



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα **ΠΠ**

ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

ΕΝΟΤΗΤΑ: **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ**

ΟΝΟΜΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

ΤΜΗΜΑ: Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και
Φυσικών Πόρων

ΑΓΡΙΝΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

Λέκτορας

του Τμήματος Διαχείρισης
Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων

 2641074156

 afotiadi@upatras.gr

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

❑ Τεχνολογίες Αντιρρύπανσης

Οι τεχνολογίες που αναπτύσσονται για να αντιμετωπίσουν ένα υπαρκτό πρόβλημα ρύπανσης, για να ελέγξουν δηλαδή τις εκπομπές κάποιας ρυπογόνου πηγής

❑ Αντιρρυπαντικές Τεχνολογίες

Οι τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας ή χημικών προϊόντων που ειδική μέριμνα στον σχεδιασμό τους, τους προσδίδει μια *δυναμική* ελάχιστης ρυπογόνου δραστηριότητας

ο Ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης

- Το αυτοκίνητο (Καταλυτικός μετατροπέας)
- Η βιομηχανία (Έλεγχος στατικών πηγών)

▪ Καταλυτικός Μετατροπέας

ο Το **60%** της ρύπανσης που εκπέμπει ένα αυτοκίνητο στο περιβάλλον προέρχεται από την εξάτμιση. Οι κύριοι ρύποι που θα εξέλθουν από τις μηχανές εσωτερικής καύσης είναι:

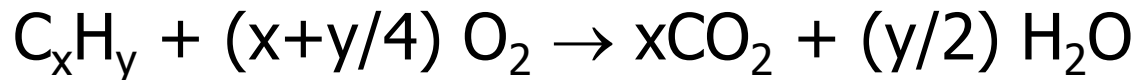
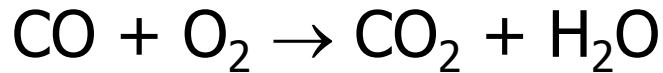
- **CO**
- **NO_x**
- **VOCs**

ο **Καταλυτικός μετατροπέας** είναι μια συσκευή στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων και σκοπό έχει την μετατροπή των εκπεμπόμενων ρύπων σε αβλαβή για την ατμόσφαιρα καυσαέρια, όπως H_2O και CO_2

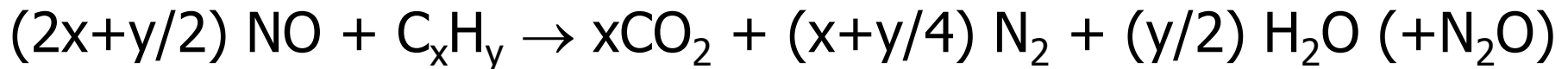
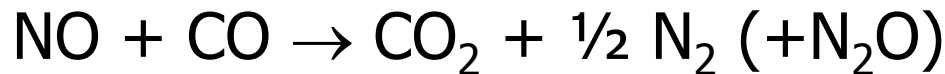
■ Καταλυτικός Μετατροπέας

ο Οι κυριότερες αντιδράσεις καταστροφής ρύπων που επιτελούνται σε ένα καταλυτικό μετατροπέα είναι οι ακόλουθες:

i. Αντιδράσεις Οξειδωσης



ii. Αντιδράσεις Αναγωγής των NOx



ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Καταλυτικός Μετατροπέας

- Η ιστορία των καταλυτικών μετατροπέων είναι πρόσφατη
 - Η πρώτη τους εμφάνιση έγινε στις ΗΠΑ (1974) μετά από μία, δια νόμου, απαίτηση της μείωσης των εκπομπών των υδρογονανθράκων και του CO στην Καλιφόρνια την δεκαετία του 1960
 - Η Ευρώπη άρχισε να εμπλέκεται στην παραγωγή και τη χρήση τους μόλις το 1984, ενώ στην Ελλάδα άρχισαν να παρουσιάζονται το 1987
- **Οξειδωτικοί καταλυτικοί μετατροπείς (διοδικοί)** που σκοπό έχουν την αντιμετώπιση κυρίως των CO και υδρογονανθράκων

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Καταλυτικός Μετατροπέας

□ **Καταλύτες διπλής κλίνης**, όπου ο οξειδωτικός καταλυτικός μετατροπέας συνδυάζεται με ένα αναγωγικό που “καλείται” να αντιμετωπίσει και τα οξείδια του αζώτου

□ **Τριοδική καταλυτική μετατροπή (TWC)**

▪ Μορφολογία Τριοδικού Καταλυτικού Μετατροπέα (TWC)

○ **Μεταλλικό εξωτερικό περίβλημα**

○ **Κεραμικός μονόλιθος**

• Ο μονόλιθος έχει κυψελοειδή μορφή με διαμήκη κανάλια (400 κανάλια/in²) μέσα από τα οποία διέρχονται τα καυσαέρια

• Το υλικό κατασκευής του μονόλιθου είναι κορδιερίτης, ένα ιδιαίτερα θερμοανθεκτικό υλικό, με σχεδόν μηδενικό συντελεστή θερμικής διαστολής

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Μορφολογία Τριοδικού Καταλυτικού Μετατροπέα

ο Ενδιάμεση επίστρωση (wash coat)

- Πάνω στον μονόλιθο υπάρχει μια επίστρωση σε ποσότητα 20% κβ, στην οποία είναι υποστηριγμένες οι καταλυτικά ενεργές φάσεις
- Ως ενδιάμεση επίστρωση επιλέγεται συνήθως η $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ υλικό που διαθέτει μεγάλη ειδική επιφάνεια
- Στο στρώμα της $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ είναι συχνή και η χρησιμοποίηση ενισχυτών (όπως π.χ., CeO_2 , BaO , La_2O_3 , NiO)

ο Καταλυτικά ενεργές φάσεις

- Ο τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας χρησιμοποιεί ως καταλυτικά ενεργές φάσεις τα μέταλλα: **Pt**, **Pd** και **Rh**

ο Λήπτης λάμδα (λ)

