

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 22^{ΗΣ} ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 1987

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΜΠΟΝΗ

ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΤΩΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΩΝ ΕΤΩΝ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ Κ. ΛΟΥΚΑ ΜΟΥΣΟΥΛΟΥ

Είμαι πεπεισμένος ότι η παρουσίαση από τοῦ Βήματος τῆς Ἀκαδημίας τῶν ἐξελίξεων ποῦ σημειώνονται σὲ διαφόρους σημαντικοὺς τομεῖς ἐπιστημονικῆς καὶ τεχνολογικῆς δραστηριότητος εἶναι πολὺ χρήσιμη καὶ ἐνδεδειγμένη. Τοῦτο ἐξ ἄλλου προβλέπει, κατὰ κάποιο τρόπο, καὶ ὁ κανονισμὸς τοῦ Ἰδρύματος, σύμφωνα μὲ τὸ ἄρθρο 83, ποῦ ἀναφέρει ὅτι «ἀνακοινώνονται οἱ ἀνακαλύψεις, οἱ ἐρευνες κ.λπ. ποῦ ἐνδιαφέρουν τὴν Ἀκαδημία, τὴν Ἐπιστήμη, τὰ Γράμματα καὶ τὶς Τέχνες...»

Μὲ τὶς σκέψεις αὐτὲς ἔρχομαι νὰ συνοψίσω σήμερα ἐνώπιόν σας τὶς κυριότερες τεχνολογικὲς ἐξελίξεις καὶ τὰ σημαντικότερα ἐπιτεύγματα ποῦ σημειώθηκαν, κατὰ τὰ τελευταῖα χρόνια, σὲ ἓνα ὑψίστης σπουδαιότητος βιομηχανικὸ χῶρο. Πρόκειται γιὰ τὴ Μεταλλευτικὴ Βιομηχανία, ἀπ' ὅπου προέρχονται οἱ πρῶτες ὕλες καὶ τὰ προϊόντα, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐδράζεται ἡ τεχνικὴ πρόοδος τῆς ἀνθρωπότητος, αὐτὴ αὕτη ἡ διαμόρφωση τοῦ τρόπου τῆς ζωῆς μας.

Ἡ Μεταλλευτικὴ Βιομηχανία εἰσῆλθε ἀπὸ τοῦ 1973 σὲ μιὰ πρωτόγνωρη ὅσο καὶ περίεργη κρίση, ποῦ συνεχίζεται ἀκόμη. Χαρακτηριστικὸ τῆς μακρᾶς αὐτῆς περιόδου εἶναι ὅτι, ἐκτὸς ἐξαιρέσεων, οἱ τιμὲς τῶν μεταλλευτικῶν προϊόντων, δὲν ἀκολούθησαν μὲ τὸν ἴδιο ρυθμὸ τὴν ἄνοδο ποῦ σημειώθηκε στοὺς συντελεστὲς τοῦ κόστους παραγωγῆς των. Γιὰ μερικὰ μέταλλα ὅπως ὁ Pb, ὁ Zn οἱ ἀποκλίσεις εἶναι μεγάλες, γιὰ ἄλλα ὅπως ὁ Cu καταντοῦν δραματικές.

Σὲ μιὰ πρόσφατη ὁμιλία μας ἀπὸ τοῦ βήματος αὐτοῦ προσπαθήσαμε νὰ ἀναλύσουμε τὴ δημιουργηθεῖσα κατάσταση καὶ νὰ ἐξηγήσουμε τοὺς λόγους στοὺς ὁποίους βασικὰ ὀφείλεται αὕτὴ ἡ ὑστέρηση. Καὶ ὑπογραμμίσουμε πῶς γιὰ νὰ ἐπιζήσει καθ' ὅλην αὕτὴ τὴν περίοδο ἡ Μεταλλευτικὴ Βιομηχανία ἀναγκάσθηκε νὰ ἀποδυθεῖ σ' ἓνα διαρκὴ καὶ δύσκολο ἀγῶνα συμπίεσεως τοῦ κόστους παραγωγῆς.

Μεταξὺ τῶν πολυμόρφων μέσων πού χρησιμοποιήθηκαν στὸν ἀγῶνα αὐτὸ ἐξέχουσα θέση κατέχει ἡ ἐπινόηση καὶ ἐφαρμογὴ ἀποτελεσματικότερων λύσεων στὰ διάφορα τεχνικὰ προβλήματα. Ἐτσι, ἀντὶ τῆς κρίσης νὰ ἀποτελέσει ἀνασταλτικὸ παράγοντα στὶς ἐρευνες καὶ τεχνολογικὲς ἐξελίξεις, ἀντιθέτως συνέβαλε στὴν προώθησίν των.

Σκοπὸς τῆς σημερινῆς ὁμιλίας εἶναι νὰ παρουσιάσει τὴ γενικὴ εἰκόνα τῆς προόδου πού σημειώθηκε τὰ τελευταῖα χρόνια πρὸς τὴν κατεύθυνση αὕτῃ. Συγκεκριμένα, θὰ προσπαθήσουμε νὰ προβάλουμε τίς κυριότερες ἐξελίξεις στοὺς τέσσερις μεγάλους τομεῖς τῆς Μεταλλευτικῆς Βιομηχανίας, δηλ. τὴν ἀναζήτηση νέων κοιτασμάτων, τὴν ἐκμετάλλευση, τὸν ἐμπλουτισμὸ καὶ τὴ Μεταλλουργία.

1. Ἀναζήτηση νέων κοιτασμάτων

Ἀπὸ 50 περίπου χρόνια ἄρχισαν νὰ ἐμφανίζονται ἐπαναστατικὲς ἐξελίξεις στὴν τεχνικὴ τῆς ἐρεύνης γιὰ ἀνακάλυψη νέων κοιτασμάτων. Ὑπαινισσόμεθα τὴν εἰσαγωγὴ τῶν γεωφυσικῶν καὶ γεωχημικῶν μεθόδων, μὲ τίς ὁποῖες ἐνισχύονται οἱ δυνατότητες τῆς κλασσικῆς γεωλογίας στὴν προσπάθεια γιὰ ἐντοπισμὸ καὶ μελέτη κοιτασμάτων, τῶν ὁποίων οὐδεμία ἄμεσος ἔνδειξη μαρτυρεῖ τὴν παρουσία.

