

Ελληνικές μεταλλευτικές επιχειρήσεις Ι: χυτοσίδηρος και χάλυβας

Μεταλλουργικά προϊόντα

Μεταλλουργικές πρώτες ύλες

Ιδιότητες Μετάλλων

Καθαρότητα αύλης



Ορυχεία χρυσού στην Κασσάνδρα Χαλκιδικής

Εργοστάσιο μεταλλουργίας σιδήρου ΣΟΒΕΛ στο Βόλο



Τι είναι Μετάλλευμα;

Υλικό του στερεού φλοιού της γης το οποίο περιέχει το μέταλλο σε **μεγαλύτερη περιεκτικότητα** από εκείνη με την οποία το μέταλλο απαντάται στο περιβάλλον

Η περιεκτικότητα του αλουμινίου στο περιβάλλον απαντάται σε μέγιστο ποσοστό 8% (ως οξείδιο) ενώ στο βωξίτη είναι 55%

Σε τι Μορφή είναι τα Μέταλλα μέσα στα Μεταλλεύματα;

Τα μέταλλα πλην ορισμένων εξαιρέσεων μέσα στα ορυκτά δεν βρίσκονται σε μεταλλική μορφή, αλλά σαν χημικές ενώσεις πχ **Οξειδία, Σουλφίδια**, οι οποίες ανάλογα με το σύστημα που κρυσταλλώνονται δημιουργούν τα αντίστοιχα **ορυκτά**.

Ενώσεις της ίδιας χημικής σύστασης μπορεί να κρυσταλλώνονται σε διαφορετικά ορυκτά τα οποία έχουν τελείως διαφορετική συμπεριφορά

Αντικείμενο της εξαγωγικής μεταλλουργίας



Σιδηρομεταλλουργία



Αλουμίνιο

Αντικείμενο της εξαγωγικής μεταλλουργίας

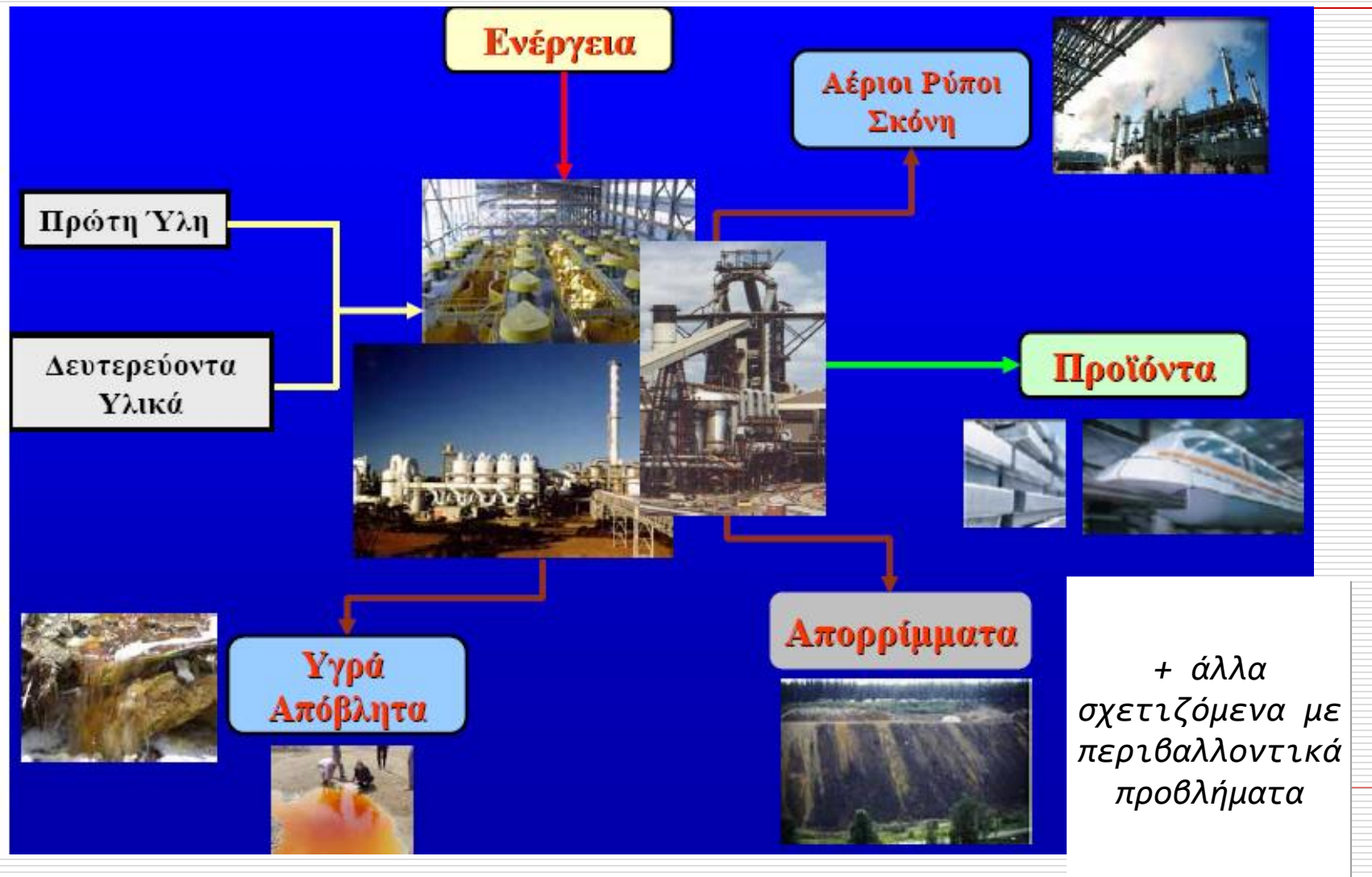
- Η **Εξαγωγική Μεταλλουργία** είναι ο τομέας της Επιστήμης και της Τεχνολογίας που έχει σκοπό την παραγωγή μετάλλων ή ενδιάμεσων προϊόντων από τις κατάλληλες μεταλλουργικές πρώτες ύλες.
 - Αυτό επιτυγχάνεται με τη μελέτη των απαραίτητων φυσικών και χημικών μοναδιαίων διεργασιών και των συνδυασμών τους, η οποία καταλήγει στο βέλτιστο για κάθε περίπτωση από οικονομική και περιβαλλοντική σκοπιά σχεδιασμό της κατεργασίας, που οδηγεί στην παραγωγή του επιθυμητού προϊόντος από μια δεδομένη πρώτη ύλη.
-

Αντικείμενο της εξαγωγικής μεταλλουργίας

□ Περιλαμβάνει:

- Τι προϊόντα θέλουμε να παράγουμε
 - Ποιες πρώτες ύλες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε
 - Με τι τρόπο θα κατεργαστούμε τις πρώτες ύλες
 - Πως θα υπολογίσουμε τα οικονομικά και περιβαλλοντικά δεδομένα
-

Γενικό διάγραμμα ροής



Προϊόντα...