- Ηλεκτροχημικού τύπου, αισθητήρας οξυγόνου ο οποίος ελέγχει συνεχώς την συγκέντρωση του οξυγόνου στα καυσαέρια
- Με την βοήθεια ενός ηλεκτρονικού συστήματος γίνεται αυτόματη ρύθμιση στην αναλογία καυσίμου προς αέρα στο σύστημα τροφοδοσίας του κινητήρα (καρμπυρατέρ)

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Μορφολογία Τριοδικού Καταλυτικού Μετατροπέα (TWC)

- Χαρακτηριστικά και συνθήκες λειτουργίας ενός τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ	
ΦΟΡΕΑΣ	Μονόλιθος κορδιερίτη (~400 κανάλια/in ² , πάχος τοιχώματος ~0.15mm)
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ (wash coat)	γ-Al ₂ O ₃ (+πρόσθετα: CeO ₂ , BaO, La ₂ O ₃ , NiO)
ΕΝΕΡΓΕΣ ΦΑΣΕΙΣ	Pt, Rh, Pd: Pt/Rh=5/1: (1.25-1.5 g/l)
ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	0.45 kg/l
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	300-900°C
ΧΡΟΝΟΣ ΧΩΡΟΥ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ	100,000-200,000 hr ⁻¹
ΚΥΒΙΣΜΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ / ΟΓΚΟ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ	0.8-1.5
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	
ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΡΥΠΩΝ	Σε λ=0.99±0.06: HCs>80%, CO & NO>70%

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Τριοδική Καταλυτική Χημεία

□ **Λευκόχρυσος (Pt)**

- Ο **Pt** είναι έξοχος καταλύτης για την μετατροπή των CO και των υδρογονανθράκων
- Εμφανίζει ασήμαντη δραστικότητα και πολύ χαμηλή N_2/N_2O - *εκλεκτικότητα* για τις αντιδράσεις αναγωγής των NOx
- Είναι πολύ ανθεκτικότερος των άλλων δυο ευγενών μετάλλων σε δηλητηρίαση

□ **Παλλάδιο (Pd)**

- Το **Pd** είναι ένας καλός καταλύτης οξείδωσης του CO και ακόμα καλύτερος για την οξείδωση των υδρογονανθράκων
- Η αναγωγική του δράση δεν είναι τόσο άσχημη όσο του λευκόχρυσου
- Είναι το πιο φθινό μέταλλο σε σχέση με τα άλλα μέταλλα

■ Τριοδική Καταλυτική Χημεία

□ Ρόδιο (**Rh**)

- Είναι το συστατικό κλειδί για την διάσπαση των οξειδίων του αζώτου, εφόσον έχει την ικανότητα της σχεδόν ολοκληρωτικής διασπαστικής ρόφησης το NO
- Η N_2/N_2O -εκλεκτικότητα προσεγγίζει το 100%
- Είναι σπανιότερο (περίπου 1:15) των άλλων ευγενών μετάλλων (Pt, Pd) με αποτέλεσμα να είναι και σημαντικά ακριβότερο
- Η μείωση της χρήσης του θα ήταν πολύ επιθυμητή, εφόσον θα αποφεύγαμε την διατάραξη της φύσης

■ Τριοδική Καταλυτική Χημεία

➤ Άλλα Ευγενή Μέταλλα

□ Ιρίδιο (**Ir**)

- Πολύ καλός καταλύτης για την αναγωγή του **NO** σε **N₂** ιδιαίτερα σε οξειδωτικά περιβάλλοντα
- Η σπανιότητά του κάνει δύσκολη την χρήση του
- Σχηματίζει με ευκολία πτητικά οξείδια που γρήγορα θα οδηγήσουν στην εξαφάνισή του από τον μετατροπέα

□ Ρουθήνιο (**Ru**)

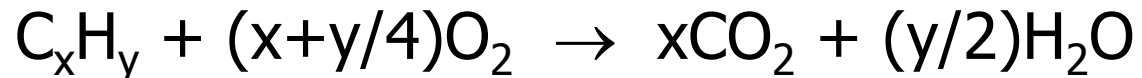
- Πολύ καλός καταλύτης αναγωγής του **NO** προς **N₂**, αλλά κυρίως σε αναγωγικά περιβάλλοντα που δεν είναι επιθυμητά σε ένα καταλυτικό μετατροπέα
- Σχηματίζει πτητικά οξείδια του ρουθηνίου που κάνουν τον χρόνο παραμονής του στον μετατροπέα σύντομο

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Ρύθμιση των Τριοδικών Καταλυτικών Μετατροπών

ο Η εγκατάσταση του **TWC** στο αυτοκίνητο συνοδεύεται από ένα ειδικό κλειστό σύστημα ελέγχου που απαρτίζεται από τον *λήπτη λάμδα* (λ) και ένα ηλεκτρονικό σύστημα όπου ρυθμίζεται συνεχώς ο λόγος **αέρα/καυσίμου** (**A/F**) στον κινητήρα

ο Το σύστημα διατηρεί στον κινητήρα την ανάμιξη αέρα-καυσίμου σε *στοιχειομετρική αναλογία* με βάση την αντίδραση τέλει καύσης ενός υδρογονάνθρακα C_xH_y



ο Για τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στην πράξη, ο στοιχειομετρικός λόγος **A/F** είναι περίπου ίσος με **14.7** (π.χ. C_7H_{13} ή C_7H_{14})

ο **Δείκτης λ** (ή **λόγος ισοδυναμίας λ**) = το πηλίκο της πραγματικής προς την *στοιχειομετρική* αναλογία αέρα-καυσίμου

$$\lambda = \frac{A/F}{(A/F)_{stoic.}}$$

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Ρύθμιση των Τριοδικών Καταλυτικών Μετατροπών

- ο Για $\lambda > 1$ το μίγμα χαρακτηρίζεται *φτωχό* σε καύσιμο
- ο Για $\lambda < 1$ το μίγμα χαρακτηρίζεται *πλούσιο* σε καύσιμο