Τὰ κοιτάσματα, τὰ ὁποῖα ἐκδηλώνονται στὴν ἐπιφάνεια, ἔχουν σήμερα σχεδὸν ἐκλείψει καὶ ἡ ἐρευνα εἶναι τώρα ὑποχρεωμένη νὰ στρέφεται πρὸς ἀναζήτηση κοιτασμάτων πού εὐρίσκονται ὑπὸ τὴν ἐπιφάνεια χωρὶς νὰ ἐκφράζονται ἐπ' αὐτῆς. Εἶναι φανερὸ ὅτι κάτω ἀπὸ τίς συνθήκες αὐτὲς ἡ γεωφυσικὴ καὶ ἡ γεωχημεία ἀποτελοῦν γιὰ τὴ σημερινὴ μεταλλευτικὴ ὅπλα ἰδιαίτερας σημασίας.

Ἡ γεωφυσικὴ ἔχει οὐσιαστικὰ βοηθηθεῖ σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ στὶς νεώτερες ἐξελίξεις τῆς ἀπὸ τίς τεράστιες προόδους τῶν ἐφηρμοσμένων ἐπιστημῶν. Πολλὲς ἀπὸ αὐτὲς σημειώθηκαν κατὰ τὸ Δεύτερο Παγκόσμιον Πόλεμον καὶ βραδύτερα κατὰ τὴν κατάκτηση τοῦ διαστήματος.

Οἱ ἀερομαγνητικὲς π.χ. μέθοδοι γεωφυσικῆς προέκυψαν ἀπὸ προσαρμογὴ τοῦ μαγνητομέτρου πού χρησιμοποίησε τὸ Ναυτικὸ τῶν Ἡν. Πολιτειῶν κατὰ τὸν τελευταῖον πόλεμον γιὰ ἀνίχνευση ὑποβρυχίων. Σήμερα γίνεται εὐρύτατη χρῆσις τῶν δορυφόρων καὶ τῶν δια-

στημικῶν ὀχημάτων γιὰ συγκέντρωση πλήθους γεωλογικῶν καὶ ἄλλων πληροφοριῶν ποὺ βοηθοῦν τὴν ἔρευνα.

Αἱ μέθοδοι ποὺ ἐφαρμόζονται βασίζονται κυρίως στὴ μέτρηση ἀντανακλωμένης ἢ ἐκπεμπομένης ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐνεργείας. Τὰ χαρακτηριστικὰ φάσματος τῶν διαφόρων ὀρυκτῶν καὶ πετρωμάτων ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὶς φυσικὲς καὶ χημικὲς ιδιότητές των. Σαρωτὲς πολυφασματικῆς ἀποτυπώσεως (*multispectral scanners*), συνδεδεμένοι μὲ ἀνιχνευτὲς ποὺ τοποθετοῦνται στὸ κάτω μέρος τοῦ διαστημοπλοίου, συλλέγουν τὰ διάφορα στοιχεῖα, ἐνῶ ταυτοχρόνως καταγράφεται ἡ λαμπρότητα τῶν συστατικῶν τοῦ ἐδάφους. Πλευρικὰ δὲ *radars* χαρτογραφήσεως συμπληρώνουν τὴ συλλογὴ τῶν παραπάνω στοιχείων, διαπερνώντας τὸ σκότος, τὰ νέφη, τὴ βλάστηση καὶ διεισδύοντας ἀκόμη καὶ στὸ ἔδαφος μέχρι βάθους 10 ft. Περαιτέρω πληροφορίες παρέχουν τὰ φάσματα φυτῶν ὅπου ἐκφράζονται διάφορες γεωβοτανικὲς ἀνωμαλίες.

Ἡ χρῆση τῆς γεωχημείας στὴ μεταλλευτικὴ ἔρευνα βασίζεται ἐπὶ τῆς παρουσίας πρωτογενῶν καὶ δευτερογενῶν ζωνῶν διασπορᾶς ὀρισμένων στοιχείων πέριξ τοῦ κοιτάσματος. Ἡ ἀνάπτυξη ἀποτελεσματικῶν μεθόδων ταχείας καὶ ἀκριβοῦς ἀναλύσεως ἔδωσαν σημαντικὴ ὠθηση στὴν ἐφαρμογὴ τῆς γεωχημείας.

Ἐχει πλέον ὀριστικὰ καθιερωθεῖ ἡ γεωφυσικὴ ὡς μία ἀπαραίτητος φάση τῆς ἐρεῦνης γιὰ ἀναζήτηση νέων κοιτασμάτων. Κυριαρχοῦν σήμερα οἱ ἀπὸ ἀέρος μέθοδοι, ἀκολουθεῖται δὲ ἡ ἐξῆς διαδικασία:

Διερευνᾶται, ἐν πρώτοις, ἡ γενικὴ γεωλογικὴ δομὴ τῆς περιοχῆς διὰ ἀερομαγνητικῆς χαρτογραφήσεως. Στὴ συνέχεια χρησιμοποιοῦνται ἀεροφωτογραφίες ἢ χαρτογραφήσεις *radar* καὶ δορυφόρων γιὰ συλλογὴ περαιτέρω γεωλογικῶν πληροφοριῶν, ὅπως π.χ. ἐπὶ τῆς λιθολογικῆς συστάσεως καὶ τῆς τεκτονικῆς. Προκειμένου δὲ περὶ ἀναζητήσεως κοιτασμάτων θειούχων μεταλλευμάτων, τὰ ὁποῖα, ἐξαιρέσει τοῦ σφαλερίτη, εἶναι καλοὶ ἄγωγοι τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, οἱ παραπάνω μελέτες συνεχίζονται μὲ λεπτομερεῖς ἡλεκτρομαγνητικὲς/μαγνητικὲς μετρήσεις ἀπὸ ἀέρος πάνω ἀπὸ τὶς θέσεις ποὺ κρίνονται βάσει τῶν συλλεγέντων στοιχείων ἀπὸ τὶς μέχρι τοῦδε μετρήσεις ὡς εὐνοϊκὲς γιὰ ὑπαρξὴ τέτοιων κοιτασμάτων. Ἐπὶ τῶν τυχόν ἐντοπιζομένων ἐνδείξεων διενεργοῦνται, πρὸς ἔλεγχον, συμπληρωματικὲς μετρήσεις μὲ ἡλεκτρικὲς μεθόδους ἐδάφους, ὅπως ἡ μέθοδος ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως καὶ ἡ μέθοδος I.P. (*Induced Polarization*). Ἀναλόγως βεβαίως τῆς φύσεως τῶν ὀρυκτῶν ποὺ συνιστοῦν τὸ στόχο, ἐφαρμόζονται καὶ ἄλλες μέθοδοι ποὺ βασίζονται στὴ μαγνητικὴ ἐπιδεκτικότητα, τὸ εἰδικὸ βάρος (βαρυτομετρικὲς μέθοδοι), τὴν ἐλαστικότητα (σεισμικὲς μέθοδοι), τὴ φυσικὴ ἀκτινοβολία κ.λπ.

Ἐξαιρέτο παράδειγμα ἐφαρμογῆς τῶν γεωφυσικῶν μεθόδων παρέχει ἡ Αὐστραλία, ὅπου κατὰ τὰ τελευταῖα χρόνια οἱ μέθοδοι αὐτὲς συνέβαλαν στὴν ἀνακάλυψη πολλῶν καὶ σημαντικῶν νέων κοιτασμάτων. Ἀναφέρεται μετὰξὺ ἄλλων: τὸ τεράστιο κοίτασμα χαλκοῦ-οὐρανίου-χρυσοῦ εἰς Olympic Dam, South Australia, ποὺ ὑπολογίζεται νὰ περιέχει 2 δις. τόννους μετάλλευμα μὲ 1,6% Cu, 0,64 Kg/mt ὀξείδιο Οὐρανίου καὶ 0,6 g/mt Au. Μὲ ἀερομαγνητικὲς μεθόδους ἐντοπίσθηκε ὁ ἀδαμαντοφόρος κιμπερλίτης τοῦ Ellendale, μὲ ραδιομετρικὲς μεθόδους τὰ κοιτάσματα οὐρανίου τῶν περιοχῶν Ranger καὶ Mary Kathleen, μὲ τὶς μεθόδους I.P. καὶ TEM τὰ θειοῦχα κοιτάσματα Pb, Zn, White Leads πλησίον τοῦ Broken Hill, μὲ τὴ μέθοδο UTEM τὸ κοίτασμα Pb-Zn-Ag-Au τοῦ Hellyer. Μὲ τὴν ἡλεκτρομαγνητικὴ μέθοδο χαρτογραφήθηκε ἡ λιθανθρακοφόρος λεκάνη τοῦ Cowle Peak καὶ μὲ σεισμικὲς μεθόδους ἐκείνη τοῦ Cook Colliery.

2. Ἐκμετάλλευση

Δὲν σημειώθηκαν οὐσιαστικὲς μορφολογικὲς ἀλλαγὲς στὶς Μεθόδους Ἐκμεταλλεύσεως κατὰ τὰ τελευταῖα χρόνια. Ἐκεῖνο ὅμως ποὺ ἄλλαξε ριζικὰ εἶναι ἡ ἔκταση τῆς μηχανοποιήσεως, τὸ μέγεθος καὶ ἡ ἰσχὺς τοῦ χρησιμοποιουμένου ἐξοπλισμοῦ. Οἱ ἀλλαγὲς αὐτὲς ποὺ ὀφείλονται κατὰ κύριο λόγο στὴ στενὴ συνεργασία τῶν Μηχανικῶν ἐκμεταλλεύσεως μὲ τοὺς κατασκευαστὲς τοῦ ἐξοπλισμοῦ ἐπέφεραν ἐντυπωσιακὲς βελτιώσεις στὴν παραγωγικότητα. Αὐτὸ ἰσχύει τόσο γιὰ τὶς ὑπόγειες ὅσον γιὰ τὶς ὑπαίθριες ἐκμεταλλεύσεις.

Στὰ ὑπαίθρια μέτωπα χρησιμοποιοῦνται σήμερα γιγαντιαῖα μηχανήματα παντὸς εἶδους, τῶν ὁποίων τὰ μεγέθη πραγματικῶς ἐντυπωσιάζουν. Ἔτσι ἀπαντοῦν μηχανικοὶ ἐκσκαφεῖς τῶν 150 m³, αὐτοκίνητα τῶν 200 mt, ἐκσκαφεῖς καδοφόρου τροχοῦ τῶν 250.000 m³ ἡμερησίως. Θραυστῆρες μὲ ὠριαία δυναμικότητα 5000-6000 mt σκληροῦ πετρώματος εἶναι συνήθεις. Ἐνα ἀπὸ τὰ τελευταῖα ἐπιτεύγματα εἶναι ἡ εἰσαγωγή εἰδικῶν μεταφορικῶν ταινιῶν μεγάλης μέχρι καθέτου κλίσεως. Μὲ τὶς ταινίες αὐτές, ποὺ ἤδη κατασκευάζονται γιὰ δυναμικότητες μέχρι 4000 t/h καὶ ἀνυψώσεις μέχρι 500 m, ἐπιλύονται σὲ συνδυασμὸ μὲ τὰ φορητὰ συστήματα θραύσεως, τὰ δύσκολα καὶ δαπανηρὰ προβλήματα μεταφορᾶς ποὺ δημιουργεῖ ἡ εἰς βάθος ἐξέλιξη τῆς ὑπαίθριου ἐκμεταλλεύσεως. Χάρης στὸν ἰσχυρότατο αὐτὸ ἐξοπλισμὸ καὶ τὴν εὐελιξία ποὺ αὐτὸς παρουσιάζει, ἡ παραγωγικότητα στὶς ὑπαίθριες ἐκμεταλλεύσεις ἔφθασε σὲ ἀπίστευτα ὕψη καὶ ἐπέτρεψε τὴν υποβίβαση τῆς ἐκμεταλλεύσιμου περιεκτικότητος σὲ ἀπίθανα ἐπίπεδα, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν οὐσιαστικὴ διεύρυνση τῶν ἀποθεμάτων.

