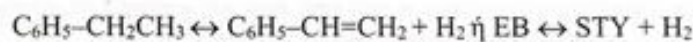


Παράδειγμα 7.2

Να προσδιορίσετε την πιθανή δομή εισόδου-εξόδου μιας μονάδας παραγωγής στυρολίου (STY) από αιθυλοβενζόλιο (EB) αγνοώντας τις παράπλευρες αντιδράσεις. Υποθέστε ότι η τιμή πώλησης του στυρολίου ανά κιλό είναι 1.7 φορές η τιμή αγοράς του αιθυλοβενζολίου, ενώ η αξία του υδρογόνου είναι 1.2 φορές η τιμή αγοράς του αιθυλοβενζολίου. Να εκτιμήσετε το οικονομικό δυναμικό.

Λύση

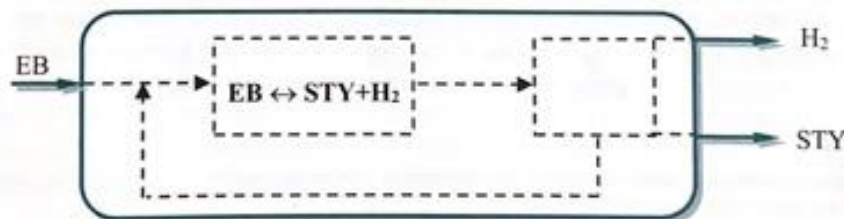
Η αντίδραση παραγωγής στυρολίου από αιθυλοβενζόλιο είναι η ακόλουθη



Το ρεύμα εξόδου από το σύστημα πραγματοποίησης της αντίδρασης θα περιέχει στυρόλιο (κατηγορία δ), αιθυλοβενζόλιο (κατηγορία α) και υδρογόνο (κατηγορία ε ή ζ). Εάν δεχτούμε ότι το αιθυλοβενζόλιο διαχωρίζεται από τα προϊόντα της αντίδρασης και ανακυκλώνεται μέχρι πλήρους εξαντλήσεως, τότε η δομή εισόδου-εξόδου θα είναι αυτή του Σχήματος 7.6. Το οικονομικό δυναμικό μπορεί εύκολα να προκύψει, εάν παρατηρηθεί ότι, σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης, 106 kg EB δίνουν 104 kg STY και 2 kg H₂ ή ότι για την παραγωγή 1 kg STY και 0.019 kg H₂ απαιτούνται 1.019 kg EB

$$EP_1 = 1c_{\text{STY}} + 0.019c_{\text{H}_2} - 1.019c_{\text{EB}} = (1.7 + 0.019 \cdot 1.1 - 1.019)c_{\text{EB}} = 0.704 c_{\text{EB}} \text{ \$/kg STY}$$

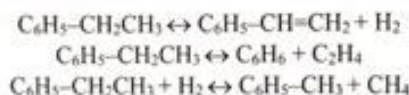
όπου c δηλώνει την τιμή πώλησης ή αγοράς ανά kg.



ΣΧΗΜΑ 7.6. Δομή εισόδου-εξόδου.

Παράδειγμα 7.3

Να επαναλάβετε το Παράδειγμα 7.2 λαμβάνοντας υπόψη τις παράπλευρες αντιδράσεις παραγωγής του τοουολίου και βενζολίου:



Τι επιπλέον πληροφορία χρειάζεστε προκειμένου να επιλύσετε τα ισοζύγια μάζας και το οικονομικό δυναμικό στην περίπτωση αυτή;

Λύση

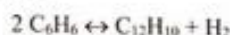
Η έξοδος του συστήματος πραγματοποίησης των αντιδράσεων θα περιέχει τα ακόλουθα συστατικά: αιθυλοβενζόλιο, στυρόλιο, υδρογόνο, βενζόλιο, τολουόλιο, μεθάνιο και αιθυλένιο. Ο πίνακας που ακολουθεί κατατάσσει τα συστατικά αυτά κατά αύξουσα σειρά με βάση το σημείο βρασμού και δηλώνει την απόληξη κάθε συστατικού

Συστατικό	κ.σ.β. (°C)	Απόληξη
υδρογόνο	-252.5	παραπροϊόν - απομάκρυνση
μεθάνιο	-161.5	παραπροϊόν - απομάκρυνση
αιθυλένιο	-104	παραπροϊόν - απομάκρυνση
βενζόλιο	80	πολύτιμο παραπροϊόν - απομάκρυνση
τολουόλιο	110.5	πολύτιμο παραπροϊόν - απομάκρυνση
αιθυλοβενζόλιο	136	αντιδρών - ανακύκλωση
στυρόλιο	145	κύριο προϊόν - απομάκρυνση

