

ΣΥ.ΔΙ.ΑΠ. Συστήματα Διαχείρισης Απορριμμάτων
Αθανάσιος Βλάχος

**ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ
ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ**

Συντάκτης : Σεραφειμίδης Χρυσόστομος

1. ΧΡΗΣΗ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ

Το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα οχήματα εντοπίστηκε τα τελευταία 50 χρόνια. Έκτοτε αναζητήθηκαν λύσεις για τον περιορισμό των εκπεμπόμενων ρύπων. Η λύση που δόθηκε στο πρόβλημα ήταν η μετατροπή των ρύπων σε ουσίες λιγότερο επιβλαβείς με τη χρήση καταλυτών. Οι κυριότερες ουσίες που επιβαρύνουν το περιβάλλον προερχόμενες από την καύση του καυσίμου στα οχήματα είναι :

- Το μονοξειδίο του άνθρακα (CO)
- Ακαυστοι υδρογονάνθρακες (HxCy)
- Οξειδία του αζώτου (NO_x)
- Ενώσεις του μολύβδου
- Αιωρούμενα σωματίδια

Προκειμένου οι καταλύτες να λειτουργήσουν ομαλά θα πρέπει να τηρούνται κάποιες προϋποθέσεις. Το τροφοδοτούμενο καύσιμο στον κινητήρα των καταλυτικών αυτοκινήτων οφείλει να είναι απαλλαγμένο από προσμίξεις μολύβδου, καθώς ο μολύβδος δηλητηριάζει τον καταλύτη και οδηγεί σε αυξημένη συγκέντρωση ρύπων. Ακόμα η αντικατάσταση του καταλύτη κρίνεται επιβεβλημένη μετά την πάροδο το πολύ μιας δεκαετίας από την αρχική του τοποθέτηση, καθώς σε διαφορετική περίπτωση το καταλυτικό αυτοκίνητο ρυπαίνει περισσότερο από το συμβατικό.

2. ΜΕΤΑΛΛΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ

Στους καταλύτες περιέχονται διάφορα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου (Platinum Group Metals – PGM). Τα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου αποτελούν μια ομάδα έξι μεταλλικών στοιχείων :

- Λευκόχρυσος (Pt)
- Παλλάδιο (Pd)
- Ρόδιο (Rh)
- Ιρίδιο (Ir)
- Ρουθίνιο (Ru)
- Οσμιο (Os)

Από αυτά μόνο τα τρία πρώτα χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία παραγωγής καταλυτών αυτοκινήτων.

Σχεδόν το 90% των παγκοσμίων αποθεμάτων PGM βρίσκεται στη Νότια Αφρική. Η χώρα αυτή διαθέτει το 95% των παγκοσμίων αποθεμάτων λευκόχρυσου, το 80% του παλλαδίου και του 93% του ροδίου.

Η σπανιότητα των συγκεκριμένων μετάλλων, ο περιορισμός της παραγωγής τους σε ελάχιστες χώρες και τέλος η χρήση τους στη βιομηχανία παραγωγής καταλυτών, τα χαρακτηρίζει ως υλικά στρατηγικής σημασίας. Η τιμή του λευκόχρυσου κυμάνθηκε μεταξύ των 340-460 \$/oz (1 kg = 32.1057 troy ounces) κατά το χρονικό διάστημα 1991-1995 και του παλλαδίου το ίδιο διάστημα, μεταξύ 80 και 178 \$/oz. Η τιμή του παλλαδίου παρουσιάζει άνοδο, ενώ η τιμή του ροδίου παρουσίασε πτώση από ένα μέγιστο που πλησίαζε τα 3000 \$/oz στις αρχές της δεκαετίας στην ελάχιστη τιμή των 260 \$/oz στα τέλη του 1995. Η πτώση στην τιμή

του ροδίου οφείλεται στη δημιουργία αποθεμάτων από τους παραγωγούς καταλυτών, όμως η τιμή του αναμένεται να αυξηθεί, καθώς μειώνονται τα υπάρχοντα αποθέματα.

3. ΕΙΔΗ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ

A) Δυοδικοί καταλυτικοί μετατροπείς.

Αποτελούνται από το κέλυφος που είναι κατασκευασμένο από ανοξείδωτο ατσάλι με προσθήκη χρωμίου (10-12% κβ) και το καταλυτικό υλικό τοποθετημένο σε υπόστρωμα. Το κέλυφος περιβάλλεται από προστατευτικό περίβλημα θερμομονωτικού υλικού.