Ἀνάλογες βελτιώσεις καὶ συμπληρώσεις ἐξοπλισμοῦ εἰσήχθησαν καὶ στὶς ὑπόγειες ἐκμεταλλεύσεις, παρὰ τοὺς περιορισμοὺς χώρου. Νέες μηχανὲς ὀρύξεως διατηρημάτων, τε-

λειότερα υδραυλικά φορεία διατήρησης, εύελικτοι φορτωτές-μεταφορείς για υπόγεια έργα, εύφυη συστήματα κοπής-φορτώσεως-άποκομιδής για άνθρακωρυχεία και άλλα πολλά, μαζί με ένα επαναστατικό έξοπλισμό μηχανικής όρυξεως στοών και φρεάτων μεγάλης διαμέτρου, συνέβαλαν και έδω σέ άλματώδη αύξηση τής παραγωγικότητας. Ύφίσταται όμως μεγάλη διαφορά μεταξύ παραγωγικότητας υπογείων και υπαιθρίων εκμεταλλεύσεων και τούτο εξηγεί την παρατηρουμένη διεύρυνση τού πεδίου εφαρμογής τών τελευταίων.

Είς ό,τι άφορᾷ τις υπόγειες πάντοτε εκμεταλλεύσεις, οί βελτιώσεις δέν περιορίστησαν στόν έξοπλισμό. Ή λεπτομερεστέρα γνώση τού κοιτάσματος από άπόψεως γεωμετρίας, ποιότητας, άνθεκτικότητας τού μεταλλεύματος και τών περιβαλλόντων πετρωμάτων, πού επιτυγχάνεται από τινων έτών με τή συνεργασία τής γεωλογίας, τής γεωφυσικής, τής γεωστατικής και τής βραχομηχανικής, επιτρέπουν καλύτερη έπιλογή και άρτιότερη μελέτη τών έργων διανοίξεως και αναπτύξεως τού Μεταλλείου. Ή εκ τού γεγονότος δέ τούτου ευνόικη έπίπτωση επί τών οικονομικών άποτελεσμάτων είναι προφανής.

Ευνόικες έπιπτώσεις έχει έπίσης ή είσαγωγή και εύρεία χρήση τών ηλεκτρονικών υπολογιστών. Με τή βοήθεια τούτων ή ποιότητα και πληρότητα τών μελετών έχει ουσιαστικά βελτιωθεί. Έπιτυγχάνεται άποτελεσματικότερη γενική όργάνωση, ό έλεγχος τών τεχνικών και οικονομικών άποτελεσμάτων γίνεται ταχύτερος και λεπτομερέστερος και κατά συνέπειαν άποδοτικότερος.

Άξιόλογες βελτιώσεις και νέες ιδέες είσήχθησαν και σέ πολλούς άλλους επί μέρους τομείς τής εκμεταλλεύσεως. Ένδεικτικῶς αναφέρουμε τούς τομείς τής υποστήριξεως και υπογείου μεταφορᾶς. Για υποστήριξη στοών και υπογείων μετώπων εφαρμόζεται σήμερα σέ εύρυτάτη κλίμακα ή μέθοδος κοχλιώσεως τών πετρωμάτων. Μόνιμες επενδύσεις στοών με τή μέθοδο τού shotcrete είναι πλέον κοινή πρακτική, ενώ για πλήρωση τών κενών στα υπόγεια μέτωπα έχει τελειοποιηθεί και επεκταθεί ή τεχνική τής υδραυλικής γομώσεως τσιμεντοτελμάτων. Σέ ό,τι άφορᾷ στίς υπόγειες μεταφορές, κερδίζουν συνεχῶς έδαφος οί μέθοδοι τού trackless system με μεταφορικές ταινίες, τροχοφόρους φορτωτές-μεταφορείς, υδραυλική μεταφορᾶ (slurry pipe lines).

Τέλος, στίς καθεαυτό μεθόδους έξορύξεως δέν έχουν σημειωθεί στήν ουσία μορφολογικές αλλαγές. Λόγος μπορεί νά γίνει μάλλον για προσαρμογές από τήν ανάγκη μηχανοποιήσεως. Έτσι, μπορεί νά λεχθεί ότι οί είσαχθεϊσες μεταβολές περιορίζονται στο ύψος τών όρόφων, στίς διαστάσεις τών μετώπων, τὸ μήκος τών διατηρημάτων κ.λπ., χωρίς οί μεταβολές αὐτές νά επηρεάζουν ουσιαστικά τή μορφολογία τών μεθόδων.

3. Έμπλουτισμός

Αξιόλογοι πρόοδοι σημειώθηκαν σε όλες σχεδόν τις φάσεις. Αυξήθηκε γενικώς η ισχύς και βελτιώθηκε ουσιαστικά η απόδοση του βασικού εξοπλισμού, ενώ σε πολλές περιπτώσεις εισήχθησαν νέες ιδέες.