Η περιοχή βέλτιστης λειτουργίας ονομάζεται *παράθυρο λ*

- ο Ο **λήπτης λ** στην είσοδο του καταλυτικού μετατροπέα, ανιχνεύει το O_2 , και σε κάθε απόκλιση από την *στοιχειομετρική αναλογία* ($\lambda=1$) ενεργοποιεί αυτόματα μια μεταβολή στην ανάμιξη αέρα-καυσίμου στο σύστημα τροφοδοσίας του κινητήρα

▪ Ρύθμιση των Τριοδικών Καταλυτικών Μετατροπών

ο Η λειτουργικότητα των καταλυτικών μετατροπών συνηθίζεται να παρουσιάζεται σε **διαγράμματα θερμοκρασίας έναυσης**

□ **Θερμοκρασία έναυσης:**

Η θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε 50% μετατροπή του ρύπου. Όσο καλύτερος είναι ένας καταλυτικός μετατροπέας, τόσο χαμηλότερη θα είναι η τιμή των θερμοκρασιών έναυσης που επιτυγχάνει

■ Απενεργοποίηση των Καταλυτικών Μετατροπέων

□ Η απόδοση ενός καταλυτικού μετατροπέα υποβαθμίζεται με τον χρόνο για δύο κυρίως λόγους

1. Εξαιτίας της σταδιακής απενεργοποίησης των δραστικών μετάλλων

- Η δηλητηρίαση οφείλεται στην κατασταλτική δράση ορισμένων στοιχείων που υπάρχουν στα καύσιμα όπως ο P, ο Pb, το S, το Mn, ο C, κτλ.

- Ο P περιέχεται σε μικρές ποσότητες στα καύσιμα (~ 0.002-0.1 mg/l), αλλά παράγεται και από την κατανάλωση των λαδιών της μηχανής

- Η αμόλυβδη βενζίνη περιέχει Pb σε μικρές ποσότητες (~ 1 mg/l)

- Τα καυσαέρια περιέχουν περίπου 20 ppm θείο υπό μορφή SO₂

- Το μαγγάνιο είναι πρόσθετο της βενζίνης με σκοπό την βελτίωση των αντικροτικών (anti- knock) ιδιοτήτων της

▪ Απενεργοποίηση των Καταλυτικών Μετατροπών

2. Εξαιτίας της θερμικής γήρανσης

- Η λειτουργία ενός TWC σε υψηλές θερμοκρασίες προκαλεί σοβαρή υποβάθμιση της απόδοσής του
- Οι υψηλές θερμοκρασίες ευνοούν την συσσωμάτωση των κρυσταλλινών των ευγενών μετάλλων και έτσι την ελάττωση της ενεργής επιφάνειας του καταλύτη
- Ευνοείται και μια κραματοποίηση του Rh με το Pd, όπου το προκύπτον κράμα εμφανίζει σημαντικά μειωμένη δραστικότητα και εκλεκτικότητα στις σχετικές αντιδράσεις

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Σύγχρονες Τάσεις Έρευνας στην Περιβαλλοντική Κατάλυση

□ Η επιστήμη της Περιβαλλοντικής κατάλυσης δραστηριοποιείται με ενδιαφέρον στην ανάπτυξη νέων καταλυτικών συστημάτων που θα έχουν ενισχυμένη απόδοση και εκλεκτικότητα

□ Οι προσπάθειες εντοπίζονται κυρίως στις παρακάτω κατευθύνσεις:

- Στην ενίσχυση των καταλυτικών ιδιοτήτων των ευγενών μετάλλων, σε αντιδράσεις που λαμβάνουν μέρος στον καταλυτικό μετατροπέα, με την χρήση ενεργών φορέων
- Στην ενίσχυση των καταλυτικών ιδιοτήτων των ευγενών μετάλλων, με την χρήση προωθητών
- Χρήση προσθέτων ουσιών στο wash coat (*ντοπάρισμα φορέα*) που επαυξάνουν την ενεργότητα, αντοχή και εκλεκτικότητα των ευγενών μετάλλων
- Ανεύρεση εντελώς νέων καταλυτών



ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Σύγχρονες Τάσεις Έρευνας στην Περιβαλλοντική Κατάλυση

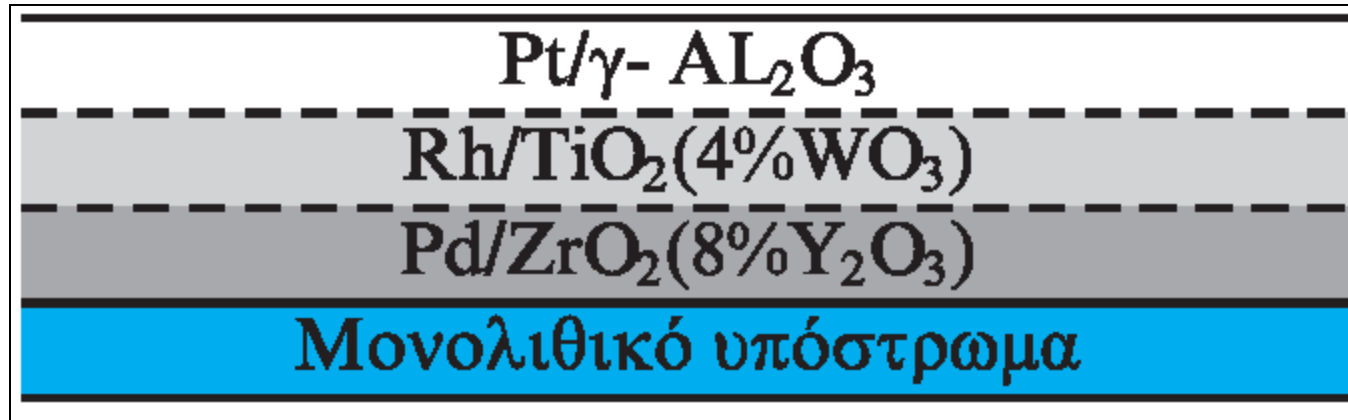
□ Η έρευνα στην ανάπτυξη νέων καταλυτικών συστημάτων είχε μερικά σπουδαία αποτελέσματα όπως:

