

Βιομηχανικοί Κλάδοι Ι

Ελληνικές μεταλλευτικές επιχειρήσεις ΙΙ

- Παραγωγή άλλων μετάλλων και κραμάτων από πρωτογενή και δευτερογενή (ανακυκλούμενα) υλικά
 - Επεξεργασία ορυκτών ποικίλης σύστασης
 - Ποιοτικός & ποσοτικός προσδιορισμός τελικών προϊόντων

1

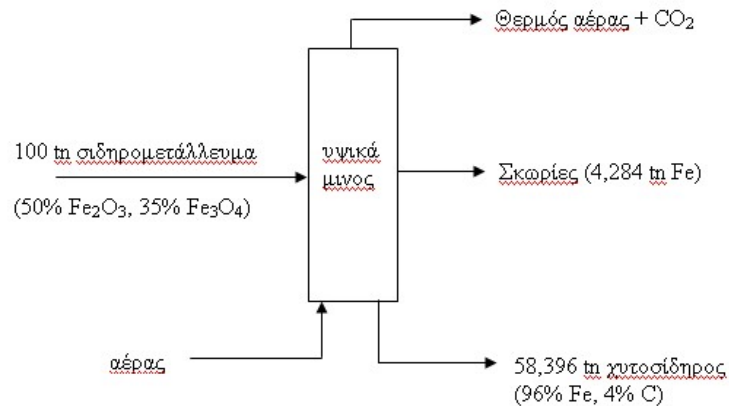
3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: α

- Εμπλουτισμένο σιδηρομετάλλευμα υπό μορφή σφαιριδίων που περιέχει 50% Fe_2O_3 και 35% Fe_3O_4 εισάγεται σε υψικάμινο.
- Η ποσότητα χυτοσιδήρου (96% Fe, 4% C) που παράγεται από 100 tn σιδηρομετάλλευμα είναι 58,396 tn, και η ποσότητα σιδήρου (Fe) που απομακρύνεται με τις σκωρίες είναι 4,284 tn.
- Να υπολογισθούν οι αποδόσεις x% των παρακάτω αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στην υψικάμινο.

2

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: α

- $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ 100x%
- $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{C} \rightarrow 3\text{Fe} + 2\text{CO}_2$ 100x%



3

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: α

- Υποθέτω ότι αντιδρά όλη η πρώτη ύλη μεταλλεύματος.
- Στην είσοδο έχουμε 100 tn μεταλλεύματος που περιέχει 50% αιματίτη και 35% μαγνητίτη.
 - Άρα περιέχει και 15% άλλα (τα οποία συλλέγονται στις σκωρίες)
 - Επειδή οι αντιδράσεις έχουν αποδόσεις (x %) κάποια ποσότητα πρώτης ύλης που εισέρχεται στην υψικάμινο δεν αντιδρά και συλλέγεται στις σκωρίες (συνολική ποσότητα Fe = 4,284 tn)
 - Η ποσότητα πρώτης ύλης που αντιδρά και δίνει προϊόν είναι το 96% από 58,396 tn

4

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: α

■ Στην είσοδο έχω:

□ Fe_2O_3 (αιματίτης): 50%, δηλ.,

■ $100 \times 0,5 = 50 \text{ tn}$

■ $\text{Mr}: 160$

■ $\text{Mmoles} = 50/160 = 0,3125$

□ Fe_3O_4 (μαγνητίτη): 35%, δηλ.,

■ $100 \times 0,35 = 35 \text{ tn}$

■ $\text{Mr}: 232$

■ $\text{Mmoles} = 35/232 = 0,151$

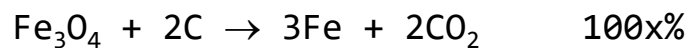
5

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: α



$0,3125$

$2 * 0,3125x = 0,625x$



$0,151$

$3 * 0,151x = 0,453x$

Ο σίδηρος που παράγεται συνολικά είναι:

$0,625x + 0,453x = 1,078x \text{ Mmoles}$

$\rightarrow (1,078*56)x = 60,34x \text{ tn}$

6

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: α

- Με κάτι πρέπει να εξισώσω τα προϊόντα των αντιδράσεων.
- Στην έξοδο του προϊόντος (58,396 tn) έχω:
 - Fe: 96%, δηλ.,
 - $58,396 \times 0,96 = 56,06 \text{ tn}$
 - $60,34x = 56,06 \Rightarrow x = 0,929$
 - οι αποδόσεις των αντιδράσεων είναι $100x\%=92,9\%$

7

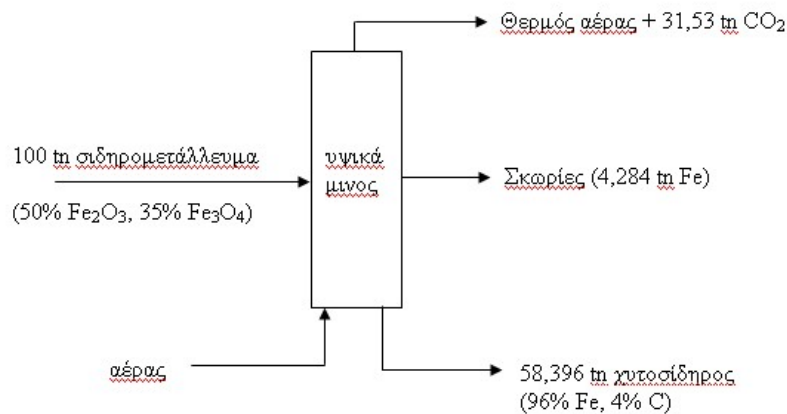
3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: β

- Εμπλουτισμένο σιδηρομετάλλευμα υπό μορφή σφαιριδίων που περιέχει 50% Fe_2O_3 και 35% Fe_3O_4 εισάγεται σε υψικάμινο.
- Η ποσότητα χυτοσιδήρου (95% Fe, 4% C) που παράγεται από 100 tn σιδηρομετάλλευμα είναι 58,396 tn, και η ποσότητα σιδήρου (Fe) που απομακρύνεται με τις σκωρίες είναι 4,284 tn.
- Να υπολογισθούν οι αποδόσεις x% και y% των παρακάτω αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στην υψικάμινο.

8

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: β

- $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ 100x%
- $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{C} \rightarrow 3\text{Fe} + 2\text{CO}_2$ 100y%



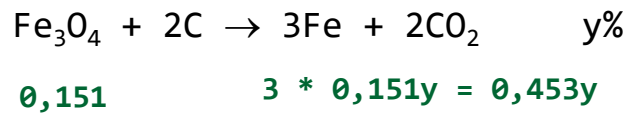
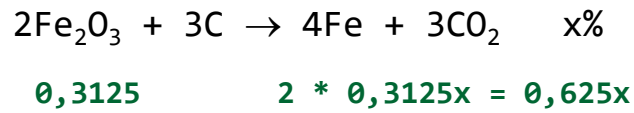
9

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: β

- Οι αντιδράσεις έχουν διαφορετικές αποδόσεις.
- Οπότε θα έχω 2 αγνώστους.
- Άρα θέλω δύο εξισώσεις:
 - Έχω τη μάζα σιδήρου στο προϊόν
 - Έχω τη μάζα σιδήρου στις σκωρίες
 - Έχω τη μάζα του εκλυόμενου CO_2

10

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: β



Ο σίδηρος που παράγεται συνολικά είναι:
 $(0,625x + 0,453y)56 = 35x + 25,4 y$

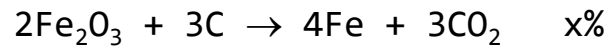
11

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: β

- Στην έξοδο του προϊόντος (58,396 tn) έχω:
 - Fe: 96%, δηλ.,
 - $58,396 \times 0,96 = 56,06 \text{ tn}$
 - Δηλ., $35x + 25,4y = 56,06 \quad (1)$
- Χρειάζομαι άλλη μία σχέση μεταξύ x και y
- Αφού μου δίνει την έξοδο του CO_2 μπορώ να τη χρησιμοποιήσω

12

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: β



$$0,3125$$

$$3/2 * 0,3125x = 0,47x$$



$$0,151$$

$$2 * 0,151y = 0,302y$$

Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται
συνολικά είναι:

$$(0,47x + 0,302y)44 = 20,68x + 13,3 y$$

13

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: β

■ Στην έξοδο των αερίων έχω:

□ CO_2 : 31,53 tn, δηλ.,

□ Δηλ., $20,68x + 13,3y = 31,53$ (2)