Χαρακτηριστικά της σημερινής εικόνας είναι η επικράτηση των περιστροφικών σπαστήρων στην πρωτογενή θραύση, ο προεμπλουτισμός διά μηχανικής διαλογής, η επέκταση της αὐτογενοῦς καὶ φυγοκεντρικῆς λειοτριβήσεως, ἡ εἰσαγωγή νέων πολὺ ὑψηλῆς ἐντάσεως ξηρῶν καὶ ὑγρῶν μαγνητικῶν διαχωριστῶν, εἰδικῶν τύπων παχυντῶν μικρῶν διαστάσεων σὲ σχέση μὲ τὴ δυναμικότητα καὶ φιλτροπρεσῶν συνεχοῦς λειτουργίας. Ἰδιαιτέρως μεγάλη ἐξέλιξη σημειώθηκε στὰ ἀντιδραστήρια τῆς ἐπιπλέυσεως τῶν μὴ θειούχων κυρίως ὀρυκτῶν, καθὼς ἐπίσης στὰ ὄργανα μετρήσεως τῶν παραμέτρων λειτουργίας τῶν ἐγκαταστάσεων ἐμπλουτισμοῦ καὶ τοῦ αὐτομάτου ἐλέγχου.

Ἔτσι, στὴν πρωτογενῇ θραύση ἀπαντοῦν σήμερα γιγαντιαῖοι περιστροφικοὶ σπαστήρες ποὺ δέχονται τεμάχια $>2\text{ m}$ καὶ ἔχουν δυναμικότητα ποὺ ὑπερβαίνει 6.000 t/h γιὰ σκληρὰ πετρώματα. Στὴ λειοτρίβηση, ποὺ ἀποτελεῖ τὴ δαπανηρότερη σὲ κατανάλωση ἐνεργείας καὶ χάλυβος φάση, οἱ σφαιρομύλοι ἔφθασαν σὲ διάμετρο τὰ 5.5 m . Ὡς ἐπένδυση χρησιμοποιοῦνται πλάκες ἀπὸ εἰδικὰ ἐλαστικά, ἐσχάτως δὲ εἰσήχθη καὶ ἡ ἐλικοειδοῦς μορφῆς χαλύβδινη ἐπένδυση. Γιὰ σφαῖρες ἀλέσεως γίνεται σήμερα εὐρεία χρῆση χρωμιούχων χυτοσιδηρῶν ἐξαιρετικῆς σκληρότητος.

Στὴν ἐπιπλέυση, ποὺ συνιστᾷ μιὰ ἄλλη δαπανηρὴ φάση λόγῳ ὑψηλῆς καταναλώσεως ἐνεργείας καὶ μεγάλων φθορῶν, ὑπῆρξαν ἐπίσης ἐντυπωσιακὲς ἐξελίξεις. Τὸ μέγεθος τῶν κυψελῶν ἐπιπλέυσεως κινήθηκε ἀπότομα ἀπὸ μερικὰ m^3 σὲ 60 m^3 καὶ πλέον. Ἐδῶ ἀξίζει νὰ ἀναφερθεῖ καὶ ἡ τελευταίως εἰσαχθεῖσα εἰδικὴ κυψέλη *skim-air cell* ποὺ, παρεμβαλλομένη στὸ κλειστὸ κύκλωμα λειοτριβήσεως μεταξὺ κυκλῶνος καὶ σφαιρομύλου, ἐπιτρέπει τὴ συλλογὴ τῶν ἐλευθέρων κόκκων τοῦ πρὸς ἀνάκτηση ὀρυκτοῦ ἀπὸ τὸ χονδρὸ κλάσμα τοῦ κυκλῶνος. Διὰ τοῦ τρόπου τούτου ἐξέρχονται τοῦ κυκλώματος οἱ ἐν λόγῳ κόκκοι καὶ ἀποφεύγεται ἡ ὑπερλειοτρίβησή των.

Σημαντικὰ ἐπιτεύγματα, ποὺ πρέπει ἐπίσης νὰ ἀναφερθοῦν, ἀφοροῦν στὶς φάσεις τῆς διαλογῆς καὶ τῆς διηθήσεως. Ἡ μηχανικὴ διαλογή τελειοποιήθηκε καὶ διέυρυνε τὸ πεδίον ἐφαρμογῆς της μὲ τὴν εἰσαγωγή νέων συστημάτων ποὺ βασίζονται στὶς ἀρχές τῆς φωτομετρίας, τῆς ἡλεκτροστατικῆς κ.λπ. Ἐπιτυγχάνεται ἔτσι πρὸς τῆς εἰσόδου στὴν ἐγκατάσταση ἐμπλουτισμοῦ ἢ κατὰ οἰκονομικὸ τρόπο ἀπομάκρυνση μεγάλου ποσοστοῦ στείρων μὲ προφανῇ ἐπίπτωση στὸ κόστος. Σχετικὰ μὲ τὴ διήθηση ἢ κατασκευὴ φιλτροπρεσῶν συνεχοῦς λειτουργίας καὶ μεγάλης δυναμικότητος καθιστᾷ δυνατὴ τὴν κατάργηση τῶν χρη-

σιμοποιουμένων για έλεγχο της υγρασίας του συμπυκνώματος ξηραντηρίων, με αποτέλεσμα σοβαρή εξοικονόμηση ενέργειας.

Πέραν των ανωτέρω, που αναφέρονται στίς σπουδαιότερες αλλαγές και βελτιώσεις, υπάρχουν πολλές άλλες μικροτέρας σημασίας. Ένδεικτικῶς αναφέρονται, τὸ *moving-bed jig* που αντικαθιστᾷ τὸ *fixed-bed pulsed water jig* καὶ παρουσιάζει ἔναντι τούτου τὸ πλεονέκτημα νὰ καταναλίσκει ὀλιγότερον ὕδωρ καὶ νὰ ἔχει μεγαλύτερα δυναμικότητα ἀνὰ μονάδα ἐπιφανείας· ἡ ἐπέκταση τῆς ἐφαρμογῆς τῶν κυκλώνων με βαρέα ἐνδιάμεσα στὸν ἐμπλουτισμὸ μεταλλευμάτων καὶ λιθανθράκων, καθὼς καὶ τῶν διαχωριστῶν *Dynawhiplpool* ποὺ ἐπιτρέπουν, διὰ ρυθμίσεως τῆς χρησιμοποιουμένης φυγοκέντρου δυνάμεως καὶ τοῦ ἰξώδους, πολὺ λεπτότερους διαχωρισμοὺς σὲ σχέση με τοὺς στατικοῦ λουτροῦ διαχωριστὲς βαρύτητος (*static bath gravity separators*). Ἀναφέρονται τέλος ὁ μαγνητικὸς ὕδροκυκλώνας, ὁ ὁποῖος συνδυάζει τὴ βαρύτητα με τὸ μαγνητικὸ διαχωρισμὸ, ὁ διαχωριστὴς *Cross-Belt*, *B-M* κ.λπ. διὰ ἐμπλουτισμὸ ἢ προεμπλουτισμὸ ψιλομερῶν στὴν περιοχὴ τῶν 10-50 μm .

