



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:
«ΠΥΡΟΑΣΤΙΚΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΕ
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΚΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ»**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

ΔΑΝΙΗΛ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, Α.Μ.:2012010146

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΠΑΠΑΕΥΘΥΜΙΟΥ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΧΑΝΙΑ, 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Παπαευθυμίου Σπυρίδων, για την πολύτιμη στήριξη και την άψογη συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους-συμφοιτητές μου για τη συμπαράσταση τους, όχι μόνο κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, αλλά και κατά τη διάρκεια όλων των σπουδών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική διατριβή με τίτλο «Πυρόλυση Πλαστικών και Ελαστικών σε Κενό Οξυγόνου» πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Παράγωγης και Διοίκησης. Ειδικότερα, η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της τεχνολογίας πυρόλυσης. Η περιγραφή της μονάδας πυρόλυσης πραγματοποιείται στο δεύτερο κεφάλαιο. Το τρίτο κεφάλαιο απαρτίζεται από την οικονομοτεχνική ανάλυση της μονάδας όπου καταγράφονται οι βασικές έννοιες και ορισμοί της οικονομικής ανάλυσης. Στο επόμενο κεφάλαιο πραγματοποιείται ανάλυση του κύκλου ζωής δίνοντας τα στάδια και το σχεδιασμό δεικτών μέσω της ανάλυσης κύκλου ζωής. Στο τελευταίο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή του μηχανήματος πυρόλυσης.

ABSTRACT

This diploma dissertation titled "Pyrolysis of Plastics and Rubbers in Vacuum Oxygen" took place within the curriculum of the Department of Production and Management Engineering. In particular, the work consists of five chapters.

The first chapter describes a pyrolysis technology. The description of the pyrolysis unit is made in the second chapter. The third chapter consists of the economic and technical analysis of the unit where the basic concepts and definitions of the economic analysis are recorded. The next chapter analyzes the life cycle by giving the steps and the design of indicators through life cycle analysis. And the last chapter describes the pyrolysis machine.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	II
ABSTRACT	III
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ	4
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ	9
ΕΞΟΔΟΣ ΛΑΔΙΟΥ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	37
3.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ-ΕΡΕΥΝΑ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	
4.1. ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΤΥΠΟΥ ΚΔΑΑΥ	32
4.1.1.ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΔΑΑΥ	32
4.1.2.ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	32
4.1.3.ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΛΙΚΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΕΛΑΙΟΥ	38
4.2. ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΤΥΠΟΥ «ΑΕΙΦΟΡΟΣ»	40
4.2.1.ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ «ΑΕΙΦΟΡΟΣ»	40
4.2.2.ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	41
4.2.3.ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΛΙΚΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΕΛΑΙΟΥ	43
4.3.ΕΛΑΣΤΙΚΟ	46
4.3.1.ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ	46
4.3.2.ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	47
4.3.3.ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΛΙΚΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΕΛΑΙΟΥ	50
4.4.ΣΥΜΠΕΡΣΑΜΑΤΑ-ΔΙΑΦΟΡΕΣ	53

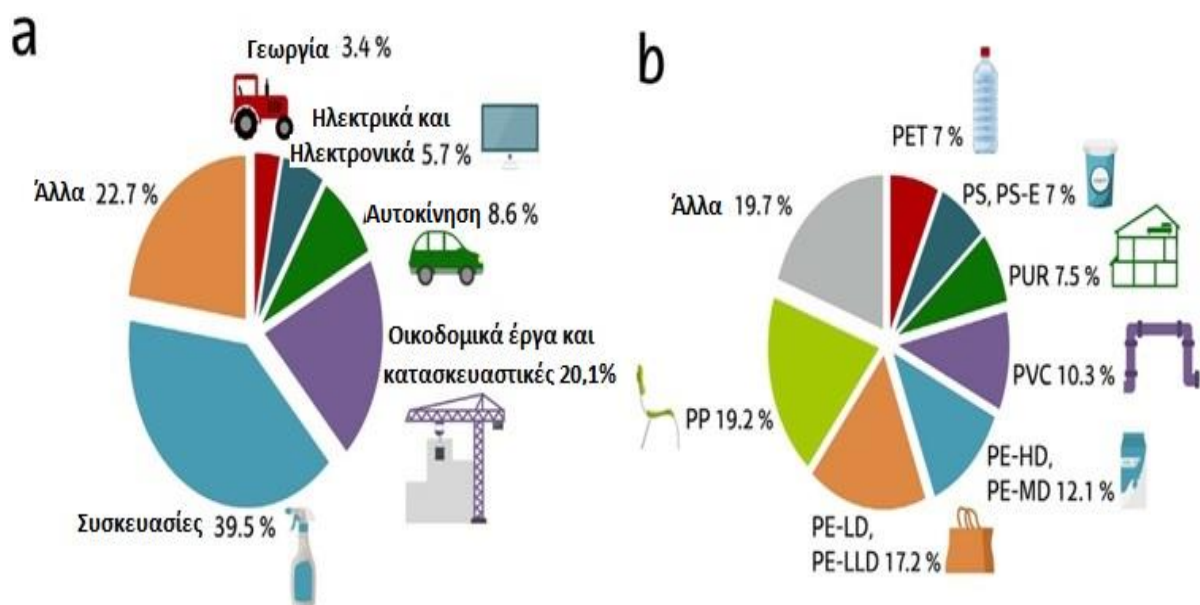
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεχής αύξηση της παραγωγής πλαστικών απορριμμάτων και ελαστικών τέλους χρόνου ζωής καθώς και η ανάγκη για ανάπτυξη πιο βιώσιμων πολιτικών διαχείρισης αποβλήτων, έχουν σταθεί αφορμή για μια μεγάλη ερευνητική προσπάθεια όσον αφορά τους τρόπους αξιοποίησής τους (Wong, etal., 2015).

Η παραγωγή πλαστικών προϊόντων παρουσιάζει σταθερή αύξηση από την αρχή της μαζικής παραγωγής τους στη δεκαετία του 1930, με το σύνολο τους να ανέρχεται στα 311 εκατομμύρια τόνους το 2014, ενώ ο σημερινός ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης είναι περίπου 4%. Τα πλαστικά αποτελούν πλέον ένα βασικό προϊόν το οποίο εγγυάται το σύγχρονο επίπεδο ποιότητας ζωής. Οι εξαιρετικές ιδιότητες των πλαστικών από πλευράς χαμηλού κόστους κατασκευής, υψηλής ανθεκτικότητας και μειωμένου βάρους, έχουν ενισχύσει τις εφαρμογές τους και οδήγησαν σε μετατόπιση παραδοσιακών υλικών, όπως είναι το ξύλο, τα κεραμικά και τα μέταλλα (Gao, 2010; Jin, etal., 2017).

Επιπλέον, η ανάπτυξη νέων πλαστικών σε συνδυασμό με σύνθετα υλικά έχει επεκτείνει ακόμη περισσότερο τις εφαρμογές τους. Στο σχήμα απαραισιάζεται η τρέχουσα κατανομή της ζήτησης πλαστικών στην Ευρώπη, σύμφωνα με τις εφαρμογές τους, και το σχήμα b παρουσιάζει την κατανομή της ζήτησης ανάλογα με τη φύση της.

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΖΗΤΗΣΗ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ (Α) ΚΑΙ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΠΟΛΥΜΕΡΟΥΣ (Β)



Όπως παρατηρήθηκε, οι πολυολεφίνες, δηλαδή το πολυπροπυλένιο (PP), το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) και το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE), είναι τα πιο κοινά πλαστικά και αποτελούν περίπου το ήμισυ της συνολικής παραγωγής. Η μεγαλύτερη ζήτηση των πλαστικών παρατηρείται στον τομέα της συσκευασίας γεγονός που καταδεικνύει ότι ένα σημαντικό κλάσμα των παραγόμενων πλαστικών έχει ωφέλιμη ζωή λιγότερη του ενός μήνα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση παρήγαγε 47,8 τόνους πλαστικών το 2014, εκ των οποίων, 25,8 MT πλαστικών ανακτήθηκαν στα ρεύματα αποβλήτων μετά την κατανάλωση. Επί του παρόντος, η κύρια εφαρμογή αυτών των πλαστικών αποβλήτων είναι η ανάκτηση ενέργειας (39,5%), με τα κλάσματα να ανακυκλώνονται (29,7%) και τα απόβλητα που καταλήγουν σε χώρο υγειονομικής ταφής (30,8%) να είναι παρόμοια (AnuarSharuddin, etal., 2016; Gao, 2010; Withington, 2005).

Παρ' όλο που οι πλαστικοί χώροι υγειονομικής ταφής έχουν μειωθεί σταθερά στην ΕΕ τα τελευταία χρόνια, το σημερινό σενάριο επιδέχεται πολλών βελτιώσεων. Επιπρόσθετα, στις αναπτυσσόμενες χώρες, η κατάσταση της διαχείρισης πλαστικών απορριμμάτων δεν είναι πολλά υποσχόμενη (Wong, etal., 2015). Τέλος, η αδιάλειπτη συσσώρευση χρησιμοποιημένων ελαστικών συνιστά ένα από τα θεμελιώδη προβλήματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι σύγχρονες οικονομίες, μεταξύ αυτών και η ελληνική.

Τα τελευταία χρόνια ,σε παγκόσμιο επίπεδο, όσον αφορά τη διαχείριση των χρησιμοποιημένων ελαστικών, κερδίζουν διαρκώς έδαφος εναλλακτικές τεχνολογίες, οι οποίες επιτρέπουν την ανάκτηση ενεργειακών υλών, με ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων μπορούν να οριστούν σαν διαδικασίες μετατροπής των στερεών αποβλήτων σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, με ταυτόχρονη ή συνεπακόλουθη αποδέσμευση θερμικής ενέργειας (Churkunti, etal., 2016; Masuda, Tago, 2006). Οι βασικότερες μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας, κατηγοριοποιημένες με βάση τις απαιτήσεις τους σε αέρα, είναι οι εξής:

- Αποτέφρωση
- Πυρόλυση
- Αεριοποίηση

Ακολουθούν οι βασικοί όροι που πρέπει να γνωρίζουμε:

Αποτέφρωση

Ως αποτέφρωση (πλήρης καύση), ορίζεται η ταχεία μετατροπή της χημικής ενέργειας σε θερμική, μέσω οξειδωσης της οργανικής ύλης των αστικών στερεών αποβλήτων, υπό συνθήκες περίσσειας οξυγόνου, προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Τα ανόργανα συστατικά των απορριμμάτων παραμένουν στο παραγόμενο στέρεο υπόλειμμα. Η αποτέφρωση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με την απαιτούμενων στοιχειομετριών αναλογία αέρα (stoichiometric combustion) είτε με περίσσια αέρα (excess - air combustion) (Churkunti, etal., 2016).

Πυρόλυση

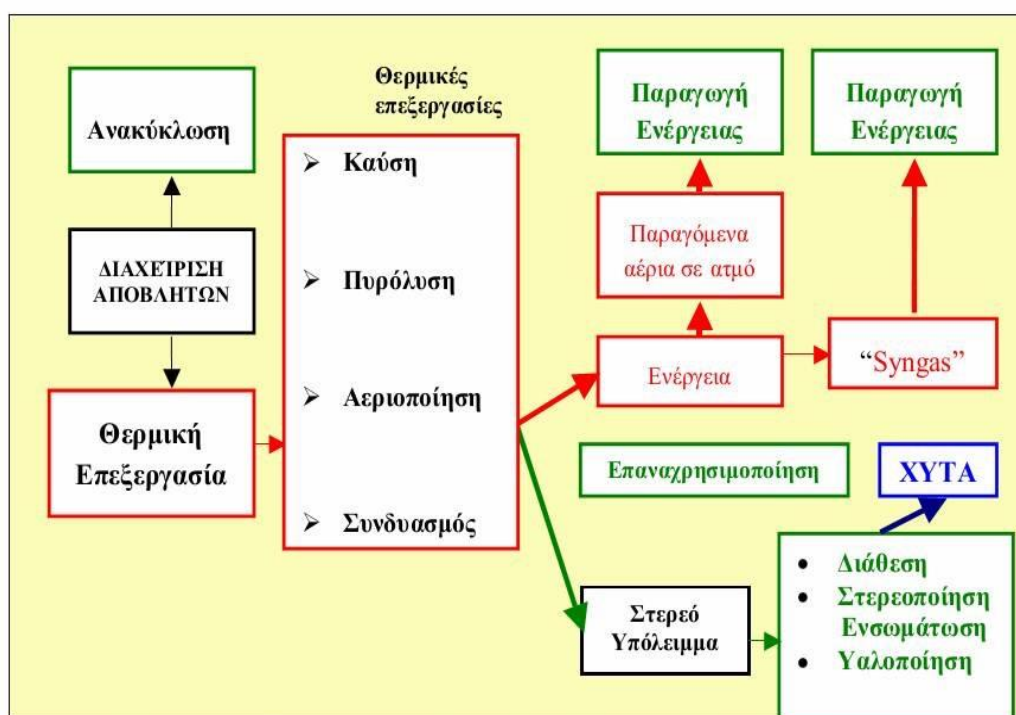
Πυρόλυση καλείται η αποδόμηση των οργανικών ουσιών των απορριμμάτων, απουσία οξυγόνου (ή ελαχίστων ποσοτήτων). Τα προϊόντα της πυρόλυσης είναι στερεά, υγρά και αέρια και η σύσταση τους εξαρτάται από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της μονάδας, όπως είναι η θερμοκρασία και ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων στον πυρολυτικό θάλαμο (AnuarSharuddin, etal., 2016).

Αεριοποίηση

Ως αεριοποίηση ορίζεται η μερική οξείδωση (με αέρα ή οξυγόνο) της οργανικής ύλης των απορριμμάτων, η οποία μετατρέπεται σε μίγμα αέριων (π.χ. μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και μεθάνιο). Καθόλα τα στάδια της διαδικασίας αυτής παράγονται αέρια, στέρεο υπόλειμμα και θερμική ενέργεια, η οποία είναι απαραίτητη για την πραγματοποίηση αλυσιδωτών αντιδράσεων. Κατά συνέπεια, η αεριοποίηση απαιτεί την τήρηση αυστηρών στοιχειομετρικών αναλογιών μεταξύ αποβλήτων και αέρα, έτσι ώστε να επιτευχθεί ατελής καύση των αποβλήτων και να παραχθεί αέριο αποτελούμενο από CO, H₂ και αέριους υδρογονάνθρακες (το οποίο, είναι, με τη σειρά του, καύσιμο) (Evans, Chum, 1991; Jung, Fontana, 2006).

Στην ακόλουθη εικόνα, παρουσιάζονται και σχηματικά όλες οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων(πλαστικά - ελαστικά):

ΕΙΚΟΝΑ 2: ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^Ο: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ

Ως πυρόλυση, ορίζεται η θερμική αποσύνθεση ενός υλικού σε συνθήκες απουσίας οξειδωτικού μέσου (πχ αέρα ή οξυγόνου). Ωστόσο, η ολική εξάλειψη του οξυγόνου είναι δύσκολη στην πράξη, επομένως επικρατούν πάντα συνθήκες μερικής οξείδωσης.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, η διεργασία της πυρόλυσης λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασίες 400-800 °C και η δράση της διασπά τα πολύπλοκα μόρια σε απλουστέρα. Αυτή η διάσπαση έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αερίου κλάσματος, που αποτελείται κατά κύριο λόγο από μη συμπυκνώσιμα αέρια, ένα στερεό κλάσμα που αποτελείται κυρίως από μέταλλο, άνθρακα, και αλλά αδρανή υλικά που πιθανόν να υπάρχουν στην πρώτη ύλη, καθώς και ένα ελαιώδες κλάσμα (μίγμα υδρογονανθράκων) το οποίο ονομάζεται πυρολυτικό έλαιο. Αυτά τα προϊόντα μπορεί να έχουν πολλαπλές χρήσεις, η ακριβής φύση των οποίων εξαρτάται από την φύση της αρχικής πρώτης ύλης. Ωστόσο, όσον αφορά τα βασισμένα σε αστικά απορρίμματα καύσιμα, η συχνότερη χρήση του παραγόμενου αερίου είναι ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας (Abnisa, etal., 2014; AnuarSharuddin, etal., 2016; Churkunti, etal., 2016; Miandad, etal., 2016).

Όπως προαναφέρθηκε, η σύνθεση των προϊόντων πυρόλυσης εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας της διεργασίας, όπως το μέγεθος και την ποιότητα των πρώτων υλών προς πυρόλυση, τον χρόνο παραμονής, την πίεση και την θερμοκρασία, τον ρυθμό θέρμανσης, καθώς και από ενδεχόμενη παρουσία του καταλυτικού μέσου (AnuarSharuddin, etal., 2016).

Ακολουθούν οι τεχνικές παράμετροι που επηρεάζουν, κατά την παραγωγική διαδικασία της πυρόλυσης, την ποιότητα και την ποσότητα των τελικών προϊόντων:

Πυρόλυση: Η επίδραση της Θερμοκρασίας

Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση στην απόδοση του αερίου με αντίστοιχη μείωση σε απόδοση υγρού, λόγω της αυξημένης παράγωγης ατμών του πετρελαϊκού τύπου προϊόντος και της περαιτέρω θερμικής αποσύνθεσης τους σε σταθερότερα αέρια. Δευτερευόντως, θα οδηγήσει σε εκ νέου πολυμερισμό και πιθανόν σε απανθράκωση των προϊόντων πετρελαϊκού τύπου σε ανθρακούχα στερεά προϊόντα (AnuarSharuddin, etal., 2016).