14

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: β

- $35x + 25,4y = 56,06$ (1)
- $20,68x + 13,3y = 31,53$ (2)
- $x = 0,921 \rightarrow 92,1\%$
- $y = 0,937 \rightarrow 93,7\%$

15

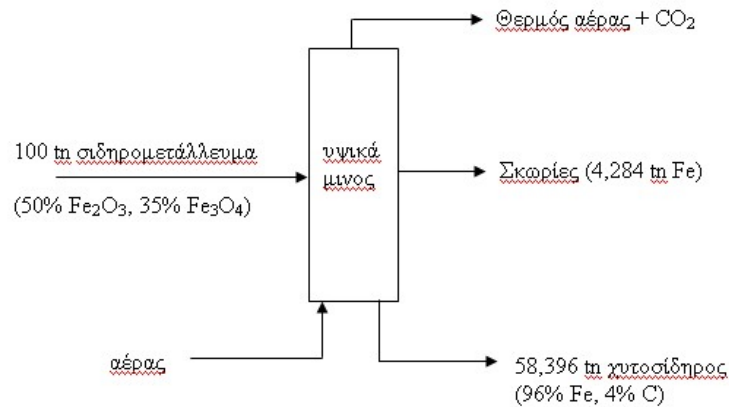
3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: γ

- Εμπλουτισμένο σιδηρομετάλλευμα υπό μορφή σφαιριδίων που περιέχει 50% Fe_2O_3 και 35% Fe_3O_4 εισάγεται σε υψικάμινο.
- Η ποσότητα χυτοσιδήρου (95% Fe, 4% C) που παράγεται από 100 tn σιδηρομετάλλευμα είναι 58,396 tn, και η ποσότητα σιδήρου (Fe) που απομακρύνεται με τις σκωρίες είναι 4,284 tn.
- Να υπολογισθούν οι αποδόσεις x% και y% των παρακάτω αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στην υψικάμινο.

16

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: γ

- $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ 100x%
- $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{C} \rightarrow 3\text{Fe} + 2\text{CO}_2$ 100y%



17

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: γ

- Η μόνη πληροφόρηση που έχω είναι για το Fe στην έξοδο του προϊόντος και στην έξοδο της σκωρίας.
- Καμμία πληροφόρηση για την έξοδο των αερίων
- Ισχύει, από τη στοιχειομετρία ότι
 - $35x + 25,4y = 56,06$ (1)

18

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: γ

- Ψάχνοντας μια 2^η σχέση, πιθανόν να θεωρήσετε τη σκωρία.
- Η σκωρία περισυλλέγει την ποσότητα της πρώτης ύλης που δεν αντέδρασε.
- Εάν αντέδρασαν γραμμομοριακά ποσοστό x και y των πρώτων υλών, το γραμμομοριακό ποσοστό που δεν αντέδρασε είναι $(1-x)$ και $(1-y)$.

19

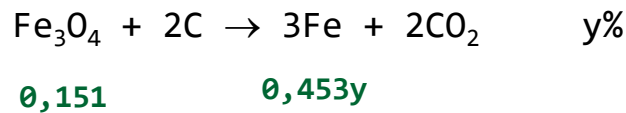
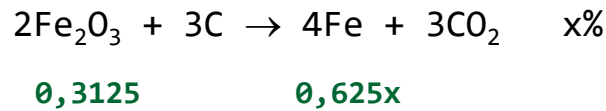
3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: γ

- Η απόδοση (γραμμομοριακή ή μάζας) είναι ο λόγος:

$$\text{απόδοση} = \frac{\text{Παραγόμενο}}{\text{Δυνάμενο να παραχθεί}}$$

20

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: γ



Αυτό που θα μπορούσε να είχε παραχθεί
συνολικά είναι για $x=y=1$ δηλ. 100%

$$0,625 + 0,453 = 1,078 \text{ Mmoles } \acute{\eta}$$

$$1,078 * 56 = 60,34 \text{ tn}$$

21

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: γ

- Οι 60,34 tn αντιπροσωπεύουν την ποσότητα του Fe που υπήρχε αρχικά στα δύο μεταλλεύματα.
 - Από αυτή, αποδόθηκαν 56,06 tn ως προϊόν και οι 4,284 tn ως σκωρίες
 - Άρα εάν πάρω το συνολικό ισοζύγιο (είσοδος = έξοδος προϊόντος + σκωρίες) είτε μόνον τις σκωρίες, θα οδηγηθώ στη σχέση:
 - $35(1-x) + 25,4(1-y) = 4,284$
 $\Rightarrow 35x + 25,4y = 56,06$

22

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: γ

- Δηλ., δεν οδηγούμε σε νέα σχέση, ώστε να μπορώ να τη χρησιμοποιήσω για το σύστημα των δύο εξισώσεων) αλλά στην ίδια σχέση.
- Στην περίπτωση των συστημάτων, οι σχέσεις που απαιτούνται πρέπει να είναι εξαρτώμενες των αγνώστων (αλλιώς δεν είναι σύστημα) αλλά να δίνουν άλλη συσχέτιση (δηλ., να μην προέρχονται από το ίδιο ισοζύγιο)

23

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: γ

- Το σύστημα που έχουμε

$$35x + 25,4y = 56,06$$
- Είναι ανοικτό
- Δηλ., η σχέση επαληθεύεται για οποιοδήποτε ζεύγος $[x, y]$ επαληθεύει τη συνάρτηση $35x + 25,4y = 56,06$
- Στην περίπτωση αυτή, θέτω τιμές στη μία μεταβλητή και προκύπτει η άλλη

$$x = \frac{56,06 - 25,4y}{35} = 1,6017 - 0,726y$$

24

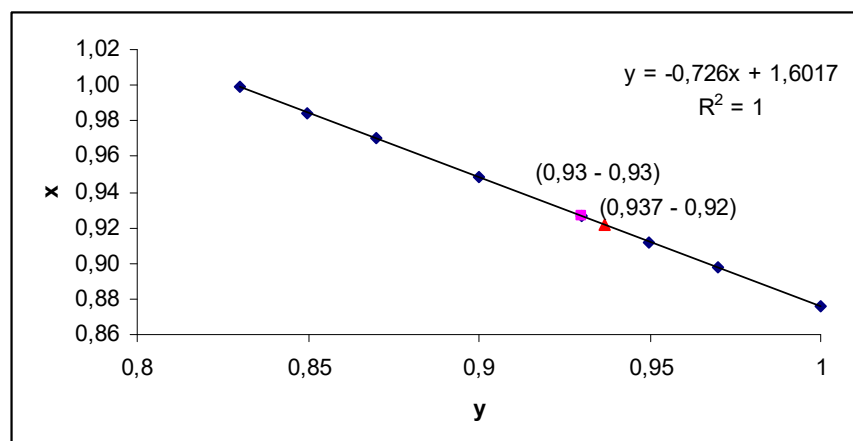
3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: γ

$$x = \frac{56,06 - 25,4y}{35} = 1,6017 - 0,726y$$

- Πρέπει να βρω τα όρια της συνάρτησης.
- Αφού $x \leq 1$
 - $1,6017 - 0,726y \leq 1 \Rightarrow y \geq 0,83$

25

3.6.1 Βιομηχανικές αποδόσεις μετατροπής: γ



26

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 1

- Ένας αντιδραστήρας δέχεται 100 tn/μέρα μιας τροφοδοσίας που περιέχει 60% κ.β. ουσία A και 40% ουσία B.
- Η εγκατάσταση παράγει δύο ρεύματα προϊόντων, το πρώτο ρέει με παροχή 58 tn/μέρα και με περιεχόμενο 98% A.
- Ζητείται να βρεθεί ποιο είναι το κλάσμα της ουσίας B στο δεύτερο ρεύμα εξόδου.

27

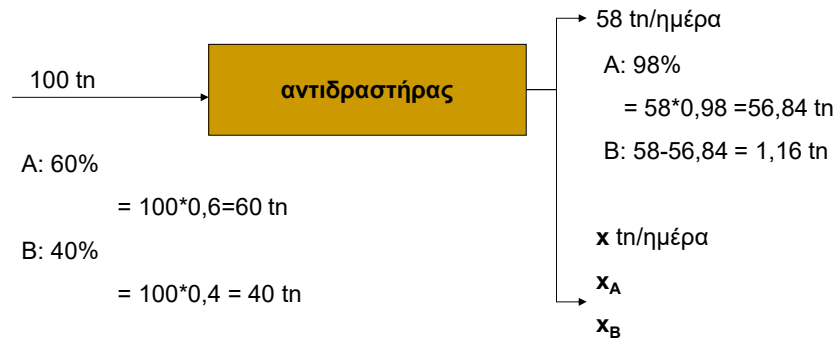
3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 1

- Από την εκφώνηση προκύπτει ότι οι ουσίες A και B δεν μεταβάλλονται στον αντιδραστήρα.
- Απλώς τροποποιείται η ποσότητά τους στα προϊόντα.
- Ας φτιάξουμε το σχήμα.



