το νερό που κυκλοφορεί μέσα στην πλυντρίδα. Το αέριο φεύγει από το διαχωριστή-πλυντρίδα με θερμοκρασία ίση με το σημείο δρόσου του. Έτσι, ακόμη και αν σημαντικές ποσότητες νερού μπορεί να έχουν αφαιρεθεί από το ψυχθέν αέριο, είναι πιθανό να αφήσει ένα ορατό θύσανο υδρατμών φεύγοντας στην ατμόσφαιρα από την καμινάδα.

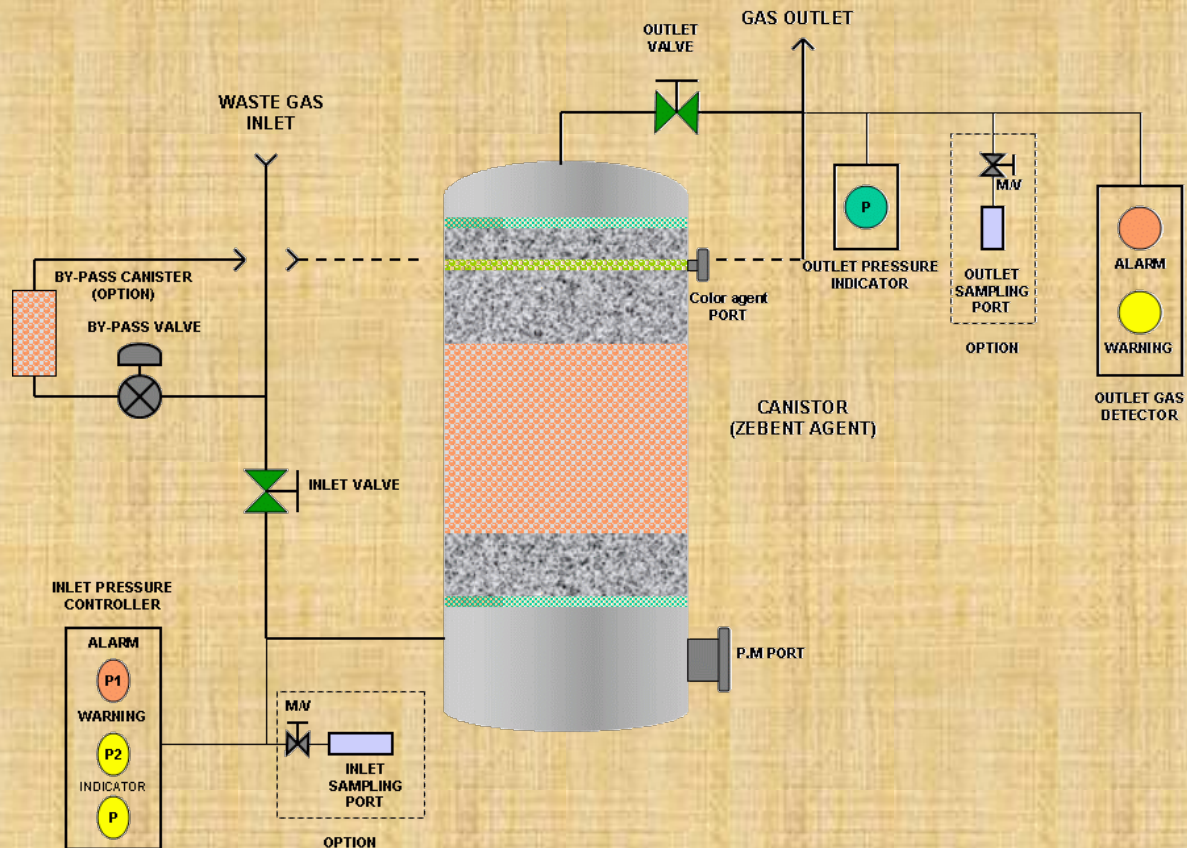


- 1 Dirty air from the factory enters the scrubber.
- 2 The polluted air passes through a layer of steam. Large particles are trapped inside steam droplets.
- 3 The polluted steam droplets are collected in a filter (mist eliminator).
- 4 Clean air is released from the scrubber system.



Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

Ένα ξηρό ή ημίξηρο σύστημα καθαρισμού ξηρής πλυντρίδας, σε αντίθεση με την υγρή πλυντρίδα, δεν οδηγεί σε κατάσταση κορεσμού το ρεύμα των αερίων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, δεν προστίθεται υγρασία, ενώ σε άλλες προστίθεται μόνο η ποσότητα υγρασίας που μπορεί να εξατμίζεται στα καυσαέρια χωρίς συμπύκνωση.



Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

Ως εκ τούτου, οι ξηρές πλυντρίδες γενικά δεν εμφανίζουν θύσανο ατμού σε στην καμινάδα και δεν εμφανίζουν απαιτήσεις συστημάτων διάθεσης και απόθεσης λυμάτων.

Τέτοια συστήματα στεγνού καθαρισμού (ξηρές πλυντρίδες) χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση των αερίων οξέων, όπως SO_2 και HCl κυρίως από πηγές καύσης.