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, είναι εύκολο να διαπιστωθεί ότι θα υπάρχουν τρία ρεύματα προϊόντων (βλ. Σχήμα 7.7). Το πρώτο ρεύμα θα είναι ρεύμα αερίων και θα περιέχει όλα τα ελαφρά συστατικά (H_2 , CH_4 , C_2H_4) με σημεία βρασμού σημαντικά χαμηλότερα του προπυλενίου. Το δεύτερο ρεύμα θα περιέχει το βενζόλιο και το τολουόλιο, ενώ το τρίτο θα περιέχει το κύριο προϊόν στυρόλιο. Ο διαχωρισμός του βενζολίου από το τολουόλιο δεν κρίνεται αναγκαίος στο σημείο αυτό. Θα πρέπει, ωστόσο, να έχουμε τον διαχωρισμό τους υπόψη μας ως εναλλακτική λύση. Προκειμένου να αποφανθούμε για το εάν θα τα διαχωρίσουμε ή όχι, θα πρέπει να εξετάσουμε εάν η πώλησή τους ως καθαρά συστατικά είναι κερδοφόρα σε σχέση με την πώλησή τους ή την καύση τους ως μίγμα.

Για την κατάστρωση και επίλυση των ισοζυγίων μάζας και τον υπολογισμό του οικονομικού δυναμικού απαιτείται πληροφορία σχετική με την κατανομή των προϊόντων σε σχέση με τον βαθμό μετατροπής. Αυτό ισοδυναμεί με τη γνώση της μετατροπής του αιθυλοβενζολίου και την απόδοση σε στυρόλιο, τολουόλιο και βενζόλιο.[†]

Ικανοποιητικοί ρυθμοί παραγωγής μπορούν να επιτευχθούν σε θερμοκρασίες μεταξύ 620 °C και 700 °C και υψηλή πίεση (~35 bar). Στις συνθήκες αυτές έχει παρατηρηθεί περιορισμένη μετατροπή του βενζολίου σε διφαινύλιο σύμφωνα με την αντίδραση



Σας έχει ζητηθεί η ολοκλήρωση μιας προκαταρκτικής μελέτης για την παραγωγή 10 t/h βενζολίου καθαρότητας 99% με βάση τα παραπάνω. Σχεδόν καθαρό τολουόλιο είναι διαθέσιμο σε ατμοσφαιρικές συνθήκες καθώς και ρεύμα 95% H_2 , 5% CH_4 σε 40 °C και πίεση 40 bar. Εργαστηριακές μελέτες[‡] έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα για τη μετατροπή X του τολουολίου (X = kmol τολουολίου που αντιδρούν στον

[†] Υπονοείται ότι ως κλασματική μετατροπή (fractional conversion) ενός αντιδρώντος ορίζουμε τον λόγο των moles του αντιδρώντος που καταναλώθηκαν προς τα moles του αντιδρώντος στη τροφοδοσία.

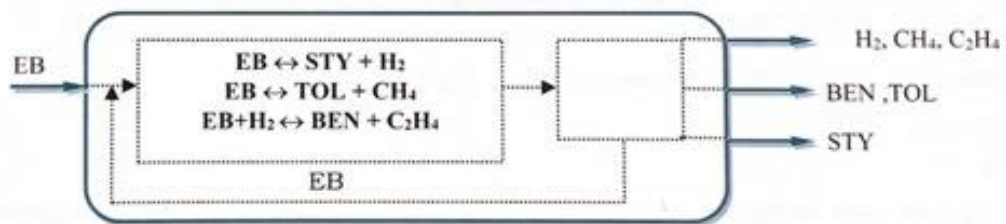
Η μετατροπή ορίζεται για το συνολικό σύστημα ή τον αντιδραστήρα μόνο. Όταν το συστατικό ως προς το οποίο ορίζεται η μετατροπή δεν δηλώνεται, τότε η μετατροπή αναφέρεται στο συστατικό-κλειδί το οποίο είναι το περιουσιακό αντιδρών.

Η απόδοση (yield) ως προς ένα συστατικό ορίζεται ως ο λόγος των moles του συστατικού που παράγονται προς τα moles του αντιδρώντος-κλειδιού τα οποία καταναλώνονται.

[‡] J.M.Douglas, *A Hierarchical Decision Procedure for Process Synthesis*, AIChE Journal, 31(3), 353, 1985.

αντιδραστήρα/κmol τολουολίου στην τροφοδοσία του αντιδραστήρα) και την απόδοση α (yield) σε βενζόλιο με βάση το τολουόλιο που καταναλώνεται στον αντιδραστήρα (α = kmol βενζολίου που παράγεται στον αντιδραστήρα / kmol τολουολίου που αντιδρούν στον αντιδραστήρα)

$$\alpha = 1 - \frac{0.0036}{(1 - X)^{0.544}}$$



ΣΧΗΜΑ 7.7. Δομή εισόδου-εξόδου.