4. Μεταλλουργία

Στὴν περιοχὴ τῆς Μεταλλουργίας, ποὺ συνιστᾷ τὸν κρισιμότερο στὴ διαμόρφωση τοῦ κόστους τομέα τῆς Μεταλλευτικῆς Βιομηχανίας, ἔλαβαν χώρα σημαντικότερες αλλαγές. Ἐδῶ τὸ πεδίο δράσεως διευρύνθηκε, ἐμφανίσθηκαν διάφοροι καταθλιπτικοὶ περιορισμοί, μεταβλήθηκαν ριζικὰ οὐσιαστικὲς συνθήκες.

Πράγματι, τὰ τελευταῖα χρόνια πολλὰ μέταλλα, χρησιμοποιούμενα κυρίως γιὰ κραματώσεις, ἀπέκτησαν ἔντονο ἐμπορικὸ ἐνδιαφέρον, ἀναπτύχθηκαν νέα εἰδικὰ προϊόντα ὅπως τὰ σύνθετα ὑλικά· οἱ ἀπαιτήσεις ὡς πρὸς τὴν καθαρότητα τῶν μετάλλων αὐξήθηκαν, διογκώθηκαν ὑπέρμετρα οἱ περιβαλλοντολογικὲς ἀπαιτήσεις, ἡ τιμὴ ἐνεργείας ἔφθασε σὲ ἀπίθανα ὕψη. Ὅπως εἶναι φυσικὸ, ὅλα αὐτὰ ἐπέβαλαν προσαρμογὲς καὶ δημιούργησαν κίνητρα γιὰ νέες ἐπινοήσεις.

Κάτω ἀπὸ τίς συνθήκες αὐτὲς στὴ Μεταλλουργία ἔλαβαν χώρα ἐκτεταμένες αλλαγές καὶ σημειώθηκαν σοβαρὲς ἐξελίξεις. Ἡ πρόοδος ὑπῆρξε οὐσιαστικὴ καὶ στοὺς δύο παραδοσιακοὺς αὐτῆς κλάδους, τὴν Πυρομεταλλουργία καὶ τὴν Ὑδρομεταλλουργία. Πρόοδοι ἐπίσης σημειώθηκαν καὶ σὲ δευτερεύοντες κλάδους ὅπως ἡ Βαπομεταλλουργία καὶ ἡ Βιομεταλλουργία.

Στὴν Πυρομεταλλουργία ἐμφανίσθηκαν πολλὲς νέες ἐνδιαφέρουσες μέθοδοι, με τίς ὁποῖες ἐπιτυγχάνεται κυρίως μείωση τῆς καταναλώσεως ἐνεργείας καὶ τῆς ρυπάνσεως τοῦ περιβάλλοντος. Μεταξὺ τούτων ἀναφέρουμε ἐνδεικτικῶς τίς μεθόδους:

1) *FLASH SMELTING* τῶν συμπυκνωμάτων χαλκοῦ καὶ νικελίου μὲ ὀξυγόνο ἢ ἐμπλουτισμένο σὲ ὀξυγόνο ἀέρα, κατὰ τὶς ὁποῖες ἀξιοποιεῖται ἐπιτυχῶς ἡ ἐκλυομένη ἀπὸ τὴν καύση τοῦ θείου θερμότητα. Ἔτσι, ἐπιταχύνεται ἡ τήξη καὶ συμπιέζεται ἡ κατανάλωση ἐνεργείας.

2) *TBRC (Top Blown-Rotary Converter)* γιὰ κατ' εὐθείαν μετατροπὴ τῆς *matte* νικελίου σὲ μεταλλικὸ νικέλιο, ὅπου ἡ κατεργασία γίνεται σὲ ἓνα μόνον στάδιο ἐμφυσήσεως, ἀντὶ σὲ δύο στάδια στὴν κλασσικὴ μέθοδο τῆς ἐμφλόγου ἢ ἡλεκτρικῆς καμίνου-μεταλλάκτου *Pierce*. Μὲ τὴ νέα αὐτὴ τεχνολογία ἐπιτυγχάνεται μείωση τοῦ κόστους καὶ ἀποτελεσματικότερος ἔλεγχος τῆς ρυπάνσεως.

3) Νέες πυρομεταλλουργικὲς τεχνολογίες ἐξαγωγῆς τοῦ μολύβδου ἀπὸ τὰ συμπυκνώματα γαληνίτου. Πρόκειται περὶ τῶν μεθόδων *QSL*, *KIVSET*, *OUTOKUMPU* κ.λπ., ποὺ εἶναι κατὰ πολὺ ἀπλούστερες καὶ οἰκονομικότερες ἀπὸ τὴν κλασσικὴ μέθοδο τῆς φρύξεως-συσσωματώσεως καὶ ἀναγωγῆς σὲ φρεατώδη κάμινο, ἐνῶ ὁ ἔλεγχος τῆς ρυπάνσεως καθίσταται εὐχερέστερος.