28

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 1



- Συνολικό ισοζύγιο μάζας:
 $\square 100 = 58 + x \Rightarrow x = 100 - 58 = 42 \text{ tn}$
- Ισοζύγιο B: $40 = 1,16 + x_B \Rightarrow x_B = 38,84$
- Κλάσμα ουσίας B: $38,84 / 42 = 0,924$

29

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

- Μια βιομηχανία παραγωγής χρωστικών και στιλβωτικών χρησιμοποιεί αιματίτη για την παραγωγή οξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3) με μαγνητικό διαχωρισμό.
- Καθώς οι προδιαγραφές του οξειδίου του σιδήρου είναι πολύ αυστηρές και για την παραγωγή χρωστικών (“καφέ 6”, “καφέ 7”, κόκκινο “101”) καθώς και των στιλβωτικών χρυσοχοΐας, το τελικό προϊόν δεν πρέπει να έχει προσμίξεις, με αποτέλεσμα να προτιμάται η απώλεια οξειδίου του σιδήρου προκειμένου να διασφαλισθεί η καθαρότητα του τελικού προϊόντος.

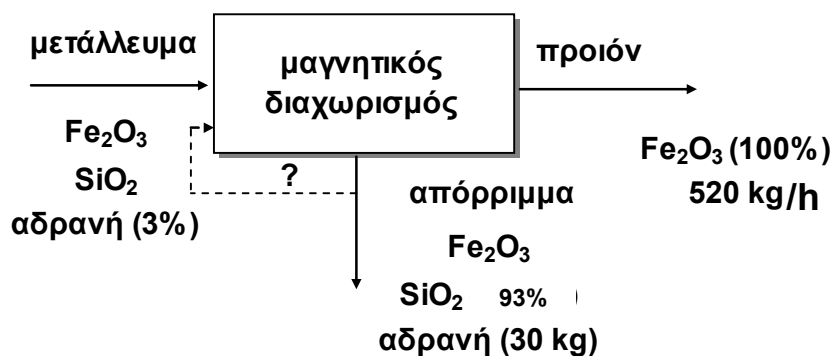
30

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

- Να υπολογίσετε
 - (α) τη σύσταση του μεταλλεύματος,
 - (β) την ποσότητα τελικού προϊόντος που διαφεύγει,
 - (γ) την απόδοση του διαχωρισμού (ως % ποσοστό του δυνητικού)
 - (δ) να εξετάσετε εάν συμφέρει την εταιρεία να ανακυκλώνει το απόρριμμα δεδομένου ότι
 - το κόστος διαχωρισμού ανέρχεται σε 15 €/tn μεταλλεύματος,
 - η τιμή του μεταλλεύματος είναι 150 €/tn,
 - το κόστος διάθεσης των απορριμμάτων είναι 5 €/tn
 - η μονάδα δεν μπορεί να επεξεργασθεί ποσότητα μεγαλύτερη των 1800 kg/h.

31

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

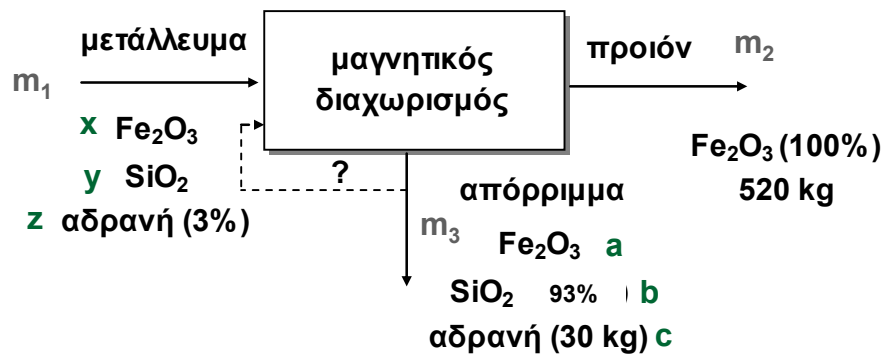


32

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

α

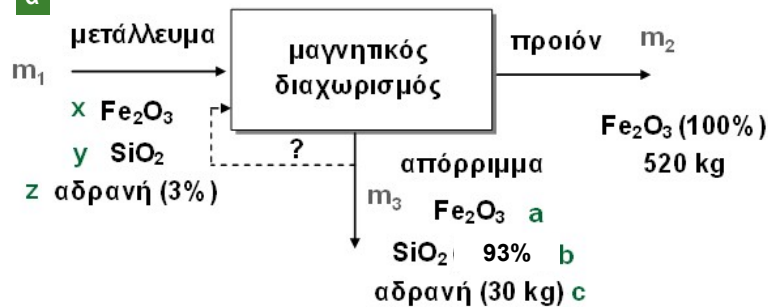
- Να κάνουμε το διάγραμμα για 1 ώρα λειτουργίας



33

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

α



- Συνολικό ισοζύγιο μάζας:

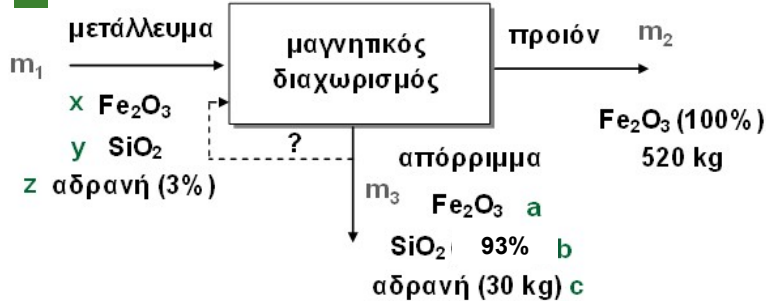
$$\square m_1 = m_2 + m_3 = 520 + m_3 \quad (1)$$

34

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

α

$$m_1 = m_2 + m_3 = 520 + m_3 \quad (1)$$

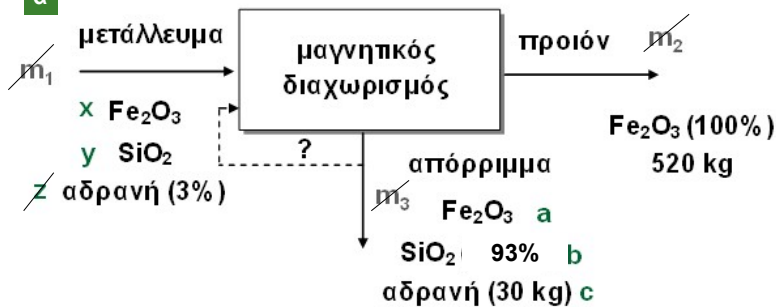


- Όλα τα αδρανή συλλέγονται στα απορρίμματα
 - Ισοζύγιο αδρανών: $m_1 z = m_3 c = 30$ (2)
 - Αφού τα αδρανή είναι το 3% της εισόδου
 - $z = 0,03 \rightarrow m_1 \cdot 0,03 = 30 \Rightarrow m_1 = 1000$ (2')
 - Άρα η (1) γίνεται: $1000 = 520 + m_3 \Rightarrow m_3 = 480$

35

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

α

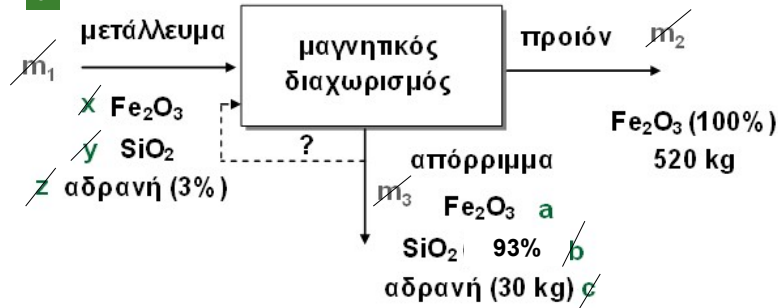


- Τα πυριττικά είναι το 0,93% (b) του m_3
 - Ισοζύγιο πυριττικών:
 - $m_3 b = m_1 y \Rightarrow 480 \cdot 0,93 = 1000 y \Rightarrow y = 0,4464$ (3)
 - Άρα το x είναι: $100\% - (3\% + 44,64\%) = 52,36\%$