Ένας τυπικός δυοδικός καταλυτικός μετατροπέας περιέχει 1.6 g ευγενών μετάλλων, με λόγο Pt-Pd 5:2.

B) Τριοδικοί καταλυτικοί μετατροπείς.

Αποτελούνται από το κέλυφος, το οποίο κατασκευάζεται από ανοξείδωτο χαλυβοέλασμα για προστασία από τη σκουριά και το καταλυτικό υλικό, είτε σε μορφή μονολίθου, είτε σε πελλετική μορφή.

Περιέχουν ρόδιο για την προώθηση αντιδράσεων, ενώ το συνολικό περιεχόμενο αυτού του είδους καταλυτών σε πολύτιμα μέταλλα είναι περίπου 3 g.

4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ

Η διαχείριση των χρησιμοποιημένων καταλυτών παρουσιάζει ενδιαφέρον σε δύο επίπεδα :

- Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, καθώς μπορεί να ανακυκλωθεί ολόκληρος ο καταλύτης και επομένως να μην επιβαρυνθεί καθόλου το περιβάλλον.
- Σε οικονομικό επίπεδο, όσων αφορά τόσο την εξοικονόμηση φυσικών πόρων, όσο και την ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων που περιέχονται στους καταλύτες.

Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα στα διάφορα κομμάτια που απαρτίζουν τον καταλύτη, εφόσον το καθένα από αυτά επαναχρησιμοποιείται σε διάφορες δραστηριότητες. Το ανακυκλώσιμο μεταλλικό περίβλημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη δευτερογενή παραγωγή χάλυβα. Τα ανακτώμενα πολύτιμα μέταλλα αξιοποιούνται σε νέα καταλυτικά συστήματα. Το κεραμικό υλικό χρησιμοποιείται στον τομέα των κατασκευών ή ως πρόσθετο στη μεταλλουργία.

Για τη διαχείριση των χρησιμοποιημένων καταλυτών υπάρχουν δύο επιλογές :

- Ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων. Τα μέταλλα προωθούνται για την παραγωγή νέων καταλυτών ή για άλλες χρήσεις
- Αναγέννηση των καταλυτών και εκ νέου χρησιμοποίησή τους. Η αναγέννηση πολλές φορές δεν επιλέγεται, καθώς κρίνεται οικονομικά ασύμφορη.

Ακόμα, θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή κατά τη διαδικασία ανάκτησης των πολύτιμων μετάλλων, αφού η απώλεια έστω και πολύ μικρής ποσότητας είναι ικανή να επιφέρει οικονομικές ζημιές. Επίσης απαιτείται προσοχή για να αποφευχθούν μηχανικά ατυχήματα, δηλητηριάσεις από την εισπνοή τοξικών αναθυμιάσεων, ανάφλεξη εύφλεκτων αερίων, που έχουν απορροφηθεί από τον καταλύτη, και τέλος ανεξέλεγκτες αντιδράσεις κατά τη διάρκεια αφαίρεσης του καταλύτη από το αυτοκίνητο.

5. ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ

Η διαδικασία ανάκτησης των πολύτιμων μετάλλων ακολουθεί συνοπτικά τα παρακάτω στάδια

- Απομάκρυνση του μεταλλικού κελύφους
- Άλεση-ομογενοποίηση του μονόλιθου (για τους πελλετικού τύπου καταλύτες δεν ακολουθείται αυτό το στάδιο)
- Προδιαχωρισμός μεταλλικών συστατικών
- Εξευγενισμός και διαχωρισμός των πολύτιμων μετάλλων. Τα προηγούμενα στάδια οδηγούν στην παραγωγή ενός στερεού ή υγρού συμπυκνώματος, που όμως απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία και καθαρισμό. Ο καθαρισμός γίνεται συνήθως σε ανεξάρτητες μονάδες και αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι κυριότερες μέθοδοι ανάκτησης μετάλλων από καταλυτικά συστήματα, καθώς και τα ποσοστά ανάκτησης λευκόχρυσου, παλλαδίου και ροδίου

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΑΝΑΚΤΗΣΗ (%)		
	Pt	Pd	Rh
Διαλυτοποίηση του υποστρώματος	88-94	88-96	84-88
Αδιάλυτο υπόστρωμα μονολιθικού καταλύτη	85-92	85-93	78-85
Ξηρή χλωρίωση	85-90	85-90	85-90
Σύντηξη	80-90	80-90	65-75
Συλλογή χαλκού	88-94	88-94	83-88

6. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΩΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στον ευρωπαϊκό χώρο έχουν ήδη εγκατασταθεί δίκτυα συλλογής και επεξεργασίας καταλυτών. Η Γερμανία ως χώρα παραγωγής αυτοκινήτων και διαθέτοντας εργοστάσια παραγωγής καταλυτών έχει αναπτύξει έναν μηχανισμό συγκέντρωσης και ανάκτησης των πολύτιμων μετάλλων και ανακυκλώσιμων υλικών των καταλυτών. Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται προσπάθειες από γερμανικής πλευράς για δραστηριοποίησης του δικτύου συλλογής και στις γύρω χώρες.