Πυρόλυση: Η επίδραση του χρόνου παραμονής

Μια αύξηση του χρόνου παραμονής των ατμών μειώνει τις αποδόσεις σε παραγωγή υγρών προϊόντων και στερεού ανθρακούχου προϊόντος, ενώ συνοδεύεται από αυξήσεις στην απόδοση του παραγόμενου αερίου προϊόντος. Αυτό οφείλεται στην αποσύνθεση μερικών ατμών πετρελαϊκού τύπου ουσιών σε δευτερογενή σταθερότερα αέρια. Πρωτογενείς ατμοί είναι τα πρώτα συστατικά που παράγονται από την πυρόλυση των πρώτων υλών (πλαστικών) στη βέλτιστη θερμοκρασία, και οι

οποίοι πρωτογενείς ατμοί πετρελαίου μετασχηματίζονται, στη συνέχεια, σε δευτερεύοντα αέρια (Aguado, et al., 2006; Scheirs, Kaminsky, 2006).

Για παράδειγμα: ατμοί πετρελαϊκού τύπου ουσιών μετασχηματίζονται σε μίγματα ατμών βαρέων υδρογονανθράκων, ελαφρών υδρογονανθράκων ($\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_4 + \text{C}_3\text{H}_6 + \dots$) και σε διοξείδιο, μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο ($\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2$), γεγονός που οδηγεί σε αυξημένες αποδόσεις αέριων προϊόντων.

Αέριο Πυρόλυσης

Η κατά προσέγγιση απόδοση του παραγόμενου αερίου από την πυρόλυση των ανακυκλωμένων πλαστικών αποβλήτων είναι περίπου 10-30% κατά βάρος, και αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας πυρόλυσης. Το προερχόμενο από πυρόλυση αέριο προϊόν έχει θερμαντική αξία περίπου 30-40 MJ N/m³ και μπορεί να είναι επαρκές για να παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια για μια μικρής κλίμακας μονάδα. Τα συστατικά του, οξείδια του άνθρακα (CO_x) ως επί το πλείστον, προέρχονται από τις οξυγονωμένες οργανικές ενώσεις οι οποίες εμπεριέχονται στα ελαστικά, όπως είναι το στεατικό οξύ και αλλά ελαία (Aishwarya, Sindhu, 2016).

Το Πετρελαϊκού τύπου πυρολυτικό υγρό προϊόν

Στην σύγχρονη εποχή, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη για πράσινες εναλλακτικές λύσεις για καύσιμα, λόγω της εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων, της αύξησης των τιμών του πετρελαίου αλλά και των εκπομπών από την καύση ή την χρήση των ορυκτών καυσίμων. Η πυρόλυση πρώτων υλών (στερεών αποβλήτων όπως πλαστικά ή ελαστικά) στον τομέα αυτό, παρέχει ένα ευρύ φάσμα των πιθανών εφαρμογών (Fivga, Dimitriou, 2018; Wiriyaumpaiwong, Jamradloedluk, 2017).

Το παραγόμενο πυρολυτικό υγρό (από ανακυκλωμένα πλαστικά απόβλητα) είναι μια ελαιώδους υφής οργανική ένωση, χρώματος σκούρου καφέ και χαρακτηρίζεται από μια ισχυρή πετρελαϊκή μυρωδιά. Το παραγόμενο πυρολυτικό υγρό προϊόν αποτελείται κυρίως από αλκάνια, έως 24 άνθρακες C_{24} στο MT, αλκένια έως 15 άνθρακες στο MT, και μικρότερες ποσότητες κυκλικών υδρογονανθράκων, με μικρές ποσότητες αζώτου, θείου και οξυγονούχων ενώσεων. Το υγρό προϊόν της πυρόλυσης έχει υψηλή θερμότητα ισχύ περίπου 44 MJ / kg σε σύγκριση με εκείνη των αποβλήτων ελαστικών. Η θερμιδική αξία του είναι επίσης υψηλότερη από εκείνη του ασφαλούχου άνθρακα, 28 MJ / kg και του ξυλάνθρακα, 30 MJ / kg. Τα πυρολυτικά ελαία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υγρά καύσιμα για βιομηχανικούς κλίβανους, λέβητες, και σταθμούς παράγωγης ηλεκτρικής ενέργειας.

Το υγρό αυτό έχει σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε τέφρα και υπολείμματα άνθρακα (Evans, Chum, 1991; Aishwarya, Sindhu, 2016).

Ανθρακούχος στερεά ουσία

Η ανθρακούχος ουσία που παράγεται από τη διεργασία της πυρόλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενεργός άνθρακας για τον καθαρισμό του νερού και του αέρα, καθώς και σε κυψέλες καυσίμου και ηλεκτρικές στήλες. Η Πυρολατρική Ανθρακούχα στερεά ουσία διακρίνεται από θερμιδική αξία συγκρίσιμη με υψηλής ποιότητας άνθρακα, και μπορεί, επομένως, να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο είτε κονιοποιημένη είτε σε μορφή μπριγκέτας (briquetted). Η εφαρμογή του πυρολυτικού παραγόμενου άνθρακα για την κατασκευή θερμοπλαστικών χαμηλού κόστους μέσω προσρόφησης (απαραίτητη στη επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων) έχει επίσης προταθεί, ενώ έχει μελετηθεί και η παραγωγή, ο χαρακτηρισμός και οι χρήσεις του μαύρου άνθρακα σε βάσεις τυπογραφικών μελανιών (Das, Tiwari, 2018; Fivga, Dimitriou, 2018).

Πέραν των παραγόντων για τους οποίους έγινε λόγος ανωτέρω, στην τεχνολογία της πυρόλυσης παίζει καταλυτικό ρόλο και το είδος του θερμικού αντιδραστήρα που χρησιμοποιείται. Η αλήθεια είναι πως μπορεί να αλλάξει αρκετούς από τους παράγοντες που αναλύσαμε. Παρακάτω ακολουθεί μια αναφορά και περιγραφή μερικών τέτοιων αντιδραστήρων:

Η πολύπλοκη συμπεριφορά των απορριπτόμενων πλαστικών και ελαστικών υπό συνθήκες πυρόλυσης, συνεπάγεται μεγάλη πρόκληση για την ανάπτυξη κατάλληλων σχεδίων αντιδραστήρων. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για εφαρμογές πλήρους κλίμακας, στις οποίες απαιτείται συνεχής λειτουργία του αντιδραστήρα. Τα πλαστικά έχουν χαμηλή θερμική αγωγιμότητα, γεγονός που παρεμποδίζει την γρήγορη και ομοιόμορφη θέρμανση του πολυμερούς στο περιβάλλον αντίδρασης. Επιπρόσθετα, το συγκολλημένο πλαστικό έχει κολλώδη φύση, με αποτέλεσμα να προκαλούνται σοβαρά λειτουργικά προβλήματα (Aishwarya, Sindhu, 2016).

Έχουν αναπτυχθεί αρκετές πρωτότυπες τεχνολογίες με σκοπό να ξεπεραστούν αυτές οι ενδιαφέρουσες, για την επεξεργασία πλαστικών και ελαστικών αποβλήτων, πτυχές στον αντιδραστήρα πυρόλυσης. Οι χαμηλές θερμοκρασίες μαλακώματος και τήξης των αποβλήτων πλαστικών και ελαστικών προκαλούν επίσης σοβαρά προβλήματα στα συστήματα τροφοδοσίας πριν από τους πυρολυτικούς αντιδραστήρες. Συνεπώς, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό αυτών

των συστημάτων, για την αποφυγή οποιουδήποτε προβλήματος κατά τη διάρκεια φόρτωσης του υλικού (Al-Salem, etal., 2017; Sebestyén, etal., 2017).

Κατά συνέπεια, ο βέλτιστος σχεδιασμός του αντιδραστήρα θα πρέπει να εξασφαλίζει αφενός υψηλές ταχύτητες μεταφοράς θερμότητας για γρήγορη θέρμανση του πολυμερούς, και, αφετέρου, αξιόπιστο έλεγχο της θερμοκρασίας. Αυτά τα χαρακτηριστικά κρίνονται απαραίτητα ώστε να αποφευχθούν τα λειτουργικά προβλήματα που σχετίζονται με την κολλώδη φύση του συντηγμένου πλαστικού (Das, Tiwari, 2018).

Ένας ανεπαρκής σχεδιασμός του αντιδραστήρα μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες συνθήκες αντίδρασης, οι οποίες μειώνουν την ποιότητα του προϊόντος και προάγουν το σχηματισμό ανεπιθύμητων υποπροϊόντων, όπως στερεά υπολείμματα και πίσσες. Με στόχο την ελαχιστοποίηση των περιορισμών της μεταφοράς θερμότητας και των φυσικών προβλημάτων στην πυρόλυση πλαστικών και ελαστικών αποβλήτων, έχουν προταθεί διάφορες διαμορφώσεις αντιδραστήρων (Al-Salem, etal., 2017).

Η απλούστερη εναλλακτική λύση είναι να χρησιμοποιούνται αναδυσόμενοι αντιδραστήρες για τη βελτίωση της παροχής θερμότητας στο συντηγμένο πλαστικό ή ελαστικό. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τον στόχο αυτό, έχουν προταθεί μηχανικά πιο σύνθετοι σχεδιασμοί αντιδραστήρων, όπως είναι οι κοχλίες ή οι αντιδραστήρες κυκλοφοριακής σφαίρας. Οι αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης επιτρέπουν τη λειτουργία υπό συνθήκες ταχείας πυρόλυσης, δηλαδή, υψηλά ποσοστά θέρμανσης, ισόθερμο κρεβάτι και σύντομο χρονικό διάστημα παραμονής. Παρομοίως, ο αντιδραστήρας κλίνης μπορεί να επιτύχει υψηλές ταχύτητες μεταφοράς θερμότητας και ταυτόχρονα να αποφύγει τα προβλήματα αποφλοιώσεως με έντονη στερεά κυκλοφορία. Έχουν προταθεί, επίσης, και άλλοι μη συμβατικοί αντιδραστήρες για να διευκολυνθεί ο χειρισμός πολυμερών και η παροχή θερμότητας καθ' όλη τη θερμική αποικοδόμηση των πλαστικών, όπως λουτρά λειωμένου μετάλλου, φούρνοι μικροκυμάτων και αντιδραστήρες πλάσματος (Adrados, etal., 2012; Das, Tiwari, 2018).

Αν και η πλαστική πυρόλυση έχει μελετηθεί ευρέως, η πλειοψηφία των μελετών έχει προκαταρκτικό χαρακτήρα, με το επίπεδο ανάπτυξης των μονάδων πυρόλυσης να είναι σε γενικές γραμμές περιορισμένο. Στην πραγματικότητα, οι θερμοβαρυμετρικοί ανιχνευτές, οι μικροαντιδραστήρες και οι εργαστηριακοί

αντιδραστήρες παρτίδων είναι οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες. Οι αντιδραστήρες που χρησιμοποιεί η εν λόγω επιχείρηση είναι αντιδραστήρες με ανάδευση (Adrados, etal., 2012).

Όπως παρατηρείται λοιπόν, η τεχνολογία της πυρόλυσης είναι μια επιστήμη που βρίσκεται ερευνητικά σε πρώιμο στάδιο. Το ίδιο συμβαίνει και με τους θερμικούς αντιδραστήρες. Οι θερμικοί αντιδραστήρες λειτουργούν σε πειραματικό στάδιο, για την ακρίβεια ορισμένοι από αυτούς και όχι όλοι, χρησιμοποιώντας ως είσοδο (input) πρώτης ύλης(πλαστικό και ελαστικό) πολύ μικρή ποσότητα (Aishwarya, Sindhu, 2016; VanDeVelden, etal., 2017).

Η καινοτομία λοιπόν της μονάδας που θα αναλυθεί στην παρούσα εργασία από εδώ και πέρα, είναι ότι, ενώ παραπάνω είδαμε ότι χρησιμοποιούνται εργαστηριακά 100g πρώτης ύλης προς πυρόλυση, η εν λόγω μονάδα έχει καταφέρει να θέσει σε παραγωγική λειτουργία έναν αντιδραστήρα χωρητικότητας 10 τόνων απορριμμάτων (Al-Salem, etal., 2017).

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ

Το εργοστάσιο αποβλήτων ελαστικών & πλαστικών πυρόλυσης αποτελείται από έναν περιβαλλοντικό εξοπλισμό που αποβάλλει ελαστικά από καουτσούκ, βιομηχανικά μικτά πλαστικά (PE, PP, PVC κ.λπ.), απόβλητα πετρελαίου αποστάζει το πετρελαϊκό αέριο και στη συνέχεια ψύχεται μέσω των πυκνωτών λαδιού καθώς και του μαύρου άνθρακα και του χαλύβδινου σύρματος.

Τα εξαρτήματα των εγκαταστάσεων της 6ης γενιάς περιλαμβάνουν κυρίως αυτόματο τροφοδότη, αντιδραστήρα, καταλυτικό θάλαμο, οριζόντια ανταλλαγή θερμότητας, διαχωριστή πετρελαίου-νερού, δεξαμενή πετρελαίου, κατακόρυφο συμπυκνωτή, οριζόντιο συμπυκνωτή, αντιπυρικό σύστημα, σύστημα κενού και συσκευή απομάκρυνσης σκόνης.



Αρχή λειτουργίας του αυτόματου τροφοδότη: Ο αυτόματος τροφοδότης μπορεί να σπρώξει μεγάλο πλαστικό και ολόκληρο ελαστικό στον αντιδραστήρα χρησιμοποιώντας την υδραυλική πίεση ως ισχύ, έχει ισχύ φόρτισης 60 τόνων και η διαδικασία είναι πολύ σταθερή.

Ο αυτόματος τροφοδότης περιλαμβάνει κυρίως:

1. Υδραυλική πρέσα
2. Υδραυλική στήλη
3. Κινητήρα (7.5KW-380V και 2.2KW-380V)
4. Άγκιστρο σύρμα από χάλυβα

Υψηλός αυτοματισμός και εξοικονόμηση χρόνου

Χρησιμοποιώντας το, δεν υπάρχει λόγος να τροφοδοτούν οι εργαζόμενοι πρώτες ύλες στον αντιδραστήρα, αλλά πραγματοποιείται αυτόματα. Όταν χρησιμοποιείται ο αυτόματος τροφοδότης εξοικονομούνται μία με δύο ώρες εργασίας. Η ποσότητα τροφοδότησης από εργαζόμενους είναι 150-170 kgs / m³. Χρησιμοποιώντας αυτόματο τροφοδότη, η ποσότητα τροφοδότησης είναι 240-280 kgs / m³, γεγονός που αυξάνει σημαντικά την ποσότητα τροφοδοσίας.



Περιλαμβάνει κυρίως:

1. Φούρνο αντιδραστήρα
2. Είσοδο τροφοδοσίας
3. Κάλυψη κελύφους
4. Εσωτερική σπειροειδή πλάκα και πλάκα αντί-μπλοκαρίσματος
5. Μονωτικό στρώμα
6. Heatingflue / Flamepath
7. Βάση
8. Συσκευή μετάδοσης
9. Έξοδο λαδιού



Ο αντιδραστήρας αποφασίζει τη διάρκεια ζωής ολόκληρου του μηχανήματος. Τα μηχανήματά χρησιμοποιούν σαν υλικό το Q245R ή Q345R, τα δύο αυτά υλικά είναι υψηλής θερμοκρασίας και αντοχής σε υψηλή πίεση. Εντούτοις, το σημείο τήξης του δίσκου του λέβητα Q245R μπορεί να φθάσει τους 1000 βαθμούς Κελσίου, η τάση σε υψηλή θερμοκρασία και η πίεση Q345R ασκείται στην αντίσταση υψηλής πίεσης. Στη βιομηχανία εξευγενισμού, όταν η θέρμανση του αντιδραστήρα φτάνει 450-500 εκατοστά μέσα στον αντιδραστήρα, υπάρχει ανάγκη χαλύβδινης πλάκας ώστε να αντιστέκεται στην υψηλή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της θερμότητας, και οι μηχανές της 6ης γενιάς χρησιμοποιούν Q245R πλάκα λέβητα ως υλικό. Το πάχος του τμήματος θέρμανσης είναι 16mm / 18mm, το οποίο εξασφαλίζει μέγιστη ζωή 6-8 ετών και συμμορφώνεται με το εθνικό πρότυπο.