4) *ELRED*, *INFRED*, *PLASMA-MELT* κ.λπ. παραγωγῆς χάλυβος ἀπὸ ψιλομερῆ μεταλλεύματα διὰ τῆς τεχνικῆς τῆς κατ' εὐθείαν τήξεως (*direct smelting*), ὅπου ἀναγωγή καὶ τήξη διενεργοῦνται ἐντὸς τῆς αὐτῆς καμίνου μὲ ταυτόχρονη συλλογὴ καὶ ἀξιοποίηση τῶν παραγομένων καυσίμων ἀερίων. Συνδυασμὸς τῆς καμίνου αὐτῆς μὲ μεταλλάκτη χαλυβοποιήσεως *AOD* καὶ ἐγκατάσταση συνεχοῦς χυτεύσεως ἐπιτυγχάνει τὴν παραγωγὴ χάλυβος ὑπὸ μορφῇ μιγιετῶν κάτω ἀπὸ συνθῆκες κόστους ἐξαιρετικῶς εὐνοϊκῆς. Πράγματι, τὰ παραγόμενα στὴν κάμινο ἀναγωγῆς-τήξεως καὶ τὸ μεταλλάκτη πλούσια σὲ χημικὴ ἐνέργεια ἀέρια χρησιμοποιοῦνται ἐπὶ τόπου πρὸς παραγωγὴ ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, μέρος τῆς ὁποίας διατίθεται γιὰ νὰ καλύψει τὶς ἀνάγκες τῆς ἀναγωγῆς καὶ τῆς τήξεως καὶ τὸ ὑπόλοιπο διατίθεται στὸ ἐμπόριο. Ἡ ἐπιτυγχανομένη μὲ τὸν τρόπο τοῦτο μείωση τοῦ κόστους ἐνεργείας, μαζὶ μὲ ἄλλα πλεονεκτήματα ὅπως ἡ χρῆση ψιλοῦ μεταλλεύματος, χαμηλὸ σχετικῶς ὕψος ἐπενδύσεων κ.λπ., καθιστοῦν τὶς μεθόδους αὐτὲς ἐξαιρετικῶς ἐνδιαφέρουσες.

5) *PLASMARED*, *PLASMA-MELT*, *PLASMABLAST* τῆς τεχνολογίας τοῦ πλάσματος. Ἡ πρώτη ἀφορᾷ στὴν παραγωγὴ σπογγώδους σιδήρου. Διὰ τῆς δευτέρας παράγονται διάφορα μέταλλα ὅπως ψευδάργυρος, χρώμιο κ.λπ. ἀπὸ ψιλομερῆ ὑλικά περιέχοντα τὰ μέταλλα αὐτὰ ὡς ὀξειδία καθὼς καὶ σιδηροκράματα. Ἡ τρίτη τέλος ἐφαρμόζεται στὸ σύστημα ἐμφυσήσεως στὶς ὑψικαμίνους γιὰ μείωση τῆς καταναλώσεως ἐνεργείας. Οἱ μέθοδοι αὐτὲς ἔχουν ὡς κοινὸ σημεῖο τὴ χρησιμοποίησιν τῆς συσκευῆς παραγωγῆς πλάσματος (*plasma generator*), διὰ τῆς ὁποίας ἐπιτυγχάνεται μετατροπὴ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας σὲ θερμικὴ ἐνέργεια μὲ ἐντυπωσιακὰ ὑψηλὴ ἀπόδοση, τῆς τάξεως τοῦ 90%.

Πέραν όμως των κατ' ουσίαν νέων τεχνολογιών όπως οι παραπάνω, ή εφαρμογή των οποίων απαιτεί, εκτός εξαιρέσεων τινων, την ίδρυση νέων εργοστασιακών μονάδων, εισήχθησαν επίσης πολλές δευτερεύουσες τεχνολογικές βελτιώσεις σε λειτουργούντα μεταλλουργικά συγκροτήματα. Στόχος των βελτιώσεων αυτών ήσαν, εκτός του έλέγχου της ρυπάνσεως, ή άπλοποίηση των διακινήσεων, ή εξοικονόμηση ενέργειας και γενικότερα ή αύξηση της παραγωγικότητας. Σε πολλές περιπτώσεις εφαρμόστηκαν εύφεις λύσεις, δέν είναι όμως δυνατόν νά σχολιασθούν στα πλαίσια της συντόμου αυτής όμιλίας.

Όπως στην Πυρομεταλλουργία, έτσι και στην Ύδρομεταλλουργία, πού αποτελεί τó δεύτερο παραδοσιακό κλάδο της Μεταλλουργίας, κατεβλήθη μεγάλη προσπάθεια, κατά τὰ τελευταία χρόνια, για ανάπτυξη και εφαρμογή νέων μεθόδων. Ός χαρακτηριστικά παραδείγματα αναφέρουμε:

1) τήν αναμόρφωση της μεθόδου έκχυλίσεως του ψευδαργύρου διά της έπινοήσεως και ένσωματώσεως της μεθόδου γιαροσίτου (jarosite process), με τήν όποία έπιτυγχάνεται ό διαχωρισμός ψευδαργύρου-σιδήρου. Με τή νέα αυτή τεχνολογία διευρύνεται τó πεδίο εφαρμογής της έκχυλίσεως του ψευδαργύρου στα πλούσια σε σίδηρο άποφρύγματα και αύξάνουν αισθητώς οι άποδόσεις.

2) τή μέθοδο της κατ' ευθείαν έκχυλίσεως υπό πίεση του νικελίου και του ψευδαργύρου από τὰ αντίστοιχα θειούχα συμπυκνώματά των. Κατά τή μέθοδο αυτή τó S άνακτάται υπό στοιχειακή μορφή αντί υπό μορφή θεικού όξέος πού δύσκολα άποθηκεύεται. Έτσι, εκτός της έπιλύσεως των προβλημάτων ρυπάνσεως, εξασφαλίζεται τó σοβαρό πλεονέκτημα μεγαλυτέρας έμπορικής ευελιξίας.