- Οι φορείς (carriers, supports) που χρησιμοποιούνται στην ετερογενή κατάλυση για την διασπορά των ενεργών φάσεων των καταλυτών αλληλεπιδρούν με αυτούς (αλλαγές στην ενεργότητα, εκλεκτικότητα)
- Σε μία μελέτη της επίδρασης διαφόρων κοινών φορέων επί των καταλυτικών ιδιοτήτων των μετάλλων Pt, Pd και Rh, παρατηρήθηκαν έντονες επαυξήσεις των ρυθμών και της εκλεκτικότητας από ορισμένους φορείς
- Σχεδιάστηκε ένας Προηγμένης Τεχνολογίας Καταλυτικός Μετατροπέας Αυτοκινήτων (ΠΤ-ΚΜΑ) που είναι σημαντικά φθηνότερος και αποτελεσματικότερος των εμπορικών

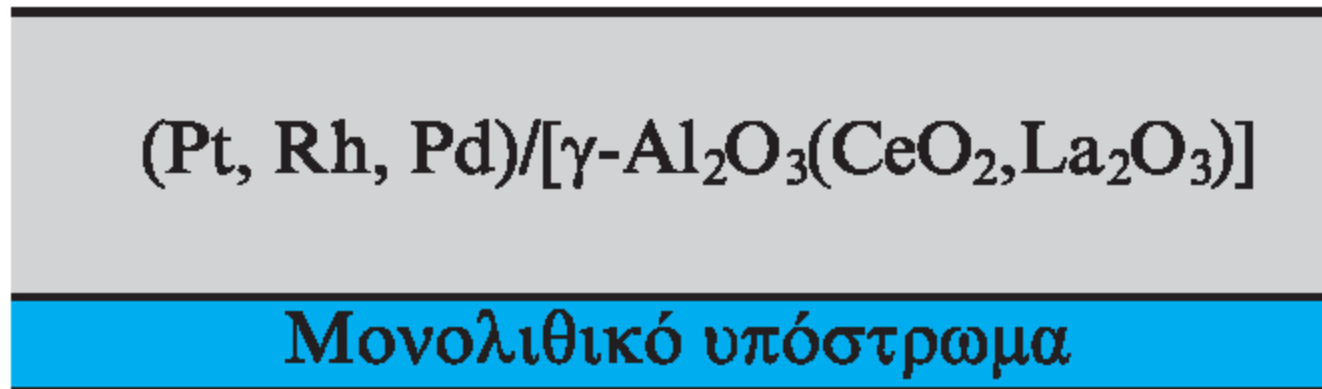
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

- Σύγχρονες Τάσεις Έρευνας στην Περιβαλλοντική Κατάλυση

Προηγμένης τεχνολογίας TWC εγχώριας τεχνολογίας



Εμπορικός καταλυτικός μετατροπέας αυτοκινήτων



ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Σύγχρονες Τάσεις Έρευνας στην Περιβαλλοντική Κατάλυση

➤ Αιτία των ενισχύσεων των καταλυτικών ιδιοτήτων των μετάλλων Pt, Pd και Rh είναι το καλά γνωστό στον τομέα της κατάλυσης φαινόμενο

MSI και **DIMSI**

➤ Η τοποθέτηση του ενεργού στρώματος Pt/ γ -Al₂O₃ στην εξώτατη στοιβάδα προστατεύει τα ευαίσθητα σε δηλητηρίαση μέταλλα Rh και Pd που αποτελούν τα κατώτερα στρώματα στον ΠΤ-ΚΜΑ

➤ Ο καταλυτικός μετατροπέας του εμπορίου υφίσταται με την χρήση του μια σημαντική πτώση ενεργότητας οφειλόμενη σε σύντηξη των ενεργών φάσεων των μετάλλων που βρίσκονται σε επαφή

➤ Ο ΠΤ-ΚΜΑ δεν υπόκειται σε τέτοια φαινόμενα εφόσον τα ευγενή μέταλλα βρίσκονται σε σαφώς διαχωρισμένα στρώματα

▪ Σύγχρονες Τάσεις Έρευνας στην Περιβαλλοντική Κατάλυση

- Η ενίσχυση (>10 φορές) των καταλυτικών ιδιοτήτων των μετάλλων Pt, Pd και Rh από τους ενεργούς φορείς στους οποίους υποστηρίζονται, επιτρέπει την σημαντική μείωση του φορτίου τους
- Ο ΠΤ-ΚΜΑ έχει μια καινοτομία στον σχεδιασμό του. Το μεταλλικό κάνιστρο που τοποθετείται είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται με ευκολία η αντικατάσταση του περιεχομένου του

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Εναλλακτικές Λύσεις για Κινητήριες Πηγές Ρύπανσης

➤ **Κινητήρες Lean-burn**

- Τροποποιημένη μηχανή εσωτερικής καύσης που διαθέτει ελεγχόμενη ανάφλεξη του καυσίμου σε συνθήκες φτωχές σε καύσιμο (lean-burn)
 - Οι κινητήρες έχουν μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση ανά ποσότητα χρησιμοποιούμενης βενζίνης
 - Μειωμένη εκπομπή CO και άκαυστων υδρογονανθράκων
 - Τα επίπεδα των εκπεμπόμενων NOx εμφανίζονται αρκετά υψηλά

➤ **Ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα**

- Συστήματα μεταφοράς που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια για κινητήρια δύναμη
- Η τεχνολογία βασίζεται στην χρήση κελιών καυσίμου ή συσσωρευτών ηλεκτρικής ενέργειας
- Η μαζική παραγωγή αυτού του αυτοκινήτου προβλέπεται πέραν του 2015

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Έλεγχος Στατικών Πηγών

➤ Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων

- Η απορρόφηση με υγρά
- Η προσρόφηση με στερεούς προσροφητές
- Η συμπύκνωση
- Η χημική μετατροπή με καυστήρες ή καταλυτικά φίλτρα (μετατροπείς)

➤ Συσκευές απορρόφησης

ο Η απορρόφηση των ρύπων επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ένα επιλεγμένο υγρό έκπλυσης σε πύργους απορρόφησης με πληρωτικά υλικά ή με βαθμίδες ισορροπίας