Μέγεθος του φούρνου και χωρητικότητα του αντιδραστήρα

ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ
3 τόνοι	Φ1500mm × L4000mm × T14mm
5 τόνοι	Φ2000mm × L6000mm × T14mm
6 τόνοι	Φ2200mm × L6000mm × T14mm

8 τόνοι	Φ2200mm × L6600mm × T14mm
10 τόνοι	Φ2600mm × L6600mm × T16mm
12 τόνοι	Φ2800mm × L6600mm × T16mm

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ



Τα μηχανήματα 6ης γενιάς έχουν δύο εισόδους τροφοδοσίας η μεγάλη διάμετρος εισόδου τροφοδοσίας φτάνει στα 1200mm για ολόκληρο το ελαστικό στον αντιδραστήρα, δεν χρειάζεται να κόβει το ελαστικό σε κομμάτια, το μικρό είναι 720mm για περισσότερη ποσότητα. Χρησιμοποιούμε 12 πλάκες ραβδώσεων συγκολλημένες στο εξωτερικό του αντιδραστήρα για να ενισχύσουμε το σημείο συγκόλλησης μεταξύ της εισόδου και του αντιδραστήρα, που μπορεί να διασφαλίσει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του αντιδραστήρα.

ΚΑΛΥΨΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ



Στο μηχάνημα 6ης γενιάς, καλύμματα κελύφους έχουν ελλειπτικό σχήμα, συγκολλούνται και στα δύο άκρα του αντιδραστήρα, γεγονός που μπορεί να αυξήσει την πίεση και την ικανότητα επεξεργασίας του αντιδραστήρα.

Υπάρχουν 4 τεμάχια μέσα στη σπειροειδή πλάκα. Όταν θερμαίνονται και πυρολύονται τα ελαστικά, γυρίζει προς τη σωστή κατεύθυνση. Όταν εκφορτώνουμε την αιθάλη, πρέπει να αντιστρέψουμε τον αντιδραστήρα. Κοντά στην έξοδο λαδιού υπάρχει μια πλάκα αναστολής. Γενικά, ο σωλήνας εξόδου λαδιού μπλοκάρεται εύκολα όταν υπερβαίνει το ήμισυ της πρώτης ύλης, προκαλώντας έτσι υψηλή πίεση και ατυχήματα.



ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ



Στο μηχάνημα 6ης γενιάς, το μονωτικό στρώμα είναι σχεδιασμένο για ολόκληρο το θερμικό μονωτικό στρώμα της συντήρησης θερμότητας. Η εσωτερική στρώση του μονωτικού αντιδραστήρα είναι κατασκευασμένη από βερνίκι πυριτίου αλουμινίου επιπέδου 1 και πυρίμαχο υλικό από σκυρόδεμα, το εξωτερικό στρώμα είναι κατασκευασμένο από πλάκα από τόξο χάλυβα, όχι μόνο καλής εμφάνισης αλλά και καλά σφραγισμένο.

ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ



Δίαυλος πυρκαγιάς της μηχανής ανακύκλωσης ελαστικών 6ης γενιάς, διαθέτει δύο πόρτες κλιβάνου και ο καυστήρας διαθέτει 60 σχάρες κλιβάνου, διασφαλίζοντας ομοιόμορφα τη θέρμανση του πυθμένα του αντιδραστήρα.



Αυτό το τμήμα περιλαμβάνει μειωτήρα, κινητήρα, γρανάζι και ρολό. Αυτά τα μέρη πρέπει συχνά να προσθέτουν το λάδι λίπανσης. Ένας κινητήρας (3,5 KW - μείον 8 τόνους και 5,5 KW - περισσότερους 8 τόνους). Ο κύλινδρος χρειάζεται τέσσερα (διάμετρος 180 mm × 160 mm σε μήκος). Το εργαλείο χρειάζεται δύο (μεγάλη διάμετρος 1400 mm, μικρότερη διάμετρος 140 mm).

ΕΞΟΔΟΣ ΛΑΔΙΟΥ



Συνδέεται η έξοδος λαδιού με τον αντιδραστήρα καθώς και τον καταλυτικό θάλαμο, το διάκενο σφραγίζεται με συσκευασία από γραφίτη, καθώς το υλικό αυτό

έχει καλές επιδόσεις σφράγισης. Όσο υψηλότερη η θερμοκρασία τόσο καλύτερη πρέπει να είναι η σφράγιση. Η σφράγιση είναι μία από τις βασικές τεχνολογίες.

Το εργαλείο του μηχανήματος 6ης γενιάς, τα γρανάζια της με την είσοδο τροφοδοσίας και την έξοδο λαδιού βρίσκονται σε ομόκεντρους κύκλους. Τα πλεονεκτήματα είναι μικρότερο εύρος κραδασμών, μικρότερο σφάλμα και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Επιπλέον, το εργαλείο είναι πολύ μακριά από το τζάκι.

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ



Αρχή λειτουργίας: Κατασκευάζεται ο σωλήνας ψύξης με βάση τους σωλήνες επένδυσης, το αέριο πετρελαίου ψύχεται ταχέως μετά τους σωλήνες ψύξης και έπειτα ρέει στον διαχωριστή λαδιού-νερού. Η οριζόντια ανταλλαγή θερμότητας συνδέεται με τον καταλυτικό θάλαμο και τον διαχωριστή λαδιού-νερού. Η σύνδεση με τον διαχωριστή λαδιού-νερού που καταλήγει σε κλίση και η κλίση του προς τα κάτω είναι 150-200mm, καθιστώντας το λάδι ελαστικού ψυχθέν στον σωλήνα ψύξης ώστε να ρέει καλύτερα στον διαχωριστή λαδιού-νερού. Μέσα στην οριζόντια εναλλαγή θερμότητας, υπάρχει 1 σωλήνας ψύξης, το μέγεθός του $\Phi 219\text{mm} / \Phi 325\text{mm} \times \text{L}4000\text{mm}$, ο σωλήνας είναι αρκετά ευρύς και δεν είναι εύκολο να μπλοκάρει από ακαθαρσίες πετρελαίου-αερίου. Η κύρια επίδρασή του είναι η ψύξη της θερμοκρασίας του πετρελαίου-αερίου.

ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ-ΝΕΡΟΥ



Αρχή λειτουργίας:

Υπάρχουν τρία τέταρτα νερού στο διαχωριστή πετρελαίου-νερού, μέσω του σωλήνα κάτω από το νερό, το πετρέλαιο αέριο ρολό στο νερό και η πυκνότητα του πετρελαίου είναι χαμηλή, έτσι το πετρέλαιο επιπλέει

στο νερό φυσικά το υγροποιημένο λάδι ρέει μέσα στο ρεζερβουάρ πετρελαίου. Η κύρια επίδρασή της είναι ο διαχωρισμός του πετρελαίου και του νερού και η καθίζηση της ακαθαρσίας στη διαδικασία εξευγενισμού, βελτιώνοντας την ποιότητα λαδιού εξόδου

Ένα άλλο πλεονέκτημα του μηχανήματος 6^{ης} γενιάς: Το μέγεθός του $\Phi 1200\text{mm} \times H2380\text{mm}$, η αποτελεσματική στάθμη νερού είναι 900mm, η οποία μπορεί να κατακρημνίσει τις ακαθαρσίες στο αέριο πετρελαίου. Κατά τη διάρκεια της ψύξης του πετρελαίου-αερίου, το 50% περίπου του βαρέως ελαίου ψύχεται και διαχωρίζεται στην πρώτη δεξαμενή λαδιού όταν το πετρελαϊκό αέριο υψηλής θερμοκρασίας διέρχεται διαμέσου του διαχωριστή ελαίου-νερού, το υπόλοιπο 50% δύο οριζόντιους συμπυκνωτές και δύο κατακόρυφους συμπυκνωτές. Τέλος, το πετρέλαιο και το νερό θα διαχωριστούν πλήρως και θα καθιζάνουν τις ακαθαρσίες για να βελτιώσουν την απόδοση του πετρελαίου και την ποιότητα του πετρελαίου.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ



Ο κατακόρυφος συμπυκνωτής προσαρμόζει επίσης την αρχή της διαστρωμάτωσης των αγωγών, το αέριο λαδιού ψύχεται ταχέως μέσω των σωλήνων ψύξης στους κατακόρυφους συμπυκνωτές, το ψυχρό έλαιο ρέει στη δεύτερη δεξαμενή λαδιού και το αέριο που δεν έχει υποστεί εκκαθάριση θα ψύχεται και πάλι από τους οριζόντιους συμπυκνωτές.

Πλημμύρα νερού: εισροή από κάτω και εκροή από την αντίθετη κατεύθυνση). Ο κατακόρυφος συμπυκνωτής έχει 47 σωλήνες μέσα, κάθε διάμετρος σωλήνα είναι 42 χιλιοστά και μήκος 1500 χιλιοστά, έτσι ώστε κάθε περιοχή ψύξης μπορεί να φτάσει τα 12 τετραγωνικά μέτρα. Συνολικά είναι 24 τετραγωνικά μέτρα. Αυτή είναι η τρίτη βελτίωση στο μηχάνημα 6^{ης} γενιάς. Ο κάθετος συμπυκνωτής του 5^{ου} μηχανήματος γενιάς έχει μόνο έναν σωλήνα ψύξης, μικρή περιοχή ψύξης. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να ψύχεται επαρκώς το πετρέλαιο και να αυξάνεται η ταχύτητα μεταφοράς λαδιού.

ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ

Ο οριζόντιος συμπυκνωτής έχει την ίδια αρχή με τον κατακόρυφο συμπυκνωτή. Χρειάζεται επίσης τους σωλήνες εσωτερικής επένδυσης για να κρυώσει το πετρέλαιο υψηλής θερμοκρασίας. Έχει ψυχθεί μέσω του σωλήνα



ψύξης, του διαχωριστή πετρελαίου-νερού και δύο κατακόρυφων συμπυκνωτών. Ο οριζόντιος συμπυκνωτής έχει 69 σωλήνες μέσα, κάθε διάμετρος σωλήνα είναι 42mm και μήκος 3000mm, έτσι ώστε κάθε περιοχή ψύξης μπορεί να φτάσει τα 29 τετραγωνικά μέτρα. Συνολικά είναι 58 τετραγωνικά μέτρα. Η επίδραση ψύξης του

οριζόντιου συμπυκνωτή είναι καλύτερη από τον κατακόρυφο συμπυκνωτή. Ένας ψύξης οριζόντιου συμπυκνωτή είναι ίσο με 2,5 φορές τον κατακόρυφο συμπυκνωτή. Το 7ο μηχάνημα διαθέτει 3 οριζόντιους συμπυκνωτές και έναν συμπυκνωτή νερού καμπίνας, σε σύγκριση με τον 5ο και 6ο, έχει τη μεγαλύτερη περιοχή ψύξης και το καλύτερο αποτέλεσμα ψύξης καθώς και το υψηλότερο ρυθμό εξόδου πετρελαίου.

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΛΑΔΙΟΥ



ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΝΤΙΠΥΡΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ



Αρχή λειτουργίας: Η συσκευή κατά της πυρκαγιάς αποτελείται από σφραγισμένο νερό. Υπάρχουν τρία τέταρτα νερού μέσα σε αυτό, τα οποία μπορούν να αποτρέψουν το αέριο ουράς να επιστρέψει στον αντιδραστήρα, να αποφύγει τα ατυχήματα. Η συσκευή πυροπροστασίας έχει μοναδικό σύστημα ανάκτησης αερίων ουράς, μπορεί να ανακυκλώσει το αέριο ουράς (το αέριο είναι συνήθως μεθάνιο, αιθάνιο, υδρογόνο κ.λπ.) που παράγεται. Μοναδικό σύστημα ανάκτησης αερίου ουράς όταν εξευγενίζεται το λάδι από το

ελαστικό ή το πλαστικό. Για να θερμάνει τον αντιδραστήρα, δεν εξοικονομεί μόνο ενέργεια και δεν μολύνει τον αέρα.

Υπάρχουν 3 δεξαμενές πετρελαίου. Η πρώτη δεξαμενή λαδιού συνδέεται με το διαχωριστή λαδιού-νερού, περίπου το 50% του βαρέως λαδιού ρέει σε αυτή τη δεξαμενή λαδιού. Επειδή είναι το πρώτο στάδιο υπάρχουν περισσότερες ακαθαρσίες που αναμειγνύονται με το λάδι. Η δεύτερη δεξαμενή λαδιού συνδέεται με δύο κατακόρυφους συμπυκνωτές, περίπου το 30% των πετρελαιοειδών που κυκλοφορούν σε αυτό το δοχείο. Η ποιότητα του λαδιού του είναι καλύτερη από το πετρέλαιο στην πρώτη δεξαμενή λαδιού μετά από τους κατακόρυφους συμπυκνωτές επειδή έχει περάσει από διαχωριστή πετρελαίου-νερού και δύο συμπυκνωτές. Η τρίτη δεξαμενή πετρελαίου συνδέεται με τους οριζόντιους συμπυκνωτές, έχει μόλις 20% λάδι ελαστικού, η ποιότητα του πετρελαίου είναι η καλύτερη. Η πρώτη δεξαμενή πετρελαίου και η δεύτερη δεξαμενή πετρελαίου είναι ίδιου μεγέθους, το ύψος της είναι 1000mm, το μήκος είναι 3000mm, το τρίτο είναι λίγο μικρότερο από αυτά, το ύψος 630mm, το μήκος είναι 1500mm.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΕΝΟΥ

Αρχή λειτουργίας: Το σύστημα κενού μπορεί να μειώσει την πίεση στον αντιδραστήρα και να διαμορφώσει την κατάσταση αρνητικής πίεσης και έτσι η μονάδα μπορεί να λειτουργήσει περισσότερη ασφάλεια.

Λειτουργία: Αναρροφά τον ατμό στον θάλαμο ελέγχου κενού με τον κινητήρα και την αντλία κενού, ο ατμός θα εισέλθει στον συμπυκνωτή μετά τον θάλαμο ελέγχου κενού. Τέλος ρέει στη δεξαμενή λαδιού.



ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΣΚΟΝΗΣ



Αρχή λειτουργίας: Το μηχάνημα 6^{ης} γενιάς έχει δύο σύνολα συστημάτων απομάκρυνσης σκόνης. Το πρώτο έχει 12 ακροφύσια υψηλής πίεσης, το δεύτερο έχει 8 ακροφύσια υψηλής πίεσης. Η αντλία απομάκρυνσης σκόνης μπορεί να πιέσει το αλκαλικό νερό σε ακροφύσια υψηλής πίεσης με αντλία νερού και το αλκαλικό νερό εξουδετερώνει το όξινο υλικό από τον μαύρο καπνό που παράγεται κατά τη διάρκεια της θέρμανσης του αντιδραστήρα με καύσιμα, όπως κάρβουνα, κάρβουνο και μαλλί κλπ.

1. Οι εργαζόμενοι πρέπει να τοποθετήσουν την πρώτη ύλη (απόβλητα ελαστικών ή πλαστικά κλπ.) σε αυτόματο τροφοδότη με περονοφόρο ανυψωτήρα ή μεταφορέα, στη συνέχεια να ξεκινήσουν τον υδραυλικό κινητήρα, η στήλη θα ωθήσει το ελαστικό ή το πλαστικό σε αντιδραστήρα, θα σφραγίσει την είσοδο τροφοδοσίας.

2. Ο πυθμένας του αντιδραστήρα θερμαίνεται βραδέως με καύσιμα (ξύλο, άνθρακας, charcaol ή ηλεκτρική ενέργεια). Η θερμοκρασία φτάνει τους 150-200 ° C.

3. Το αέριο του πετρελαίου αρχίζει να ρέει στον σωλήνα ψύξης και στη συνέχεια γίνεται διαχωρισμός πετρελαίου-νερού, το πετρέλαιο ρέει περίπου 50% στο πρώτο δοχείο πετρελαίου, ενώ κάτω από τον διαχωριστή λαδιού-νερού θα καθιζάνουν και πολλές ακαθαρσίες.

4. Στη συνέχεια, το αέριο πετρελαίου συνεχίζει να ρέει προς τα πίσω σε δύο κατακόρυφους συμπυκνωτές και δύο οριζόντιους συμπυκνωτές αντίστοιχα. Το πετρέλαιο είναι πιο ορατό.

Παράγοντες επιρροής του ρυθμού παραγωγής πετρελαίου:

(1). Περιεχόμενο πετρελαίου ελαστικού. Το ελαστικό φορτηγού και ο εσωτερικός σωλήνας έχουν περισσότερη απόδοση λαδιού, επίσης το ελαστικό αυτοκινήτου, το ελαστικό ποδηλάτου κ.λπ.

(2). Περιοχή ψύξης των συμπυκνωτών. Οι συμπυκνωτές έχουν 82 τετραγωνικά μέτρα και η μηχανή έχει απόδοση 45% -50% πετρελαίου. Εάν η περιοχή ψύξης δεν είναι αρκετή, πολλά λάδια δεν μπορούν να ψυχθούν καθώς και τα απόβλητα ως υγρό αέριο ουράς, που είναι για τη μείωση της παραγωγής πετρελαίου.

(3). Θερμοκρασία στον αντιδραστήρα. Καλύτερα στους 275 ° C.

5. Τέλος, το αέριο πετρελαίου από δύο κατακόρυφους συμπυκνωτές ρέει στη συσκευή πυροπροστασίας, το αέριο είναι κυρίως μη συμπιεσμένο αέριο ουράς, στη συνέχεια από την έξοδο της συσκευής αντιτυρικής πυρκαγιάς συνδέεται ένας σωλήνας με τον κλίβανο ως καύσιμο για τη θέρμανση του αντιδραστήρα. Εάν το αέριο ουράς είναι πάρα πολύ, πρέπει να εγκαταστήσουμε τρεις συνδέσεις για την εκπομπή από την καμινάδα ή την απορρόφηση από την πισίνα που κυκλοφορεί νερό.