Στην Ελλάδα δε δραστηριοποιείται κάποια μονάδα συλλογής-ανακύκλωσης καταλυτών αυτοκινήτων και ανάκτησης των πολύτιμων μετάλλων τους. Υπό κατάλληλες προϋποθέσεις θα μπορούσε να αναπτυχθεί ένα οργανωμένο δίκτυο συγκέντρωσης των απενεργοποιημένων καταλυτών, καθώς ο Οργανισμός Διαχείρισης Δημόσιου Υλικού διαθέτει κάποιες από αυτές :

- Υπάρχουν αποθηκευτικοί χώροι ασφαλείας με εξοπλισμό διακίνησης-μεταφοράς υλικών.
- Το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο επιτρέπει την αποκλειστική διαχείριση άχρηστων υλικών του ευρύτερου δημόσιου τομέα γενικότερα.
- Υπάρχει σχετική εμπειρία σε διαδικασίες εκποίησης υλικών και σε μηχανισμούς απόσυρσης αυτοκινήτων.

Προκειμένου, βέβαια, να κατασκευαστεί μια μονάδα ανάκτησης των στοιχείων των καταλυτών θα πρέπει να εξεταστεί κατά πόσο είναι βιώσιμη και οικονομικά συμφέρουσα. Από προηγούμενες μελέτες και με βάση τον ετήσιο διαθέσιμο αριθμό ανενεργών καταλυτών στον ελλαδικό χώρο, η δημιουργία μιας τέτοιας μονάδας δεν είναι συμφέρουσα. Το συμπέρασμα αυτό δεν σημαίνει πως θα πρέπει να ανασταλεί η προσπάθεια ανάκτησης των πολύτιμων μετάλλων.

Άλλωστε η ανάγκη συλλογής και επαναχρησιμοποίησης των σημαντικών υλικών των καταλυτών κρίνεται επιβεβλημένη, ακόμα και αν δεν είναι δυνατή η ανάπτυξη ολόκληρης μονάδας στην Ελλάδα. Ιδιαίτερα σκόπιμες ενέργειες αποτελούν η συλλογή-συγκέντρωση των ανενεργών καταλυτών, η άλεση και προετοιμασίας του κεραμικού υλικού, ενώ και το μεταλλικό περίβλημα μπορεί να ανακυκλωθεί. Στη συνέχεια απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία των ανενεργών καταλυτών, που μπορεί όμως να λάβει χώρα σε ευρωπαϊκές εγκαταστάσεις.

Στρεφόμενοι προς αυτή την κατεύθυνση επιτυγχάνονται οι εξής ζωτικοί στόχοι :

- Ανάκτηση πολύτιμων μετάλλων
- Εξοικονόμηση περιορισμένων φυσικών πόρων
- Προστασία του περιβάλλοντος, καθώς ένα μέρος των απενεργοποιημένων καταλυτών στην Ελλάδα πετιέται σε χώρους απόρριψης απορριμμάτων
- Έλεγχος επί της διασποράς/ανεξέλεγκτης διάθεσης
- Περιορισμός των κινδύνων από τα στάδια επεξεργασίας

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί πως για να είναι αποτελεσματικό το σύστημα διαχείρισης καταλυτών απαιτούνται συγκεκριμένες ενέργειες :

- Αντικατάσταση των καταλυτικών συστημάτων, όταν παύουν να είναι αποτελεσματικά και καλύτερη εφαρμογή της κάρτας ελέγχου καυσαερίων
- Έλεγχος της αγοράς ανταλλακτικών καταλυτικών συστημάτων, ούτως ώστε να περιορισθεί η κυκλοφορία αναποτελεσματικών καταλυτών
- Έλεγχος της διαχείρισης των ανενεργών καταλυτών σε όλα τα στάδια
- Ανάπτυξη αποτελεσματικού συστήματος συλλογής, προώθησης και διαχείρισης των καταλυτών