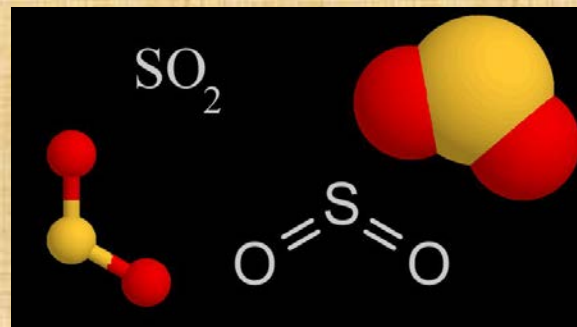
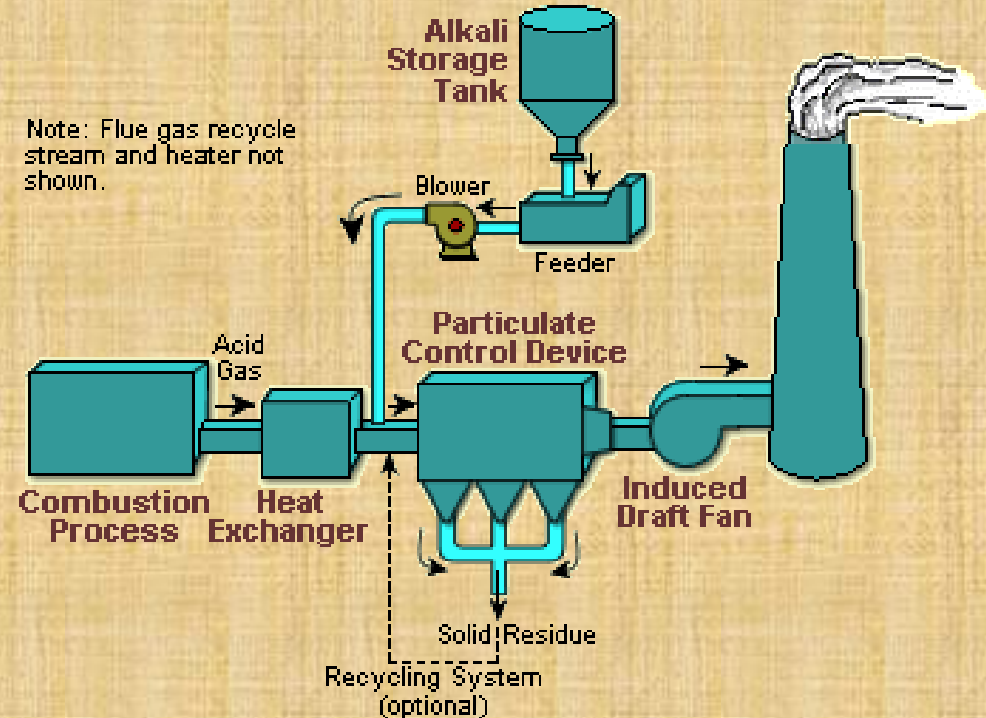


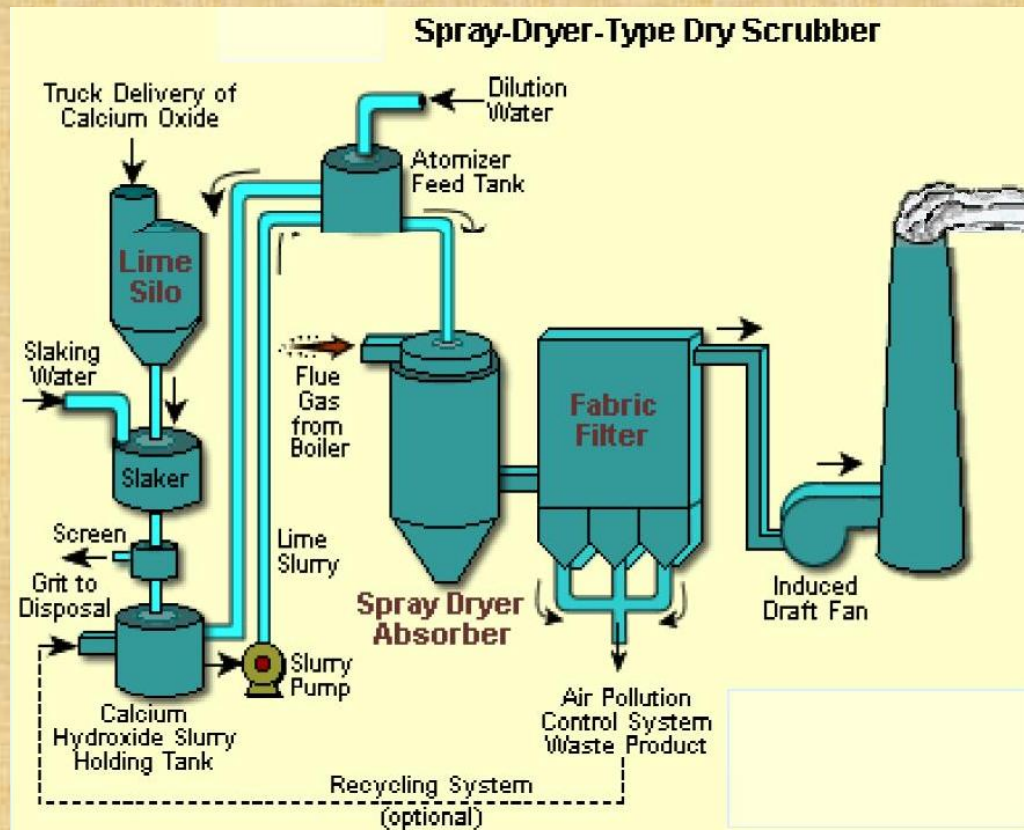
Figure 4. Dry-Injection-Type Dry Scrubber



Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

Υπάρχει ένας αρκετά μεγάλος αριθμός από διαφορετικά σχέδια διατάξεων ξηρής πλυντρίδας. Ωστόσο, όλα αποτελούνται από δύο κύρια τμήματα ή διατάξεις:

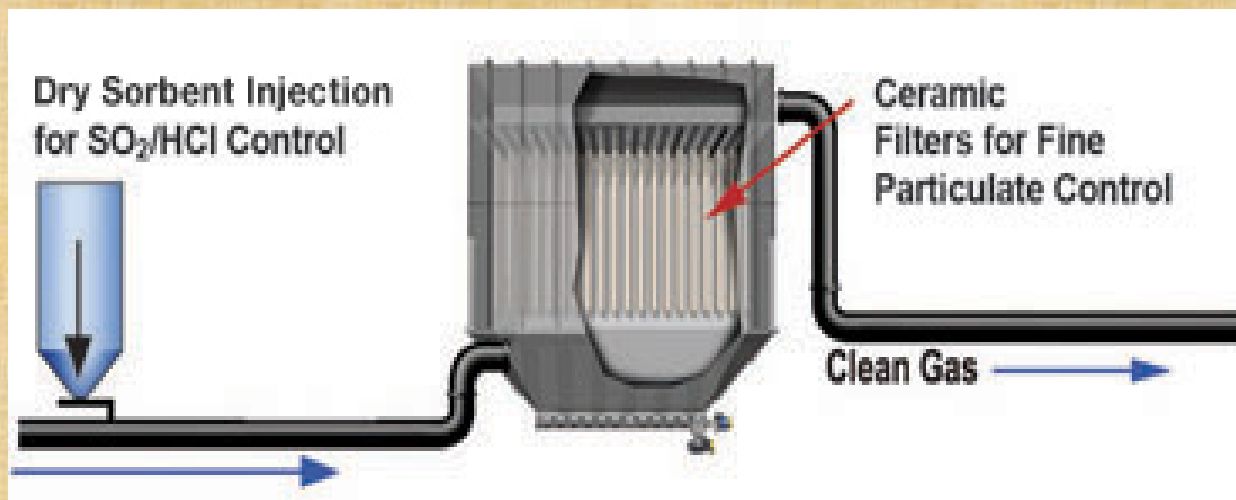
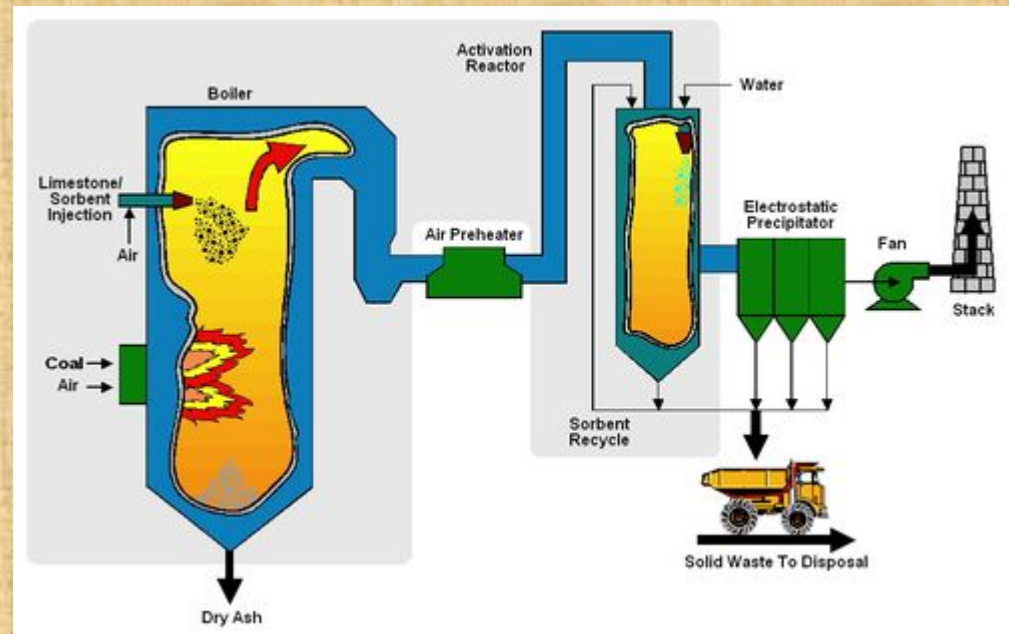
1. μια συσκευή για να εισαγάγει το οξύ προσροφητικό αέριο στο ρεύμα αερίου και
2. μία συσκευή ελέγχου αιωρούμενων σωματιδίων για την απομάκρυνση των προϊόντων της χημικής αντίδρασης, την περίσσεια του απορροφητικού υλικού, καθώς και οποιαδήποτε σωματίδια που υπάρχουν ήδη και κυκλοφορούν μέσα στο καυσαέριο.



Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

Τα συστήματα ξηρής πλυντρίδας μπορεί να χαρακτηριστούν και ως **ξηρά μπεκ προσρόφησης** (dry sorbent injectors-DSIs) ή ως **ξηροί απορροφητές ψεκασμού** (spray dryer absorbers-SDAs).

Οι ξηροί απορροφητές ψεκασμού ονομάζονται επίσης **ημίξηρες πλυντρίδες** ή **ξηροί ψεκαστές**.



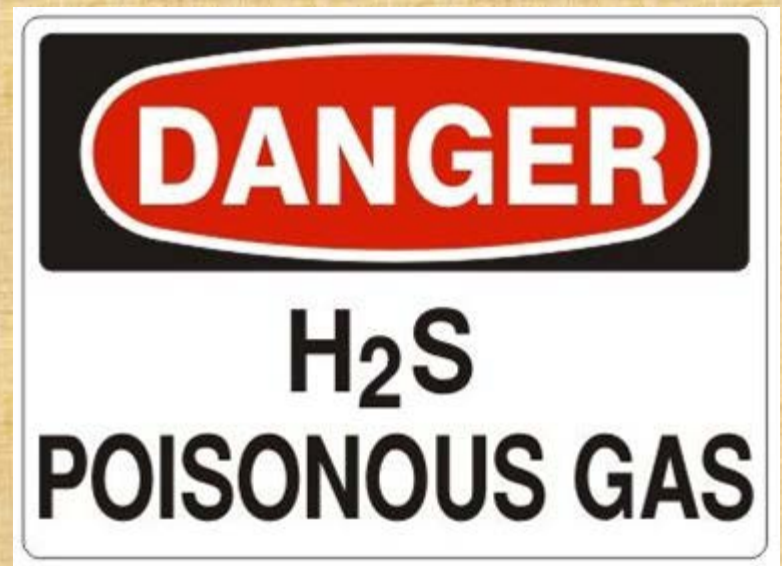
Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

Οι ξηρές πλυντρίδες συχνά χρησιμοποιούνται και για την απομάκρυνση των δύσσομων και διαβρωτικών αερίων που παράγονται από τη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων.