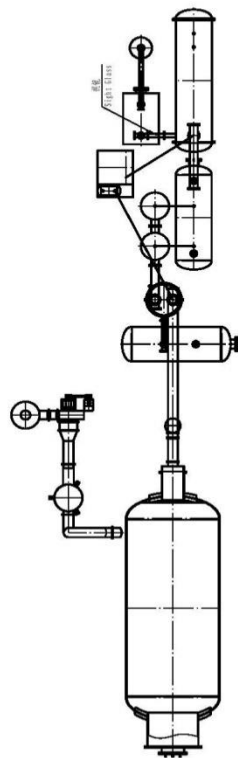
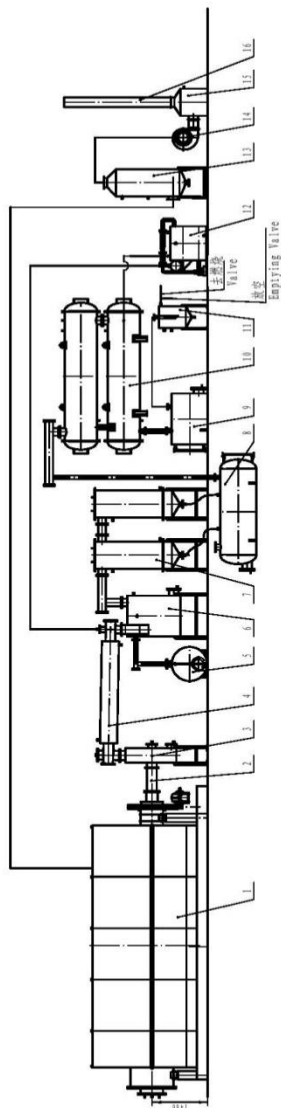
6. Κατά τη θέρμανση του πυθμένα του αντιδραστήρα με καύσιμο (ξύλο, άνθρακας), θα δημιουργηθεί πολύ κακή οσμή και μαύρος καπνός, ο μαύρος καπνός θα μετατραπεί τελικά στις εκπομπές του λευκού ατμού μετά από δύο ομάδες απομάκρυνσης σκόνης και μια πισίνα κυκλοφορούντος νερού, επιτυγχάνοντας εκπομπές αερίων σύμφωνα με τα εθνικά πρότυπα.

7. Όταν τελειώσουμε μία παρτίδα, χρειαζόμαστε το κουμπί αναστροφής του αντιδραστήρα πίεσης στο κουτί ελέγχου, η ενσωματωμένη σπειροειδή πλάκα θα στροβιλίσει τον αιθάλη σε μια γωνία κοντά στην είσοδο τροφοδοσίας και στη συνέχεια θα ανοίξει το κάλυμμα της φλάντζας από την εκκένωση της σκωρίας, μαύρη

πισίνα. Το υπόλοιπο χαλύβδινο σύρμα θα τραβηχτεί με αγκίστρι από χαλύβδινο σύρμα στον αυτόματο τροφοδότη.

ΕΙΚΟΝΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ



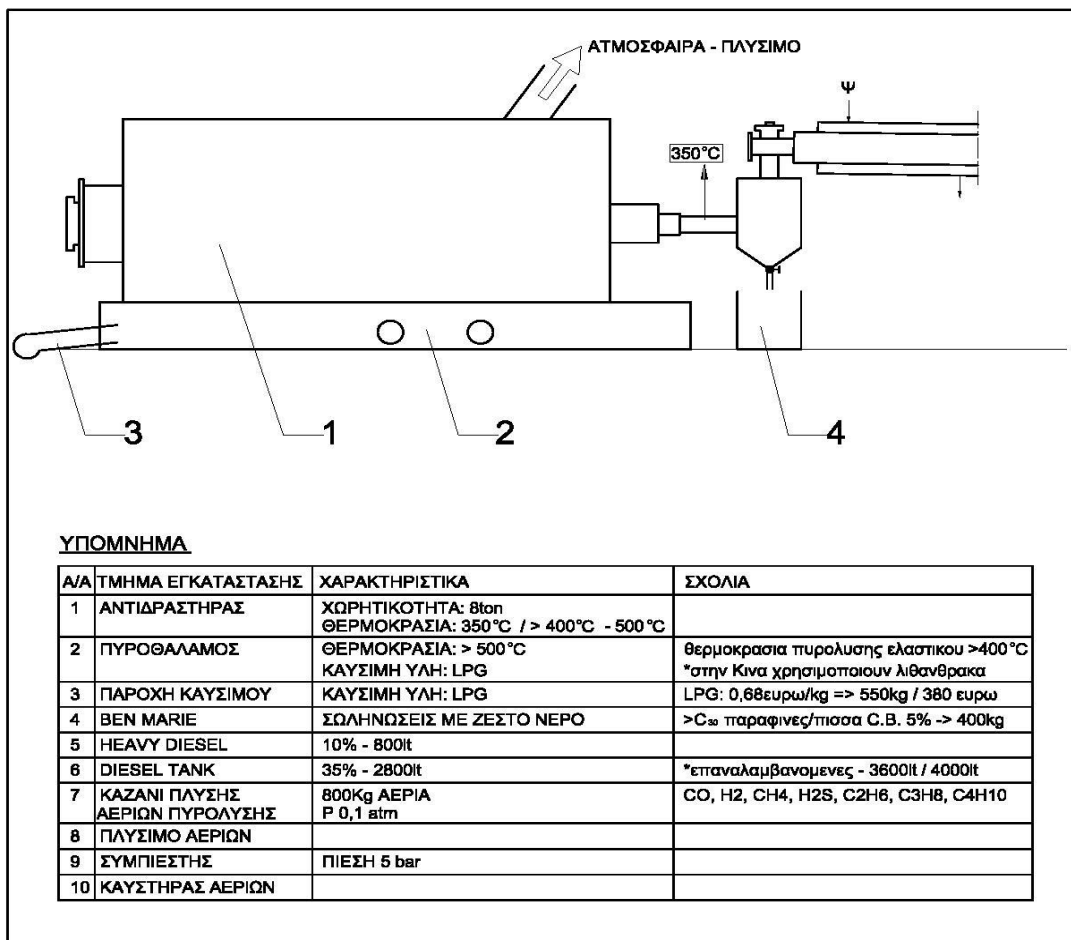


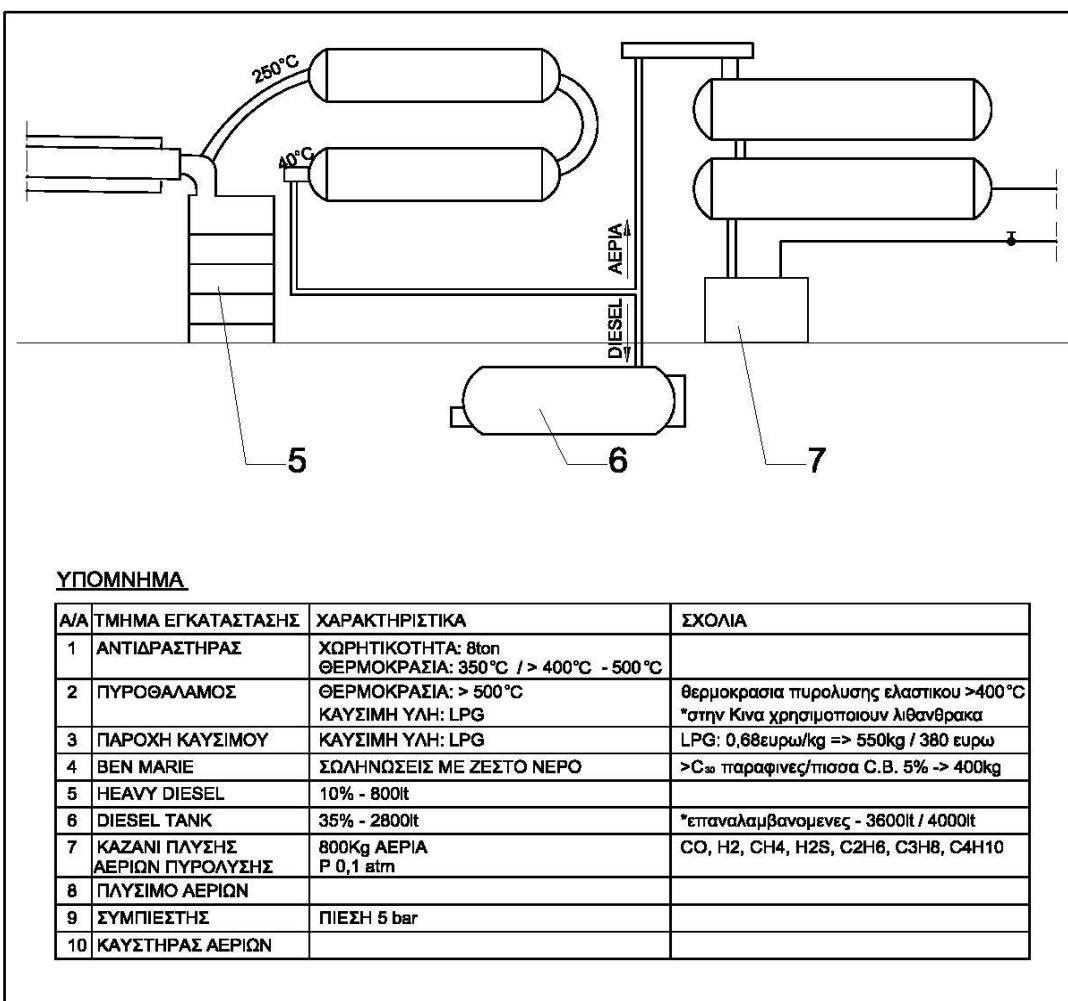
说明:

1. 设备按图例布置。
2. 设备按图例布置。

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
0	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0014	0.0015	0.0016	0.0017	0.0018	0.0019	0.0020	0.0021	0.0022	0.0023	0.0024	0.0025	0.0026	0.0027	0.0028	0.0029	0.0030	0.0031	0.0032	0.0033	0.0034	0.0035	0.0036	0.0037	0.0038	0.0039	0.0040	0.0041	0.0042	0.0043	0.0044	0.0045	0.0046	0.0047	0.0048	0.0049	0.0050	0.0051	0.0052	0.0053	0.0054	0.0055	0.0056	0.0057	0.0058	0.0059	0.0060	0.0061	0.0062	0.0063	0.0064	0.0065	0.0066	0.0067	0.0068	0.0069	0.0070	0.0071	0.0072	0.0073	0.0074	0.0075	0.0076	0.0077	0.0078	0.0079	0.0080	0.0081	0.0082	0.0083	0.0084	0.0085	0.0086	0.0087	0.0088	0.0089	0.0090	0.0091	0.0092	0.0093	0.0094	0.0095	0.0096	0.0097	0.0098	0.0099	0.0100

[illegible]





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΑΔΟΣ

3.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στο σημείο αυτό, παρουσιάζονται κάποιες βασικές έννοιες και ορισμοί που χρησιμοποιούνται για την οικονομική αξιολόγηση μιας οποιασδήποτε μονάδας. Οι έννοιες αυτές εφαρμόζονται στη συνέχεια για την μονάδα ταχείας πυρόλυσης.

Πριν την έναρξη της λειτουργίας μιας μονάδας, ένα μεγάλο χρηματικό ποσό πρέπει να καταβληθεί για να γίνει η αγορά και η εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού. Απαιτείται, επίσης, η εξασφάλιση της αναγκαίας έκτασης γης και των εγκαταστάσεων, συμπεριλαμβανομένων των δευτερευόντων στοιχείων όπως οι σωληνώσεις. Επιπλέον, πρέπει να υπάρχει το απαραίτητο χρηματικό ποσό για την κάλυψη των εξόδων που σχετίζονται με τη εκκίνηση της λειτουργίας της μονάδας (Peters, Timmerhaus, 1991). Τα ποσά αυτά αναλύονται στη συνέχεια.

Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης (Total Capital Investment-TCI): Πρόκειται για το συνολικό ποσό χρημάτων που πρέπει να καταβληθεί προκειμένου να ολοκληρωθεί το έργο και να καταστεί έτοιμο για λειτουργία. Το κόστος αυτό διακρίνεται σε δύο επιμέρους κόστη, το Συνολικό Κόστος Μονάδας- Σταθερό Κεφάλαιο Επένδυσης (Fixed Capital investment-Total Plant Cost-TPC) και το Κεφάλαιο Εργασίας (Working Capital).

Συνολικό Κόστος Μονάδας (TPC): Το TPC κατανέμεται σε δύο επιμέρους τμήματα, το Συνολικό Κεφάλαιο Εγκατάστασης- Άμεσο Κόστος Μονάδας (Total Installed Capital-Direct Plant Cost-DPC) και το Έμμεσο Κόστος Μονάδας (Indirect Plant Cost-IPC).

Άμεσο Κόστος Μονάδας(Direct Plant Cost-DPC): Περιλαμβάνει τις δαπάνες που σχετίζονται με υλικά και υποδομές που έχουν άμεση σχέση με τη λειτουργία της μονάδας. Τέτοιες είναι:

- Κόστος αγοράς μηχανημάτων και εξοπλισμού (Equipment cost): Περιλαμβάνει το κόστος αγοράς του βασικού εξοπλισμού της μονάδας (πχ αντιδραστήρες), μαζί με επιπλέον έξοδα που σχετίζονται άμεσα με την απόκτησή τους (πχ φόροι, ανταλλακτικά, μεταφορά).
- Κόστος εγκατάστασης εξοπλισμού(εσωτερική διασύνδεση μηχανημάτων, μονώσεις, βάψιμο).
- Κόστος οργάνων: Περιλαμβάνει το κόστος αγοράς, εγκατάστασης και ρύθμισης των μετρητικών οργάνων και διατάξεων της μονάδας.

- Κόστος σωληνώσεων: Περικλείει το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των σωληνώσεων και του σχετικού εξοπλισμού της μονάδας (πχ αντλίες).
- Κόστος ηλεκτρολογικού εξοπλισμού: Περιλαμβάνει διακόπτες, κινητήρες, καλωδιώσεις, πίνακες και το κόστος εγκατάστασης αυτών.
- Κόστος κτηρίων: Πρόκειται για το κόστος ανέγερσης των βασικών και βοηθητικών κτηρίων της μονάδας και επιπλέον υποδομών όπως σκάλες, ανελκυστήρες κλπ.
- Κόστος ανάπτυξης τοποθεσίας: Αφορά στα κόστη εκκαθάρισης, διαβάθμισης, οδική πρόσβασης, χωροθέτησης και περίφραξης της τοποθεσίας της μονάδας
- Κόστος Εγκαταστάσεων υπηρεσιών: Εγκαταστάσεις όπως ψυγεία, κλίβανοι, υποσταθμοί ηλεκτρικής ενέργειας, χώροι αναψυχής, χώροι στάθμευσης, καταστήματα κλπ.
- Κόστος γης: Κόστος αγοράς ή ενοικίασης γης και σχετικά φορολογικά βάρη

Έμμεσο Κόστος Μονάδας (Indirect Plant Cost-IPC): Το έμμεσο κόστος της μονάδας περιλαμβάνει δαπάνες που σχετίζονται με κάλυψη κυρίως άυλων αναγκών οι οποίες δεν έχουν άμεση σχέση με την ίδια τη μονάδα (Peters, Timmerhaus, 1991).

Τέτοιου είδους κόστη είναι:

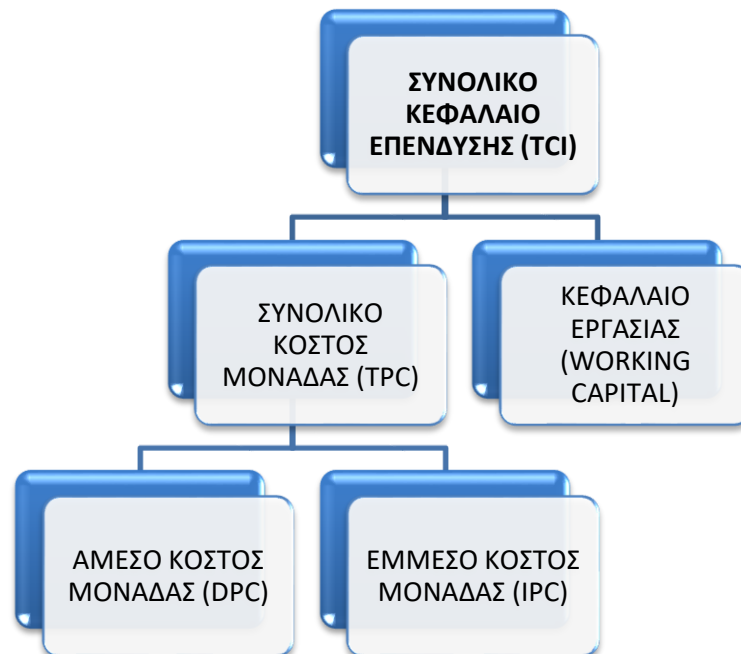
- Κόστος μηχανολογικού σχεδιασμού και επίβλεψης: Πρόκειται για το κόστος μηχανολογικού σχεδιασμού και επιθεώρησης της μονάδας, τα κόστη διοίκησης καθώς και τα κόστη επικοινωνίας, διεπαφών, μετακινήσεων συμβούλων κλπ.
- Κόστος κατασκευής: Περιλαμβάνει το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης των προσωρινών εγκαταστάσεων που διαμορφώνονται κατά την προετοιμασία της μονάδας, το κόστος απόκτησης/ενοικίασης εργαλείων και κατασκευαστικού εξοπλισμού, το κόστος ασφάλισης και ιατρικής περίθαλψης του προσωπικού, το κόστος φύλαξης της μονάδας κλπ.
- Αμοιβή του ανάδοχου
- Έκτακτα έξοδα

και επιπρόσθετα, κόστος για τον περιφερειακό εξοπλισμό (όργανα ελέγχου και ρύθμισης, ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις κλπ) που είναι απαραίτητα για τη μονάδα.

