

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 16^{ΗΣ} ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1989

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΣΟΛΩΝΟΣ ΚΥΔΩΝΙΑΤΟΥ

ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΙΑ.— Νέα μέθοδος εξαγωγής καθαρού νικελίου από πτωχούς λατερίτες, υπό τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Λουκᾶ Μουσοῦλου*.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οἱ λατερίτες ἀποτελοῦν μιᾶ ἀπὸ τὶς ἀξιολογότερες μεταλλοφορίες τοῦ ἑλληνικοῦ χώρου. Πολυάριθμα κοιτάσματα τούτων ἀπαντοῦν ἐπὶ ἐκτεταμένης παλαιογεωγραφικῆς ἐπιφανείας τοῦ κατωτέρου κρητιδικοῦ στὴν κεντρικὴ Ἑλλάδα. Τὰ ἀποθέματά των ὑπολογίζονται σὲ ἑκατοντάδες ἑκατομμύρια τόννους. Πρόκειται περὶ μεταλλευμάτων πολυπλόκου συστάσεως. Ἀποτελοῦνται βασικὰ ἀπὸ διάφορα ὀξειδία, μεταξὺ τῶν ὁποίων περιλαμβάνονται τὰ τοῦ Fe, Cr, Ni, CO. Οἱ ἑλληνικοὶ λατερίτες περιέχουν συνήθως περὶ τὸ 30% Fe, 2% Cr, 1% Ni καὶ ἐλάχιστο CO.

Ἀνάλογα μεταλλεύματα ὑπάρχουν σὲ τεράστιες ποσότητες σὲ πολλὰς τροπικῆς κυρίως χῶρες καὶ μάλιστα ὑπὸ συνθῆκες εὐκόλου ἐκμεταλλεύσεως γιὰτὶ βρίσκονται, κατὰ κανόνα, πλησίον τῆς ἐπιφανείας. Τὰ μεταλλεύματα αὐτὰ θεωρήθησαν πάντοτε ὅτι θὰ μπορούσαν νὰ ἀποτελέσουν ἀξιόλογο πηγὴ νικελίου. Ἡ ἀξιοποίησή των προσέκρουσε ὅμως σὲ δυσχερῆ μεταλλουργικὰ προβλήματα ποὺ ὀφείλονται στὴ φύση τοῦ μεταλλεύματος καὶ τὴν πολυπλοκὴ χημικὴ σύστασή του. Καὶ παρὰ τὶς ἐπίπονες καὶ δαπανηρὲς προσπάθειες ποὺ ἀπὸ πολλὰ ἔτη καταβάλλονται διεθνῶς, δὲν μπορούμε νὰ ποῦμε ὅτι ὑπάρχει σήμερα κατάλληλη μεταλλουργικὴ μεθοδολογία ποὺ νὰ ἐπιτρέπει ἀσφαλῆ οἰκονομικὴ ἀνάκτηση τοῦ νικελίου ἀπὸ λατερίτες μὲ περιεκτικότητα, ἢ ὁποία δὲν ὑπερβαίνει τὸ 1%.

Ἐδῶ θὰ πρέπει νὰ ἀναφερθεῖ ὅτι στὴν παραπάνω προσπάθεια ἡ Ἑλλάς ὑπῆρξε πρωτοπόρος. Περὶ τὸ τέλος τῆς 10ετίας τοῦ '50 προτάθηκε ἡ Μέθοδος L.M. γιὰ τὴν

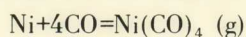
* L. MOUSSOULOS. *New process of Ni extraction from poor nickeliferous laterites.*

αξιοποίηση του ελληνικού λατερίτη. Κατά τις αρχές της 10ετίας του '60 αποφασίσθηκε η βιομηχανική εφαρμογή της κατόπιν εκτεταμένων ελέγχων και δοκιμών που έγινοντο με παρακολούθηση ομάδος μεταλλουργών του Οίκου Kupp. 'Αποτέλεσμα υπήρξε η ανέγερση του Μεταλλουργικού Συγκροτήματος της Λαρύμνης που έκτοτε λειτουργεί και κατεργάζεται τους λατερίτες της περιοχής. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η μέθοδος L.M. καλύφθηκε με διπλώματα εύρεσιτεχνίας σε όλες της βιομηχανικές χώρες. Το 1967 παρουσιάσθηκε στο Διεθνές Μεταλλουργικό Συνέδριο του Λονδίνου: *Advances in Extractive Metallurgy* και κίνησε το διεθνές ενδιαφέρον. Στη συνέχεια δημοσιεύθηκε, σχολιάσθηκε και χαρακτηρίσθηκε ως η υπερέχουσα μεθοδολογία κατεργασίας λατεριτών σε ειδικό βιβλίο που εκδόθηκε στην 'Ιαπωνία το 1975, όπου περιγράφονται τα κοιτάσματα λατεριτών των Φιλιππινών, για τα οποία έδειχνε έντονο ενδιαφέρον η 'Ιαπωνική Βιομηχανία και εξετάζονται συγκριτικώς όλες οι γνωστές τότε σχετικές μέθοδοι μεταλλουργικής κατεργασίας.