Το μέσο που χρησιμοποιείται είναι συνήθως ένα μια ένωση ενεργοποιημένης αλουμίνας εμποτισμένη με υλικά που είναι ικανά να «χειρίζονται» ειδικά αέρια όπως υδρόθειο (H_2S).

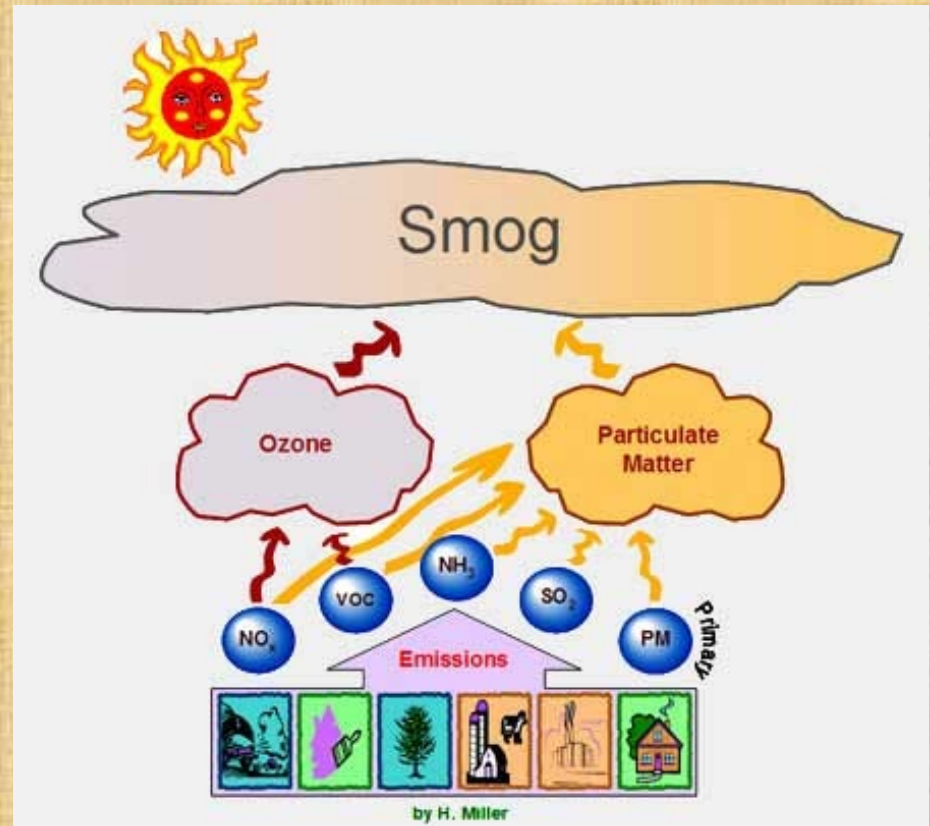
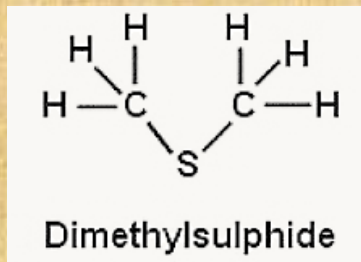
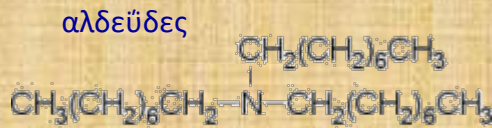
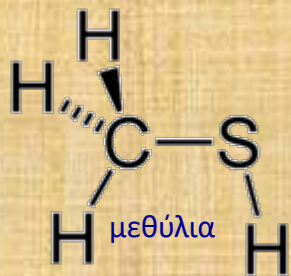


Ενεργοποιημένη αλουμίνα



Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

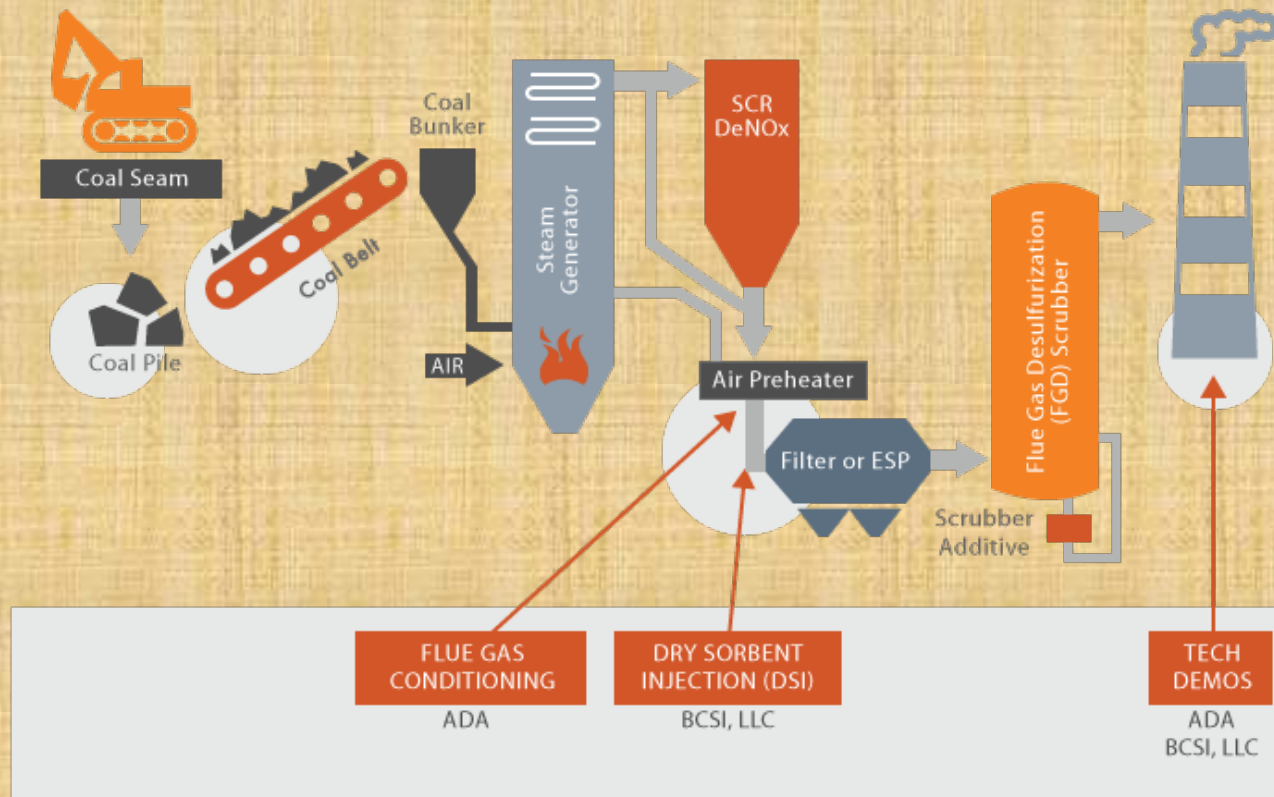
Τα διάφορα μέσα-υλικά που χρησιμοποιούνται μπορούν να αναμιχθούν μεταξύ τους για να προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα ικανότητας απομάκρυνσης και για άλλες δύσοσμες και διαβρωτικές χημικές ενώσεις όπως μεθύλια, αλδεΐδες, πτητικές οργανικές ενώσεις, διμεθυλοσουλφίδιο, και διμεθυλδισουλφίδιο.



Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

Η έγχυση ξηρής προσρόφησης περιλαμβάνει την προσθήκη ενός αλκαλικού υλικού (συνήθως ενυδατωμένο ασβέστη, ανθρακικό νάτριο, ή διττανθρακικό νάτριο) μέσα στο ρεύμα του προς καθαρισμού αερίου έτσι ώστε να αντιδρούν με τα αέρια οξύ.

Το προσροφητικό υλικό-χημική ένωση μπορεί να εγχυθεί απευθείας σε πολλές διαφορετικές θέσεις: κατά τη διαδικασία καύσης, στον αγωγό καυσαερίων (μπροστά από τη διάταξη ελέγχου των σωματιδίων), ή σε έναν ανοικτό θάλαμο αντιδράσεως (εάν υπάρχει).



Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

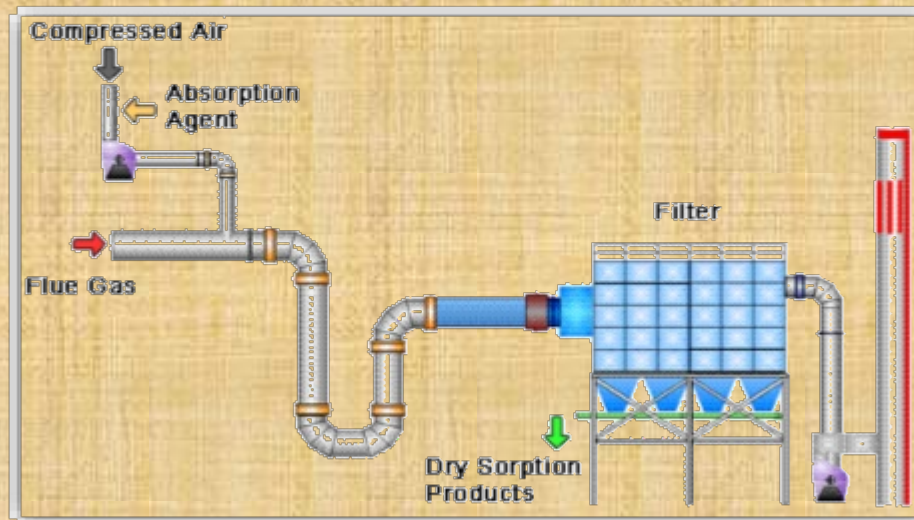
Τα όξινα αέρια αντιδρούν με τα αλκαλικά υλικά-προσοροφητές για να σχηματίσουν στερεά άλατα τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται στη συσκευή ελέγχου σωματιδίων. Αυτά τα απλά συστήματα μπορούν να επιτύχουν στο αέριο περιορισμένη ύπαρξη οξέως (HCl και SO₂) αυξάνοντας πολύ την αποτελεσματικότητα της απομάκρυνσης αυτών των οξέων. Υψηλότερες αποδόσεις κατακράτησης και απομάκρυνσης μπορεί να επιτευχθούν με την αύξηση της υγρασίας των καυσαερίων (δηλαδή, χρησιμοποιώντας ψύξη με ψεκασμό νερού). Αυτές οι συσκευές έχουν χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης ιατρικών και νοσοκομειακών αποβλήτων.



Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

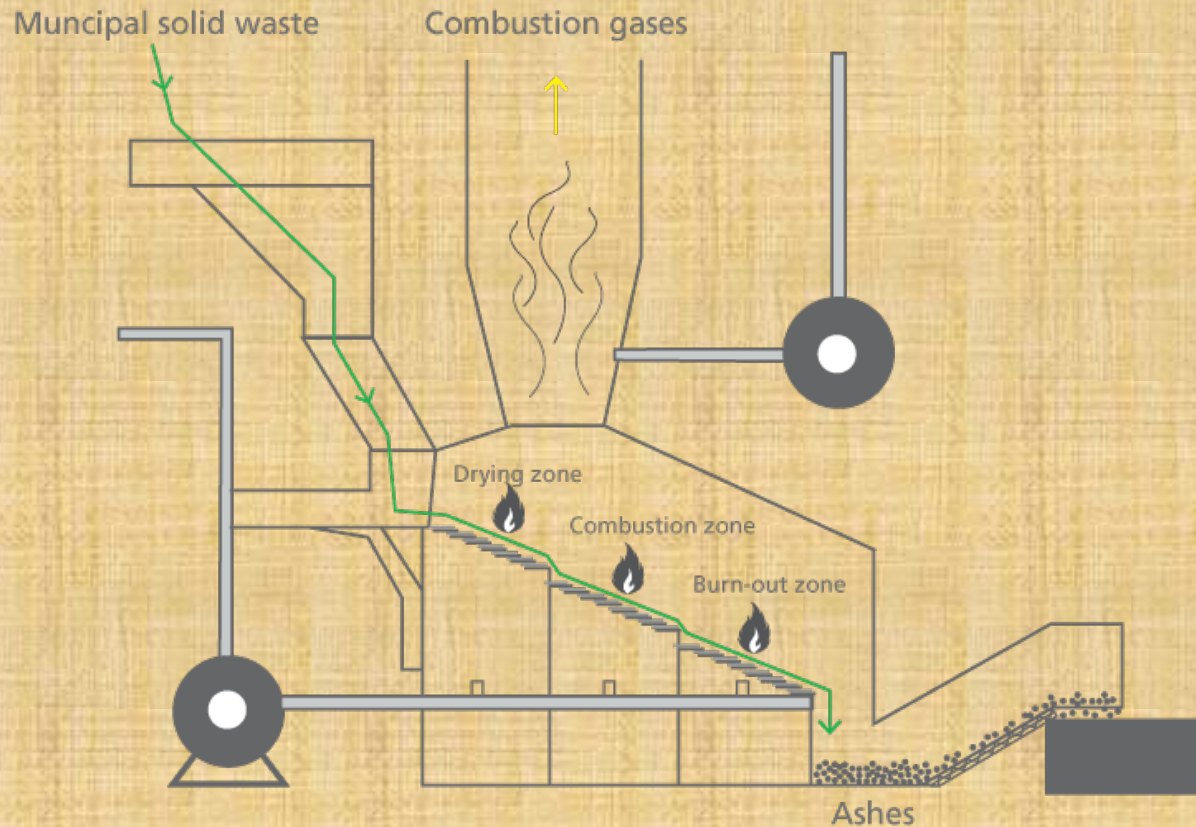
Σε ξηρούς απορροφητές σπρέι, τα καυσαέρια εισάγονται σε ένα απορροφητικό πύργο (ξηραντής), όπου τα αέρια έρχονται σε επαφή με μια λεπτά διαμερισμένη αλκαλική λάσπη. Τα όξινα αέρια που απορροφούνται από το μίγμα πολτού, αντιδρούν για να σχηματίσουν στερεά άλατα τα οποία αφαιρούνται από τη συσκευή ελέγχου σωματιδίων.

Wide range of removal for other odorous compounds such as **methyl mercaptans**, **aldehydes**, **volatile organic compounds**, **dimethyl sulfide**, and **dimethyl disulfide**.



Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

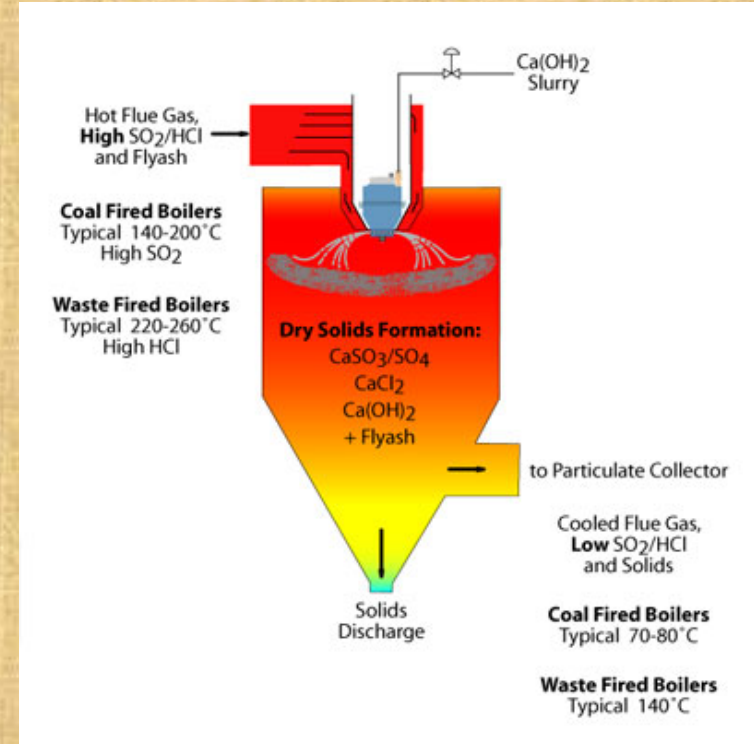
Η θερμότητα των καυσαερίων χρησιμοποιείται για να εξατμιστούν όλα τα σταγονίδια του νερού, αφήνοντας ένα μη-κορεσμένο μίγμα καυσαερίων στην έξοδο από τον πύργο απορρόφησης. Οι ξηροί απορροφητές σπρέι είναι ικανοί να επιτύχουν υψηλή απόδοση ($\geq 80\%$) στην αφαίρεση αέριων οξέων. Αυτές οι συσκευές έχουν χρησιμοποιηθεί για βιομηχανικούς λέβητες και ως αποτεφρωτήρες απορριμμάτων στους δήμους και γενικότερα σε πόλεις.