Συμπυκνώματα: Προϊόντα που προέρχονται από την επεξεργασία μεταλλευμάτων και περιέχουν το χρήσιμο συστατικό σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα από αυτό του μεταλλεύματος πχ μικτά θειούχα

Ενδιάμεσα προϊόντα: Προϊόντα που προκύπτουν από την υδροχημική ή πυροχημική κατεργασία μεταλλευμάτων ή συμπυκνώματος πχ αλουμίνα

Μέταλλα: Προϊόντα που αποτελούνται εξ ολοκλήρου ή σχεδόν εξ ολοκλήρου από μεταλλικά στοιχεία

Κράματα: Στερεά διαλύματα μεταλλικών στοιχείων

Μεταλλεύματα Χαλκού

**Οξειδωμένα
10% Συνόλου
Παραγωγής Cu**



Κυπρίτης
 Cu_2O



Μαλαχίτης
 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

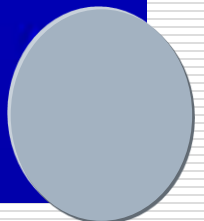


Χαλκοσίνης
 Cu_2S



Χαλκοπυρίτης
 CuFeS_2

**Θειούχα
90% Συνόλου
Παραγωγής Cu**



Μεταλλουργικό προϊόν: Χαλκός

Αργός Χαλκός
(Blister Copper)
98.5%



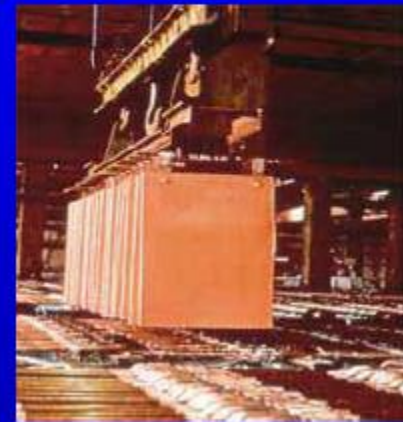
Μεταλλαγή (matte)

Καθαρός Χαλκός
(Pure Copper)
99.5%



Χύτευση ανόδων
αργού χαλκού

**Υπερκαθαρός
Χαλκός**
99.99%



Ηλεκτρόλυση ανόδων
αργού χαλκού

Χαλκός – εμπορικά προϊόντα



**Κάθοδοι
Χαλκού**



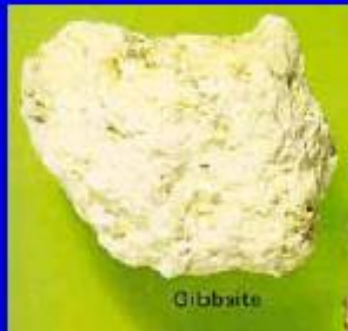
**Μπάρες
Χαλκού**



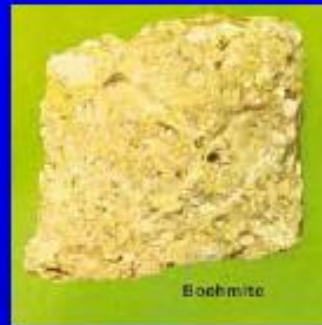
**Σύρμα
Χαλκού**

Απο ποιά Μεταλλεύματα παράγεται το Αλουμίνιο;

Γιββσίτης



Βαιμίτης



Διάσπορο



Βωξίτης



Τα πλούσια μεταλλεύματα αλουμινίου περιέχουν μέχρι και 55% αλουμίνα. Η ορυκτολογική μορφή που βρίσκεται το αλουμίνιο έχει τεράστια σημασία γιατί μπορεί να αλλάξει τελείως την τεχνολογία παραγωγής του.