ο Οι ρύποι που ελέγχονται με απορρόφηση είναι το SO_2 , το H_2S , το HCl , το Cl_2 , η NH_3 , σε μερικές περιπτώσεις τα NOx , καθώς και οι υδρογονάνθρακες χαμηλού σημείου βρασμού

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Έλεγχος Στατικών Πηγών

□ Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων

➤ Συσκευές απορρόφησης

○ Το υγρό έκπλυσης πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Η διαλυτότητα του αερίου στον υγρό διαλύτη πρέπει να είναι υψηλή έτσι ώστε να απαιτούνται λογικές ποσότητες διαλύτη
- Ο διαλύτης πρέπει να έχει χαμηλή τάση ατμών για να μην υπάρχουν απώλειες
- Μη διαβρωτικός
- Φθηνός
- Μη τοξικός
- Μη εύφλεκτος
- Χημικά σταθερός
- Χαμηλό σημείο πήξης

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Έλεγχος Στατικών Πηγών

▣ Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων

➤ Συσκευές απορρόφησης

ο Παραδείγματα απορροφητών:

- Το **νερό** (H_2O) είναι ο πιο γνωστός διαλύτης που χρησιμοποιείται σε συσκευές απορρόφησης σε συνδυασμό με ένα οξύ ή μία βάση
- Για την κατακράτηση CO_2 χρησιμοποιείται υδατικό διάλυμα **$Ca(OH)_2$**
- Το SO_2 είναι εύκολα διαλυτό σε διαλύματα που περιέχουν **αμμωνία** ή **αμίνες**
- Τα χλώριο (Cl_2), υδροχλώριο (HCl), υδροφθόριο (HF), είναι ευδιάλυτα σε **νερό**
- Οι ατμοί ελαφρών υδρογονανθράκων απορροφούνται υπό πίεση σε **υγρή βενζίνη** και **ανακτώνται**

▪ Έλεγχος Στατικών Πηγών

□ Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων

➤ Συσκευές προσρόφησης

ο Η προσρόφηση αερίων γίνεται όταν αυτά έχουν διάθεση εκλεκτικής ρόφησης στην επιφάνεια πορωδών στερεών

ο **Η διεργασία μπορεί να διαχωριστεί σε:**

- Φυσική ρόφηση (επιφανειακό φαινόμενο μοριακών δυνάμεων)
- Χημειορόφηση (επιφανειακή χημική αντίδραση)

ο Τα στερεά υλικά που χρησιμοποιούνται ως προσροφητές είναι πολύ πορώδη με εξαιρετικά μεγάλους λόγους επιφάνειας προς βάρος (100-2000 m₂/gr)

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

- Έλεγχος Στατικών Πηγών
 - ▣ Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων
 - Συσκευές προσρόφησης
 - Παραδείγματα προσροφητών:
 - **Ενεργοί άνθρακες** (600-2000 m²/gr): κατάλληλοι για την απομάκρυνση ελαφρών υδρογονανθράκων
 - **γ-Al₂O₃** (100-200 m²/gr)
 - **Σίλικα SiO₂** (200-600 m²/gr): πολικό υλικό με άριστη συμπεριφορά στην προσρόφηση πολικών αερίων (είναι χαρακτηριστική η χρήση της στην κατακράτηση υδρατμών)
 - **Ορισμένοι τύποι ζεόλιθων**: προσροφούν εκλεκτικά το CO₂ και υδρογονάνθρακες, κτλ.

■ Έλεγχος Στατικών Πηγών

□ Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων

➤ Συμπυκνωτές

○ Ο πιο επιθυμητός τρόπος ελέγχου εκροών ατμών πτητικών ουσιών μπορεί να γίνει με συμπύκνωση

○ **Οι λόγοι που τους χρησιμοποιούνται είναι:**

- Η ανάκτηση πολύτιμων οικονομικά προϊόντων
- Η απομάκρυνση συστατικών που μπορεί να είναι διαβρωτικά και να καταστρέφουν τα άλλα μέρη του συστήματος
- Η ελάττωση του όγκου των αερίων εκροής

- Έλεγχος Στατικών Πηγών
 - Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων
 - **Χημική μετατροπή ρύπων σε μη ρυπογόνα υλικά**
 - Η Μέθοδος όπου ένας ρύπος μπορεί μέσω κάποιας χημικής αντίδρασης να μετατραπεί σε μη-τοξικό συστατικό (π.χ. καταστροφή των NOx βιομηχανικών εκπομπών γίνεται σε καταλυτικά φίλτρα μέσω της αντίδρασης των NOx με αμμωνία για μετατροπή και των δυο σε αβλαβές N₂)
 - Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την χημική μετατροπή ρύπων είναι δύο γενικών τύπων
 - Καταλυτικά φίλτρα, όπου τα αέρια οξειδώνονται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από το σημείο αυτανάφλεξης

■ Έλεγχος Στατικών Πηγών

□ Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων

➤ Χημική μετατροπή ρύπων σε μη ρυπογόνα υλικά

- Οι καυστήρες βρίσκουν εφαρμογή στον έλεγχο αερολυμάτων ατμών και οσμών
- Τα καταλυτικά φίλτρα χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία για τον έλεγχο των ατμών διαλυτών και των εκπομπών οργανικών ατμών από βιομηχανικούς φούρνους
- Πλεονέκτημα των καταλυτικών φίλτρων είναι η χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας τους (περίπου 300-500°C), κάτι που έχει θετικές οικονομικές επιπτώσεις
- Μειονέκτημα είναι το συχνά υψηλό κόστος του καταλύτη

- Έλεγχος Στατικών Πηγών

- Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων

- **Χημική μετατροπή ρύπων σε μη ρυπογόνα υλικά**

- Μεταβλητές που επηρεάζουν την απόδοση των καταλυτικών φίλτρων

- Απώλεια δραστηριότητας εξαιτίας *δηλητηρίασης* του καταλύτη
- Οι ταχύτητες ροής των αερίων
- Η έκταση της δραστηρικής επιφάνειας του καταλύτη
- Η θερμοκρασία προθέρμανσης