36

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

α



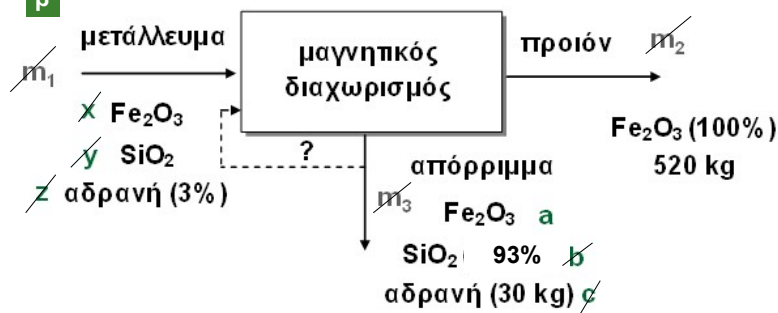
■ Η σύσταση του μεταλλεύματος είναι:

- Αιματίτης: 52,36%
- Πυριττικά: 44,64%
- Αδρανή: 3,00%

37

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

β



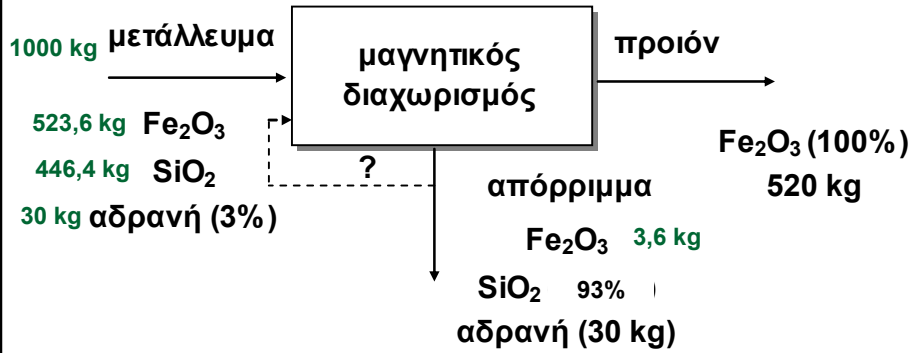
■ Ισοζύγιο σιδήρου:

- $m_1 x = m_2 + m_3 a \Rightarrow 1000 \cdot 0,5236 = 520 + 480 \cdot a \Rightarrow$
 $a = 0,0075$ ή $0,75 \%$
- Δηλ., διαφεύγουν $480 \cdot 0,0075 = 3,6 \text{ kg}$

38

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

γ

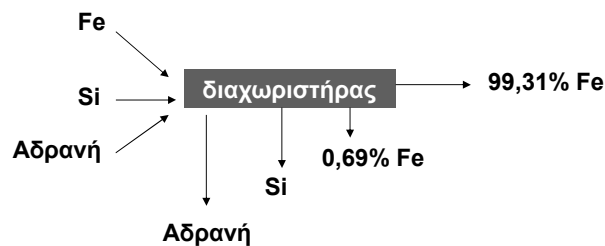


■ Απόδοση διαχωρισμού = $\frac{520}{523,6} 100 = 99,31\%$

39

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

δ



Χωρίς ανακύκλωση

Κόστος = α' ύλη + επεξεργασία + διάθεση

Α' ύλη: $1 \text{ tn} \times 150 \text{ €/tn} = 150 \text{ €}$

επεξεργασία: $1 \text{ tn} \times 15 \text{ €/tn} = 15 \text{ €}$

διάθεση: $0,48 \text{ tn} \times 5 \text{ €/tn} = 2,4 \text{ €}$

Κόστος = 167,4 € / tn μεταλλεύματος

40

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

δ

- Κάθε φορά το 99,31% του Fe συλλέγεται ως προϊόν (απόδοση διαχωρισμού).
- Αν κάνω ανακύκλωση, θα έχω τη α' ύλη και το ανακυκλούμενο απόρριμμα που έχουν διαφορετικά κόστη
- Οπότε, προκειμένου να γίνει σύγκριση με την περίπτωση της ανακύκλωσης, θα πρέπει να ορισθεί μια κοινή βάση σύγκρισης
- Όπως το κόστος/tn προϊόντος
- Δηλ., $167,4/0,52 = 321,9 \text{ €/tn Fe}$

41

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

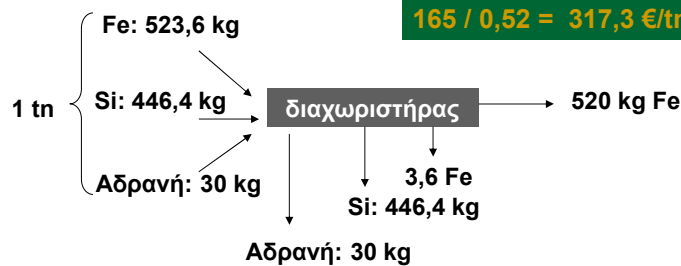
δ

- Άρα, χωρίς ανακύκλωση
 - Κόστος ανά tn προϊόντος = 321,9 €

Διαχωρισμός 1 φορά

Κόστος = α' ύλη + επεξεργασία =
 $(1 \times 150) + (1 \times 15) = 165 \text{ €/tn α' ύλης}$

$165 / 0,52 = 317,3 \text{ €/tn προϊόντος}$



42

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

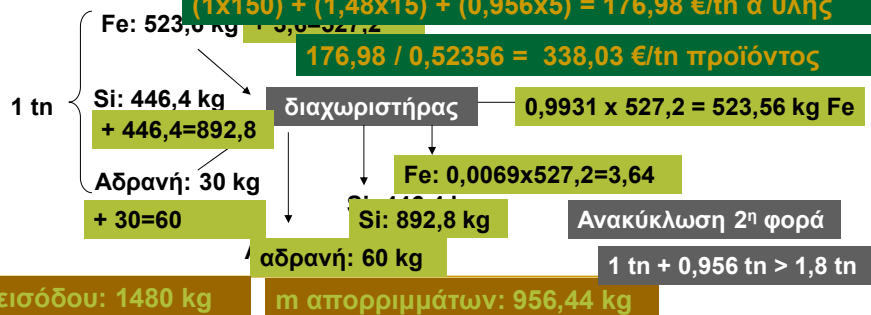
δ

- Άρα, χωρίς ανακύκλωση
 - Κόστος ανά tn προϊόντος = 321,9 €

Διαχωρισμός 1 φορά $165 / 0,52 = 317,3 \text{ €/tn προϊόντος}$

Ανακύκλωση $\text{Κόστος} = \text{α' ύλη} + \text{επεξεργασία} + \text{διάθεση} =$
 $(1 \times 150) + (1,48 \times 15) + (0,956 \times 5) = 176,98 \text{ €/tn α' ύλης}$

$176,98 / 0,52356 = 338,03 \text{ €/tn προϊόντος}$



43

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 2

δ

- Άρα, χωρίς ανακύκλωση
 - Κόστος ανά tn προϊόντος = 321,9 €
- Με ανακύκλωση
 - Κόστος ανά tn προϊόντος = 338,03 €
 - Γιατί το ανακυκλούμενο απόρριμμα φορτώνει τον διαχωριστήρα αδρανή μάζα χωρίς να συνεισφέρει σημαντικά σε ενεργή μάζα
 - Με αποτέλεσμα να αυξάνεται δυσανάλογα το κόστος επεξεργασίας