Μεταλλουργικό προϊόν: Αλουμίνιο

**Καθαρό
Αλουμίνιο**
99.00 %– 99.9 %



**Πλινθώματα
Αλουμινίου**

**Υπερκαθαρό
Αλουμίνιο**
> 99.97 %



Billets

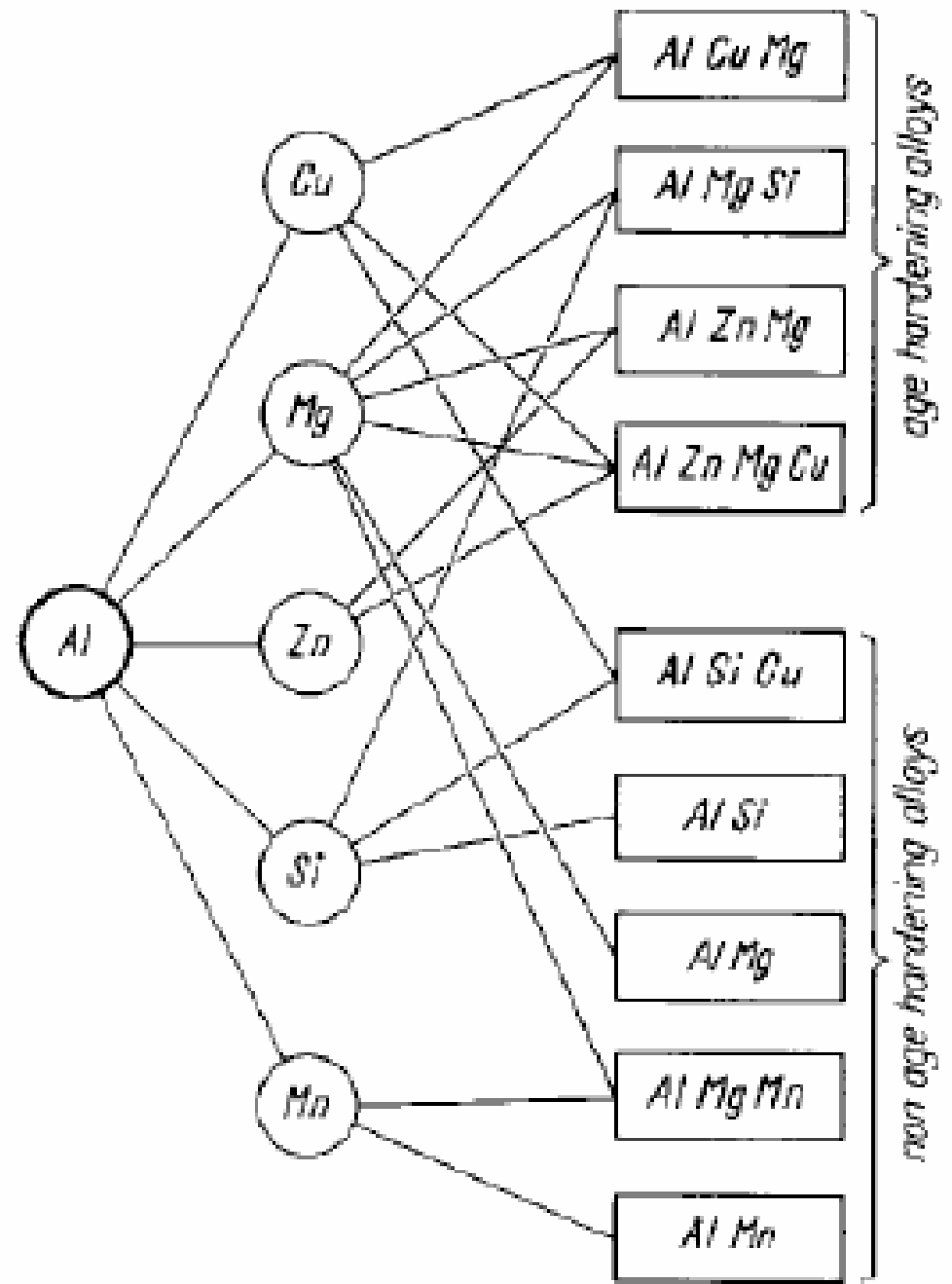
**Ράβδοι
Αλουμινίου**

**Κράματα
Αλουμινίου**

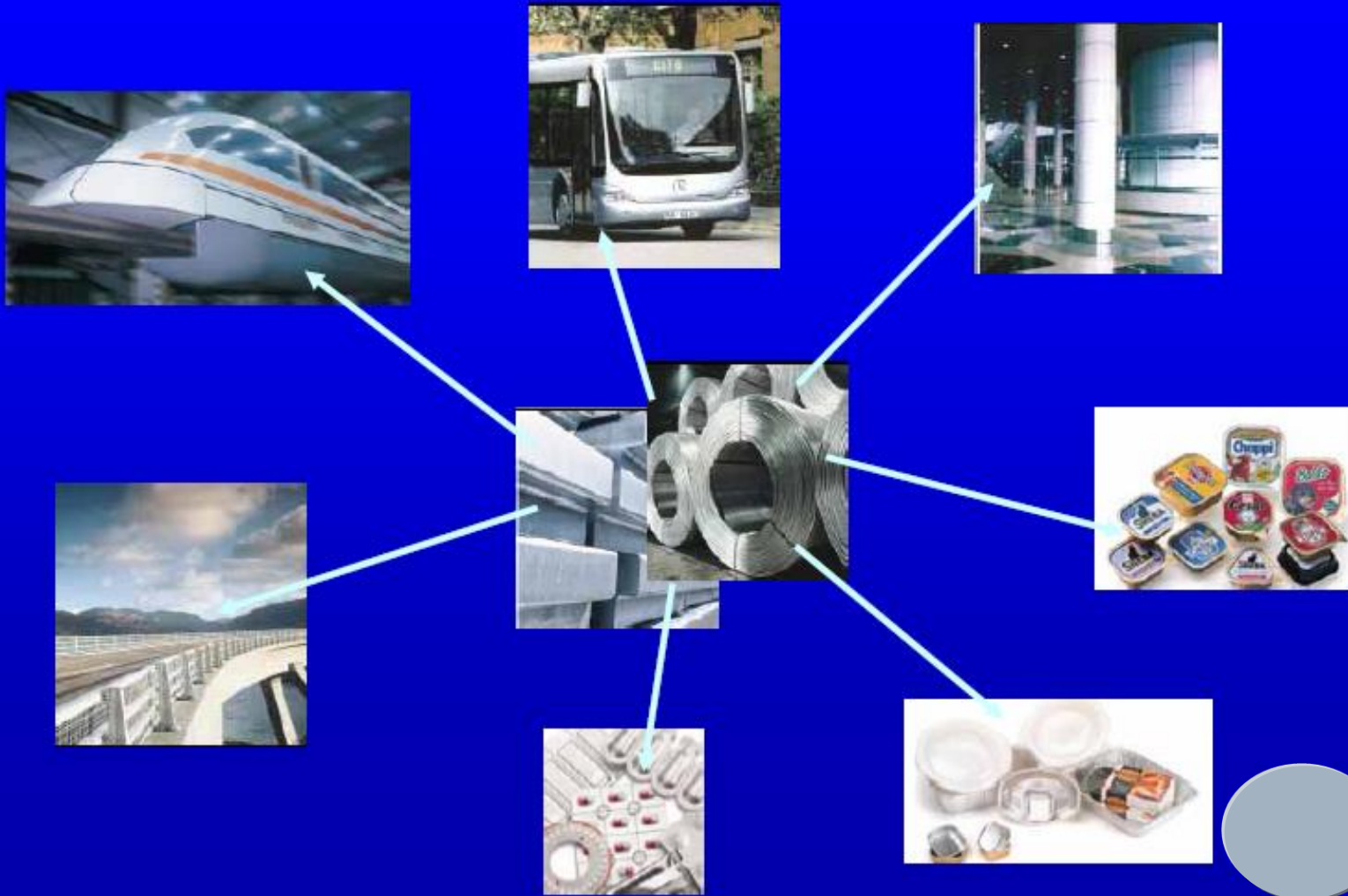


**Φύλλα
Αλουμινίου**

Κράματα Αλουμινίου



Αλουμίνιο – τελικά προϊόντα



Απο ποιά Μεταλλεύματα παράγεται ο Σίδηρος;

Μαγνητίτης



Αιματίτης



Γκαιτίτης



Τα πλούσια μεταλλεύματα σιδήρου μπορεί να περιέχουν
μέχρι 60% σίδηρου. Μεταλλεύματα με περιεκτικότητα
μέχρι 25% θεωρούνται εκμεταλλεύσιμα

Μεταλλουργικά Προϊόντα – Σίδηρος

Χυτοσίδηρος: Ενανθρακωμένα προϊόντα σιδήρου με περιεκτικότητα 2% - 5% άνθρακα βασικό χαρακτηριστικό την έλλειψη ελατότητας

Pig iron 4% - 5% C, S, Si, P

Cast Iron 2% - 4% C, S, P
 1% - 6% Si

Μεταλλουργικά Προϊόντα – Σίδηρος

Χάλυβας: Ενανθρακωμένα προϊόντα σιδήρου με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα ($>2\%$) βασικό χαρακτηριστικό την ιδιότητα της βαφής και της ελατότητας

Υπόευτηκτοειδής: 0.025% - 0.8% C

Υπέρευτηκτοειδής: 0.800% - 2.0% C

Μεταλλουργικά Προϊόντα – Σίδηρος

	Χυτοσίδηρος Pig Iron	Χυτοσίδηρος Cast Iron	Μαλακτός Σίδηρος Wrough Iron	Μαλακός Χάλυβας Milde Steel	Χάλυβας Steel
C	2 – 5 %		0.02	0.12	<1
Si			0.09	0.15	0.5
Mn			0.4	0.67	0.5-1.5
S			0.02	0.05	<0.03
P			0.1	0.05	<0.03
	Σκληρός Εύθραυστος		Μαλακός Ελατός Όλκιμος		

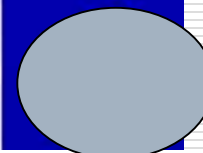
Κράματα Σιδήρου:

Περιέχουν διάφορες ποσότητες **άνθρακα** και άλλων μετάλλων όπως **χρώμιο, βανάδιο, μολυβδαίνιο, νικέλιο, βολφράμιο**, τα οποία προστίθενται για να δώσουν υψηλές αντοχές, αντοχή στη διάβρωση κλπ.

Μεταλλουργικά Προϊόντα – Σίδηρος

Ανοξείδωτοι Χάλυβες:

Περιέχουν **χρώμιο σε ποσοστό 13% - 26%** και άλλα μέταλλα όπως **νικέλιο, μολυβδαίνιο, τιτάνιο** ανάλογα με τον τύπο του χάλυβα. Ονομάζεται ανοξείδωτος γιατί το περιεχόμενο σε αυτόν χρώμιο οξειδώνεται με το οξυγόνο του αέρα και σχηματίζει ένα προστατευτικό στρώμα από Cr_2O_3 που αντέχει στη διάβρωση.