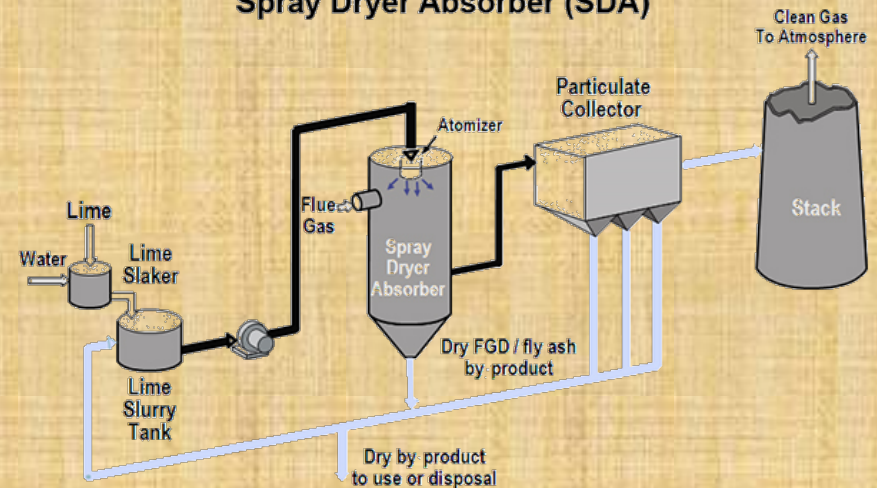
Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

Απορροφητικά Υλικά

Πολλές χημικές ουσίες μπορούν να αφαιρεθούν από ένα ρεύμα καυσαερίων χρησιμοποιώντας κάποιο απορροφητικό υλικό. Το αέριο περνά διαμέσου ενός ακροφυσίου το οποίο είναι γεμάτο με ένα ή περισσότερα υλικά απορρόφησης και έχει προσαρμοστεί στις χημικές ιδιότητες των συστατικών που πρόκειται να αφαιρεθούν-κατακρατηθούν. Αυτό το είδος του διαχωριστή μερικές φορές ονομάζεται επίσης και ξηρή πλυντρίδα. Το υλικό απορρόφησης θα πρέπει να αντικατασταθεί από τη στιγμή και μετά όπου η επιφάνειά του είναι κορεσμένη και δεν μπορεί άλλο να λειτουργήσει.



Spray Dryer Absorber (SDA)

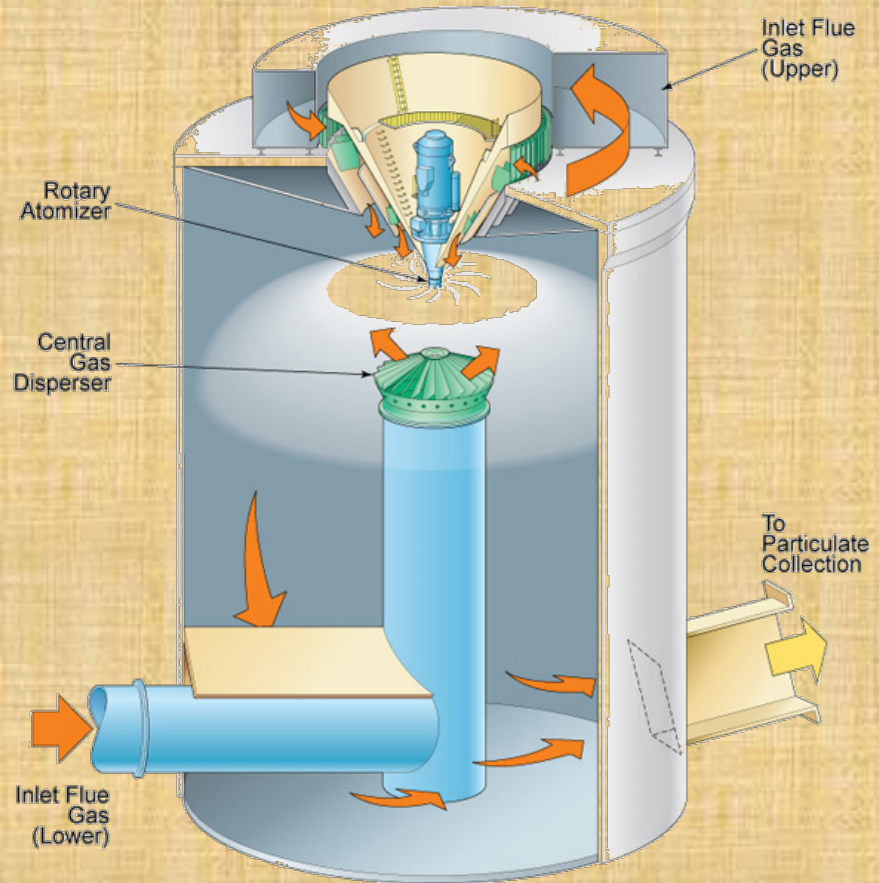


Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

Απομάκρυνση του υδράργυρου (Hg)

Ο υδράργυρος είναι ένα πολύ τοξικό στοιχείο που βρίσκεται συνήθως στον άνθρακα (κάρβουνο) και σε αστικά απόβλητα. Οι υγρές πλυντρίδες είναι αποτελεσματικές μόνο για την αφαίρεση των διαλυτών ειδών υδραργύρου, όπως οξειδωμένο υδράργυρο, Hg^{2+} .