Κεφάλαιο εργασίας

Το κεφάλαιο εργασίας αποτελεί το κόστος έναρξης της λειτουργίας της μονάδας αφού αυτή έχει κατασκευαστεί. Περιλαμβάνει το κόστος αγοράς και

απόκτησης των πρώτων υλών και των υπόλοιπων προμηθειών και υλικών που είναι απαραίτητα, το απαιτούμενο κόστος για την διατήρηση της ρευστότητας της (αρχική μισθοδοσία, πληρωτέα δάνεια, φόροι) κλπ. (Peters, Timmerhaus, 1991). Όλα τα παραπάνω κόστη συνοψίζονται διαγραμματικά ακολούθως:



Κόστος συντήρησης και λειτουργίας (Operation & Maintenance Costs): Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας μιας μονάδας αναφέρεται στις δαπάνες που περιοδικά πρέπει να καταβάλλονται για την εξασφάλιση της ομαλής λειτουργίας της. Τέτοιες δαπάνες είναι οι εξής:

- Κόστος καυσίμου (fuel cost)
- Κόστος αναλωσίμων (utilities)
- Κόστος εργασίας (labor)
- Κόστος φορολογίας και ασφάλισης (tax and insurance)
- Κόστος συντήρησης και επισκευών (maintenance and repairs)
- Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας
- Λοιπές περιοδικές οικονομικές υποχρεώσεις (πχ ενοίκια, δάνεια κλπ)

Χρόνος ζωής του έργου (Project Life)-N

Ως χρόνος ζωής του έργου ορίζεται το πλήθος των ετών κατά τα οποία γίνεται η μελέτη της οικονομικότητας της επένδυσης. Μία ενδεικτική τιμή για μονάδες παραγωγής ενέργειας και χημικών διεργασιών είναι τα 20 με 25 χρόνια.

Επιτόκιο (Interest rate) i

Το επιτόκιο αποτελεί έναν βασικό δείκτη της οικονομίας και αντιπροσωπεύει τον ετήσιο ρυθμό υποβάθμισης της ονομαστικής αξίας του χρήματος. Επειδή η ακριβής γνώση της πραγματικής του τιμής δεν είναι ευχερής, συνηθίζεται να αξιολογείται η οικονομικότητα της επένδυσης για διάφορες τιμές αυτού, προκειμένου να υπολογίζονται τα επιτρεπόμενα όρια τις διακύμανσής του. Μια τυπική τιμή που λαμβάνει για εφαρμογές παραγωγής χημικών και ενέργειας είναι 7%. Με βάση το επιτόκιο, είναι δυνατός ο υπολογισμός του παράγοντα προσόδου α (annuity factor) με τη χρήση του οποίου το Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης ανάγεται σε ισόποσες ετήσιες χρηματικές ροές, ανάλογα με το χρόνο ζωής του έργου (Karellas, et al., 2012). Με γνώμονα τα παραπάνω, ο παράγοντας προσόδου δίνεται από την εξίσωση :

$$\alpha = \frac{i}{1 - (1 + i)^{-N}}$$

Κόστος παραγωγής (Production Cost)

Πρόκειται για το κόστος που αντιστοιχεί στην παραγωγή μιας μονάδας τελικού προϊόντος από τη μονάδα. Το τελικό προϊόν μπορεί να είναι είτε ενέργεια, οπότε η τιμή του κόστους παραγωγής δίνεται σε €/MWh, είτε κάποιο άλλο στερεό, αέριο ή υγρό προϊόν, οπότε η τιμή του έχει μονάδες €/tn, €/lt κ.ο.κ. Για τον υπολογισμό του το TCI ανάγεται σε N ισόποσες χρηματοροές (όπου N τα έτη χρόνου ζωής του έργου) σε κάθε μία από τις οποίες προστίθεται το ετήσιο Κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης (Karellas, et al., 2012). Το συνολικό αυτό ετήσιο κόστος διαιρείται στη συνέχεια με την ποσότητα τελικού προϊόντος που παράγεται από τη μονάδα. Το κόστος παραγωγής επομένως δίνεται από την εξίσωση :

$$PC = \frac{TCI \cdot \alpha - QM}{prod}$$

όπου:

PC το Κόστος Παραγωγής (€/tn ή €/lt ή €/MWh κλπ ανάλογα με το παραγόμενο προϊόν)

TCI το Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης (€)

α ο παράγοντας προσόδου

QM το Κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης (€/έτος)

prod: η ετήσια ποσότητα παραγόμενου προϊόντος

Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζονται όλοι οι συμβολισμοί των βασικών μεγεθών της οικονομικής ανάλυσης.

Μέγεθος	Συμβολισμός
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης Συνολικό	TCI
Συνολικό Κόστος Μονάδας	TPC
Άμεσο Κόστος Μονάδας	DPC
Έμμεσο Κόστος Μονάδας	IPC

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ-ΕΡΕΥΝΑ ΣΕ

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας πυρόλυση πλαστικών και ελαστικών πραγματοποιήθηκε έρευνα σε πραγματικές συνθήκες εργασίας. Κατά τη διάρκεια της έρευνας εξετάσθηκαν ως πρώτη ύλη δυο διαφορετικοί τύποι πλαστικού καθώς και το ελαστικό.

4.1. ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΤΥΠΟΥ ΚΔΑΑΥ

4.1.1.ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΔΑΑΥ

Στην πρώτη αυτή περίπτωση που μελετήθηκε η εταιρία δεν διαθέτει την συστατική ανάλυση της πρώτης ύλης. Αυτό συνέβη διότι αυτήν δεν χορηγήθηκε από την εταιρεία που προμηθεύει το προϊόν που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη. Οι προδιαγραφές που έχουν όμως ζητηθεί και διαθέτει το υλικό είναι οι παρακάτω:

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	% ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ
Πολυπροπυλένιο(PP) ή πολυαιθυλένιο(PE)	95%
Χαρτί	5%

Οποιαδήποτε μορφή πλαστικού εκτός από την παραπάνω θα μπορούσε να προκαλέσει προβλήματα κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Παρακάτω θα παρουσιαστεί η ανάλυση της παραγωγικής διαδικασίας της πυρόλυσης χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη το πλαστικό τύπου ΚΔΑΑΥ.

4.1.2.ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στον πρώτο πίνακα παρακάτω παρουσιάζονται οι παρατηρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια μια παρτίδας πυρόλυσης καθώς και οι μετρήσεις σε όλα τα κομμάτια του μηχανήματος που χρησιμοποιήθηκαν.

Ο έλεγχος και οι παρατηρήσεις που παρουσιάζονται παρακάτω διεξαγόντουσαν ανά μια ώρα περίπου κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Το λεκτικό το οποίο χρησιμοποιείται στις παρατηρήσεις αποτελείται κυρίως από τους τεχνικούς ορούς που χρησιμοποιούνται σε πραγματικές συνθήκες εργασίας. Ας δούμε λοιπόν την πρώτη ανάλυση και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτήν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.2.1:ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ ΣΕ KG			5.000KG
ΠΟΣΟΤΗΤΑ/ ΤΥΠΟΣ Α' ΥΛΗΣ			4.000 KG / ΤΥΠΟΥ ΚΔΑΑΥ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ			14/12/2017
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
7:00:00 πμ	ΕΚΙΝΝΗΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ(kgr)	1.000
8:00:00 πμ	-	CARBON BLACK(KG)	400
9:00:00 πμ	ΡΟΗ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΒΑΡΥ ΑΠΟΣΤΑΓΜΑ ΕΛΑΙΟΥ	ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ(ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ)(KG)	200
10:00:00 πμ	-	ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ (ΦΕΥΓΟΥΝ ΚΑΜΙΝΑΔΑ)(KG)	200
11:00:00 πμ	ΡΟΗ ΚΑΙ ΣΤΙΣ 3 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΒΑΡΥ ΑΠΟΣΤΑΓΜΑ(HEAVY DIESEL) ΕΛΑΙΟΥ,ΕΛΑΦΡΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ 2 ΚΑΙ ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ ΣΤΗΝ ΤΡΙΤΗ	ΑΤΣΑΛΙ	0
12:00:00 μμ	ΡΟΗ ΚΑΙ ΣΤΙΣ 3 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΒΑΡΥ ΑΠΟΣΤΑΓΜΑ ΕΛΑΙΟΥ,ΕΛΑΦΡΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ 2(BENZINOΕΙΔΗ) ΚΑΙ ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ(DIESEL) ΣΤΗΝ ΤΡΙΤΗ	ΝΕΡΟ	10.500
1:00:00 μμ	ΜΕΓΑΛΗ ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΣΤΟ ΦΟΥΛ-ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΑΜΙΝΑΔΑΣ	ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ	400.000
2:00:00 μμ	ΡΟΗ ΣΤΙΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ 2 ΚΑΙ 3 ΕΛΑΦΡΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ 2 ΚΑΙ ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ ΣΤΗΝ 3	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 1(Kcal/H)	200.000
3:00:00 μμ	ΡΟΗ ΣΤΙΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ 2 ΚΑΙ 3 ΕΛΑΦΡΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ 2 ΚΑΙ ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ ΣΤΗΝ 3-ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ ΣΥΝΕΧΩΣ Η ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 2(Kcal/H)	38
4:00:00 μμ	-	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 1(KG/H)	19
5:00:00 μμ	ΛΙΩΣΙΜΟ ΤΗΣ ΠΑΡΑΦΙΝΗΣ ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 2(KG/H)	438
6:00:00 μμ	ΚΛΕΙΣΤΟΙ ΑΚΟΜΗ ΟΙ ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ Η ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΙΛΩΝ ΑΝΑ ΠΑΡΤΙΔΑ(LPG)	2.200
7:00:00 μμ	ΑΝΟΙΓΟΥΜΕ ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕ ΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΠΟΥ ΣΤΟΥΣ 200 ΒΑΘΜΟΥΣ,ΠΑΓΩΜΕΝΗ Η ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΤΑ 70%-Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΛΗΣΙΑΖΕΙ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ	ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΤΙΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	385
8:00:00 μμ	100% ΠΑΓΩΜΕΝΗ Η ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΟΥ ΜΕ ΤΟΥΣ 2 ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ	ΒΑΡΥ ΑΠΟΣΤΑΓΜΑ ΕΛΑΙΟΥ(HEAVY DIESEL)	385
9:00:00 μμ	ΑΝΟΙΓΜΑ ΤΟΥ ΕΝΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΔΙΝΕΙ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΕΠΟΜΕΝΩΣ ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΆΛΛΗ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΠΡΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΛΑΦΡΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ(BENZINOΕΙΔΗ ΚΑΙ ΆΛΛΑ)	1.430

10:00:00 μμ	ΑΝΟΙΓΜΑ ΠΟΡΤΑΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ-ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΙΑ ΤΥΧΟΝ ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ(DIESEL)	
11:00:00 μμ	ΤΕΛΟΣ ΠΑΡΤΔΑΣ		
12:00:00 πμ	-		

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.2.1

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΙΝΑΚΑ 4.1.2.1.

1. Παρατηρούμε ότι η πρώτη ύλη που χρησιμοποιούμε ανέρχεται στα 4000kg ενώ η χωρητικότητά του αντιδραστήρα είναι 5000kg. Αυτό συμβαίνει για να μην «μπουκώνει» το μηχάνημα και υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης και πυρκαγιάς κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

2. Στη συνέχεια παρατηρούμε τα προϊόντα που παράγονται μετά το τέλος της διαδικασίας από το πλαστικό τύπου ΚΔΑΥ. Η μονάδα μέτρησης τους είναι και εδώ σε kg και ο κανόνας στον ποσοστιαίο τους διαχωρισμό είναι ο παρακάτω:

ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ(%)
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ	55
CARBON BLACK	25
ΝΕΡΟ	5
ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ (ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ)	10
ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ(ΚΑΜΙΝΑΔΑ)	5
ΑΤΣΑΛΙ	0

Το ατσάλι είναι 0 διότι η συγκεκριμένη πρώτη ύλη δεν περιέχει καθόλου ατσάλι και γενικότερα μόνο το ελαστικό είναι εκείνο που δίνει ως παραγωγό το ατσάλι.

Τα παραπάνω ποσοστά ισχύουν και για αντιδραστήρες μεγαλύτερης χωρητικότητας, με τη χρήση περισσότερης πρώτης ύλης δίνοντας την αντίστοιχη απόδοση σε αριθμούς.

3. Κατά γενική ομολογία τα προϊόντα που τελικά είναι χρήσιμα για την αξία τους μετά την παραγωγική διαδικασία είναι οι υδρογονάνθρακες το carbon black και τα αέρια μετάκαυσης τα χρησιμοποιούμενα. Όμως οι υδρογονάνθρακες χωρίζονται όπως είδαμε και παραπάνω στην εικόνα σε 3 δεξαμενές. Σε κάθε μια δεξαμενή ανάλογα τη φάση της πυρόλυσης αρχίζει και υγροποιείται η πρώτη ύλη με διαφορετικές μορφές (αναλύεται και στις παρατηρήσεις). Το μόνο που είναι χρήσιμο για την εταιρεία είναι το πυρολυτικό έλαιο (τύπου diesel) που μπορεί να έχει εφαρμογή σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Επίσης τα αέρια μετάκαυσης χρησιμοποιούνται για να αναστέλλεται για κάποιο χρονικό διάστημα η λειτουργία των καυστήρων και να υπάρχει μικρότερη κατανάλωση LPG. Τέλος και το carbon

black μετά από κάποια επεξεργασία μπορεί να έχει εφαρμογή για την παραγωγή καουτσούκ ή μελανιού αλλά είναι κάποιες διαδικασίες που δεν έχει ασχοληθεί ακόμη η εν λόγω εταιρεία. Όλα τα υπόλοιπα προϊόντα στην παρούσα φάση δεν έχουν κάποια μεταπωλητική αξία για την εταιρεία.

4. Στο κάτω μέρος της δεξιάς εικόνας παρατίθεται επίσης η θερμιδομετρία των καυστήρων καθώς και η θερμογόνος δύναμή του LPG. Χρησιμοποιώντας λοιπόν τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Κατανάλωση καυστήρα (kg/H)} = \frac{\text{θερμιδομετρία καυστήρα}}{\text{θερμογόνος δύναμή LPG}}$$

Υπολογίζουμε έτσι την κατανάλωση kg υγραερίου. Το συνολικό ποσό εξαρτάται από το πόσες ώρες είναι ανοιχτοί οι καυστήρες κατά τη διάρκεια μια παρτίδας πυρόλυσης.

Με αφορμή λοιπόν τις παρατηρήσεις 1,2 και 3 στον επόμενο πίνακα θα παρουσιαστεί τότε λειτουργεί κάθε μέρος του μηχανήματος κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.2.2.:ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ

ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΚΚΙΝΗΣΗ 7:00 πμ	8:00 πμ	9:00 πμ	10:00 πμ	11:00 πμ	12:00 μμ	1:00 μμ	2:00 μμ	3:00 μμ	4:00 μμ	5:00 μμ	6:00 μμ	7:00 μμ	8:00 μμ	9:00 μμ	10:00 μμ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΕ ΒΑΘΜΟΥΣ °C	0	80	100	190	280	290	370	310	380	380	430	400	315	80	60	60
ΠΙΕΣΗ ΣΕ BAR	0	0,025	0,025	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0
ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΙΡΙΟΥ LPG 1	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON(0kgr)	OFF
ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΙΡΙΟΥ LPG 2	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 1(kgr)	OFF(0kgr)	OFF(0kgr)	OFF(0kgr)	OFF(0kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 2(kgr)	OFF(0kgr)	OFF(0kgr)	OFF(0kgr)	OFF(0kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 3(kgr)	OFF(0kgr)	OFF(0kgr)	OFF(0kgr)	OFF(0kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
ΔΕΞΑΜΕΝΗ 1- ΒΑΡΥ ΑΠΟΣΤΑΤΜΑ ΣΕ kgr	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	115,5	115,5	77	38,5	38,5	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)
ΔΕΞΑΜΕΝΗ 2- BENZINOΞΕΙΔΕΣ ΣΕ kgr	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	96,25	96,25	57,75	38,5	38,5	38,5	19,25	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)
ΔΕΞΑΜΕΝΗ 3- ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ ΣΕ kgr	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	71,5	71,5	143	143	214,5	214,5	286	286	143	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)	OXI POHI(0)

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΠΙΝΑΚΑ 4.1.2.2.

