

ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ ΡΕΥΣΤΟΣΤΕΡΕΑΣ ΚΛΙΝΗΣ ΤΥΠΟΥ ΠΙΔΑΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΑΠΟ ΒΙΟΕΛΑΙΑ

Π.Ν. Κεχαγιόπουλος, Σ.Σ. Βουτετάκης, Α.Α. Λεμονίδου και Ι.Α. Βασάλος



Τμήμα Χημικής Μηχανικής
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ινστιτούτο Τεχνικής Χημικών Διεργασιών
Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης

2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Εναλλακτικών Καυσίμων &
Βιοκαυσίμων
26 - 27 Απριλίου 2007, Καρδίτσα



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή

Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Περιγραφή Πειραματικής Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Πειραματικά Αποτελέσματα

Συμπεράσματα

Συμπεράσματα



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εισαγωγή

Περιγραφή Πειραματικής Μονάδας

Πειραματικά Αποτελέσματα

Συμπεράσματα

- Μεγάλη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας στη σύγχρονη οικονομία
- Επιταχυνόμενη μείωση των παγκόσμιων αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων
- Αυξανόμενες ανησυχίες για περιβαλλοντικά ζητήματα και θέματα ενεργειακής ασφάλειας



Η ανάπτυξη και εμπορευματοποίηση καθαρών, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι απαραίτητη για τη βιώσιμη ανάπτυξη της σύγχρονης οικονομίας και κοινωνίας

Το παραγόμενο από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας Υδρογόνο παρουσιάζεται ως ενεργειακός φορέας του μέλλοντος



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα





ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πλεονεκτήματα βιοελαίων στην παραγωγή Υδρογόνου

Εισαγωγή

Περιγραφή Πειραματικής Μονάδας

Πειραματικά Αποτελέσματα

Συμπεράσματα

- ✓ Η πυρολυτική λιγνίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη παραγωγή χημικών και πρόσθετων βελτιώνοντας την οικονομική βιωσιμότητα της διεργασίας
- ✓ Το βιοέλαιο όντας υγρό έχει μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα και είναι ευκολότερο στη μεταφορά σε σχέση με τη στέρεη βιομάζα
- ✓ Η πυρόλυση της βιομάζας και η αναμόρφωση των βιοελαίων μπορεί να λάβει χώρα σε διαφορετικές τοποθεσίες
- ✓ Η υδατική φάση των βιοελαίων περιέχει ~80% νερού ελαττώνοντας σημαντικά τη χρήση επιπρόσθετου ατμού για την αναμόρφωση



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

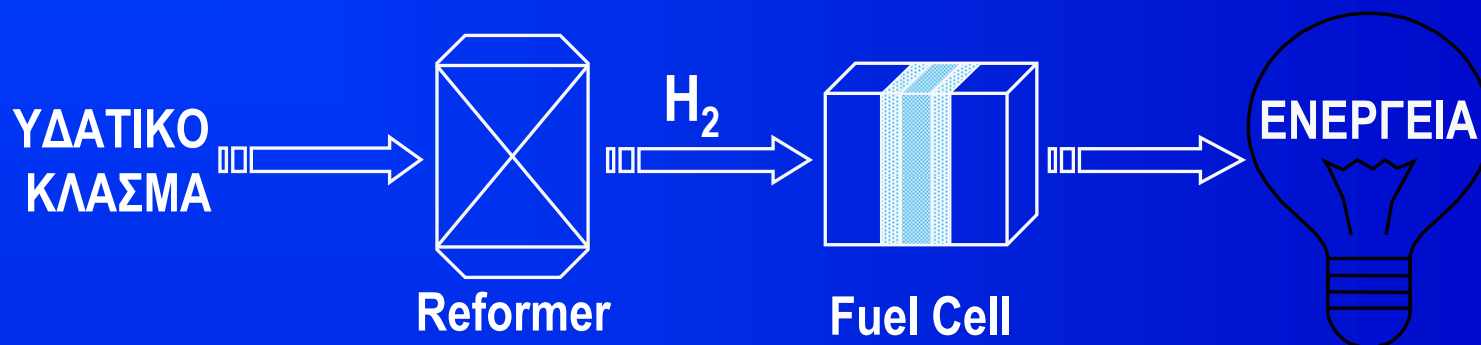
Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα

Βασική ιδέα



Στόχος

- ✓ Διερεύνηση της χρήσης αντιδραστήρα ρευστοστερεάς κλίνης τύπου πίδακα (sprouted bed) στην αναμόρφωση πρότυπων ενώσεων και πραγματικού βιοελαίου.
- Δοκιμασία διαφόρων καταλυτικών και μη σωματιδίων



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Πιλοτική μονάδα SYNGAS αναμόρφωσης βιοελαίων

Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα





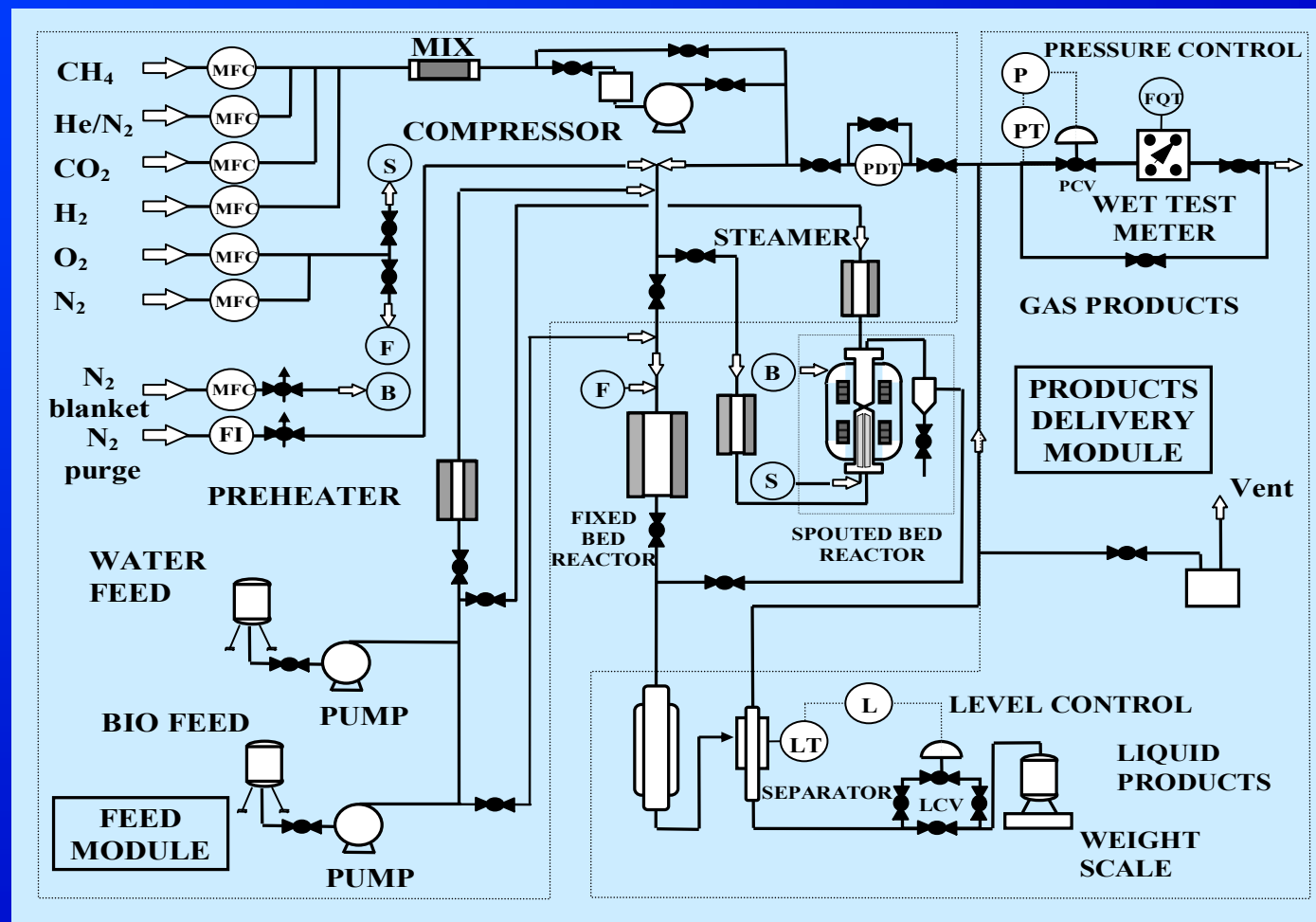
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα





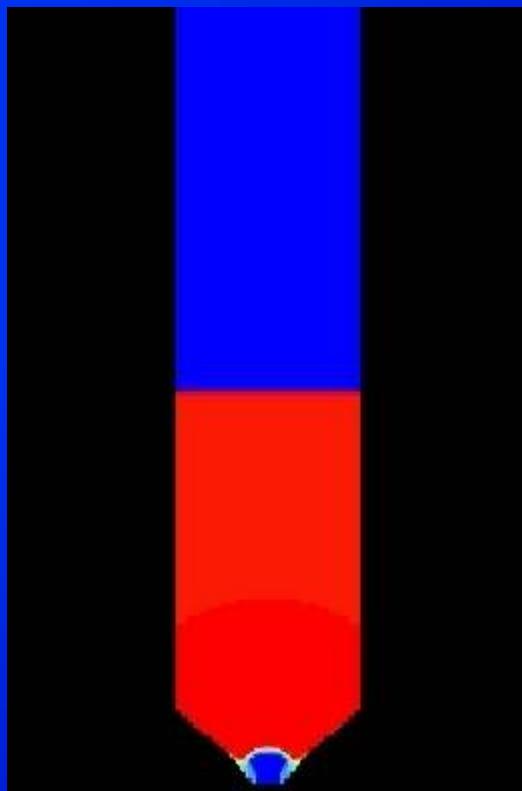
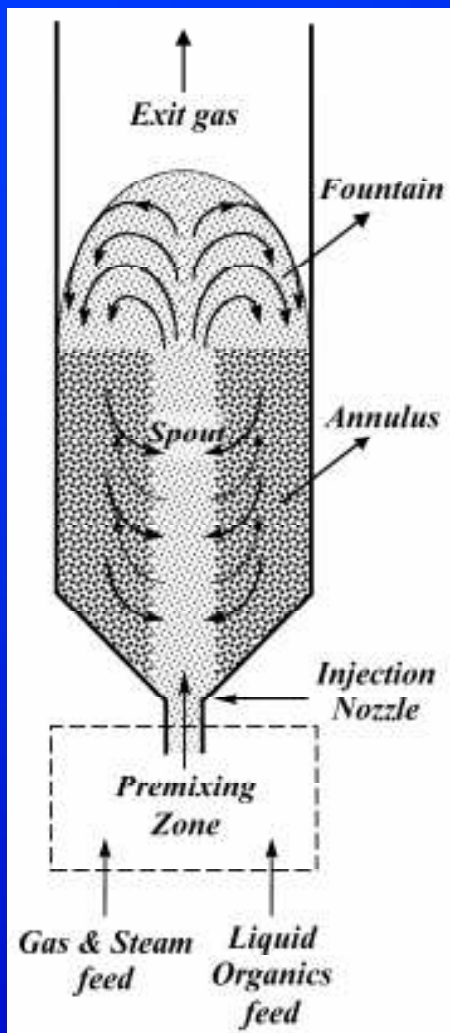
ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ SPOUTED BED

Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα



- ✓ Ατμός και N_2 χρησιμοποιούνται ως μέσο ρευστοποίησης
- ✓ Η οργανική τροφοδοσία φτάνει στον αντιδραστήρα μέσω ξεχωριστής γραμμής, η οποία ψύχεται εξωτερικά
- ✓ Ο ψεκασμός επιτρέπει την άμεση επαφή και αντίδραση των ψυχρών οργανικών με τα θερμά σωματίδια



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εισαγωγή

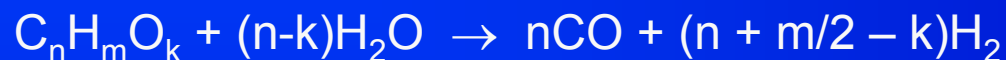
Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

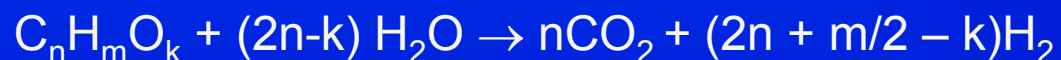
Συμπεράσματα

Για τις οξυγονούχες ενώσεις με χημικό τύπο $C_nH_mO_k$

Αντίδραση αναμόρφωσης:



Αντίδραση μετάθεσης νερού (WGS):



Απόδοση σε H_2 :

$$\left(2 + \frac{m}{2n} - \frac{k}{n}\right) mole\ H_2 / mole\ C$$



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εύρος πειραματικών συνθηκών αναμόρφωσης αιθυλενογλυκόλης

Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα

	Άμμος	Ολιβίνης	Ni/Ολιβίνης
T (°C)	600 – 850	650 – 850	650 – 850
H ₂ O/C	0 - 4.6	4.6	4.6
N ₂ Dil (% vol.)	95 - 75	65	50



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

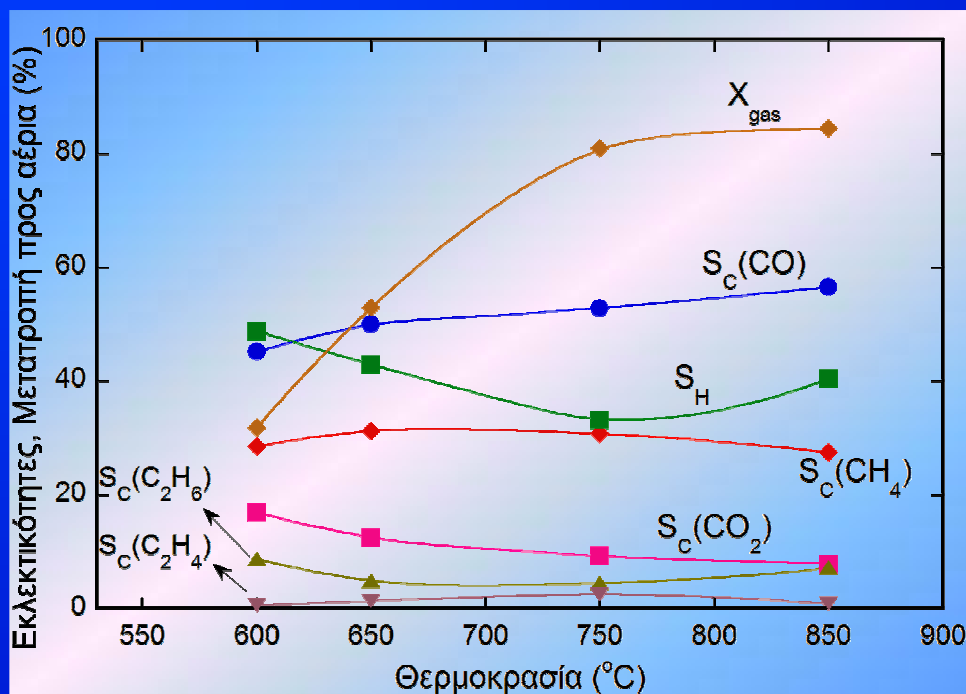
Απόδοση άμμου (SiO_2)

Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα



Κύριες θερμικές αντιδράσεις



- Οι αντιδράσεις θερμικής διάσπασης μελετήθηκαν φορτώνοντας τον αντιδραστήρα με αδρανή άμμο (SiO_2), απουσία, και παρουσία ατμού ($\text{H}_2\text{O}/\text{C} = 4.6$)
- Κύρια αέρια προϊόντα: CO , CO_2 , CH_4 , H_2 , C_2H_6 και μικρότερες ποσότητες C_2H_4
- Η παρουσία ατμού δε φάνηκε να επηρεάζει σημαντικά την εκλεκτικότητα των προϊόντων, αποδεικνύοντας την απουσία καταλυτικής δράσης



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

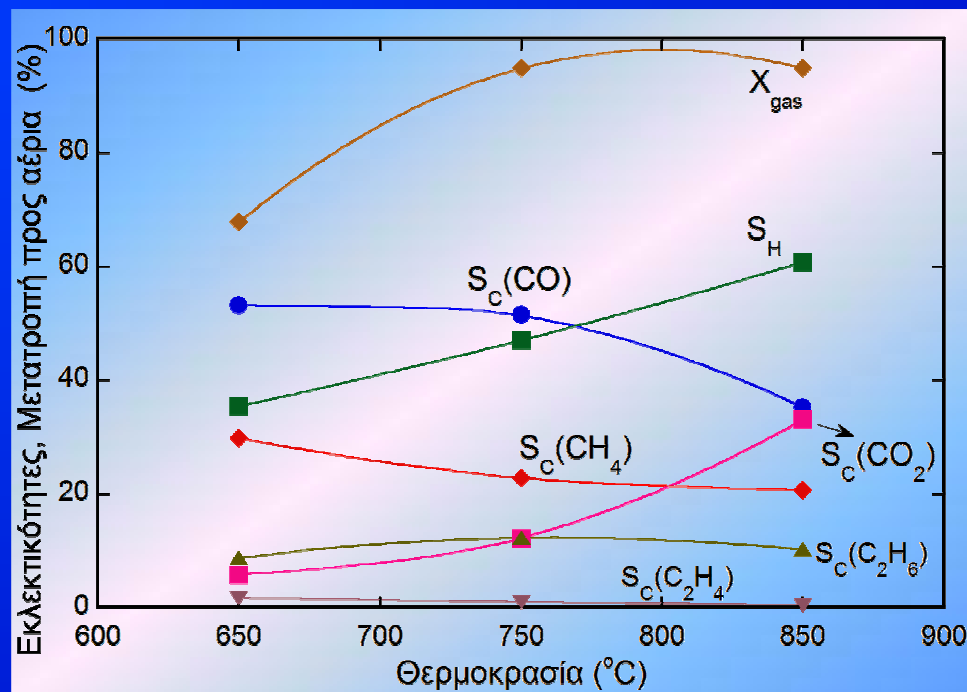
Απόδοση Ολιβίνη ($(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$)

Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα



- Σχετική βελτίωση παρατηρήθηκε κατά τη φόρτωση του αντιδραστήρα με ολιβίνη
- Καταλυτική δράση εξαιτίας του σιδήρου που περιέχει
- Παρόλα αυτά οι θερμικές αντιδράσεις υπερίσχυαν πάλι
- Υλικό μεγάλης μηχανικής αντοχής κατάλληλο για ρευστοστερεές κλίνες
- Επικάθιση κωκ εξίσου χαμηλή με την άμμο (0,15% κ.β. της κλίνης για min 5h TOS)