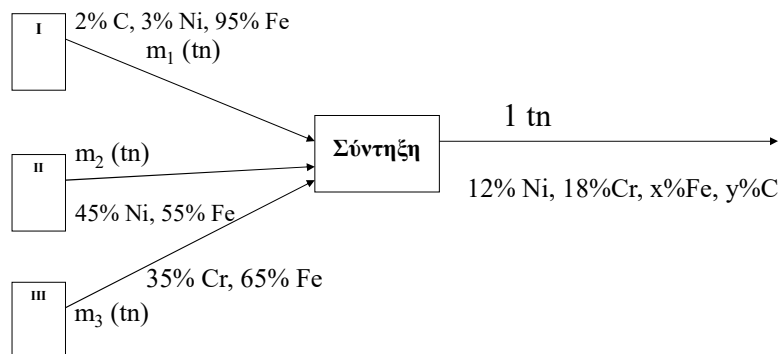
44

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 3

- Μεταλλουργική βιομηχανική μονάδα παραγωγής με σύντηξη ανοξείδωτου χάλυβα περιεκτικότητας 12% κ.β. σε Ni και 18% κ.β. σε Cr αγοράζει ως πρώτη ύλη απλό χάλυβα από ανακύκλωση περιεκτικότητας 2% κ.β. σε άνθρακα (C), 3% κ.β. σε Ni και 95% κ.β. σε Fe αξίας 1200 ευρώ/tn, η οποία συντήκεται (δηλ. λιώνεται/υγροποιείται μαζί) με σιδηρονικέλιο και σιδηροχρώμιο, τα οποία είναι προϊόντα άλλων μεταλλουργικών βιομηχανιών.
- Το σιδηρονικέλιο διατίθεται προς 1600 €/tn και περιέχει 45% κ.β. Ni και 55% κ.β. Fe.
- Το σιδηροχρώμιο διατίθεται προς 1400 €/tn και περιέχει 35% κ.β. Cr και 65% κ.β. Fe.
- Να προσδιορίσετε την απαιτούμενη ποσότητα (σε kg) πρώτων υλών για την παραγωγή 1 tn προϊόντος καθώς και τη δαπάνη για την προμήθεια των πρώτων υλών.

45

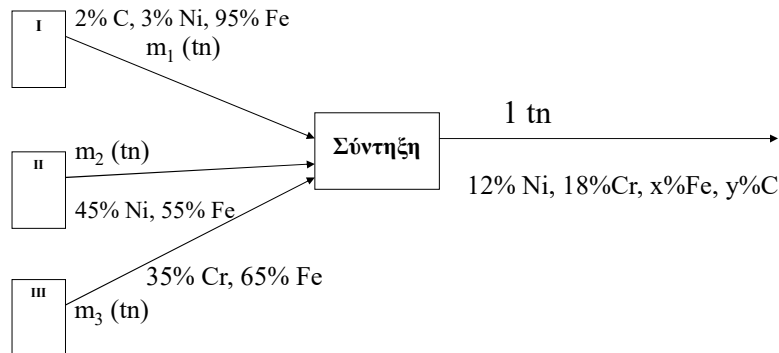
3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 3



- Στα ισοζύγια ξεκινώ με τα στοιχεία του συστήματος που είναι πιο απλά (δηλ., που αυτά που έχουν μία είσοδο ή/και έξοδο)
- Ο σίδηρος έχει 3 εισόδους
- Το νικέλιο έχει 2
- Το χρώμιο έχει 1
- Ο άνθρακας έχει 1 (αλλά δεν γνωρίζουμε την έξοδο)

46

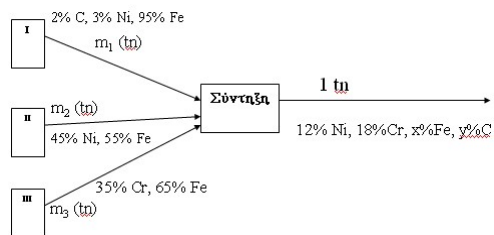
3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 3



- Είναι προφανές, επίσης, ότι οι μάζες σιδήρου, νικελίου, χρωμίου και άνθρακα στο τελικό προϊόν, συνιστούν το άθροισμα των αντίστοιχων ποσοτήτων στις πρώτες ύλες.

47

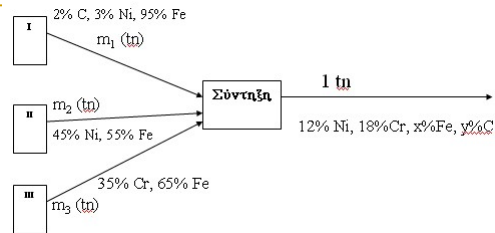
3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 3



- Ισοζύγιο Cr: $0,35m_3 = 1 \cdot 0,18 \Rightarrow m_3 = 0,514 \text{ tn}$
- Ισοζύγιο Ni: $0,03m_1 + 0,45m_2 = 1 \cdot 0,12 \quad (1)$
- Δεν ξέρω ξεχωριστά για το σίδηρο και τον άνθρακα, αλλά ξέρω ότι οι περιεκτικότητές τους στο τελικό προϊόν αθροίζονται σε $100 - 12 - 18 = 70\%$ ή $0,7$
- Άρα θα πάρω τα ισοζύγιά τους μαζί.
- Ισοζύγιο Fe και C:
 - $0,95m_1 + 0,02m_1 + 0,55m_2 + 0,65 \cdot 0,514 = 0,7 \cdot 1 \Rightarrow$
 - $0,97m_1 + 0,55m_2 = 0,3659 \quad (2)$

48

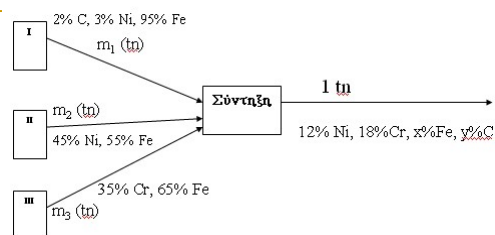
3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 3



- $0,03m_1 + 0,45m_2 = 0,12 \quad (1)$
- $0,97m_1 + 0,55m_2 = 0,3659 \quad (2)$
 - $m_1 = 0,219 \text{ tn}$
 - $m_2 = 0,267 \text{ tn}$

49

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 3



- Η απαιτούμενη ποσότητα πρώτων υλών είναι:
 - Ανακυκλωμένος χάλυβας: 219 kg
 - Σιδηρονικέλιο: 267 kg
 - Σιδηροχρώμιο: 514 kg
- Κόστος πρώτων υλών
 - $(0,219 \cdot 1200) + (0,267 \cdot 1600) + (0,514 \cdot 1400) =$
1409,52 €

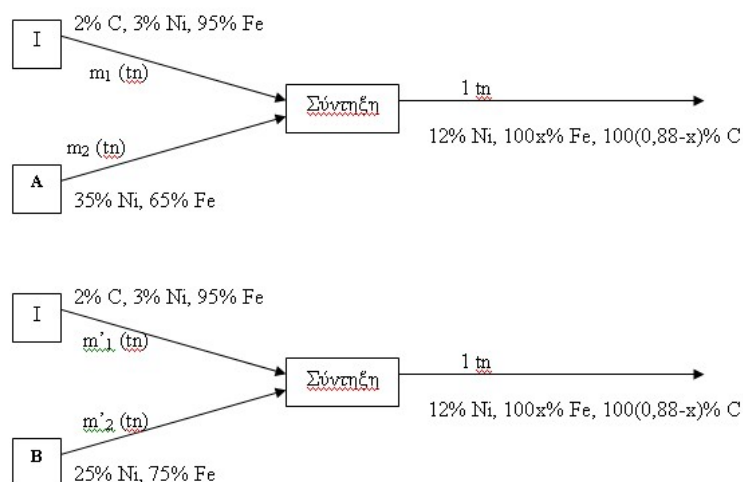
50

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 4

- Μεταλλουργική βιομηχανική μονάδα παραγωγής με σύντηξη ανοξείδωτου χάλυβα περιεκτικότητας 12% κ.β. σε Ni αγοράζει ως πρώτη ύλη απλό χάλυβα από ανακύκλωση περιεκτικότητας 2% κ.β. σε άνθρακα (C), 3% κ.β. σε Ni και 95% κ.β. σε Fe αξίας 1200 ευρώ/tn, η οποία συντήκεται (δηλ. λιώνεται/υγροποιείται μαζί) με σιδηρονικέλιο, που είναι δυνατό να αγοράσει από δυο προμηθευτές, A και B.
- Ο πρώτος προμηθευτής (δηλ. ο A) διαθέτει σιδηρονικέλιο περιεκτικότητας 35% κ.β. σε Ni και 65% κ.β. σε Fe, προς 1600 ευρώ/tn.
- Ο δεύτερος προμηθευτής (δηλ. ο B) διαθέτει σιδηρονικέλιο περιεκτικότητας 25% κ.β. σε Ni και 75% κ.β. σε Fe, προς 1400 ευρώ/tn.
- Από ποιον προμηθευτή συμφέρει η αγορά σιδηρονικελίου, με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του κόστους;