- Όπου υπάρχει η επιγραφή ON στους καυστήρες και τις μετακαύσεις σημαίνει ότι βρίσκονται σε λειτουργία. Οι μετακαύσεις είναι σωλήνες οριζόντιας ανταλλαγής θερμότητας. Οι μονάδες που απαιτούνται σε κιλά αναγράφονται στον πίνακα 5.1.2.1.,για αυτό εδώ δεν αναγράφεται κάποια ποσοτική τιμή.
- Όσο αφορά τις δεξαμενές όπου και καταλήγουν τα τελικά προϊόντα όταν διακρίνεται η επιγραφή ΟΧΙ ΡΟΗ σημαίνει πως έχουμε για εκείνη την ώρα μηδενική παραγωγή του ελαίου. Στα υπόλοιπα κελιά αναγράφεται η ποσότητα που παράχθηκε.

Διαπιστώνουμε λοιπόν πως προκύπτουν τα νούμερα του πίνακα 5.1.2.1 με την ανάλυση που γίνεται στον πίνακα 5.1.2.2. κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας της πυρόλυσης.

4.1.3. ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΛΙΚΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ

Το τελευταίο κομμάτι αυτής της έρευνας που πραγματοποιήθηκε για το πλαστικό τύπου ΚΔΑΑΥ στη διαδικασία της πυρόλυσης περιλαμβάνει τη χημική ανάλυση του πυρολυτικού ελαίου, δηλαδή του προϊόντος που διαθέτει ως βασικό προϊόν πώλησης αυτή τη στιγμή η επιχείρηση στην αγορά.

ΕΙΚΟΝΑ 4.1.3.1



**ΚΥΚΛΟΣ ΕΠΕ
Β' ΒΙ.ΠΕ. ΒΟΛΟΣ**

Σελίδα 1 από 2
Ημερομηνία: 10-06-2016

Υπ' όψιν: κ. Γραμματικού

Κατόπιν εντολής σας προέβημεν στους ζητηθέντες προσδιορισμούς στο δείγμα πετρελαιοειδούς που μας προσκομίσατε.
Το δείγμα έφερε τα κάτωθι στοιχεία:

Κωδικός δείγματος
270516-21

Στοιχεία δείγματος

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ			
Κωδικός δείγματος: 270516-21			
Παράμετρος	Μέθοδος	Αποτέλεσμα	Μονάδες
Αρωματικοί RH	ASTM D- 1319 (modified)	M.A.	% v/v
Ολεφίνες	ASTM D- 1319 (modified)	M.A.	% v/v
Κεκορεσμένοι RH	ASTM D- 1319 (modified)	M.A.	% v/v
Αριθμός σαπωνοποίησης	ISO 6293	14	mg KOH/ gr
Θεική τέφρα	ISO 3987	0,004	% w/w
Συντημήσεις: M.A.: Μη Δυνατόν			
Σημείωση: Όλοι οι ανωτέρω προσδιορισμοί πραγματοποιήθηκαν επί του διηθηθέντος δείγματος.			

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ			
Κωδικός δείγματος: 270516-21			
Παράμετρος	Μέθοδος	Αποτέλεσμα	Μονάδες
Πυκνότητα	D-1298	828	g/l
Περιεκτικότητα σε νερό	D-95	0,2	%w/w
Ολικά κατάλοιπα	D-4870	0,15	%m/m
Ιξώδες 50° C	D-445	1,22	cSts
Ιξώδες at 70° C	D-445	0,76	cSts
Σημείο ανάφλεξης	D-93	35	°C
Τέφρα	D-482	0,35	%w/w
Θείο	D-4294	7.100	mg/Kg
Σημείο ροής	D-97	<-18	°C
Άζωτο	D-5762	3,150	mg/Kg
T.A.N.	D-664	0,13	mg KOH/g
Κατωτέρα θερμογόνος δύναμης	D-4868	42.333	KJ/Kg
Απόσταξη	D-86		
I.B.P.		67	°C
Απόσταγμα 5%		109	°C
Απόσταγμα 10%		119	°C
Απόσταγμα 20%		133	°C
Απόσταγμα 30%		151	°C
Απόσταγμα 40%		169	°C
Απόσταγμα 50%		-	°C
Απόσταγμα 60%		-	°C
Απόσταγμα 70%		175	°C
Απόσταγμα 80%		179	°C
Απόσταγμα 90%		201	°C
Απόσταγμα 95%		205	°C
F.B.P.		-	°C
Σημείωση: Όλοι οι ανωτέρω προσδιορισμοί πραγματοποιήθηκαν επί του διηθηθέντος δείγματος με εξαίρεση την πυκνότητα, την περιεκτικότητα σε νερό και τα ολικά κατάλοιπα			

Ο Διευθυντής



ΚΩΝΣΤ. Σ. ΑΝΔΡΕΟΥ
 ΧΗΜΙΚΟΣ

Ο Χημικός



ΣΤΕΦ. Κ. ΑΝΔΡΕΟΥ
 ΧΗΜΙΚΟΣ MSc

EIKONA 4.1.3.2

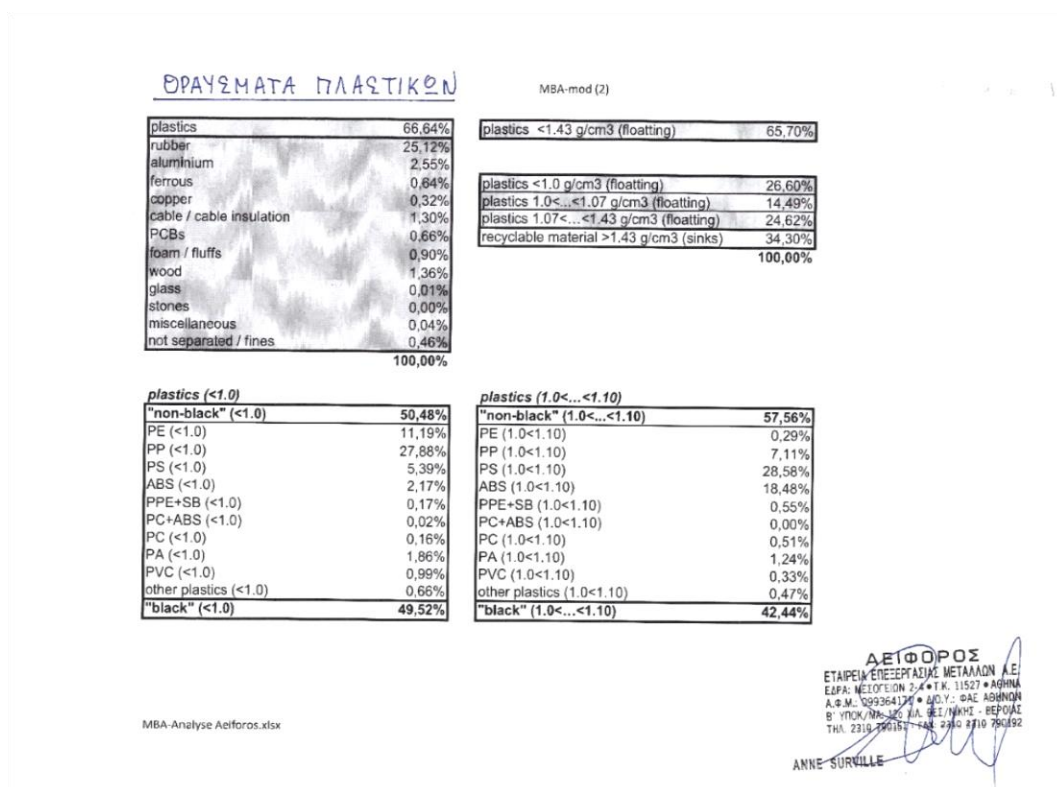
4.2. ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΤΥΠΟΥ "ΑΕΙΦΟΡΟΣ"

4.2.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ "ΑΕΙΦΟΡΟΣ"

Ακριβώς στο ίδιο μοτίβο που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 2.1 έγινε η έρευνα και οι πραγματικές δοκιμές όσο αφορά το πλαστικό τύπου «αειφόρου». Σε αντίθεση με την παραπάνω περίπτωση εδώ έχουμε την πλήρη ανάλυση των συστατικών που αποτελούν την πρώτη ύλη πιστοποιημένη από την ίδια την εταιρεία που προμηθεύει το προϊόν. Αυτή απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα:

ΕΙΚΟΝΑ 5.2.1.1

Η εικόνα περιέχει την αναλυτική περιγραφή των θραυσμάτων πλαστικών, όπως αναφέρονται στην επικεφαλίδα ,που υπάρχουν σε ποσόστωση στο τελικό προϊόν πρώτης ύλης. Αυτό που διακρίνουμε όμως και πάλι σε σχέση με την πρώτη ύλη του ΚΔΑΥ είναι πως τα είδη πλαστικού που κυριαρχούν είναι το πολυπροπυλένιο(PP) και το πολυαιθυλένιο(PE). Αυτό εξηγείται γιατί αυτά είναι τα υλικά που μας οδηγούν στα επιθυμητά επίπεδα μιας



αποδοτικής πυρόλυσης.

Η παραπάνω σύσταση και ανάλυση της πρώτης ύλης είναι πιστοποιημένη από την ίδια την εταιρεία για την οποία θα αναφερθούν δυο λόγια στη συνέχεια.

ΑΕΙΦΟΡΟΣ

Η ΑΕΙΦΟΡΟΣ Α.Ε. ανήκει στον Τομέα Ανακύκλωσης της VIOHALCO και δραστηριοποιείται από το 2001 στην **διαχείριση και αξιοποίηση βιομηχανικών παραπροϊόντων και αποβλήτων**, συμβάλλοντας καθοριστικά στην **προστασία του περιβάλλοντος** και ανακυκλώνοντας ετησίως πάνω από 400.000 τόνους. Η εταιρία παράγει ένα ευρύ φάσμα προϊόντων υψηλής ποιότητας όπως **σκληρά αδρανή** για την οδοποιία, σιδηρούχα και μη σιδηρούχα **μέταλλα** και εναλλακτικές πρώτες ύλες για τη βιομηχανία. Επίσης λειτουργεί **μονάδα ανακύκλωσης και απόσυρσης αυτοκινήτων** και τη μοναδική στην Ελλάδα **εγκατάσταση επεξεργασίας υπολειμμάτων shredder**.

4.2.2.ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Χρησιμοποιώντας λοιπόν την πρώτη ύλη που αναλύσαμε παραπάνω καταλήξαμε στην περίπτωση αυτή στον εξής πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.2.1 :ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΠΡΟΙΝΤΑ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ ΣΕ KG			5.000KG
ΠΟΣΟΤΗΤΑ/ ΤΥΠΟΣ Α' ΥΛΗΣ			2.500 KG /ΤΥΠΟΥ ΑΕΙΦΟΡΟΥΜ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ			14/12/2017
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΙΟΝΤΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
10:00:00 πμ	ΕΚΙΝΝΗΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΤΙΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	1.125
11:00:00 πμ	-	CARBON BLACK(KG)	875
12:00:00 μμ	2 ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΚΑΙ ΟΙ 3 ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ	ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ(ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ)(KG)	250
1:00:00 μμ	ΚΛΕΙΝΕΙ Ο ΕΝΑΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΟΙ 3 ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ	ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ (ΦΕΥΓΟΥΝ ΚΑΜΙΝΑΔΑ) ΣΕ KG	50
2:00:00 μμ	ΚΛΕΙΝΟΥΝ ΚΑΙ ΟΙ ΔΥΟ ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΜΟΝΟ ΟΙ ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ-ΡΟΗ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΤΗΝ ΔΕΥΤΕΡΗ	ΑΤΣΑΛΙ	0
3:00:00 μμ	ΜΟΝΟ ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΑΜΙΝΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΣΚΑΛΑ	ΝΕΡΟ	200
4:00:00 μμ	ΑΝΟΙΓΜΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ-ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΣΤΗ ΜΕΣΑΙΑ ΣΚΑΛΑ	ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΜΑΝΗ LPG	10.500
5:00:00 μμ	ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΜΟΝΟ ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΣΤΗ ΜΕΣΑΙΑ ΣΚΑΛΑ	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 1(Kcal/H)	400.000
6:00:00 μμ	-	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 2(Kcal/H)	200.000
7:00:00 μμ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΩΝ Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΛΗΣΙΑΖΕΙ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ-ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΑΜΙΝΑΔΑΣ ΣΤΗ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΣΚΑΛΑ(ΦΟΥΛ)	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 1(KG/H)	38,0952381

8:00:00 μμ	-	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 2(KG/H)	19,04761905
9:00:00 μμ	ΤΕΛΟΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΙΛΩΝ ΑΝΑ ΠΑΡΤΙΔΑ(LPG)	209,5238095
		ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΤΙΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	1.125
		ΒΑΡΥ ΑΠΟΣΤΑΓΜΑ ΕΛΑΙΟΥ (HEAVY DIESEL)	112,5
		ΕΛΑΦΡΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ (BENZΙΝΟΕΙΔΗ ΚΑΙ ΑΛΛΑ)	112,5
		ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ (DIESEL)	900

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΙΝΑΚΑ 4.2.2.1.

1.Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται εδώ είναι πολύ μικρότερη της χωρητικότητας του αντιδραστήρα, επομένως τα προϊόντα που θα πάρουμε ως αποτέλεσμα θα είναι χαμηλότερά σε τονάζ σε σχέση με την πρώτη περίπτωση.

2.Παρουσιάζονται και πάλι τα προϊόντα που παράγονται κατά την διάρκεια της πυρόλυσης απλώς λόγω της αλλαγής του υλικού(πρώτη ύλη) αλλάζει ο συσχετισμός του ποσοστού που παίρνουμε σαν τελικό προϊόν :

ΠΡΟΙΟΝΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ(%)
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ	45
CARBON BLACK	35
ΝΕΡΟ	8
ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ (ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ)	10
ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ(ΚΑΜΙΝΑΔΑ)	2
ΑΤΣΑΛΙ	0

Και σε αυτήν την περίπτωση το ατσάλι είναι 0 και η εξήγηση είναι ακριβώς η ίδια που δώσαμε και για την πρώτη ύλη του κεφαλαίου 5.1.

3.Είναι επίσης εύκολα κατανοητό ότι το μηχάνημα χρειάστηκε λιγότερες ώρες να πυρολύσει αυτήν την παρτίδα πρώτης ύλης λόγω της διαφοράς του υλικού, αλλά και επειδή ήταν μικρότερο το τονάζ που χρησιμοποιήθηκε.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται η λειτουργία κάθε τμήματος του μηχανήματος κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης του πλαστικού τύπου «αιφόρος»:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.2.2 :ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ

ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	10:00 πμ	11:00 πμ	12:00 μμ	1:00 μμ	2:00 μμ	3:00 μμ	4:00 μμ	5:00 μμ	6:00 μμ	7:00 μμ	8:00 μμ	9:00 μμ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΕ ΒΑΘΜΟΥΣ °C	0	40	110	140	180	250	300	300	320	340	150	60
ΠΙΕΣΗ ΣΕ BAR	0	0,025	0,05	0,05	0,075	0,1	0,1	0,15	0,2	0,2	0,1	0
ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ LPG 1	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ LPG 2	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 1(kgr)	OFF (0kgr)	OFF (0kgr)	OFF (0kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 2(kgr)	OFF (0kgr)	OFF (0kgr)	OFF (0kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 3(kgr)	OFF (0kgr)	OFF(0kg r)	OFF (0kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
ΔΕΞΑΜΕΝΗ 1- ΒΑΡΥ ΑΠΟΣΤΑΓΜΑ ΣΕ Kgr	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	22,5	45	45	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)
ΔΕΞΑΜΕΝΗ 2- ΒΕΝΖΙΝΟΕΙΔΕΣ ΣΕ kgr	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	11,25	11,25	22,5	22,5	22,5	11,25	11,25	OXI POH(0)
ΔΕΞΑΜΕΝΗ 3- ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ ΣΕ kgr	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	45	45	90	180	180	135	135	90

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΠΙΝΑΚΑ 4.2.2.2.

Το μοτίβο και οι σημειώσεις του πίνακα 5.2.2.2 είναι ίδιο με αυτό του πίνακα 5.1.2.2 στο κεφάλαιο 5.1 επομένως δεν χρειάζεται να επαναληφθούν.

4.2.3. ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΛΙΚΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ

Τέλος στην έρευνα αυτή παρουσιάζεται και πάλι η χημική ανάλυση του πυρολυτικού ελαίου(diesel),που προέκυψε σύμφωνα με όμως παραπάνω διαδικασίες:

ΕΙΚΟΝΑ 4.2.3.1.



ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (Ε.Κ.Ε.Τ.Α.)

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ (Ι.Δ.Ε.Π)

6ο χλμ. Οδού Χαριλάου-Θέρμης, Τ.Θ. 361, 57001 Θέρμη, Θεσσαλονίκη.
τηλ. 2310 498 300 FAX 2310 498 380

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

Ε Κ Θ Ε Σ Η Δ Ο Κ Ι Μ Ω Ν

Ημερ. έκδοσης έκθεσης.....20/04/2017.....

Αρ. Πρωτοκόλλου..... 609.....