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

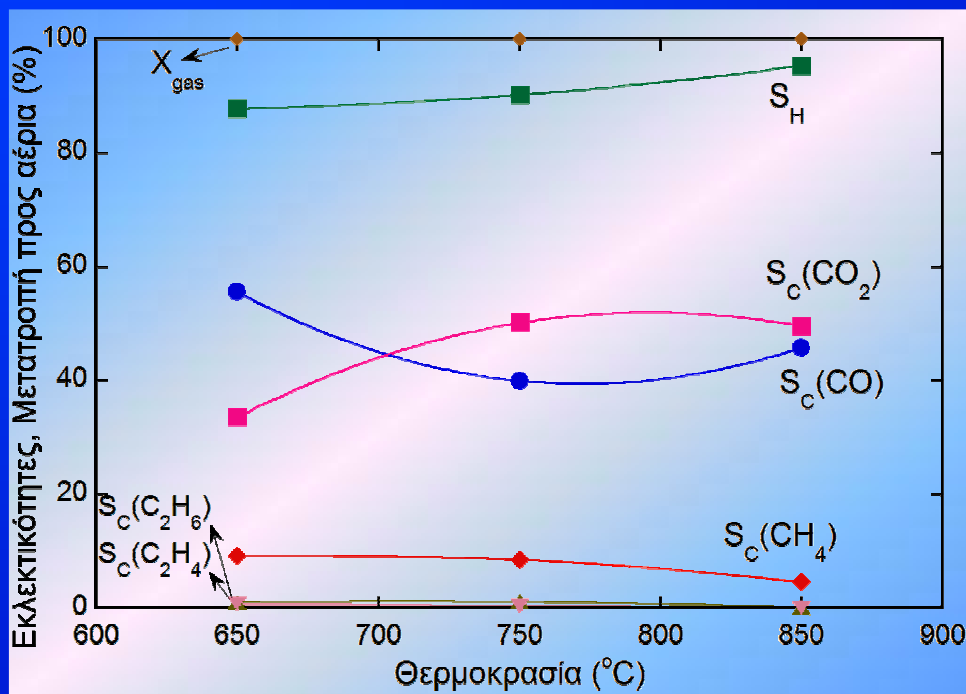
Απόδοση καταλύτη Ni/Ολιβίνη

Εισαγωγή

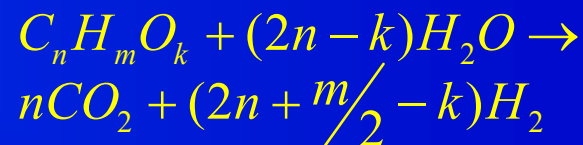
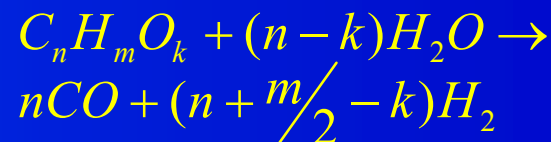
Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα



Καταλυτικές αντιδράσεις



- Εμφανείς διαφορές από τα μη καταλυτικά πειράματα
- Όλα τα θερμικά προϊόντα, εκτός του CH₄, αναμορφώνονται πλήρως
- Σε όλο το εύρος των συνθηκών, πλήρης βαθμός μετατροπής σε αέρια προϊόντα
- Πρακτικά μηδενικές επικαθίσεις κωκ (~0,02% κ.β. της κλίνης μετά 6h TOS)