■ Έλεγχος Στατικών Πηγών

- Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων

Σύγκριση βιομηχανικών συστημάτων απομάκρυνσης αερίων ρύπων

Σύστημα	Κόστος εγκατάστασης (\$ / m ³)	Ετήσιο κόστος λειτουργίας (\$ / m ³)
Συμπυκνωτήρας	28.00	14.00
Απορροφητής	10.40	28.00
Εκπλυτής (για την κατακράτηση σωματιδίων)	9.80	14.00
Καυστήρας	8.20	8.40+καύσιμο
Καταλυτικό φίλτρο	11.60	28.00+καύσιμο

■ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

- Μετατροπή της βιομηχανικής διεργασίας σε μια λιγότερο ρυπαντική διεργασία ή ριζική τροποποίησή της υπάρχουσας σε διεργασία χαμηλότερων εκπομπών ρύπων μέσω αλλαγών στη λειτουργία της
- Αλλαγή του καυσίμου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας από την βιομηχανία με καύσιμο το οποίο θα δίνει τα επιθυμητά επίπεδα εκπομπών
- Εγκατάσταση εξοπλισμού ελέγχου

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ Βιομηχανίες παραγωγής θερμότητας, ηλεκτρικής ισχύος & αποτέφρωσης

ο Οι καύσεις παράγουν εκπομπές σε υψηλές θερμοκρασίες και δημιουργούν ρύπανση από ιπτάμενη τέφρα

ο Ο λόγος της απαιτούμενης ενέργειας για να ελεγχθεί η μόλυνση, προς την ολική ενέργεια που παράγεται, αποτελεί σημαντικό παράγοντα επιλογής του συστήματος ελέγχου

ο Υπάρχουν δυο τύποι στάσιμων συστημάτων παραγωγής ενέργειας

- Θέρμανση οικιακών και εμπορικών χώρων
- Βιομηχανική παραγωγή ατμού

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ Βιομηχανίες παραγωγής θερμότητας, ηλεκτρικής ισχύος & αποτέφρωσης

ο Το SO_2 είναι ένας βασικός ρύπος που παράγουν οι προαναφερόμενες διεργασίες. Η μείωση του σε επιθυμητά επίπεδα εκπομπής επιτυγχάνεται με την χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο

Μέθοδος	Παρατηρήσεις
Με ασβεστόλιθο ή άσβεστο (ξηρό)	Ψημένος (ασβεστοποιημένος) ασβεστόλιθος αντιδρά με SO_x . Απομάκρυνση με ξηρό σύστημα ελέγχου σωματιδίων
Με ασβεστόλιθο ή άσβεστο (υγρό)	Ο ψημένος ασβεστόλιθος αντιδρά με SO_x που απομακρύνονται εν συνέχεια με υγρούς εκπλυτές
Με ανθρακικό νάτριο	Το ανθρακικό νάτριο αντιδρά με SO_x σε ξηρό σύστημα προς σουλφίδιο του νατρίου (Na_2S) και CO_2 . Το Na_2S απομακρύνεται με σακόφιλτρα.
Επεξεργασία με κιτρικά	Κιτρικό προστίθεται σε εκπλυτή νερού για να ενισχύσει την διάλυση του SO_2 στο νερό. Στην συνέχεια απομακρύνεται S από το διάλυμα του κιτρικού.
Προσρόφηση από CuO	Τα οξείδια του θείου αντιδρούν με CuO προς Cu_2S . Μετά γίνεται απομάκρυνση με φίλτρα κατακράτησης σωματιδίων Cu_2S
Έκπλυση με καυστικά	Τα καυστικά εξουδετερώνουν τα SO_x . Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται σε μικρές διεργασίες

▪ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ Βιομηχανίες παραγωγής θερμότητας, ηλεκτρικής ισχύος & αποτέφρωσης

- ο Πολλά εμπορικά συστήματα χρησιμοποιούν οξείδιο του ασβεστίου, οξείδιο του μαγνησίου ή διαλύματα πηλού ή γύψου σε υδροξείδιο του νατρίου για την απομάκρυνση του SO_2
- ο Η ξηρά απομάκρυνση του SO_2 επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τα ίδια χημικά με αυτά των υγρών διαδικασιών, απομακρύνοντας τα διεσπαρμένα οξείδια με ένα φίλτρο *κλασικού* τύπου ή ένα ηλεκτροστατικό φίλτρο (ESP)
- ο Ο έλεγχος των NO_x επιτυγχάνεται με καταλύτες ή απορροφητές
- ο Στην αποτέφρωση η κύρια διεργασία είναι η καύση με οξυγόνο

▪ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ Βιομηχανίες παραγωγής θερμότητας, ηλεκτρικής ισχύος & αποτέφρωσης

- Ένας κλίβανος αποτέφρωσης απορριμμάτων λειτουργεί με καύσιμο ποικίλης και περιοδικά μεταβαλλόμενης χημικής σύστασης, υγρασίας, φυσικών ιδιοτήτων και *θερμικής αξίας*
- Οι αέριοι ρύποι από τους κλίβανους απορριμμάτων αποτελούνται από μικροσωματίδια, εύφλεκτα αέρια όπως CO, VOCs, ΠΑΥ και μη εύφλεκτα αέρια όπως NO_x, SO_x και υδροχλώριο
- Τα οξειδία του αζώτου σχηματίζονται με δύο μηχανισμούς
 - Θερμικά NO_x, όταν ατμοσφαιρικό οξυγόνο και άζωτο ενώνονται στην υψηλή θερμοκρασία του φούρνου
 - Καύσιμα NO_x, όταν καίγονται αζωτούχες οργανικές ενώσεις

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ Βιομηχανίες παραγωγής θερμότητας, ηλεκτρικής ισχύος & αποτέφρωσης

ο Οι εκπομπές HCl είναι υψηλές λόγω των μεγάλων συνήθως ποσοτήτων αλογονομένων πολυμερών στα απορρίμματα π.χ. PVC.