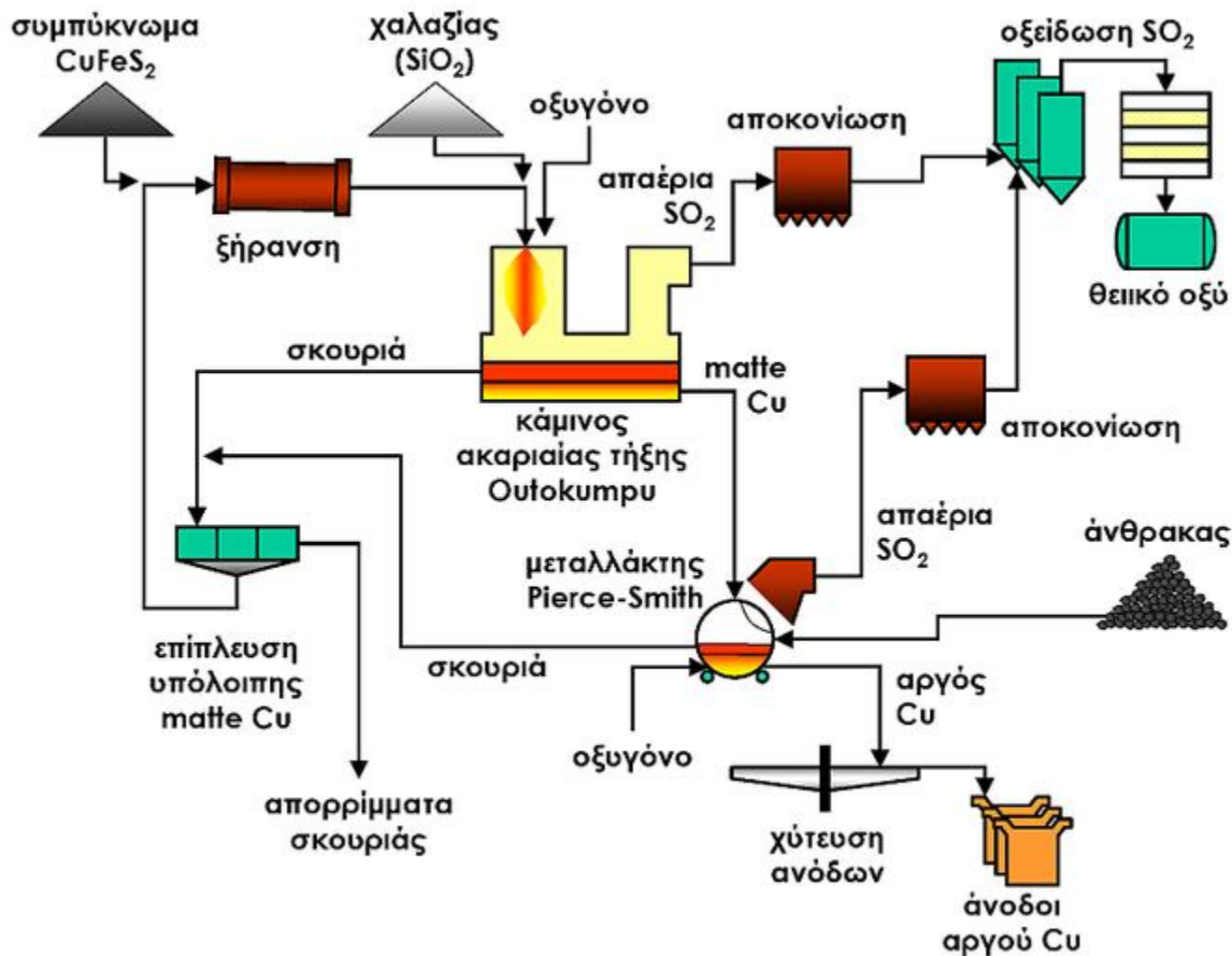
Μεταλλουργικές Κατεργασίες

Πυρομεταλλουργικές κατεργασίες: Η κατεργασία της πρώτης ύλης γίνεται σε ψηλές θερμοκρασίες, συνήθως σε ατμοσφαιρική πίεση και οι φάσεις που εμφανίζονται είναι στερεές, αέριες ή τήγματα

Παραδείγματα πυρομεταλλουργικών διεργασιών αποτελούν η ξήρανση, η πύρωση, η φρύξη, η τήξη, η απόσταξη, και η ηλεκτρόλυση τήγματος

Παραδείγματα μετάλλων που παράγονται πυρομεταλλουργικά: Σίδηρος, χαλκός, νικέλιο, μόλυβδος, ψευδάργυρος

Πυρομεταλλουργία: Παραγωγή αργού χαλκού από θειούχα χαλκομεταλλεύματα με ακαριαία τήξη σε κάμινο προς matte και αναγωγή της matte