51

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 4



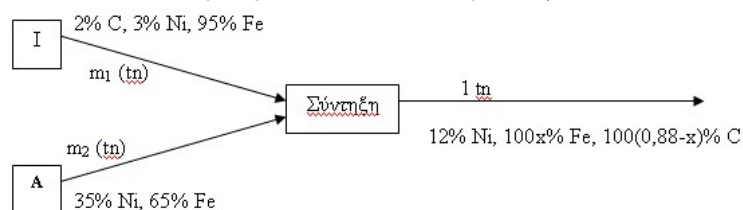
52

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 4

- Πρέπει να βρω τις μάζες των πρώτων υλών A και B, δεδομένης ίδιας ποσότητας και ίδιας σύστασης παραγόμενου προϊόντος.
- Ας ξεκινήσουμε από τον προμηθευτή A

53

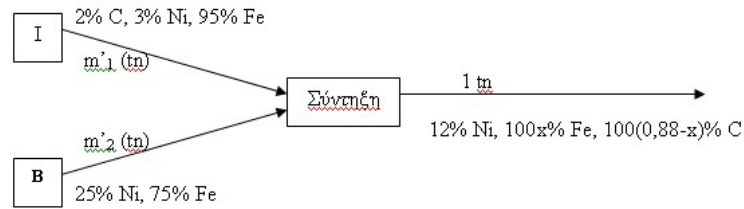
3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 4



- Ισοζύγιο Ni:
 - $0,03m_1 + 0,35m_2 = 0,12 \cdot 1$
 - $\Rightarrow 0,03m_1 + 0,35m_2 = 0,12 \quad (1)$
- Ισοζύγιο Fe+C:
 - $0,97m_1 + 0,65m_2 = 1 - 0,12$
 - $\Rightarrow 0,97m_1 + 0,65m_2 = 0,88 \quad (2)$
- $m_1 = 0,721$ και $m_2 = 0,281$
- Κόστος = $(0,721 \cdot 1200) + (0,281 \cdot 1600) = 1314,8 \text{ €}$

54

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 4



■ Ισοζύγιο Ni:

$$\begin{aligned} & \square 0,03m_1 + 0,25m_2 = 0,12 \cdot 1 \\ & \square \Rightarrow 0,03m_1 + 0,25m_2 = 0,12 \quad (1) \end{aligned}$$

■ Ισοζύγιο Fe+C:

$$\begin{aligned} & \square 0,97m_1 + 0,75m_2 = 1 - 0,12 \\ & \square \Rightarrow 0,97m_1 + 0,75m_2 = 0,88 \quad (2) \end{aligned}$$

Συμφέρει ο
προμηθευτής Β

■ $m_1 = 0,591$ και $m_2 = 0,409$

■ Κόστος = $(0,591 \cdot 1200) + (0,409 \cdot 1400) = 1281,8 \text{ €}$

55

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

- Για την παραγωγή χυτοσιδήρου (περιεκτικότητας 5% κ.β. σε C) σε υψικάμνο χρησιμοποιείται σιδηρομετάλλευμα περιεκτικότητας
 - 8% κ.β. σε μονοξείδιο του σιδήρου (FeO),
 - 52% κ.β. σε αιματίτη (Fe₂O₃),
 - 24% κ.β. σε μαγνητίτη (Fe₃O₄) και
 - 16% κ.β. σε άλλα αδρανή συστατικά.
- Το εκλυόμενο από τις δράσεις αναγωγής και την καύση του μεταλλουργικού κωκ (περιεκτικότητας 95% κ.β. σε C) διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι το πλέον σημαντικό αέριο από αυτά που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (greenhouse effect) που συνεπάγεται θερμική ρύπανση σε πλανητική κλίμακα.

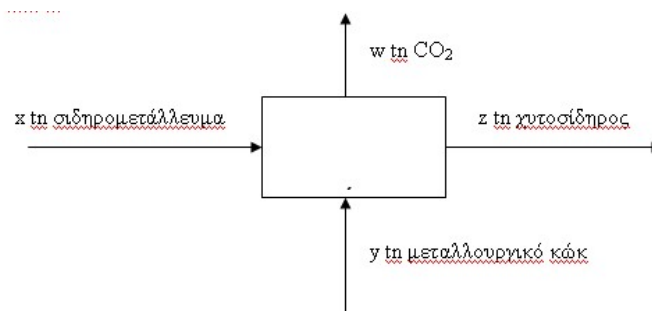
56

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

- Η ΕΕ έχει ήδη ζητήσει από τα κράτη μέλη να υπολογίσουν τις εκπομπές σε CO₂ προκειμένου να επιβληθεί περιβαλλοντικός φόρος σε μια προσπάθεια μείωσης των εκπομπών.
- α) Να υπολογίσετε τον λόγο εκλυόμενης μάζας CO₂ (σε tn) ανά tn χυτοσιδήρου.
- β) Να εκτιμηθεί το κόστος σε ν.μ./tn χυτοσιδήρου όπως αναμένεται ότι θα διαμορφωθεί με συνεκτίμηση του περιβαλλοντικού φόρου, ο οποίος θα ανέλθει σε 15 ν.μ./tn CO₂.

57

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5



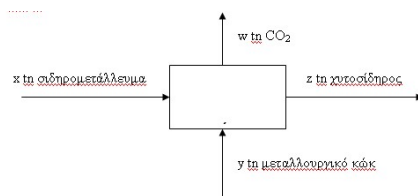
Αναγωγή:	$2\text{FeO} + \text{C} \rightarrow$	$2\text{Fe} + \text{CO}_2$	100%
Αναγωγή:	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow$	$4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$	100%
Αναγωγή:	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{C} \rightarrow$	$3\text{Fe} + 2\text{CO}_2$	100%
Καύση:	$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow$	CO_2	100%

58

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

- Ο ρόλος του άνθρακα (C), που είναι το κύριο συστατικό του μεταλλουργικού κώκ, στην παραγωγική διαδικασία, είναι ο εξής:
 - ένα μέρος του ευρίσκεται στον παραγόμενο χυτοσίδηρο και
 - η υπόλοιπη μάζα του καταναλώνεται
 - κατά 42% στις παραπάνω αναγωγικές δράσεις και
 - κατά 58% στην καύση για τη θέρμανση των υλικών στους 1150°C, περίπου.
- Δίνονται: AB Fe: 56, O: 16, C: 12.
- Κόστος αγοράς πρώτων υλών:
 - σιδηρομετάλλευμα = 72 ν.μ./tn,
 - Μεταλλουργικό κώκ = 62 ν.μ./tn
- Λοιπό μεταβλητό κόστος = 147 ν.μ./tn χυτοσιδήρου

59



3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

Αναγωγή:	$2\text{FeO} + \text{C} \rightarrow$	$2\text{Fe} + \text{CO}_2$	100%
Αναγωγή:	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow$	$4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$	100%
Αναγωγή:	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{C} \rightarrow$	$3\text{Fe} + 2\text{CO}_2$	100%
Καύση:	$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow$	CO_2	100%

- Το συγκεκριμένο θέμα παρουσιάζει τη δυσκολία του υπολογισμού του ισοζυγίου στις μετατροπές της α' ύλης.
- Το σιδηρομετάλλευμα αποτελείται από 3 συστατικά, τα οποία ανάγονται στοιχειομετρικά με τον άνθρακα.
- Μέρος του άνθρακα χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας.
- Όλες οι αντιδράσεις συνεισφέρουν στην παραγωγή των $w \text{ tn CO}_2$.
- Στις περιπτώσεις μετατροπών, ξεκινάμε πάντα από τη στοιχειομετρία.