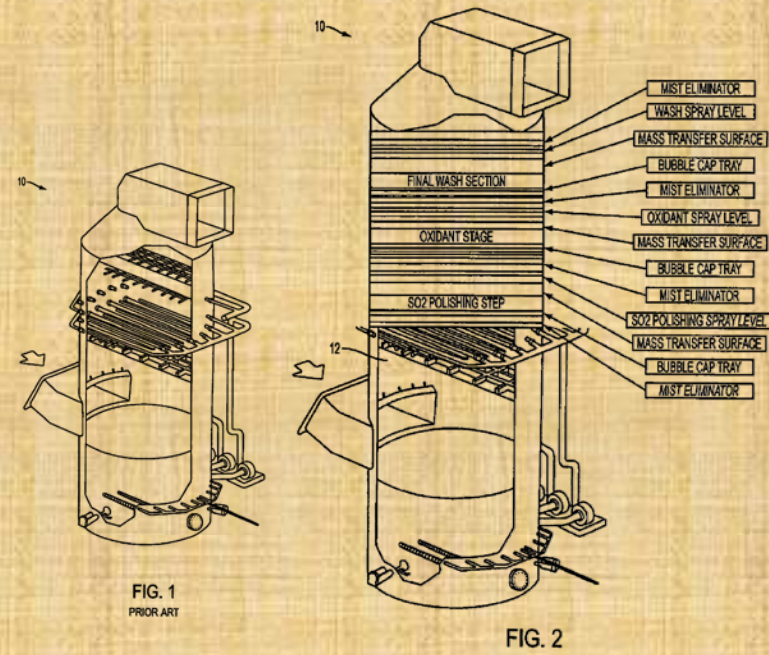
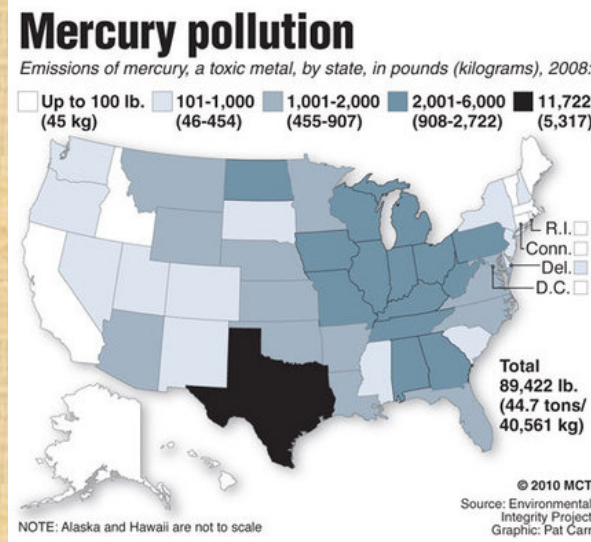
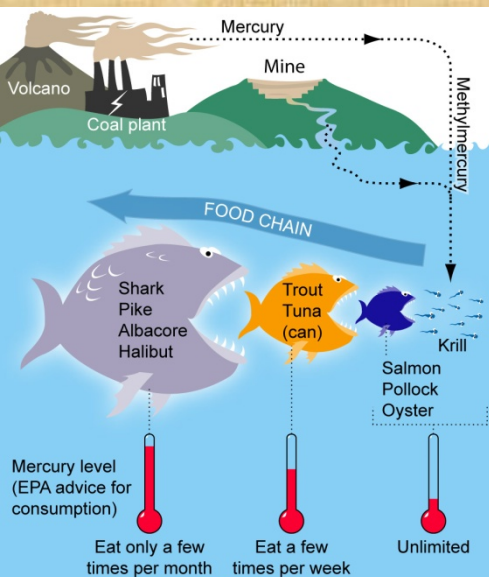
Οι ατμοί υδραργύρου σε στοιχειακή μορφή, Hg^0 , είναι αδιάλυτοι στον πολτό της πλυντρίδας και δεν αφαιρούνται. Ως εκ τούτου, απαιτείται μια πρόσθετη διαδικασία μετατροπής των ατμών υδράργυρου (Hg^0) με σκοπό την καθολική «σύλληψη» και απομάκρυνση του υδραργύρου. Συνήθως, για το σκοπό αυτό γίνεται προσθήκη αλογόνων στο ρεύμα καυσαερίων.



Ξηρή Πλυντρίδα (Dry Scrubbers)

Στην περίπτωση του υδράργυρου που περιέχεται στον άνθρακα, ο τύπος του άνθρακα που χρησιμοποιείται για καύση, καθώς η παρουσία μιας επιλεκτικής καταλυτικής μονάδας, επηρεάζουν την αναλογία του στοιχειακού υδραργύρου, ώστε αυτός να μπορεί να οξειδωθεί στα καυσαέρια και επομένως επηρεάζεται έτσι και ο βαθμός στον οποίο έχει αφαιρεθεί ο υδράργυρος, δηλαδή η απόδοση της όλης διάταξης.

Τον Ιούλιο του 2015, μια μελέτη διαπίστωσε ότι μερικοί καθαριστές υδράργυρου (πλυντρίδες) που είχαν εγκατασταθεί σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα, είχαν «συλλάβει» και καθαρίσει στα εκπεμπόμενα καυσαέρια όχι μόνο τον υδράργυρο αλλά και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες.



Πλυντρίδες (Scrubbers)

Στερεά απόβλητα πλυντρίδων

Μία παρενέργεια της διαδικασίας έκπλυσης σε μια πλυντρίδα είναι ότι η διαδικασία αυτή μετατρέπει την ανεπιθύμητη ουσία από τα καυσαέρια σε μορφή υγρού διαλύματος, ή στερεά πάστα ή σκόνη. Αυτά στη συνέχεια, πρέπει να απορρίπτονται με ασφάλεια, αν δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.



Πλυντρίδες (Scrubbers)

Για παράδειγμα, ο «εγκλωβισμένος» υδράργυρος σε ένα απόβλητο προϊόν μια πλυντρίδας, είτε χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία για την εκχύλιση του ακατέργαστου υδράργυρου, ή πρέπει να θάβεται σε έναν ειδικό χώρο υγειονομικής ταφής επικίνδυνων αποβλήτων που εμποδίζει τον υδράργυρο να διαρρέει έξω στο περιβάλλον.



Πλυντρίδες (Scrubbers)

Ως παράδειγμα της επαναχρησιμοποίησης, είναι ότι σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα η χρήση πλυντρίδων με βάση τον ασβεστόλιθο μπορεί να παράγει ένα συνθετικό γύψο, επαρκούς ποιότητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή γυψοσανίδας και άλλων σχετικών βιομηχανικών προϊόντων.