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

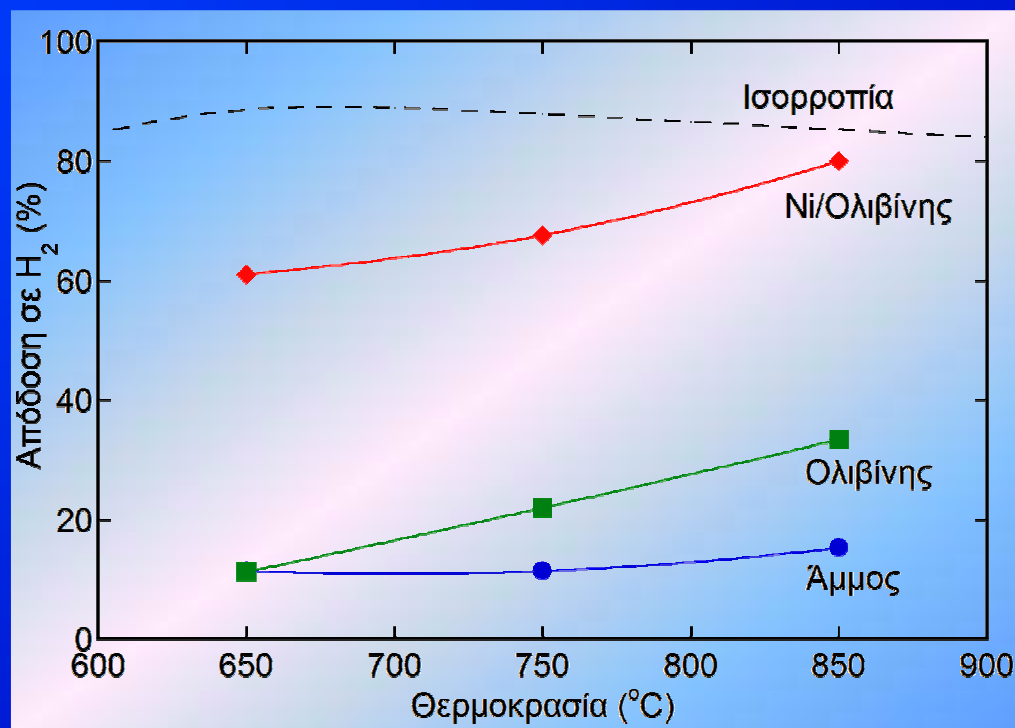
Απόδοση σε H_2 σε σχέση με τη θερμοδυναμική ισορροπία

Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα



- Πολύ χαμηλή απόδοση σε H_2 για την άμμο (~15%)
- Ο Ολιβίνης ξεπερνά το 30%, λόγω της μεγαλύτερης μετατροπής προς αέρια
- Η παρουσία Ni οδηγεί σε σημαντική αύξηση, πλησιάζοντας τη θερμοδυναμική ισορροπία στους 850°C