60

Πρώτες ύλες μεταλλεύματος? 3.6.2. Υπολογισμός
σύστασης προϊόντων : 5

$\alpha + \beta + \gamma$

$2\text{FeO} + \text{C} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{CO}_2$	$\alpha \quad 0,5\alpha$	$\alpha \quad 0,5\alpha$	C?
$2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$	$\beta \quad 1,5\beta$	$2\beta \quad 1,5\beta$	$0,5\alpha + 1,5\beta + 2\gamma + \delta$ +ότι υπάρχει στο τελικό προϊόν
$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{C} \rightarrow 3\text{Fe} + 2\text{CO}_2$	$\gamma \quad 2\gamma$	$3\gamma \quad 2\gamma$	Fe? $\alpha + 2\beta + 3\gamma$
$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$	$\delta \quad \delta$	δ	$\text{CO}_2?$ $0,5\alpha + 1,5\beta + 2\gamma + \delta$

61

$2\text{FeO} + \text{C} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{CO}_2$	$\alpha \quad 0,5\alpha$	$\alpha \quad 0,5\alpha$	3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5 Το ερώτημα (α) ζητάει το παραγόμενο διοξείδιο άνθρακα (w) ανά τη παραγόμενου προϊόντος. • Πρέπει να κάνω όλα τα ισοζύγια • Μπορώ να θεωρήσω ότι παράγεται 1 τη προϊόντος, δηλ., $z=1$
$2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$	$\beta \quad 1,5\beta$	$2\beta \quad 1,5\beta$	
$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{C} \rightarrow 3\text{Fe} + 2\text{CO}_2$	$\gamma \quad 2\gamma$	$3\gamma \quad 2\gamma$	
$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$	$\delta \quad \delta$	δ	

Από τη στοιχειομετρία, έχω (Mmoles):

- A' ύλη: $\alpha + \beta + \gamma$ (1)
- C: $0,5\alpha + 1,5\beta + 2\gamma + \delta$ + προϊόν (2)
- Fe: $\alpha + 2\beta + 3\gamma$ (3)
- CO₂: $0,5\alpha + 1,5\beta + 2\gamma + \delta$ (4)

62

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

- Α' ύλη
 - Οι x tn περιέχουν:
 - FeO: 8% $\rightarrow 0,08x$ tn
 - MB: $72 \rightarrow 0,08x/72$ Mmoles = $0,00111x = \alpha$
 - Fe₂O₃: 52% $\rightarrow 0,52x$ tn
 - MB: $160 \rightarrow 0,52x/160$ Mmoles = $0,00325x = \beta$
 - Fe₃O₄: 24% $\rightarrow 0,24x$ tn
 - MB: $232 \rightarrow 0,24x/232$ Mmoles = $0,00103x = \gamma$
 - 16% αδρανή $\rightarrow 0,16x$
 - Δεν μπορώ να κάνω κάτι άλλο με την α' ύλη γιατί δεν ξέρω το x.
 - Μπορώ, όμως, να τα χρησιμοποιήσω στα άλλα ισοζύγια

63

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

- Fe
 - Από τη στοιχειομετρία παράγονται:
 - $\alpha + 2\beta + 3\gamma$ (3)
 - Ή
 - $0,00111x + 2 * 0,00325x + 3 * 0,00103x = 0,0107x$
 - MB: $56 \rightarrow 0,0107x * 56 = 0,6x$ tn

64

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

- Στο τελικό προϊόν ($z=1$ tn) το 5% ($0,05$ tn) είναι C, οπότε το 95% ($0,95$ tn) είναι:
 - $0,16x$
- Και ο παραγόμενος σίδηρος
 - $0,6x$
- Δηλ., $0,16x + 0,6x = 0,95 \Rightarrow x = 1,25$ tn

65

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

- C
 - Δεν γνωρίζω τα Mmoles της καύσης, γι'αυτό θα ασχοληθώ με τον C που λαμβάνει μέρος στις αναγωγές:
 - $0,5\alpha + 1,5\beta + 2\gamma$ (2)
 - ή
 - $0,5 * 0,00111x + 1,5 * 0,00325x + 2 * 0,00103x = 0,00749x$
 - $= 0,00749 * 1,25 = 0,0094$
 - MB: 12 $\rightarrow 0,0094 * 12 = 0,11$ tn

66

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

- Δηλ., ο C που καταναλώνεται στις αναγωγικές αντιδράσεις είναι 0,11 tn
- Δηλ., το 42% της ποσότητας του C που καταναλώνεται στις μετατροπές είναι 0,11 tn.
- Δηλ., όλη η ποσότητα του C που καταναλώνεται στις μετατροπές είναι $0,11/0,42 = 0,26$ tn
- Άρα, στην καύση πηγαίνει το 58% των 0,26 tn.
- Δηλ., το $0,58 \cdot 0,26 = 0,15$ tn
 - $MB=12 \rightarrow 0,15/12 = 0,0125$ Mmoles = δ

67

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

- Ας δούμε λίγο το ισοζύγιο του C
- αναγωγές + καύση + προϊόν
 - Αναγωγές + καύση = 0,26 tn
 - Προϊόν = $5\% z = 0,05 \cdot 1 = 0,05$ tn
 - Σύνολο = 0,31 tn καθαρός C
 - Αυτός προέρχεται από μεταλλουργικό κωκ και αποτελεί το 94% του κωκ
 - Δηλ., το κωκ που χρησιμοποιήθηκε είναι
 - $0,31/0,94 = 0,33$ tn

68

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

■ CO₂

□ Πλέον γνωρίζω τα πάντα:

• $0,5\alpha + 1,5\beta + 2\gamma + \delta$ (4)

• ή

□ $0,5 \cdot 0,00111 \cdot 1,25 + 1,5 \cdot 0,00325 \cdot 1,25 + 2 \cdot 0,00103 \cdot 1,25 + 0,0125 = 0,022 \text{ Mmoles}$

□ Mr: 44 $\rightarrow 0,022 \cdot 44 = 0,968 \text{ tn}$

69

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

■ (α) Περιβαλλοντικός δείκτης: tn CO₂/tn προϊόντος

□ Θεώρησα από την αρχή 1 tn προϊόντος

□ Δηλ., ο δείκτης είναι:

■ $0,968 \text{ tn CO}_2/\text{tn προϊόντος}$

70

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 5

- (β) Κόστος/tn προϊόντος
 - Κόστος αγοράς σιδ/τος + Κόστος αγοράς κωκ + Λοιπό μεταβλητό κόστος + Κόστος εκλυόμενου διοξειδίου
 - Κόστος αγοράς σιδ/τος: 72ν.μ/tn
 - $1,25 * 72 = 90$ ν.μ.
 - Κόστος αγοράς κωκ: 62 ν.μ./tn
 - $0,33 * 62 = 20,46$ ν.μ.
 - Λοιπό μεταβλητό κόστος: 147 ν.μ./tn χυτοσιδήρου
 - $147 * 1 = 147$ ν.μ.
 - Κόστος εκλυόμενου διοξειδίου: 15 ν.μ./tn CO₂
 - $0,968 * 15 = 14,52$ ν.μ.

**Συνολικό κόστος =
272 ν.μ**

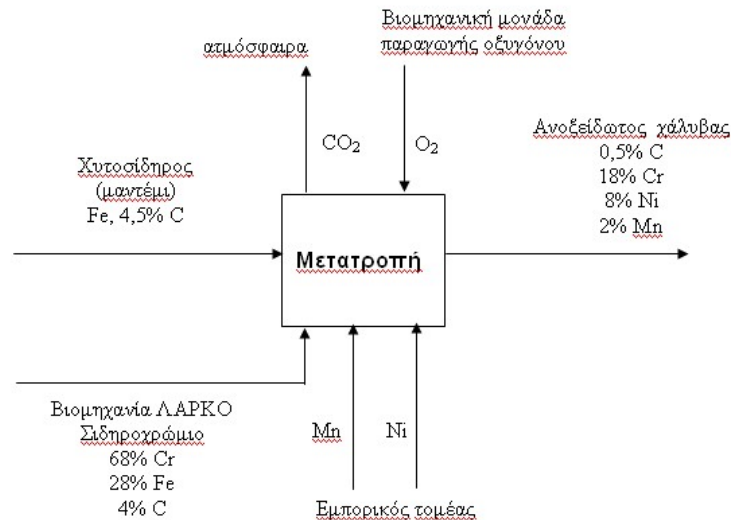
71

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 6

- Ένα χαλυβουργείο παράγει ανοξείδωτο χάλυβα (0,5% C, 18% Cr, 8% Ni, 2% Mn) από αρχικές πρώτες ύλες
 - χυτοσίδηρο (4,5% C),
 - νικέλιο (100% Ni),
 - μαγγάνιο (100% Mn) και
 - κράμα σιδηροχρωμίου (68% Cr, 28% Fe, 4% C) προερχόμενο από τη μεταλλουργική μονάδα επεξεργασίας σιδηροχρωμίτη ΛΑΡΚΟ.

72

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 6



73

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 6

- (α) Να υπολογιστεί το κόστος πρώτων υλών (χυτοσίδηρος, O_2 , Ni, Mn, σιδηροχρώμιο) σε ευρώ ανά τη ανοξείδωτου χάλυβα.
- (β) Να υπολογίσετε την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα ($kg\ CO_2/tn$ ανοξείδωτου χάλυβα), το οποίο προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου που ευθύνεται για προοδευτική αλλαγή κλίματος λόγω θέρμανσης του πλανήτη (global warming).