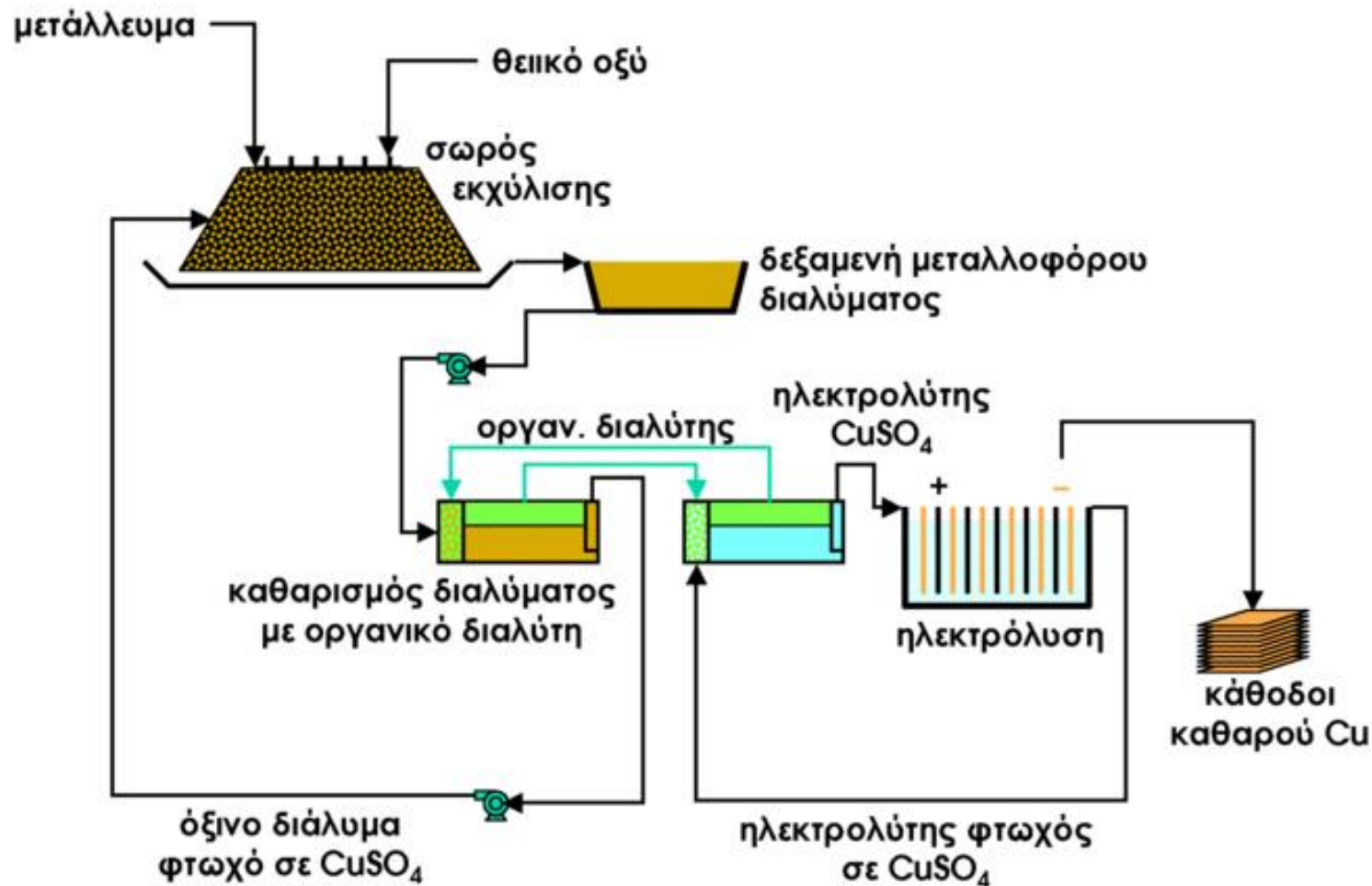
Μεταλλουργικές Κατεργασίες

Υδρομεταλλουργικές κατεργασίες: Η κατεργασία της πρώτης ύλης γίνεται σε υδατική φάση, σε χαμηλές θερμοκρασίες, σε ατμοσφαιρική πίεση ή σε ψηλή πίεση (αυτόκλειστα) και οι φάσεις που εμφανίζονται είναι, υγρές, στερεές και αέριες

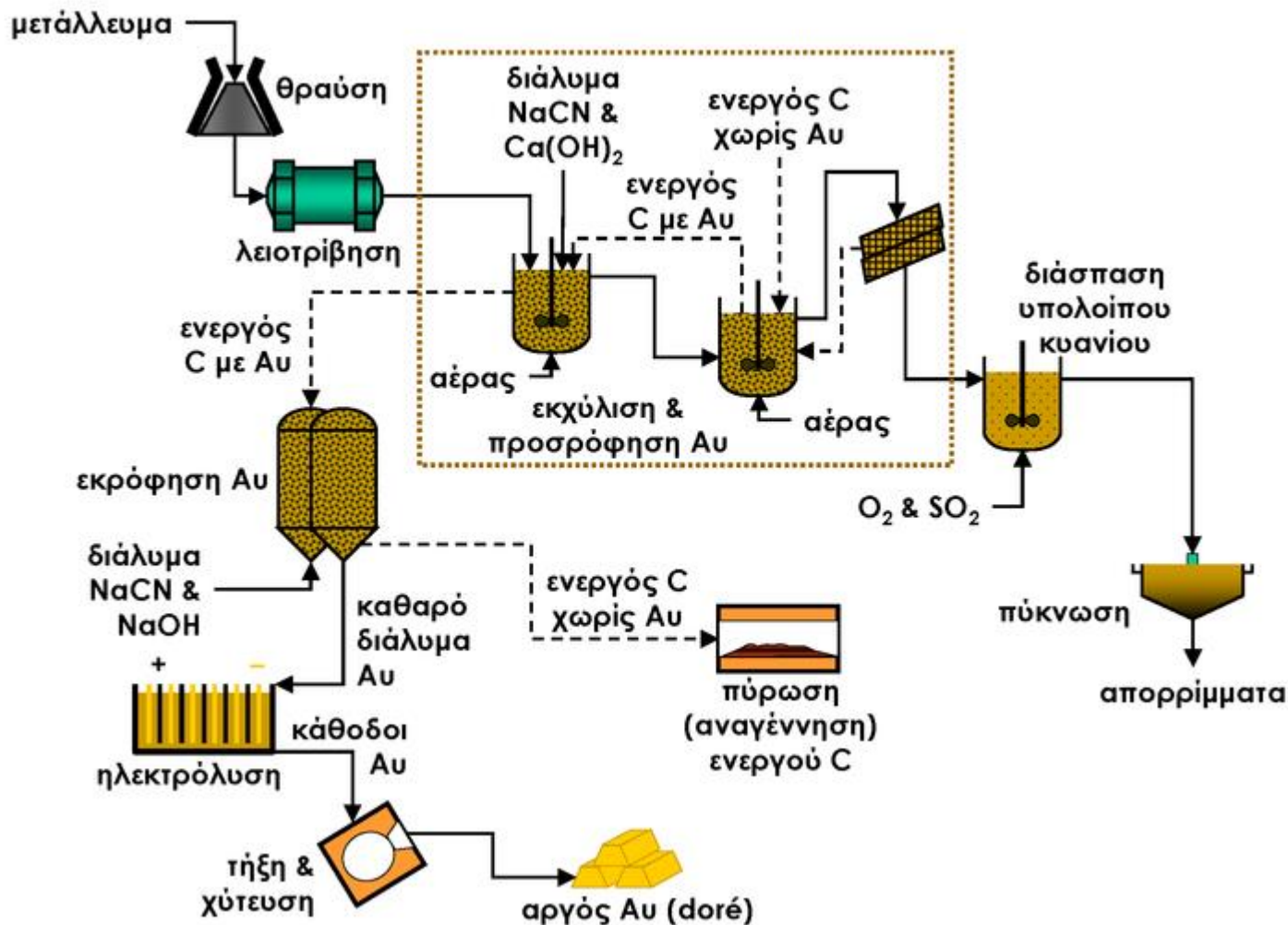
Παραδείγματα υδρομεταλλουργικών διεργασιών αποτελούν η εκχύλιση, διαχωρισμός υγρής – στερεής φάσης, η καταβύθιση και η κρυστάλλωση, η κατεργασία με οργανικό διαλύτη και η ηλεκτρόλυση υδατικού διαλύματος

Παραδείγματα μετάλλων που παράγονται υδρομεταλλουργικά:
Αλουμίνιο, μαγνήσιο, Χαλκός, νικέλιο

Υδρομεταλλουργία: παραγωγή υπερκάθολου (ηλεκτρολυτικού) χαλκού με εκχύλιση φτωχού μεταλλεύματος χαλκού σε σωρούς με θειικό οξύ και καθαρισμό του μεταλλοφόρου διαλύματος με οργανικούς διαλύτες (μέθοδος Solvent Extraction–Electrowinning ή SX/EW).



Υδρομεταλλουργική παραγωγή αργού χρυσού με εκχύλιση μεταλλεύματος χρυσού σε κυανιούχο διάλυμα και ταυτόχρονη προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα (μέθοδος Carbon-In-Leach ή CIL).



Περιβαλλοντικά θέματα...



Όξινη απορροή μεταλλείων



Αέριες εκπομπές

Άλλα...