ο Οι εκπομπές ΠΑΥ σχετίζονται άμεσα με τον βαθμό ελέγχου της καύσης

ο Τα σύστημα ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μιας διεργασίας αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων αποτελείται:

- Συσκευή απορρόφησης (έκπλυσης)
- Ένα πολλαπλό κυκλώνα μικρής διαμέτρου ή
- Ένα ηλεκτροστατικό φίλτρο (ESPs)

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ Χημικές & Μεταλλουργικές Βιομηχανίες

□ Βιομηχανίες Ανόργανων Χημικών Ενώσεων ⇒

- Οξέα π.χ. HCl , HF , HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4

Οξύ	Διεργασία παραγωγής	Εκπομπές ρύπων	Μέθοδοι ελέγχου που χρησιμοποιούνται
Υδροχλώριο	Ως παραπροϊόν της χλωρίωσης οργανικών, Από αλάτι, Συνθετικό HCl	HCl	Απορρόφηση
Υδροφθόριο	$\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$	SiF_4 , HF	Έκπλυση με καυστικά
Νιτρικό	Από καταλυτική οξείδωση της NH_3	NO, NO ₂ , N ₂ O ₄	Καταλυτικά φίλτρα, προσρόφηση, απορρόφηση
Φωσφορικό	Από στοιχειακό φώσφορο	Σωματιδιακή ύλη, Ενώσεις φθορίου	σακόφιλτρα
	Θερμική διεργασία	H_3PO_4 , H_2S	Έκπλυση με αλκαλικά
	Υγρή διεργασία	SiF_4 , HF	Έκπλυση
	Υπερφωσφορικά	Ενώσεις φθορίου	Έκπλυση
Θειικό	Με την μέθοδο <i>Επαφής</i>	SO ₂ , όξινη ομίχλη	Ηλεκτροστατικά φίλτρα

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ Χημικές & Μεταλλουργικές Βιομηχανίες

□ Βιομηχανίες Ανόργανων Χημικών Ενώσεων ⇒

- Βάσεις π.χ. Ca(OH)_2 , Na_2CO_3 , NaOH

Βάση	Διεργασία παραγωγής	Εκπομπές ρύπων	Μέθοδοι ελέγχου που χρησιμοποιούνται
CaO	Περιστροφόμενοι ξηραντήρες, Κάθετοι, αξονικοί ξηραντήρες, Φούρνοι ρευστοστερεάς κλίνης	Σωματιδιακή ύλη	Κυκλώνες, σακόφιλτρα, ESPs, εκπλυτές, κτλ
Na_2CO_3	Μέθοδος Solvay	Σωματιδιακή ύλη	Έκπλυση
NaOH	Ηλεκτρολυτικά	Χλωριούχος υδράργυρος	Έκπλυση με αλκαλικά, Καταλυτικά φίλτρα, προσρόφηση

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ Χημικές & Μεταλλουργικές Βιομηχανίες

□ Βιομηχανίες Ανόργανων Χημικών Ενώσεων ⇒

- **Λιπάσματα:** Η προεργασία των φωσφορικών ορυκτών παράγει σωματιδιακούς ρύπους κατά την διάρκεια της ξήρανσης, του αλέσματος, και της μεταφοράς του μεταλλεύματος

Διεργασία	Εκπομπές ρύπων	Μέθοδοι ελέγχου που χρησιμοποιούνται
Υπερφωσφορικά	SiF ₄ , HF	κυκλώνες
	Σωματιδιακή ύλη	έκπλυση ή σακόφιλτρα
Διαμμωνιακά φωσφορικά	F ₂ , NH ₃	κυκλώνες με 30% φωσφορικό οξύ
	σωματιδιακή ύλη	κυκλώνας ακολουθούμενος από φίλτρα
Τριπλά υπερφωσφορικά	SiF ₄ , HF	κυκλώνες
Τριπλά υπερφωσφορικά κοκκώδη	SiF ₄ , HF, σωματιδιακή ύλη	πολλαπλά φίλτρα

▪ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ Χημικές & Μεταλλουργικές Βιομηχανίες

□ Βιομηχανίες Ανόργανων Χημικών Ενώσεων ⇒

- Χλώριο (Cl) & Βρώμιο (Br): εκπομπή Cl στην ατμόσφαιρα από διάφορα σημεία της διεργασίας. Η επεξεργασία γίνεται με **αλκαλικά διαλύματα**

- ο Η συγκεκριμένη βιομηχανία εκπέμπει και υδράργυρο (Hg). Οι τεχνικές ελέγχου του Hg περιλαμβάνουν

1. Συμπύκνωση
2. χημικό καθαρισμό
3. προσρόφηση με ενεργό άνθρακα

- ο Το βρώμιο (Br) εξάγεται από την επεξεργασία με ατμό των φυσικών ορυκτών αλάτων

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ Χημικές & Μεταλλουργικές Βιομηχανίες

□ Βιομηχανίες Οργανικών (Πετροχημικών) Διεργασιών ⇒

Πετροχημική διεργασία	Εκπομπές ρύπων	Μέθοδοι ελέγχου
Αιθυλενοξειδίου	Αιθάνιο, αιθυλένιο, αιθυλενοξείδιο	Καταλυτικό φίλτρο (μετατροπέας)
Φορμαλδεΰδης	Φορμαλδεΰδη, μεθανόλη, CO, διμεθυλαιθέρας	Έκπλυση για φορμαλδεΰδη και μεθανόλη, καυστήρας για αέρια εξόδου
Φθαλικού ανυδρίτη	Οργανικά οξέα και ανυδρίτες, SO ₂ , CO, σωματιδιακή ύλη	Κυκλώνες και συμπιεσμένα φίλτρα
Ακρυλονιτριλίου	CO, προπυλένιο, προπάνιο, υδροκυάνιο, ακρυλονιτρίλιο, ακετονιτρίλιο, NO _x	Καυστήρες και καταλυτικά φίλτρα
Επεξεργασίας άνθρακα	H ₂ , CO, H ₂ S, SO ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₂	Καυστήρας (όχι έλεγχος SO ₂)
	Σωματιδιακή ύλη (άνθρακας)	Σακόφιλτρα
Διχλωρο-αιθυλενίου	CO, CH ₄ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ Cl ₂ , αρωματικοί διαλύτες	Καυστήρας ακολουθούμενος από έκπλυση με καυστικά για το υδροχλωρικό οξύ που θα παραχθεί από την καύση

■ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ **Μεταλλουργικές Βιομηχανίες**

□ Μη-σιδηρούχες μεταλλουργικές διεργασίες

• Αλουμίνιο

ο Οι εκπομπές από μονάδες αναγωγής αλουμίνας προέρχονται κύρια από τα συστήματα εξαερισμού που έχουν εγκατασταθεί για τον έλεγχο των εκπομπών των ηλεκτρολυτικών κελιών

ο Το **φθόριο (F)** που εκπέμπεται είναι κατά 90% περίπου σε μορφή υδροφθορίου (HF)

ο Άλλες αέριες εκπομπές είναι: SO_2 , CO_2 , CO , NO_2 , H_2S , COS , CS_2 , SF_6 , και διάφοροι αέριοι **φθοράνθρακες**

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

■ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ **Μεταλλουργικές Βιομηχανίες**

□ Μη-σιδηρούχες μεταλλουργικές διεργασίες

• Βηρύλλιο (Be)

ο Το Be εξάγεται από το ορυκτό στην μορφή του υδροξειδίου του βηρυλλίου. Μερικά από τα προϊόντα είναι αρκετά τοξικά. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των εκπομπών είναι εκπλύσεις, κυκλώνες και σακόφιλτρα

• Χαλκός (Cu)

ο Ο χαλκός Cu παράγεται από σουλφίδια χρησιμοποιώντας πυρομεταλλουργικές διεργασίες. Οι εκπομπές SO₂ αυτής της βιομηχανίας είναι μεγάλες

ο Για την απομάκρυνση της σκόνης και του καπνού χρησιμοποιούνται βαρυτικοί συλλέκτες, κυκλώνες, και ηλεκτροστατικά φίλτρα (ESPs)

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ **Μεταλλουργικές Βιομηχανίες**

□ Μη-σιδηρούχες μεταλλουργικές διεργασίες

• Παραγωγή Μολύβδου (Pb)

ο Η προ-επεξεργασία των ορυκτών που περιέχουν Pb είναι παρόμοια με αυτή των ορυκτών του χαλκού. Εκπομπές από τις διεργασίες αυτές σχετίζονται με σκόνες, ατμούς και ιχνοστοιχεία

<i>Διεργασία</i>	<i>Εκπομπή (gm SO₂ ανά kg μολύβδου)</i>
Σύντηξη	575-1075
Υψικάμινος	2.5-5
Φούρνος θερμαινόμενης οροφής	2.5-5

▪ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ **Μεταλλουργικές Βιομηχανίες**

□ Μη-σιδηρούχες μεταλλουργικές διεργασίες

• Υδράργυρος (Hg)

ο Ο Hg παράγεται από επεξεργασία του σουλφιδίου του υδραργύρου. Το σουλφίδιο του υδραργύρου αποσυντίθεται θερμικά για να παραχθεί στοιχειώδης Hg και SO₂

ο Τα καυσαέρια καθαρίζονται αφού περάσουν μέσα από **κυκλώνες**, και ο Hg συμπυκνώνεται. Το SO₂ απομακρύνεται πριν τα εξερχόμενα αέρια αφεθούν στην ατμόσφαιρα.

ο Όποιοι ατμοί Hg διαφύγουν των παραπάνω διαδικασιών, συλλέγονται και αφού ψηχθούν ανακτώνται με ένα **σακόφιλτρο** ή ένα **ESP**

▪ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ **Μεταλλουργικές Βιομηχανίες**

□ Μη-σιδηρούχες μεταλλουργικές διεργασίες

• Ψευδάργυρος (Zn)

ο Ο Zn βρίσκεται ως ZnS σε ορυκτά σφαιερίτη. Οι κύριοι ρύποι της διεργασίας είναι σκόνες, **καπνοί** και **SO₂**. Οι **σωματιδιακές** εκπομπές από διεργασίες ψευδαργύρου αντιμετωπίζονται με **σακόφιλτρα** ή **ESPs**

• Σιδηρούχες Μεταλλουργικές Διεργασίες

ο Εκπέμπονται από:

- Εργοστάσια χάλυβα που παράγουν φύλλα ή σχηματοποιημένους χάλυβες
- Χυτήρια που παράγουν σίδηρο ή χάλυβα σε καλούπια

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ

▪ Βασικές Βιομηχανικές Διεργασίες - Ρύπανση & αντιμετώπιση της

➤ **Μεταλλουργικές Βιομηχανίες**

□ Μη-σιδηρούχες μεταλλουργικές διεργασίες

• Σιδηρούχες Μεταλλουργικές Διεργασίες

ο Οι εκπομπές της διεργασίας παραγωγής **σιδήρου** επεξεργάζονται με **εκπλύσεις, κυκλώνες, ESP, και άλλα φίλτρα**

ο Η διεργασία παραγωγής χάλυβα σχετίζεται με παραγωγή **σωματιδιακών ρύπων** (**σίδηρος** ή **οξείδιο του σιδήρου**). Ο έλεγχος της **σωματιδιακής ύλης** επιτελείται συνήθως με **ESPs**. Μικρές μόνο ποσότητες **SO₂** εκπέμπονται από τη διεργασία

ο Προσμίξεις όπως, **Ni, Cr, Mn** και άλλα μέταλλα προστιθέμενα στον χάλυβα αυξάνουν την αντίσταση στη διάβρωση, την σκληρότητα και την αντοχή του. Κατά την παραγωγή τέτοιων κραμάτων εκπέμπονται άφθονες ποσότητες **SO₂, CO, σωματιδιακής ύλης,** και ατμών των μετάλλων και των οξειδίων τους

**«Το υλικό της παρουσίασης
προέρχεται από τις
πανεπιστημιακές παραδόσεις
της καθηγήτριας Α. Φωτιάδη».**