74

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 6

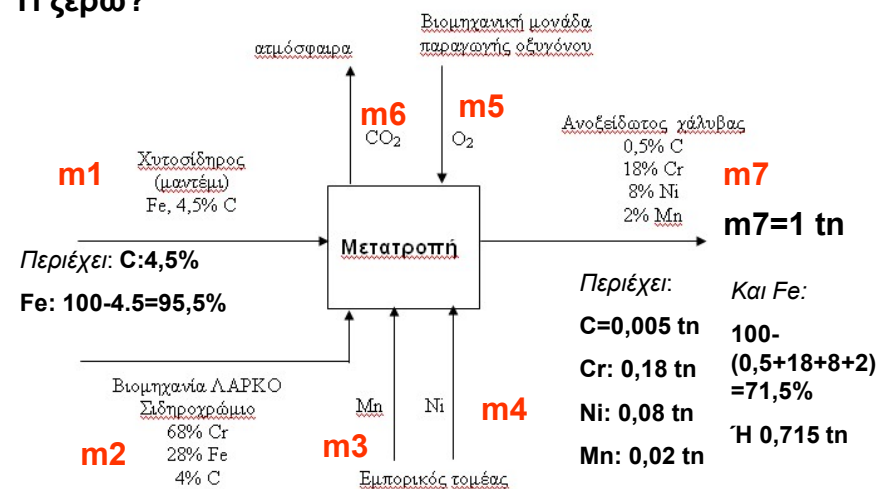
■ Δίνονται:

- Οι συστάσεις % είναι κατά βάρος.
- Οι τιμές πρώτων υλών είναι: χυτοσίδηρος 60 ευρώ/tn, O_2 2,2 ευρώ/ Nm^3 , σιδηροχρώμιο 600 ευρώ/tn, Ni 800 ευρώ/tn και Mn 815 ευρώ/tn.
- Η αντίδραση $C + O_2 \rightarrow CO_2$ έχει απόδοση 100%.
- Τα ατομικά βάρη είναι: C=12, O=16.
- Ο γραμμομοριακός όγκος ιδανικού αερίου σε Κ.Σ. είναι $V_{mol} = 22,4 \text{ L}$.

75

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 6

Τί ξέρω?



76

**3.6.2. Υπολογισμός
σύστασης προϊόντων : 6**

Συνολικό ισοζύγιο μάζας:

$$m1+m2+m3+m4+m5=m6+m7 \Rightarrow m1+m2+m3+m4+m5=m6+1 \quad (1)$$

Ισοζύγιο Mn: $m3=0,02 \quad (2)$ Ισοζύγιο Ni: $m4=0,08 \quad (3)$ Ισοζύγιο Cr: $0,68m2=0,18 \Rightarrow m2=0,2647 \quad (4)$

Τί βρήκαμε μέχρι τώρα?

77

**3.6.2. Υπολογισμός
σύστασης προϊόντων : 6**

Ισοζύγιο Fe:

$$0,955m1+0,28m2=0,715 \Rightarrow 0,955m1+0,28 \cdot 0,2647=0,715 \Rightarrow m1=0,671$$

Ισοζύγιο C:

$$0,045m1+0,04m2 = [\text{o C στο CO}_2] + 0,005 \Rightarrow$$

$$0,045 \cdot 0,671 + 0,04 \cdot 0,2647 = 0,04 \Rightarrow$$

$$0,04 = [\text{o C στο CO}_2] + 0,005 \Rightarrow [\text{o C στο CO}_2] = 0,035$$

78

**3.6.2. Υπολογισμός
σύστασης προϊόντων : 6**

Na δούμε λίγο την m6 (μετατροπή)

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

$\alpha \quad \alpha \quad \alpha$

Η μάζα που βρήκαμε (0,035) αντιστοιχεί στον C που περιέχεται στο διοξείδιο

→ Στη μάζα του C που αντιδρά με το οξυγόνο

→ MB=12

→ Δηλ., $0,035/12 = 0,0029 \text{ Mmoles} = \alpha$

Παράγεται $\alpha \text{ CO}_2$

MB=44

$CO_2: 44 \cdot 0,0029 = 0,1276 \text{ tn} = m6$

79

**3.6.2. Υπολογισμός
σύστασης προϊόντων : 6**

Σχετικά με m5 υπάρχουν δύο δυνατότητες:

(α) από το γενικό ισοζύγιο:

$$m1 + m2 + m3 + m4 + m5 = m6 + 1 \quad (1) \Rightarrow m5 = m6 + 1 - (m1 + m2 + m3 + m4)$$

$$= 0,1276 + 1 - (0,671 + 0,2647 + 0,02 + 0,08) = 0,093 \text{ tn}$$

(β) από τη στοιχειομετρία:

$\alpha = 0,0029 \text{ Mmoles}$

MB: 32 $\rightarrow m5 = 0,0029 \cdot 32 = 0,093 \text{ tn}$

$C + O_2 \rightarrow CO_2$

$\alpha \quad \alpha \quad \alpha$

80

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 6

■ Τί βρήκαμε;

- Χυτοσίδηρος - m1: 0,671 tn
- Σιδηροχρώμιο - m2: 0,2647 tn
- Μαγγάνιο - m3: 0,02 tn
- Νικέλιο - m4: 0,08 tn
- Οξυγόνο - m5: 0,093 tn
- Διοξείδιο - m6: 0,1276 tn
- Ανοξείδωτος χάλυβας - m7: 1 tn

81

3.6.2. Υπολογισμός σύστασης προϊόντων : 6

- Χυτοσίδηρος - m1: 0,671 tn
- Σιδηροχρώμιο - m2: 0,2647 tn
- Μαγγάνιο - m3: 0,02 tn
- Νικέλιο - m4: 0,08 tn
- Οξυγόνο - m5: 0,093 tn
- Διοξείδιο - m6: 0,1276 tn
- Ανοξείδωτος χάλυβας - m7: 1 tn

• (α) Κόστος α' υλών

- Χυτοσίδηρος - m1: 0,671 tn * 60 = 40,26 €
- Σιδηροχρώμιο - m2: 0,2647 tn * 600 = 158,82 €
- Μαγγάνιο - m3: 0,02 tn * 815 = 16,3 €
- Νικέλιο - m4: 0,08 tn * 800 = 64 €
- Οξυγόνο - m5: 0,093 tn αλλά η τιμή δίνεται σε μονάδες όγκου

82

- Χυτοσίδηρος - m1: 0,671 tn → 40,26 €
- Σιδηροχρώμιο – m2: 0,2647 tn → 158,82 €
- Μαγγάνιο – m3: 0,02 tn → 16,3€
- Νικέλιο – m4: 0,08 tn → 64€
- Οξυγόνο – m5: 0,093 tn
- Διοξείδιο – m6: 0,1276 tn
- Ανοξείδωτος χάλυβας – m7: 1 tn

3.6.2. Υπολογισμός
σύνταξης προϊόντων : 6.

- **(α) Κόστος α' υλών**
- Πρέπει να κάνω μετατροπή βάσει γραμμομοριακής αναλογίας
 - αφού δίνεται ο γραμμομοριακός όγκος και η τιμή δίνεται ανά κανονικό κυβικό μέτρο (Nm^3)
 - Οι 0,093 tn προέρχονται από 0,0029 Mmoles που καταλαμβάνουν όγκο ίσο με $0,0029 \times 10^6 \text{ (moles)} \times 22,4 \text{ L/mole} = 0,065 \times 10^6 \text{ L}$
 - 1 m^3 είναι 1000 L → $0,065 \times 10^6 / 1000 = 65 \text{ Nm}^3$
 - Κόστος οξυγόνου: $65 \times 2,2 = 143\text{€}$
- Συνολικό κόστος α' υλών: 422,4 €

83

- Χυτοσίδηρος - m1: 0,671 tn → 40,26 €
- Σιδηροχρώμιο – m2: 0,2647 tn → 158,82 €
- Μαγγάνιο – m3: 0,02 tn → 16,3€
- Νικέλιο – m4: 0,08 tn → 64€
- Οξυγόνο – m5: 0,093 tn → 143€
- Διοξείδιο – m6: 0,1276 tn
- Ανοξείδωτος χάλυβας – m7: 1 tn

3.6.2. Υπολογισμός
σύνταξης προϊόντων : 6

- **(β) περιβαλλοντικός δείκτης**
- **CO_2/tn χάλυβα**
 - **0,1276**

84