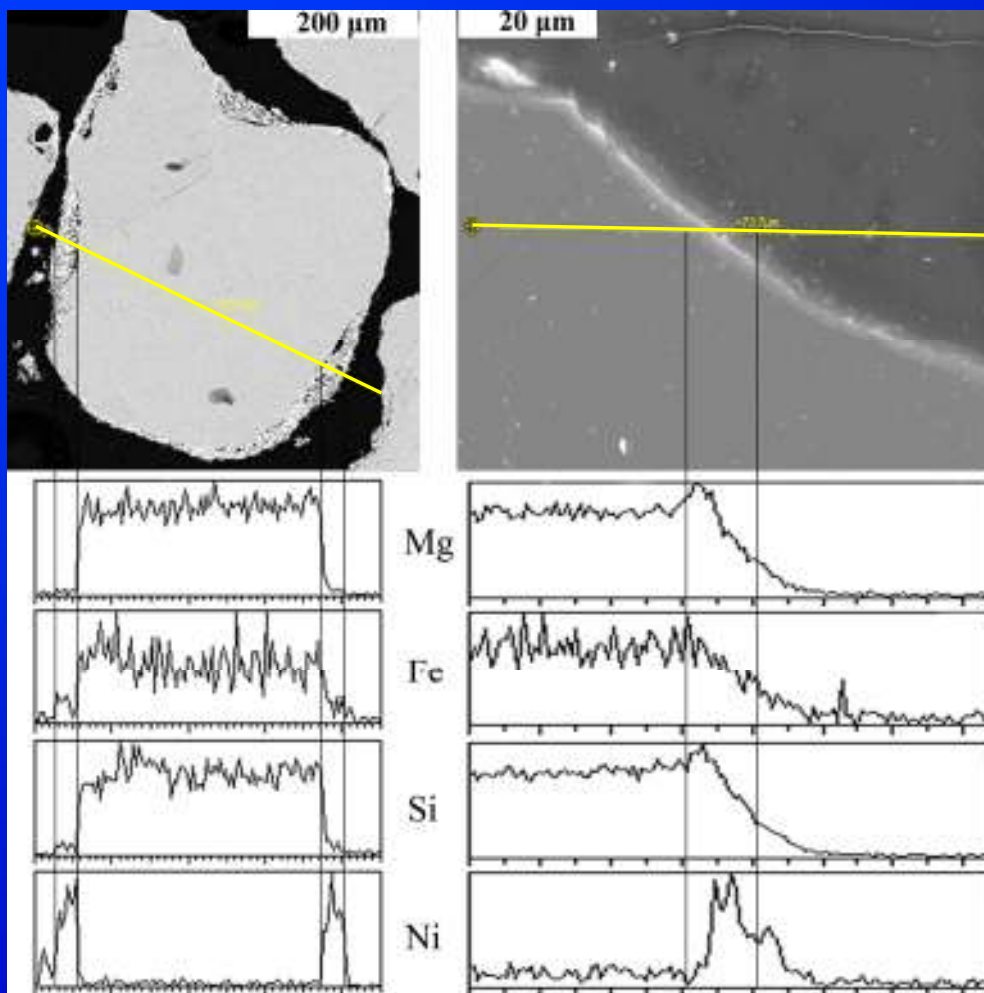
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα



➤ Ρευστοαίωρηση ψυχρής ροής καταλυτικών σωματιδίων οδήγησε σε απομάκρυνση λεπτοκόκκων σωματιδίων (fines)

➤ Ύπαρξη χαλαρά δεσμευμένου στρώματος NiO

➤ Ισχυρά δεσμευμένο Ni υπό μορφή διαλύματος NiO-MgO διατηρείται και είναι υπεύθυνο για την απόδοση του καταλύτη

➤ Βελτιστοποίηση συνθηκών παρασκευής θα οδηγήσει σε μεγιστοποίηση του ποσοστού του ισχυρά δεσμευμένου Ni



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα

- Η εφαρμογή του αντιδραστήρα ρευστοστερεάς κλίνης τύπου πίδακα, τροποποιημένου με τη χρήση ειδικά σχεδιασμένου ακροφυσίου ψεκασμού, αποδείχθηκε επιτυχής
- Η δημιουργία κωκ περιορίστηκε δραματικά χάρις τα ευνοϊκά ρευστοδυναμικά χαρακτηριστικά του αντιδραστήρα
- Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν την καταλληλότητα του καταλύτη Ni/Ολιβίνη, ο οποίος παρουσιάζει υψηλή μηχανική αντοχή και ενεργότητα στις αντιδράσεις αναμόρφωσης
- Περαιτέρω προσπάθειες είναι σε εξέλιξη προκειμένου να αυξηθεί το ποσοστό φόρτωσης νικελίου στον ολιβίνη,
- Η καταλληλότητα του αντιδραστήρα θα μελετηθεί εκτενώς σε μεγάλο εύρος λειτουργικών συνθηκών, πρότυπων ενώσεων και πραγματικού βιοελαίου



Εισαγωγή

Περιγραφή
Πειραματικής
Μονάδας

Πειραματικά
Αποτελέσματα

Συμπεράσματα

Ευχαριστίες

- ΠΕΝΕΔ2003
(Μέτρο 8.3 του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα
Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης)
- Εσάς για την Προσοχή Σας !