Σ Τ Ο Ι Χ Ε Ι Α Ε Ν Τ Ο Λ Ε Α Κ Α Ι Δ Ε Ι Γ Μ Α Τ Ο Σ

Ημερομηνία αίτησης και υποβολής Δείγματος	20/04/17	
Εντολέας / Εταιρία Εντολέας / Υπεύθυνος Διεύθυνση ενδιαφερομένου	ΚΥΚΛΟΣ ΜΕΡΕ κ. Grammatikos B BIPE OT 5A, TK 37500 B BIPE	
Κοινοποίηση:	2425024840	
Κωδικοί Δείγματος	230458	
Ονομασία Δείγματος	Pyrolysis Oil	
Ποσότητα δειγμάτων	1	
Έναρξη και λήξη αναλύσεων	20/04/2017	20/04/2017
ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ		
Κωδικός Ανάλυσης	Περιγραφή	
	Θείο, % κ.β., Ιξώδες 50 °C, Πυκνότητα 15 °C, g/ml, Σημείο Ανάφλεξης °C, Σημείο Ροής °C, Τέφρα % κ.β	

ΕΙΚΟΝΑ 4.2.3.2



ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (Ε.Κ.Ε.Τ.Α.)
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ (Ι.Χ.Δ.Ε.Π.)

6ο χλμ. Οδού Χαριλάου-Θέρμης, Τ.Θ. 361, 57001 Θέρμη, Θεσσαλονίκη.
τηλ. 2310 498 300 FAX 2310 498 380

Ημερ. Έκδοσης έκθεσης...20/04/2017..... Αρ. Πρωτοκόλλου.....609.....

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ : 230458			
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ : Pyrolysis Oil			
Ανάλυση που ζητήθηκε	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	Απαιτηση δοκιμής	Προδιαγραφές Μαζούτ Νο1
Θείο, % κ. β.	0,3930	ASTM D 4294/ISO 8754	1,0% κ.β. max
Σημείο Ανάφλεξης °C	ASTM D93	66 °C min
Ιξώδες 50 °C, cSt	1,1503	ASTM D 445	180 cSt max
Πυκνότητα 15 °C, g/ml	0.8946	ASTM D 4052	0,991 g/ml, max
Τέφρα , %κ.β.	0,09	ASTM D 482/ ISO 26245	0,10%κ.β. max
Σημείο Ροής °C	-3	ASTM D 97	10 (1/10-15/5) max 15 (16/5-30/9)

Ο Υπεύθυνος Ανάλυσης

Μ. Μίλτσι

Ο Υπεύθυνος Αναλυτικού Εργαστηρίου

Γ. Τσιώνη

1. Τα αποτελέσματα των δοκιμών αφορούν τα προσκομισθέντα δείγματα και μόνο αυτά

2. Η δειγματοληψία έγινε με ευθύνη του πελάτη

3. Τα δείγματα που ολοκληρώθηκαν θα διατηρούνται στο εργαστήριο για πέντε εργάσιμες μέρες μετά το τέλος των αναλύσεων, μέσα στις οποίες ο πελάτης έχει δικαίωμα ένστασης. Σε περίπτωση που ο πελάτης δεν έρθει να παραλάβει τα δείγματά του μετά το πέρας των πέντε εργάσιμων ημερών, το εργαστήριο θα προβεί στην απόρριψη αυτών χωρίς να φέρει καμία ευθύνη.

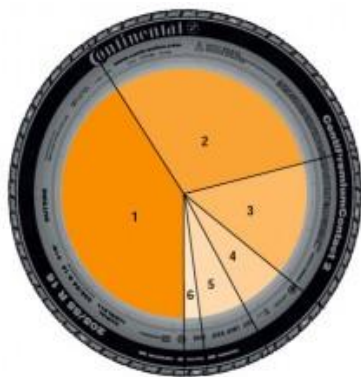
Λ.Φ.6.3/1/Α Σελ. 2 από 2

4.3.ΕΛΑΣΤΙΚΟ

4.3.1.ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ

Στο τελευταίο αυτό κεφάλαιο θα αναλύσουμε και θα εξετάσουμε τη «συμπεριφορά» και τη χρήση του μηχανήματος όταν χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη το προϊόν του ελαστικού. Τα ελαστικά που χρησιμοποιεί η εν λόγω εταιρεία προέρχονται από διάφορους προμηθευτές, η δομή όμως και η σύσταση όμως πληρούν όμως παρακάτω προδιαγραφές:

- Τα ελαστικά αποτελούνται από το σκελετό, τη ζώνη, τα πλευρικά τοιχώματα και το πέλμα. Ο σκελετός, τα γνωστά λινά (7), είναι κατασκευασμένος από ίνες χάλυβα ή συνθετικών υλικών (1, 2) που καταλήγουν στην στεφάνη (3). Στα σύγχρονα ελαστικά οι ίνες είναι τοποθετημένες κάθετα στη φορά κύλισης και όμως ο τύπος ελαστικού ονομάζεται ακτινικός ή radial. Η ζώνη είναι και αυτή κατασκευασμένη από ίνες χάλυβα ή συνθετικά υλικά σε στρώματα (1, 2) αλλά είναι τοποθετημένα υπό γωνία σε σχέση με την κύλιση των ελαστικών. Σκοπός όμως είναι να συγκρατεί το σκελετό και να περιορίζει την παραμόρφωσή του.
- Ο σκελετός και η ζώνη περιβάλλονται από μείγματα καουτσούκ και συνθετικό πυρίτιο προκειμένου τα πλαϊνά (6) και το πέλμα (5) να πάρουν την εξωτερική μορφή του ελαστικού. Τα πλαϊνά είναι αυτά που δέχονται τα εγκάρσια φορτία και σκοπός όμως είναι να κρατάνε το πέλμα σε επαφή με το οδόστρωμα. Το πέλμα είναι ίσως το πιο σημαντικό μέρος του ελαστικού καθώς είναι αυτό που έρχεται σε επαφή με το έδαφος ενώ η επιφάνεια του δεν είναι λεία αλλά φέρει αυλακώσεις οι οποίες διώχνουν το νερό στο βρεγμένο οδόστρωμα και να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη πρόσφυση.
- Ο τύπος όμως γόμας (5) χαρακτηρίζει σε μεγάλο βαθμό όμως ιδιότητες του πέλματος και συνολικά του ελαστικού. Η μαλακή γόμα προσφέρει καλύτερη οδική συμπεριφορά αλλά έχει μικρότερη διάρκεια ζωής και μικρότερη αντοχή όμως καταπονήσεις και την σκληρή χρήση. Τα σύγχρονα ελαστικά δεν διαθέτουν σαμπρέλα (tubeless) και είναι πιο ασφαλή διότι στην περίπτωση τρυπήματος χάνουν προοδευτικά τον αέρα χωρίς να κλατάρουν απότομα. Η τελευταία λέξη όμως τεχνολογίας στα ελαστικά έχει να κάνει με τον τύπο run-flat.
- **Αέρας:** Είναι το στοιχείο που περιέχει ο θάλαμος των ελαστικών και απορροφά όμως κραδασμούς. Έχει καθιερωθεί διότι απλά δεν κοστίζει.
- **Άζωτο:** Σε σχέση με τον αέρα δεν διογκώνεται όταν αυξηθεί η θερμοκρασία στο εσωτερικό του ελαστικού και συνεπώς δεν επηρεάζεται η πίεση. Διατίθεται στα βουλκανιζατέρ και χρησιμοποιείται σε αγωνιστικά.
- **Πυρίτιο:** Αναμιγνύεται με το καουτσούκ και βελτιώνει όμως ιδιότητες του όταν το ελαστικό βρίσκεται σε κρύα φάση. Όμως, μειώνει σε μεγάλο βαθμό όμως εσωτερικές τριβές.



- 1.Ελαστικό (φυσικό και συνθετικό καουτσούκ):..... **41%**
2. Πρόσθετα (ανθρακούχα, πυρίτιο, κιμωλία):..... **30%**
3. Ενισχυτικά (χάλυβας, πολυεστέρας, ρεγιόν, νάιλον):..... **15%**
4. Πλαστικοποιητές (λάδια και ρητίνες):..... **6%**
5. Χημικά (θείο, ψευδάργυρος, διάφορα άλλα):..... **6%**
6. Άλλα υλικά:**2%**

<https://www.caroto.gr/2010/01/11/tech-tires-elastika/>

Επομένως αυτήν είναι η ολοκληρωμένη ανάλυση όμως πρώτης ύλης του ελαστικού η οποία τεμαχίζεται πριν την είσοδο όμως στον αντιδραστήρα σε μικρότερα κομμάτια για θέματα διαχείρισης χώρου.

4.3.2.ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στη συνέχεια στο ίδιο μοτίβο με τα προηγούμενα κεφαλαία δίνεται ο πίνακας με όμως παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια όμως διαδικασίας πυρόλυσης καθώς και οι ποσότητες των υλικών που δαπανήθηκαν και παραχθήκαν με όμως αντίστοιχες μονάδες μετρήσεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.1.:ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ ΣΕ KG			5.000KG
ΠΟΣΟΤΗΤΑ/ ΤΥΠΟΣ Α' ΥΛΗΣ			4.000KG /ΕΛΑΣΤΙΚΟ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ			14/12/2017
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΙΟΝΤΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
7:00:00 πμ	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ (ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΑΝΟΙΧΤΟΙ)	ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΤΙΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	1.600
8:00:00 πμ	ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΑΝΟΙΧΤΟΙ, 3 ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΣΚΑΛΑ	CARBON BLACK ΣΕ kgr	1.400
9:00:00 πμ	ΜΙΚΡΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΑΝΟΙΧΤΟΣ ΚΑΙ 3 ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ	ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ(ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΣΕ kgr	320

10:00:00 πμ	ΚΑΙ ΟΙ 2 ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΚΑΙ ΟΙ 3 ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ	ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ (ΦΕΥΓΟΥΝ ΚΑΜΙΝΑΔΑ) ΣΕ kgr	80
11:00:00 πμ	<< <<	ΑΤΣΑΛΙ	400
12:00:00 μμ	ΜΙΚΡΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΑΝΟΙΧΤΟΣ ΚΑΙ Η ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΣΤΗ ΜΕΣΗ	ΝΕΡΟ	200
1:00:00 μμ	<< <<	ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΜΑΜΗ LPG	10.500
2:00:00 μμ	ΜΟΝΟ ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΚΑΜΙΝΔΑ ΑΚΟΜΑ ΑΝΟΙΧΤΗ ΣΤΗ ΜΕΣΗ	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 1(Kcal/H)	400.000
3:00:00 μμ	ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΑΝΟΙΧΤΟΙ, 3 ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΣΤΗ ΜΕΣΗ	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 2(Kcal/H)	200.000
4:00:00 μμ	ΜΟΝΟ ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΚΑΜΙΝΔΑ ΑΚΟΜΑ ΑΝΟΙΧΤΗ ΣΤΗ ΜΕΣΗ	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 1(KG/H)	38,0952381
5:00:00 μμ	ΜΙΚΡΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 2 ΑΝΟΙΧΤΟΣ ΚΑΙ 3 ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΣΤΗ ΜΕΣΗ	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 2(KG/H)	19,04761905
6:00:00 μμ	ΜΟΝΟ ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΚΑΜΙΝΔΑ ΑΚΟΜΑ ΑΝΟΙΧΤΗ ΣΤΗ ΜΕΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΙΛΩΝ ΑΝΑ ΠΑΡΤΙΔΑ(LPG)	438,0952381
7:00:00 μμ	ΜΕΓΑΛΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 1 ΑΝΟΙΧΤΟΣ 3 ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΣΤΗ ΜΕΣΗ	ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΤΙΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΕ kgr	1.600
8:00:00 μμ	3 ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΣΤΗ ΜΕΣΗ	ΒΑΡΥ ΑΠΟΣΤΑΓΜΑ ΕΛΑΙΟΥ HEAVY DIESEL ΣΕ kgr	160
9:00:00 μμ	3 ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΣΤΗΝ ΤΡΙΤΗ ΣΚΑΛΑ-ΠΟΛΥ ΚΑΠΝΟΣ	ΕΛΑΦΡΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑΒΕΝΖΙΝΟΕΙΔΗ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΣΕ kgr	160
10:00:00 μμ	3 ΜΕΤΑΚΑΥΣΕΙΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΤΕΡΜΑ ΑΝΟΙΧΤΗ	ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ DIESEL ΣΕ kgr	1.280
11:00:00 μμ	<< <<		
12:00:00 πμ	<< <<		
1:00:00 πμ	<< <<		
2:00:00 πμ	<< <<		
3:00:00 πμ	<< <<		
4:00:00 πμ	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ 1 ΜΕΓΑΛΟΣ ΑΝΟΙΧΤΟΣ ΑΛΛΑ 30 ΛΕΠΤΑ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΤΕΛΕΙΩΣ ΑΝΟΙΧΤΗ		
5:00:00 πμ	ΣΧΕΔΟΝ ΚΑΘΟΛΟΥ ΠΙΕΣΗ ΤΕΛΟΣ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ ΑΡΧΙΖΕΙ ΝΑ ΒΓΑΙΝΕΙ Η ΛΑΜΑΡΙΝΑ ΑΠ'Ο ΑΤΣΑΛΙ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 200 ΒΑΘΜΟΥΣ ΚΕΛΣΙΟΥ		
6:00:00 πμ	20 ΒΑΘΜΟΙ ΚΕΛΣΙΟΥ ΣΤΟ ΑΤΣΑΛΙ		
7:00:00 πμ	ΤΕΛΟΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ		

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.1

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΠΙΝΑΚΑ 4.3.2.1

1. Η πρώτη εικόνα που διακρίνουμε σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι η πυρόλυση του ελαστικού για μια παρτίδα απαιτεί πολύ περισσότερες ώρες για να πραγματοποιηθεί.

2. Κατά δεύτερον σε αυτήν την Τρίτη και τελευταία περίπτωση πρώτης ύλης που εξετάστηκε βλέπουμε ότι έχουμε ως έξοδο προϊόντος το ατσάλι. Αυτό προκύπτει λόγω όμως δομής και όμως σύστασής του ελαστικού που αναλύσαμε παραπάνω.

3. Γενικότερα τα υλικά τα οποία παράχθηκαν κατά τη διάρκεια της παρτίδας είναι:

ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ(%)
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ	40
CARBON BLACK	35
ΝΕΡΟ	5
ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ (ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ)	8
ΑΕΡΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ(ΚΑΜΙΝΑΔΑ)	2
ΑΤΣΑΛΙ	10

Όμως για να φτάσουμε στο παραπάνω αποτέλεσμα ακολουθήθηκαν οι ακόλουθες διεργασίες στο εκάστοτε μέρος του μηχανήματος οι οποίες παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.2.: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ

ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΚΚΙΝΗΣΗ 7:00 πμ	8:00 πμ	9:00 πμ	10:00 πμ	11:00 πμ	12:00 μμ	1:00 μμ	2:00 μμ	3:00 μμ	4:00 μμ	5:00 μμ	6:00 μμ	7:00 μμ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΕ ΒΑΘΜΟΥΣ °C	40	70	80	85	100	150	150	200	190	200	240	255	275
ΠΙΕΣΗ ΣΕ BAR	0	0	0	0	0,05	0,05	0,09	0,05	0,1	0,02	0,02	0,03	0,07
ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ LPG 1	ON	OFF(0kgr)	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF
ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ LPG 2	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 1 (kgr)	OFF(0kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 2 (kgr)	OFF(0kgr)	OFF(0kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 3 (kgr)	OFF(0kgr)	OFF(0kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ΔΕΞΑΜΕΝΗ 1- ΒΑΡΥ ΑΠΟΣΤΑΓΜΑ ΣΕ Kgr	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	16	16	32	32	16	16	16
ΔΕΞΑΜΕΝΗ 2- BENZINOΕΙΔΕΣ ΣΕ kgr	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	OXI ΡΟΗ(0)	16	16	16	32

ΔΕΞΑΜΕΝΗ 3- ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ ΣΕ kgr	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)
---	------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.2α

ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	8:00 μμ	9:00 μμ	10:00 μμ	11:00 μμ	0:00	1:00 πμ	2:00 πμ	3:00 πμ	4:00 πμ	5:00 πμ	6:00 πμ	7:00 πμ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΕ ΒΑΘΜΟΥΣ °C	290	300	265	265	265	275	285	250	210	160	100	20
ΠΙΕΣΗ ΣΕ BAR	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,12	0,2	0,2	0,009	0	0	0
ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ LPG 1	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF
ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ LPG 2	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 1(kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 2(kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
ΜΕΤΑΚΑΥΣΗ 3(kgr)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
ΔΕΞΑΜΕΝΗ 1- ΒΑΡΥ ΑΠΟΣΤΑΓΜΑ ΣΕ Kgr	8	8	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)
ΔΕΞΑΜΕΝΗ 2- BENZINOΕΙΔΕΣ ΣΕ kgr	32	16	16	16	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)
ΔΕΞΑΜΕΝΗ 3- ΠΥΡΟΛΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ ΣΕ kgr	64	64	128	256	384	128	128	64	64	OXI POH(0)	OXI POH(0)	OXI POH(0)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.2β


ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΠΙΝΑΚΑ 4.3.2.2.