3) τις μεθόδους έκχυλίσεως πτωχών μεταλλευμάτων χαλκού και χρυσού. Πρόκειται περί έκχυλίσεως *in situ*, από σωρούς ή έντός δεξαμενών. Η έκχύλιση των πτωχών μεταλλευμάτων χρυσού παρουσιάζει σήμερα μεγάλη έξαρση. Κυριαρχεί ή έκχύλιση από σωρούς με κυανιούχο διάλυμα, ή όποία διεξάγεται υπό συνθήκες τέτοιες πού νά καθιστᾶ οικονομικώς άποδεκτή τήν άξιοποίηση μεταλλευμάτων κάτω του 1 g/t. Ό συνδυασμός δέ με τις μεθόδους CIP ή CIS, διά των οποίων ό χρυσός εξάγεται έκ του διαλύματος δι' ένεργού άνθρακος, κατά τρόπο εύκολο και άποτελεσματικό, βοήθησε στην έξάπλωση της έκχυλίσεως.

Όλες οι μέθοδοι πού μνημονεύθηκαν παραπάνω αναφέρονται σε βασικές τεχνολογίες πού έχουν ολοκληρωθεί και εύρίσκονται σε εφαρμογή στους δύο μεγάλους κλάδους της Μεταλλουργίας, δηλαδή τήν Πυρομεταλλουργία και τήν Ύδρομεταλλουργία. Συστηματική έρευνα και ανάπτυξη γίνεται και σε δευτερεύοντες κλάδους όπως ή Βαπομεταλλουργία και ή Βιομεταλλουργία. Δέν έχουν όμως καταλήξει ακόμη σε συγκεκριμένες μεθόδους

άμέσου βιομηχανικής εφαρμογής. Πάντως ή έρευνα για χρησιμοποίηση τών βακτηριδίων στις μεταλλουργίες του Cu, Au, Uγ εύρίσκεται ήδη σέ προχωρημένο στάδιο.

*

Τέλος, άπ' όσα παραπάνω έξετέθησαν μπορεί νομίζω νά έξαχθεϊ τò έξής γενικό συμπέρασμα:

Ή Μεταλλευτική Βιομηχανία ύπῆρξε κατά τὰ τελευταία χρόνια ένας χῶρος αξιολογοτάτων τεχνολογικῶν εξελίξεων. Άπό τούς 4 μεγάλους αὐτῆς τομεῖς, ὁ ἀναφερόμενος στήν ἀναζήτηση νέων κοιτασμάτων ἀνέπτυξε νέες καί ἀποτελεσματικότερες γεωφυσικές καί γεωχημικές μεθόδους. Στόν τομέα τῆς ἐκμεταλλεύσεως παρουσιάσθηκαν τεράστιες πρόοδοι πού ὀφείλονται στήν επέκταση τῆς μηχανοποιήσεως καί τὴν ἀνάπτυξη τῆς ἰσχύος τοῦ χρησιμοποιουμένου μηχανολογικοῦ ἐξοπλισμοῦ. Αὐτὸ ἰσχύει ἰδιαίτερα γιὰ τὶς ὑπαίθριους ἐκμεταλλεύσεις, ὅπου δὲν τίθενται περιορισμοὶ χώρου καί ὁ ἐξοπλισμὸς μπόρεσε νὰ πάρει γιγαντιαῖες διαστάσεις. Ἀξιόλογες εξελίξεις σημειώθηκαν στήν περιοχή τοῦ ἐμπλουτισμοῦ ὅπου, ἐκτὸς τῆς αὐξήσεως τοῦ μεγέθους τοῦ ἐξοπλισμοῦ, εἰσήχθησαν νέες ἐπινοήσεις καί συσκευές, πού βελτιώνουν τὴν ἀποδοτικότητα. Ἀξιοσημείωτη εἶναι ἡ περίπτωση τῶν ἀντιδραστηρίων ὅπου ἡ παρασκευὴ βελτιωμένων καί νέων τύπων ἐπέτρεψε τὴν διεύρυνση τοῦ πεδίου εφαρμογῆς τῆς ἐπιπλεύσεως, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν κυριότερη σήμερα μέθοδο ἐμπλουτισμοῦ. Σὲ ὅ,τι τέλος ἀφορᾷ στὴ Μεταλλουργία, τὰ ἐπιτεύγματα ὑπῆρξαν σημαντικά, ὀφείλονται δὲ κυρίως στήν ἐπινόηση καί ἐφαρμογὴ ὀρισμένων νέων μεθόδων, μὲ τὶς ὁποῖες μειώθηκε τὸ κόστος παραγωγῆς καί κατέστη ἀποτελεσματικότερος ὁ ἔλεγχος τῆς ρυπάνσεως τοῦ περιβάλλοντος.

Θὰ ἤθελα, περατώνοντας τὴν ὁμιλία αὐτή, νὰ ἀναφέρω ὀρισμένα συγκεκριμένα ἐπιτεύγματα στὰ ὁποία ἀντανακλῶνται ἀλλὰ καί ἐπιβεβαιώνονται οἱ εξελίξεις στὸ χῶρο τῆς Μεταλλευτικῆς Βιομηχανίας:

Βαθύτερη γεώτρηση: 13.000 m στὴ Χερσόνησο Κόλα.

Βαθύτερο μεταλλευτικὸ φρέαρ: 3589 m στὸ Gold Mine, South Africa.

Μεγαλύτερη ταχύτητα ἀνεγκύσεως: 18.5 m/s γιὰ μετάλλευμα καί 12.5 m/s γιὰ προσωπικό.

Μεγίστη ταχύτητα ὀρύξεως φρέατος: 495 m/μηνιαίως. Ἐπετεύχθηκε τὸν Ὀκτώβριο 1982.

Μεγαλύτερος σὲ μήκος ταινιόδρομος: 100 Km, ταχύτητα 4.5 m/s, στὸ Μαρόκο.

Μεγαλύτερα σὲ διαστάσεις ὑπαίθρια ἐκμετάλλευση: Bingham Canyon Copper Mine pit UTAH, USA. Κῶνος βάθους 789 m, μὲ διάμετρο στήν ἐπιφάνεια 3700 m.

SUMMARY

This is an endeavour to present the technical performances of the Mining Industry in recent years. The main four Sectors of this Industry i.e. Exploration, Mining, Ore Dressing and Metallurgy are separately discussed and the relevant principal innovations are highlighted.