Σκόνη & αλλοίωση τοπίου



Ανοικτές τάφροι

Καθαρότητα/περιεκτικότητα α΄ ύλης & προσμίξεις

- Τα μεταλλεύματα περιέχουν αρκετές ουσίες σε διάφορους σχηματισμούς και περιεκτικότητες.
 - Εάν το μεγαλύτερο κ.β. ποσοστό του ορυκτού είναι μία ουσία με βιομηχανική χρήση (**α΄ ύλη**) τότε σημαντική παράμετρο αποτελεί
 - **η περιεκτικότητα της στο ορυκτό**
 - **το κ.β. ποσοστό των άλλων ουσιών**
 - οι οποίες, παρ'ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες, αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα του υλικού που η μονάδα θα χρησιμοποιήσει στην παραγωγή της
 - Εάν οι προσμίξεις δεν παρουσιάζουν δραστηριότητα με ενώσεις που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή, τότε ονομάζονται **αδρανή**.
 - Συνήθως, τα αδρανή συλλέγονται στο τέλος της διαδικασίας παραγωγής ως σκωρίες, οπότε και δεν επιβάλλεται ο καθαρισμός της α΄ ύλης.
-

Καθαρότητα/περιεκτικότητα α' ύλης & προσμίξεις

- νικελιούχος λειμωνίτης → α' ύλη στην παραγωγή σιδηρονικελίου
 - νικελιούχο σιδηρομετάλλευμα, το οποίο περιέχει
 - Νικέλιο, 0,8-1,5%,
 - Σίδηρο, 45-50% κ.β.
 - Κάθε τόνος μεταλλεύματος που εισέρχεται στον χώρο παραγωγής περιέχει
 - 8-15 kg νικελίου
 - 450-500 kg σιδήρου
 - Αθροίζοντας τα μέγιστα ποσοστά Ni+Fe, προκύπτει ότι:
 - το μετάλλευμα περιέχει **48,5%** και άλλες ουσίες που δεν έχουν ρόλο στην παραγωγή σιδηρονικελίου (άνθρακα, άργιλοι, πυρετικά, κλπ.).
 - Αυτά αποτελούν τις **προσμίξεις** της α' ύλης,
 - τις οποίες, εάν δεν προηγηθεί στάδιο καθαρισμού του μεταλλεύματος πριν την εισαγωγή του στην κύρια βιομηχανική διεργασία, ακολουθούν την αύλη και συλλέγονται μαζί με τα ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα.
-

Καθαρότητα/περιεκτικότητα α' ύλης & προσμίξεις

- Όταν οι πρώτες ύλες περιέχουν δύο ή περισσότερα ενεργά συστατικά, τότε το % ποσοστό του κάθε ενεργού συστατικού στη μάζα της ύλης δίνεται ως **περιεκτικότητα** (πχ., 35% A και 25% B).
 - Όταν δίνονται περιεκτικότητες σε ενεργά συστατικά, δεν σημαίνει ότι η α' ύλη δεν περιέχει και άλλες **προσμίξεις** (αδρανή συστατικά).
 - Πχ., στο παραπάνω παράδειγμα τα ενεργά συστατικά καλύπτουν το 60% της α' ύλης. Εννοείτε ότι το υπόλοιπο 40% αποτελείται από αδρανή
 - **οπότε η καθαρότητα της α' ύλης είναι 60%.**
 - Σε αρκετές περιπτώσεις πάντως, οι όροι καθαρότητα και περιεκτικότητα χρησιμοποιούνται με το ίδιο εννοιολογικό περιεχόμενο.
-

Καθαρότητα/περιεκτικότητα α΄ύλης & προσμίξεις

☐ Γενικά...

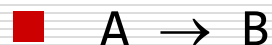
- Η περιεκτικότητα αναφέρεται στη μάζα του ενεργού συστατικού
 - ☐ Το οποίο συμμετέχει στην παραγωγική διαδικασία
- Η καθαρότητα αναφέρεται στη μάζα των μη ενεργών συστατικών
 - ☐ Τα οποία δεν συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία, αλλά, σε κάποιο ποσοστό παραλαμβάνονται στο τέλος μαζί με το προϊόν.

☐ Κατά συνέπεια...

- Η **α΄ύλη** περιέχει τα ενεργά και τα μη ενεργά συστατικά
 - Το **τελικό προϊόν** περιέχει την κύρια παραγόμενη ουσία και κάποιο ποσοστό **προσμίξεων**.
-

Καθαρότητα/περιεκτικότητα α' ύλης & προσμίξεις

- **Παράδειγμα:** Η α' ύλη Γ, περιεκτικότητας 45% στην ουσία Α, χρησιμοποιείται για την παραγωγή του Β, το οποίο συλλέγεται με καθαρότητα 38%, από την αντίδραση



- Τρόπος προσέγγισης

- Υπολογισμός μάζας Α **Π.χ., $m_r = 1 \text{ tn}$**

- Εάν m η μάζα της α' ύλης που εισέρχεται στην παραγωγική διαδικασία, περιέχει κατά 45% την ουσία Α που συμμετέχει στη χημική μετατροπή

- $m_A = 0,45 m_r$ **$m_A = 0,45 \text{ tn}$**

- Υπολογισμός moles

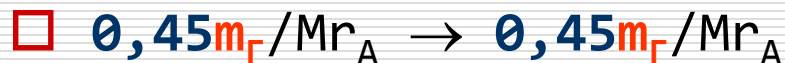
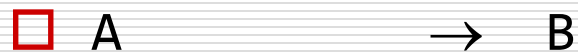
- $m_A / Mr_A = 0,45 m_r / Mr_A$

— **Π.χ., $Mr_A = 100$** —

Moles A = $0,45 / 100 = 0,0045 \text{ Mmoles}$

Καθαρότητα/περιεκτικότητα α' ύλης & προσμίξεις

- Χημική μετατροπή



**Π.χ., A: 0,0045 Mmoles
B: 0,0045 Mmoles**

- Υπολογισμός μάζας κύριου προϊόντος

□ $m_B = (0,45m_F/Mr_A) \times Mr_B$

Π.χ., $Mr_B: 90$

$m_B: 0,405 \text{ tn}$

- Υπολογισμός μάζας τελικού προϊόντος

□ Η m_B αποτελεί το 38% του τελικού προϊόντος

- Η m τελικού

$[(0,45m_F/Mr_A) \times Mr_B] / 0,38$

**Π.χ., μάζα τελικού προϊόντος B
 $0,405/0,38 = 1,066 \text{ tn}$**

Δηλ., εισέρχεται μάζα α' ύλης 1 tn, καθαρότητας 45% σε A και παράγεται τελικό προϊόν μάζας 1,066 tn καθαρότητας 38% σε B

Καθαρότητα/περιεκτικότητα α΄ύλης & προσμίξεις

- Σε άλλες περιπτώσεις, η α΄ύλη παραλαμβάνεται είτε σε υψηλό βαθμό καθαρότητας, είτε οι προσμίξεις απομακρύνονται ενδο-εργοστασιακά.
 - Συνήθως, α΄ύλες υψηλής καθαρότητας και περιεκτικότητας σε α΄ύλες έχουν και υψηλότερες τιμές αγοράς, καθώς συμπεριλαμβάνεται το κόστος καθαρισμού.
 - Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου η α΄ύλη λαμβάνει μέρος σε χημικούς μετασχηματισμούς, αλλά και κατά τη μεταφορά μάζας στις φυσικές διεργασίες, η ποσότητα του τελικού προϊόντος εξαρτάται από τη μάζα της α΄ύλης.
 - Για αυτό, κάθε αύλη που εισέρχεται σε βιομηχανική μονάδα, συνοδεύεται από πιστοποιητικό σύστασης και ελέγχεται ενδο-εργοστασιακά.
-