- Λόγω του ότι η πυρόλυση στην περίπτωση του ελαστικού διαρκεί πολύ περισσότερες ώρες για λογούς χωροθέτησης διασπάσαμε τον γενικό πίνακα σε δυο υπό-πίνακες.
- Τα υπόλοιπα στοιχεία ακολουθούν τον ίδιο τρόπο επεξήγησης με τα προηγούμενα κεφάλαια που εξετάστηκαν.

4.3.3. ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΛΙΚΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ

Ολοκληρώνοντας και σε αυτήν την περίπτωση παρατίθεται σε εικόνες η πιστοποιημένη χημική ανάλυση του πυρολυτικού ελαίου(τύπου diesel).

ΕΙΚΟΝΑ 4.3.3.1



ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (Ε.Κ.Ε.Τ.Α.)
 ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ (Ι.Χ.Δ.Ε.Π.)
 6ο χλμ. Οδού Χαριλάου-Θέρμης, Τ.Θ. 361, 57001 Θέρμη, Θεσσαλονίκη.
 τηλ. 2310 498 300 FAX 2310 498 380

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ (Ε.Π.Κ.Υ.)	
ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ	
Ημερομηνία : 12/3/14	Αρ. Πρωτοκ. : 0
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΤΟΛΕΑ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	
Ημερομηνία αίτησης και υποβολής Δείγματος	12/3/14
Εντολέας / Εταιρία:	ΟΙΚΟΔΟΜΗSH AE
Εντολέας / Υπεύθυνος:	PAPANTAKOY MARINA
Τηλ.:	2410534401, 6936645100
Διεύθυνση :	oiko2@otenet.gr
Κωδικός Δείγματος :	178259
Ονομασία Δείγματος :	OIL_OIKODOMISI
Ποσότητα δειγμάτων :	1
Εναρξη και Λήξη Δοκιμών:	12/3/14 13/3/14
ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	
ΚΩΔΙΚΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
LECO-800	Elementary Analysis of Carbon and Hydrogen %wt
SULFUR_XRFS	Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products by Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence Spectroscopy
CALORIFIC_VALUE	Gross Heat of Combustion MJ/Kg
WATER	Determination of Water % W/W
SIMDIS_HI-TEMP	Boiling range Distribution of Heavy Petroleum Fractions to 750oC by GC (ASTM D-6352)
HNMR_1	Determination of Hydrogen
ISO17025_DENS_DM4500	Standard Test Method for Density and Relative Density of Liquids by Digital Density Meter

Α.Φ.6.3/1/Β
ΣΕΛ. 1 από 6

ΕΙΚΟΝΑ 4.3.3.2

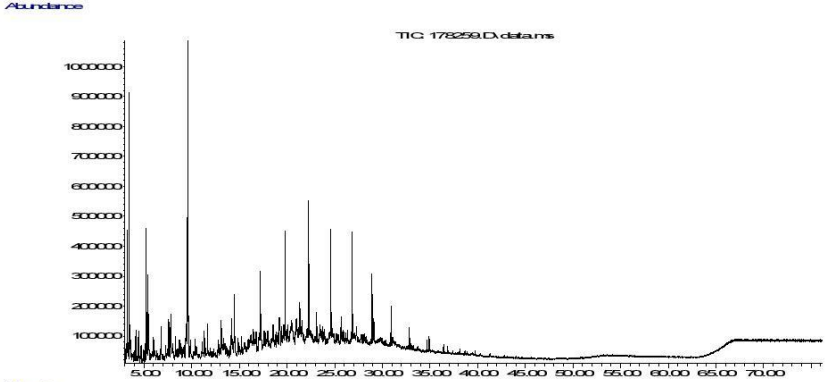


ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (Ε.Κ.Ε.Τ.Α.)
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ (Ι.Δ.Ε.Π.)

6ο χ/μ. Οδού Χαριλάου-Θέρμης, Τ.Θ. 361, 57001 Θέρμη, Θεσσαλονίκη.
τηλ. 2310 498 300 FAX 2310 498 380

Ημερ. έκδοσης έκθεσης 12/03/2014

Αρ. Πρωτοκ....

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ	
ΑΝΑΛΥΣΗ :	Ποιοτική ανάλυση με GC/MS
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ :	178259
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ :	OIL
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	
Το χρωματογράφημα έδειξε σε χρόνους 0-48 min, ένα πολύπλοκο μείγμα υδρογονανθράκων σύστασης από C7 έως C40 που αποτελείται κυρίως από D-Limonene (2.6 % κ.β.), παράγωγα κυκλοεξανίων (τερπένια και πρόδρομες ενώσεις τερπενίων) παραφινικούς και αρωματικούς υδρογονανθρακες (αλκυλοβενζόλια, αλκυλο ναφθαλίνια, τριαρωματικά)	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	
Το δείγμα διαλύθηκε σε εξάνιο σε αναλογία 20% κ.β. Παρακάτω δίδεται το χρωματογράφημα	
	

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Το δείγμα αποτελείται από υδρογονανθρακες. Περιέχει D-Limonene και μεγάλα ποσοστά παραφινικούς και αρωματικούς καθώς και τερπένια και πρόδρομες ενώσεις τερπενίων.

Ο Υπεύθυνος Ανάλυσης Εργαστηρίου

Ο Υπεύθυνος Αναλυτικού

Λ.Φ.6.3/1/A Σελ. 2 από 3

4.4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΔΙΑΦΟΡΕΣ

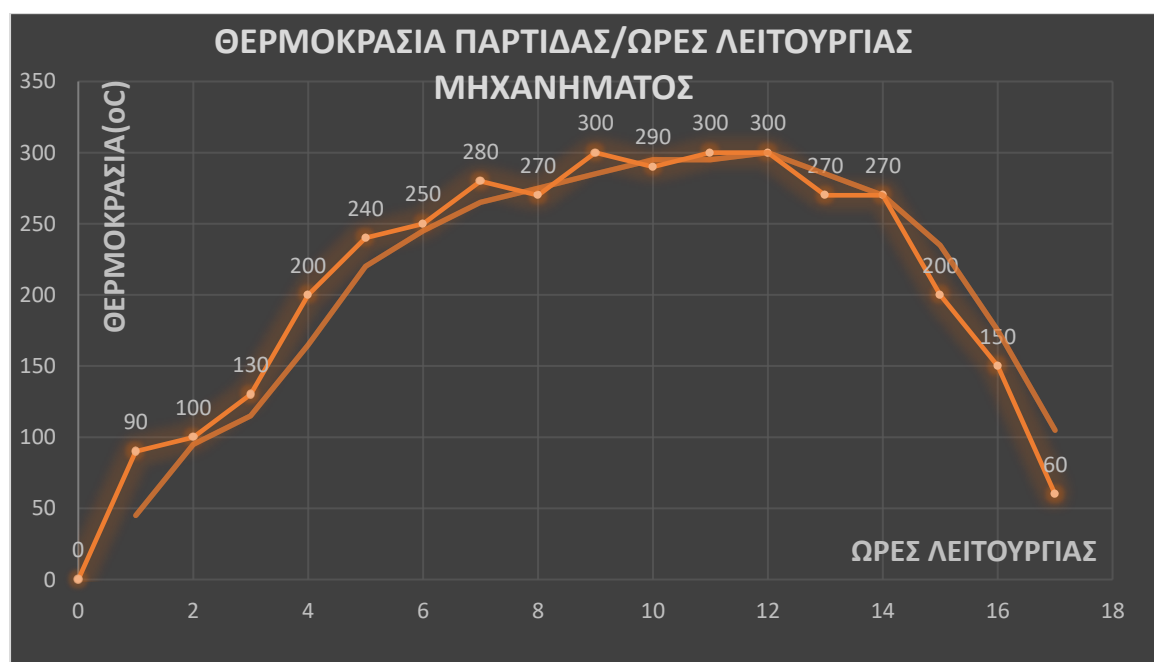
Αρχικά σε αυτήν την παράγραφο θα παρουσιάσουμε ένα γράφημα γενικού περιεχομένου κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης. Σε αυτό απεικονίζεται η γραφική παράσταση της θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο. Είναι όμως μια γενική προσέγγιση που αλλάζει αναλόγως το υλικό της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται.

Παρακάτω παρουσιάζεται το γράφημα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4.1

ΩΡΕΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)
0	0
1	90
2	100
3	130
4	200
5	240
6	250
7	280
8	270
9	300
10	290
11	300
12	300
13	270
14	270
15	200
16	150
17	60

ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ 5.4.1



Τέλος θα παραθέσουμε συμπεράσματα και διάφορες και των τριών πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν και εξετάσθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους :

1. Η θερμοκρασία και στις τρεις περιπτώσεις στη μέγιστη τιμή της είναι πάντα η ίδια επομένως από αυτή τη σκοπιά η διαδικασία της πυρόλυσης χαρακτηρίζεται συνεχής.
2. Κάθε υλικό που πυρολύεται χρειάζεται διαφορετικές ώρες και χρόνο μέσα στον αντιδραστήρα. Όμως ακόμη και στις παραγωγικές διαδικασίες που απαιτείται μεγάλος χρόνος(π.χ. 20-24 ώρες) οι καυστήρες δεν λειτουργούν πολύ περισσότερη ώρα, διότι με τους σωλήνες ευθείας ανταλλαγής θερμότητας(μετακαύσεις) διατηρείται η θερμότητα εντός του αντιδραστήρα. Γενικότερα όσο μεγαλύτερη σε διάρκεια είναι η πυρόλυση τόσο μεγαλύτερο το κέρδος από τις μετακαύσεις από τη μη χρήση υγραερίου μέσω των καυστήρων.
3. Τα τελικά προϊόντα τα οποία παράγονται διαφέρουν σε υλικά και σε ποσότητα αναλόγως με την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται.
4. Οι καυστήρες υγραερίου που χρησιμοποιούνται για την αρχική θέρμανση του αντιδραστήρα παρατηρούμε ότι έχουν σταθερή κατανάλωση ανά ώρα. Αυτό που διαφέρει είναι η κατανάλωση ανά παρτίδα(per batch) που αλλάζει σύμφωνα με τη συνολική χρήση και τις ώρες πυρόλυσης.
5. Γενικότερα θα μπορούσαμε να πούμε ότι η πυρόλυση μπορεί να γίνει μια επαναλαμβανομένη σταθερή(fixed) διαδικασία επειδή οι κυρίες διάφορες δημιουργούνται μόνο όταν υπάρχει διαφορετική εισαγωγή πρώτης ύλης στον αντιδραστήρα του μηχανήματος.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abnisa, F., Wan Daud, W.M.A. (2014). A review on co-pyrolysis of biomass: an optional technique to obtain high-grade pyrolysis oil. *Energy Conserv. Manage* 87, 71e85, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.07.007>
- Adrados, A., De Marco, I., Caballero, B., Lopez, A., Laresgoiti, M., Torres, A. (2012). Pyrolysis of plastic packaging waste: a comparison of plastic residuals from material recovery facilities with simulated plastic waste. *Waste Manage* 32, 826e832, DOI: 10.1016/j.wasman.2011.06.016
- Aguado, J., Serrano D.P., Escola J.M. (2006). Catalytic Upgrading of Plastic Wastes, in *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics*, J. Scheirs and W. Kaminsky, Editors. John Wiley & Sons, Ltd: Mostoles, Spain.
- Aishwarya K.N., Sindhu N. (2016). Microwave Assisted Pyrolysis of Plastic Waste. *Procedia Technology*, 25: 990-997, <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.197>
- Al-Salem S.M., Antelava A., Constantinou A., Manos G., Dutta A. (2017). A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste (PSW). *Journal of Environmental Management*, 197: 177-198, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.084>
- Anuar Sharuddin S.D., Abnisa F., Ashri Wan Daud W.M., Kheireddine Aroua M. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Conversion and Management*, 115: 308-326, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.037>
- Cabeza L.F., Rincón L., Vilariño V., Pérez G., Castell A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29: 394-416, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>
- Churkunti, P.R., Mattson, J., Depcik, C., Devlin, G. (2016). Combustion analysis of pyrolysis end of life plastic fuel blended with ultra low sulfur diesel. *Fuel Process. Technol.* 142, 212e218, <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.10.021>
- Das P., Tiwari P. (2018). Valorization of packaging plastic waste by slow pyrolysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 128: 69-77, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.025>

- Evans, R.J., Chum, H.L. (1991). Controlled catalytic and thermal sequential pyrolysis and hydrolysis of polymer waste comprising nylon 6 and a polyolefin or mixtures of polyolefins to sequentially recover monomers or other high value products. US Patent no. US5359061 A
- Fivga A., Dimitriou I. (2018). Pyrolysis of plastic waste for production of heavy fuel substitute: A techno-economic assessment. *Energy*, 149: 865-874, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.02.094>
- Gao F. (2010). Pyrolysis of Waste Plastics into Fuels. A thesis Submitted in fulfilment Of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Chemical and Process Engineering. University of Canterbury.
- Jensen A., Hoffman L., Møller B., Schmidt A. (1997). Life Cycle Assessment: A guide to approaches, experiences and information sources. Environmental Issues Series, no 6. SustainAbility , United Kingdom.
- Jin Q., Wang X., Li S., Mikulčić H., Bešenić T., Deng S., Vujanović M., Tan H., Kumfer B. (2017). Synergistic effects during co-pyrolysis of biomass and plastic: Gas, tar, soot, char products and thermogravimetric study. *Journal of the Energy Institute*, <https://doi.org/10.1016/j.joei.2017.11.001>
- Jin Z., Chen D., Yin L., Hu Y., Zhu H., Hong L. (2018). Molten waste plastic pyrolysis in a vertical falling film reactor and the influence of temperature on the pyrolysis products. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26(2): 400-406, <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2017.08.001>
- Jung, C.G., Fontana A. (2006). Production of Gaseous and Liquid Fuels by Pyrolysis and Gasification of Plastics: Technological Approach, in *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics*, J. Scheirs and W. Kaminsky, Editors. John Wiley & Sons, Ltd: Belgium.
- Karellas S., Panousis G., Koytsoumpa E.I. (2012). Substitute natural gas from coal with internal sequestration of CO₂. Technical report RFCR-CT-2009-00003. NTUA.
- Klöpffer W. (2012). The critical review of life cycle assessment studies according to ISO 14040 and 14044. Origin, purpose and practical performance. *Int J Life Cycle Assess*, DOI 10.1007/s11367-012-0426-7
- Masuda, T., Tago T. (2006). Development of a Process for the Continuous Conversion of Waste Plastics Mixtures to Fuel, in *Feedstock Recycling and Pyrolysis of*

- Waste Plastics, J. Scheirs and W. Kaminsky, Editors. John Wiley & Sons, Ltd: Sapporo.
- Miandad R., Barakat M.A., Aburizaiza A.S., Rehan M., Nizami A.S. (2016). Catalytic pyrolysis of plastic waste: A review. *Process Safety and Environmental Protection*, 102: 822-838, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.06.022>
- Peters M.S. Timmerhaus K.D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers.*, 4th edition. New York: McGraw-Hill, pp.150-216
- Sajdak M. (2017). Impact of plastic blends on the product yield from co-pyrolysis of lignin-rich materials. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 124: 415-425, <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2017.03.002>
- Scheirs, J. (2006). Overview of Commercial Pyrolysis Processes for Waste Plastics, in *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics*, J.S.a.W. Kaminsky, Editor. John Wiley & Sons, Ltd: Edithvale Australia.
- Scheirs, J., Kaminsky W. (2006). *Feedstock recycling and pyrolysis of waste plastics : converting waste plastics into diesel and other fuels.* Wiley series in polymer science, ed. J. Scheirs. Austrilia: John Wiley & Sons, Ltd.
- Sebestyén Z., Barta-Rajnai E., Bozi J., Blaszó M., Jakab E., Miskolczi N., Sója J., Czégény S. (2017). Thermo-catalytic pyrolysis of biomass and plastic mixtures using HZSM-5, *Applied Energy*, 207: 114-122, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.032>
- Van De Velden M., Baeyens J., Brems A., Janssens B., Dewil R. (2009). Fundamentals, kinetics and endothermicity of the biomass pyrolysis reaction. *Renewable Energy*, 35: 232-242, doi:10.1016/j.renene.2009.04.019
- Williams, P.T., Slaney E. (2007). Analysis of products from the pyrolysis and liquefaction of single plastics and waste plastic mixtures. *Resources, Conservation and Recycling*, 51(4): p. 754-769, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.12.002>
- Williams, P.T. (2006). Yield and composition of gases and oils/waxes from the feedstock recycling of waste plastic, in *Feedstock Recycling and pyrolysis of waste plastics*, J. Scheirs and W. Kaminsky, Editors. John Wiley & Sons, Ltd: Leeds.

- Wiriyaumpaiwong S., Jamradloedluk J. (2017). Distillation of Pyrolytic Oil Obtained from Fast Pyrolysis of Plastic Wastes. *Energy Procedia*, 138: 111-115, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.071>
- Withington, N. (2005). Sustainable End-of-Life Options for Plastics in New Zealand. *Plastics New Zealand*: Manukau City.
- Wong S.L., Ngadi N., Abdullah T.A.T., Inuwa I.M. (2015). Current state and future prospects of plastic waste as source of fuel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50: 1167-1180, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.063>
- Zanghelini G.M., Cherubini E., Soares S.R. (2018). How Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) is aiding Life Cycle Assessment (LCA) in results interpretation. *Journal of Cleaner Production*, 172: 609-622, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.230>