Ποιοτικός έλεγχος

- ❑ Αποτελεί μια σειρά ενεργειών και αποφάσεων σχετικά με τη συμμόρφωση του τελικού προϊόντος σε προδιαγραφές.
 - ❑ Περιλαμβάνει όλα τα στάδια της παραγωγικής διεργασίας, συμπεριλαμβανομένης της ποιότητας των α' και βοηθητικών υλών.
 - ❑ Πραγματοποιείται δειγματοληψία α' ύλης, δηλ., λαμβάνεται μικρό δείγμα της ύλης αυτής, και εξετάζεται με διάφορες μεθόδους προκειμένου να διαπιστωθεί η συμμόρφωσή της προς τις προδιαγραφές.
 - ❑ Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται για το δείγμα, θεωρείτε ότι ισχύουν για όλη την α' ύλη (δηλ., γίνεται γενίκευση θεωρώντας τη μάζα ομοιογενή).
 - ❑ Ζητήματα περιεκτικότητας ή καθαρότητας ελέγχονται με χημικές δοκιμές.
-

Καθαρότητα/περιεκτικότητα α' ύλης & προσμίξεις

- **Παράδειγμα 1.** Κατά την παραγωγή γύψου (CaSO_4) από ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), χρησιμοποιήθηκε α' ύλη καθαρότητας 35%.
 - Να υπολογίσετε
 - (α) την ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος ανά τη α' ύλη
 - (β) την ποσότητα της απαιτούμενης α' ύλης ανά τη προϊόντος.
 - Δίνονται:
 - Η χημική αντίδραση μετατροπής:
 - $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (100%).
 - Τα Mr: CaCO_3 :100, H_2SO_4 :98, CaSO_4 :136.
-

Καθαρότητα/περιεκτικότητα α' ύλης & προσμίξεις

- (α) την ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος ανά tn α' ύλης
 - Αφού ζητείται η ποσότητα παραγόμενου προϊόντος ανά tn α' ύλης
 - Έστω 1 tn α' ύλης
 - Περιέχει 35% ανθρακικό ασβέστιο
 - μάζα $\text{CaCO}_3 = 0,35 \times 1 = 0,35 \text{ tn}$
 - Mmoles $\text{CaCO}_3: 0,35/100 = 0,0035 \text{ Mmoles}$
 - Χημική αντίδραση
 - $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \text{ (100\%)}$
 - $0,0035 \qquad \qquad \qquad 0,0035$
 - Μάζα γύψου
 - $0,0035 \times 136 = 0,476 \text{ tn}$
 - Άρα, παράγονται 0,476 tn γύψου ανά tn α' ύλης
-

Καθαρότητα/περιεκτικότητα α' ύλης & προσμίξεις

- (β) την ποσότητα της απαιτούμενης α' ύλης ανά tn προϊόντος
 - Αφού ζητείται η ποσότητα α' ύλης ανά tn προϊόντος
 - Έστω 1 tn προϊόντος
 - Mmoles CaSO_4 : $1/136 = 0,00735$ Mmoles
 - Χημική αντίδραση
 - $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (100%)
 - 0,00735 0,00735
 - Μάζα CaCO_3
 - $0,00735 \times 100 = 0,735$ tn
 - Τα οποία αποτελούν το 35% της α' ύλης που θα αγορασθεί
 - Μάζα α' ύλης = $0,735/0,35 = 2,1$ tn
 - Άρα, απαιτούνται 2,1 tn α' ύλης ανά tn γύψου
-

Καθαρότητα/περιεκτικότητα α΄ ύλης & προσμίξεις

- ❑ Μέθοδος B
- ❑ ο 1 tn α΄ ύλης παράγει 0,476 tn γύψου
- ❑ ? 1
- ❑ = 2,1 tn

3.5 Εφαρμογές (1)

- Στα πλαίσια ποιοτικού ελέγχου εισερχόμενης πρώτης ύλης ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3), λήφθηκε δείγμα 20g το οποίο κατεργάσθηκε με θειικό οξύ (H_2SO_4). Εάν το δείγμα αντέδρασε ποσοτικά με 12g θειικού οξέος (σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση), ποιά είναι η καθαρότητα της α΄ ύλης;
- Δίνονται τα MB: CaCO_3 :100, H_2SO_4 :98



3.5 Εφαρμογές (1)



- Σύμφωνα με την αντίδραση ελέγχου, το ανθρακικό ασβέστιο αντιδρά στοιχειομετρικά με το θειικό οξύ.
 - Άρα από τα moles του θειικού οξέος, μπορώ να υπολογίσω τα moles του ανθρακικού ασβεστίου και (μέσω του Mr) τη μάζα του ανθρακικού ασβεστίου στο δείγμα.
 - Στην συνέχεια, υπολογίζω την % καθαρότητα στο δείγμα η οποία, θεωρώντας ομοιογενή την α' ύλη, αποτελεί και την καθαρότητα της α' ύλης.
-

3.5 Εφαρμογές (1)



a moles a moles

$$\left. \begin{array}{l} \text{H}_2\text{SO}_4: 12\text{g} \\ \text{MB}=98 \end{array} \right\} \frac{12}{98} = 0,122 \text{ moles} = \mathbf{a}$$

- Δηλ., καταναλώθηκαν 0,122 moles θειτικού οξέος
 - Συνεπώς, αντέδρασαν με 0,122 moles ανθρακικού ασβεστίου
 - Συνεπώς, στο δείγμα υπήρχαν 0,122 moles ανθρακικού ασβεστίου ή

$$0,122 \times 100 = 12,2\text{g } \text{CaCO}_3$$

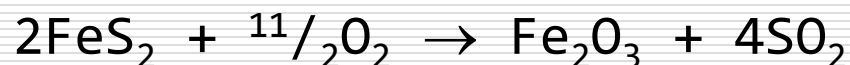
3.5 Εφαρμογές (1)

- Υπολογισμός καθαρότητας:
 - Στα 20 g δείγματος περιέχονται 12,2 g CaCO_3
Στα 100 ?

$$? = \frac{12,2 \times 100}{20} = 61\%$$

3.5 Εφαρμογές (2)

- Ποιά ποσότητα σιδηροπυρίτη με περιεκτικότητα 48% σε FeS_2 σχηματίζει με φρύξη 24L διοξείδιο του θείου (SO_2), τα οποία μετρήθηκαν σε θερμοκρασία 78 °C και πίεση 684 Torr;

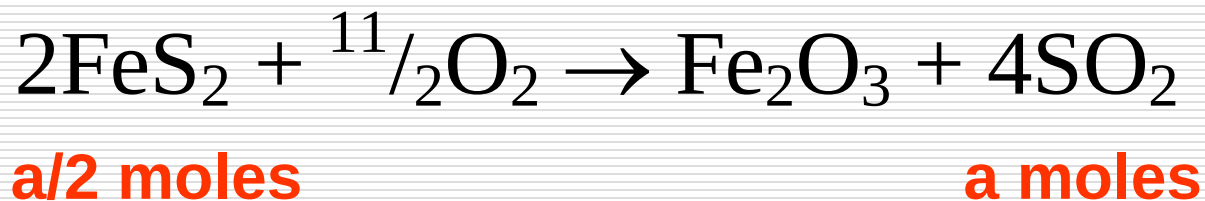


- Υπενθυμίζεται ότι, ισχύει ο νόμος των αερίων $PV=nRT$, όπου P η πίεση σε atm, V ο όγκος σε L, n ο αριθμός των moles, R η παγκόσμια σταθερά των αερίων=0,082 (L x atm) / (mol x grad) και T η θερμοκρασία σε K.
 - Δίνεται: MB FeS_2 =120. 1 Torr =1/760 atm.
K=273+°C
-

3.5 Εφαρμογές (2)

- ❑ Η φρύξη του μεταλλεύματος μοιάζει με την κοινή ξήρανση.
- ❑ Ωστόσο, η ξήρανση γίνεται σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες για να απομακρυνθεί το νερό που περιέχει το μέταλλευμα.
- ❑ Η φρύξη γίνεται σε πιο υψηλές θερμοκρασίες έτσι ώστε οι κύριες στερεές φάσεις της τροφοδοσίας (μεταλλεύματος ή συμπυκνώματος) να μετατραπούν σε κάποιες άλλες φάσεις που είναι πιο ευκατέργαστες.
- ❑ Τύποι:
 - Οξειδωτική φρύξη (καύση) για παραγωγή οξειδίων
 - Θειωτική φρύξη (με θείο) για παραγωγή θειικών ενώσεων
 - Χλωριωτική φρύξη (με χλώριο) για παραγωγή χλωριούχων ενώσεων
 - Φθοριωτική φρύξη, κλπ.

3.5 Εφαρμογές (2)



Τα moles του SO_2 μπορώ να τα υπολογίσω μέσω της καταστατικής εξίσωσης των αερίων:

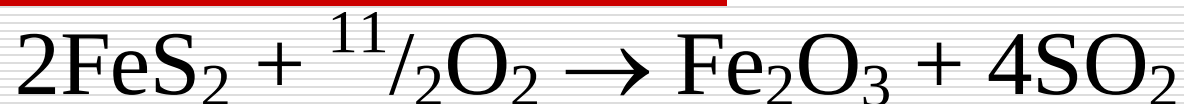
$$PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT} \Rightarrow n = \frac{PV}{RT} = \frac{0,9 \times 24}{0,082 \times 351} = 0,75 \text{ moles}$$

a moles

$$P = 684 \text{ Torr} = \frac{684}{760} = 0,9 \text{ atm}$$

$$T = 78^\circ \text{C} = 78 + 273 = 351 \text{ K}$$

3.5 Εφαρμογές (2)



a/2 moles

a moles

- Άρα παρήχθησαν 0,75 moles διοξειδίου του θείου.
 - Συνεπώς, καταναλώθηκαν $0,75/2=0,375$ moles FeS_2
 - Δηλ., $0,375 \times 120 = 45$ g καθαρής ουσίας.
 - Δεδομένης της καθαρότητας 48%, η μάζα της α' ύλης υπολογίζεται ως εξής:
 - Στα 100 g σιδηροπυρίτη περιέχονται 48 g FeS_2
- $$\text{Στα } ? = \frac{100 \times 45}{48} = 93,75 \text{ g} \qquad 45$$

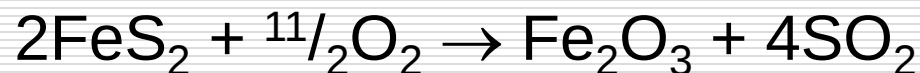
3.5 Εφαρμογές (3)

- Ποιά η περιεκτικότητα 20 tn σιδηροπυρίτη σε θείο (S), όταν δείγμα α' ύλης 250 g που φρύσσεται σε ΚΣ εκλύει 61,6 L διοξείδιο του θείου (SO₂);



- Υπενθυμίζεται ότι, σε ΚΣ, 1 mole καταλαμβάνει όγκο ίσο με 22,4L.
- Δίνονται: AB Fe=56, S=32.
-

3.5 Εφαρμογές (3)

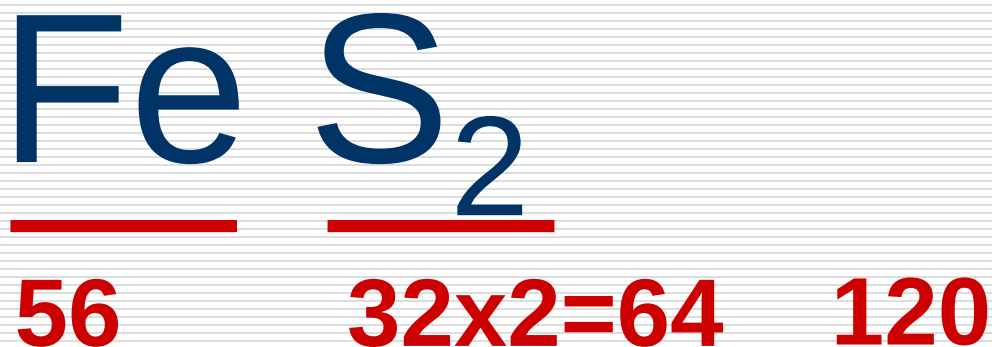


$\frac{1}{2} \alpha$

α

- ☐ Αφού 1 Mole καταλαμβάνει όγκο 22,4 L, τα 61,6L SO₂ προέρχονται από 61,6/22,4= 2,75 moles(α)
 - ☐ Άρα, τα moles του σιδηροπυρίτη είναι $0,5\alpha = 2,75/2=1,375$
 - ☐ Το MB του σιδηροπυρίτη είναι $56+(32 \times 2)=120$
 - ☐ Η μάζα του σιδηροπυρίτη είναι $1,375 \times 120=165\text{g}$
-

3.5 Εφαρμογές (3)



Στα 120 g περιέχονται 64g S

Στα 165

?

? = 88g

3.5 Εφαρμογές (3)

Στα 250 g περιέχονται 88g S

Στα 100 g περιέχονται ?

$$? = 35,2\%$$

3.5 Εφαρμογές (4)

- Κατά την παραγωγή θειικού μαγγανίου (MnSO_4) από 2,5 kg πυρολουσίτη, εκλύονται 240 L οξυγόνου (O_2), μετρημένα σε ΚΣ. Ποια είναι η περιεκτικότητα του πυρολουσίτη σε οξείδιο του μαγγανίου (MnO_2);



- Υπενθυμίζεται ότι, σε ΚΣ 1 mole καταλαμβάνει όγκο ίσο με 22,4L.
 - Δίνεται: MB $\text{MnO}_2 = 87$.
-

3.5 Εφαρμογές (4)



□ Αφού 1 mole καταλαμβάνει όγκο 22,4 L σε ΚΣ, τα 240 L προέρχονται από

$$\frac{240}{22,4} = 10,71 \text{ moles} \quad \text{α moles}$$

3.5 Εφαρμογές (4)

- Οπότε, τα moles του οξειδίου του μαγγανίου είναι $2 \times 10,71 = 21,43$
- Δηλ., η μάζα του οξειδίου του μαγγανίου είναι $21,43 \times 87 = 1864,28\text{g}$ ή $1,86\text{ kg}$
- Στα $2,5\text{ kg}$ πυρολ. περιέχονται $1,86\text{ kg MnO}_2$.
- Στα 100 ?

$$? = 74,4\%$$