'Η μέθοδος L.M. είναι βασικά μια ηλεκτρομεταλλουργική μέθοδος δια της οποίας επιτυγχάνεται η ανάκτηση του εις το λατεριτικό μέταλλευμα περιεχομένου Ni υπό μορφή εμπλουτισμένου σιδηρονικελίου. Το προϊόν τουτο, στη συνέχεια, καθαρίζεται και αναβαθμίζεται δι' έμφυσησεως οξυγόνου. Είναι κατ' έξοχή ηλεκτροβόρος μέθοδος και, την εποχή που επινοήθηκε, η τιμή της ηλεκτρικής ενεργείας ήταν σχετικά πολύ χαμηλή. "Έτσι, το σκέλος ενεργεία δεν επηρέαζε τόσο έντονα το παραγωγικό κόστος." Έκτοτε όμως οι συνθήκες άλλαξαν και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενεργείας απέκτησε σήμερα όλως ιδιαίτερη σημασία. Και κάτω από κανονικές συνθήκες τιμών του νικελίου δεν φαίνεται να υπάρχει πλέον δυνατότητα αποδοτικής αξιοποίησεως των πτωχών λατεριτών της 'Ελλάδος, των οποίων η μέση περιεκτικότητα δεν υπερβαίνει το 1% Ni.

'Υπάρχει συνεπώς αδήριτος ανάγκη αναζητήσεως νέας τεχνολογίας που να επιτρέπει, κάτω από τις νέες αυτές συνθήκες, την ανάκτηση του νικελίου από τους πτωχούς λατερίτες με κόστος ουσιαστικά χαμηλότερο εκείνου που επιτυγχάνεται σήμερα με τη μέθοδο L.M. Στην παρούσα εργασία προτείνεται μια τέτοια μέθοδος που έχει ήδη εργαστηριακώς ελεγχθεί με όρισμένες δοκιμές. Τα αποτελέσματα φαίνονται εξαιρετικώς ενδιαφέροντα ώστε να επιβάλλεται η συμπλήρωση των εργαστηριακών δοκιμών και η ολοκλήρωση του ελέγχου σε πειραματική εγκατάσταση pilot.

'Η εν λόγω μέθοδος βασίζεται στην πτητικότητα του καρβονυλίου του νικελίου, δηλαδή της ένωσησε Ni(CO)₄, η οποία σχηματίζεται, υπό ατμοσφαιρική πίεση, στη θερμοκρασιακή περιοχή 40° έως 95° C σύμφωνα με την παλαιά αντίδραση του Langer:



και διασπᾶται εις Ni και CO στη θερμοκρασιακή περιοχή 150^ο ἕως 315^ο C. Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκριβῶς ἀρχῆς βασίζεται και ἡ γνωστὴ μέθοδος Mond, ποὺ βρίσκεται σὲ ἐφαρμογὴ στὸ Glydach τῆς Ἀγγλίας ἀπὸ πολλὰς 10ετίες, παράγουσα ὑψηλῆς καθαρότητος νικέλιο ἀπὸ πλούσιο λεπτομερὲς ὑλικὸ μὲ περιεκτικότητα περὶ τὸ 75% Ni. Τὸ ὑλικὸ τοῦτο προέρχεται ἀπὸ τὸν Καναδᾶ, ὅπου παρασκευάζεται ὑπὸ τῆς Ἑταιρείας International Nickel διὰ φρύξεως συμπυκνώματος θειούχου νικελίου (Ni₃S₂) διαχωριζομένου ἀπὸ ἀποσιδηρωθεῖσα matte Ni-Cu. Πρόκειται συνεπῶς περὶ δευτερογενοῦς ὑλικοῦ ποὺ εἶναι βασικὰ διάφορο τοῦ πρωτογενοῦς πτωχοῦ λατερίτη, τοῦ ὁποῖου ἡ περιεκτικότητα σὲ νικέλιο εἶναι χαμηλότερη τοῦ 1%.

Κρίσιμες διεργασίες τῆς προτεινομένης μεθόδου εἶναι ἡ ἐκλεκτικὴ ἀναγωγὴ τοῦ Ni και ἡ ἐν συνεχείᾳ καρβονυλίωσίς του. Καί σ' αὐτὰς ἀφοροῦν οἱ μέχρι τοῦδε δοκιμὲς. Στὶς παραγράφους ποὺ ἀκολουθοῦν περιγράφονται οἱ ἐν λόγω δοκιμὲς και συζητοῦνται τὰ ἀποτελέσματά των. Παρουσιάζεται και σχολιάζεται τὸ πλῆρες διάγραμμα ροῆς τῆς μεθόδου. Ὑπολογίζονται τὰ ἰσοζύγια μάζης και ἐνεργείας. Τέλος συγκρίνονται τὰ βασικὰ στοιχεῖα κόστους μὲ τὰ ἀντίστοιχα τῆς μεθόδου L.M.

ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΑΓΩΓΗΣ

Βασικὴ ἐπιδίωξη εἶναι ἡ μετατροπὴ τοῦ περιεχομένου στὸ μέταλλευμα NiO σὲ ὅσο τὸ δυνατὸ *δραστικότερο μεταλλικὸ νικέλιο*. Ἡ ἀναγωγὴ πρέπει, ἐπιπροσθέτως, νὰ διεξαχθεῖ ἐκλεκτικὰ γιὰ νὰ ἀποφευχθεῖ ἡ παραγωγὴ μεταλλικοῦ σιδήρου, ἡ παρουσία τοῦ ὁποῖου εἶναι ἐπιβλαβὴς κατὰ τὴ φάση τῆς καρβονυλίωσης. Οἱ ἀπαιτήσεις αὐτὲς ὁδηγοῦν στὴν ἐπιλογὴ ἀναγωγῆς μὲ CO στὴ χαμηλότερη δυνατὴ θερμοκρασία και σὲ ἀντιδραστήρα τύπου στρεφομένης καμίνου μὲ ἐξωγενὴ θέρμανση και ἀνάδευση. Διὰ τοῦ τρόπου αὐτοῦ ἐξασφαλίζεται ἀπόλυτος ἔλεγχος ὁμοιογενοῦς θερμάνσεως τοῦ μεταλλεύματος, ἀποκλειομένων τοπικῶν ὑπερθερμάνσεων.

Κατόπιν προσανατολιστικῶν τινων δοκιμῶν οἱ συνθήκες ἀναγωγῆς καθορίσθηκαν ὡς ἑξῆς:

Μέγεθος θραύσεως, mm:	-6, -4
Παροχὴ CO, l/λ':	0.5
Χρόνος ἀναγωγῆς, ὥρες:	4
Θερμοκρασία, °C:	500
Ταχύτητα περιστροφῆς, στ/λ:	8

Ἐκτελέσθηκαν συνολικὰ 7 δοκιμὲς ἐκ τῶν ὁποίων 3 μὲ λατερίτη Ἀγίας Τριάδας (Εὐβοία), 2 μὲ λατερίτη Ἀγ. Ἰωάννου (ΛΑΡΚΟ Νο 1, Βοιωτία) και 2 μὲ λατερίτη Παγόντας (ΛΑΡΚΟ Νο 2, Εὐβοία). Μετὰ τὸ πέρας ἐκάστης δοκιμῆς τὸ

προϊόν τῆς ἀναγωγῆς ὑπεβάλλετο σὲ ψύξη ἀπὸ τοὺς 500^ο στοὺς 1500 μέσα σὲ ἀτμόσφαιρα ἀζώτου καὶ ἐλαμβάνετο δεῖγμα γιὰ προσδιορισμὸ τοῦ μεταλλικοῦ Ni καὶ τοῦ μεταλλικοῦ Fe.

Στὸν Πίν. 1 δίδεται ἡ χημικὴ σύσταση τῶν χρησιμοποιηθέντων μεταλλευμάτων καὶ στὸν Πίν. 2 τὰ ἀποτελέσματα τῶν δοκιμῶν ἀναγωγῆς. Τὰ ἀποτελέσματα αὐτὰ δεικνύουν ὅτι ἐπιτεύχθηκαν οἱ σκοποὶ τῆς ἀναγωγῆς στὰ προϊόντα τῆς ὁποίας ὁ μεταλλικὸς Fe περιορίζεται πέραξ τοῦ 0.40%, ἐνῶ ἐπιτυγχάνονται βαθμοὶ ἀναγωγῆς τοῦ νικελίου μεταξὺ 79 καὶ 88%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Χημικὴ σύσταση τῶν χρησιμοποιηθέντων στὶς δοκιμὲς δειγμάτων λατερίτη

	Λατερίτης 'Αγίας Τριάδας	Λατερίτης Λαρύμνης-ΛΑΡΚΟ	Λατερίτης Παγόντας-ΛΑΡΚΟ
H ₂ O %	3.22	4.90	3.60
Λ.Ι.	—	10.60	5.00
Ni	1.10	1.18	1.16
CO	0.07	0.06	0.06
Fei	—	33.25	32.00
Fe ₂ O ₃	46.97	47.55	45.75
SiO ₂	31.84	14.25	32.50
Al ₂ O ₃	7.46	9.10	3.70
Cr ₂ O ₃	3.01	2.95	3.40
CaO	0.29	11.10	3.75
MgO	2.92	2.05	3.40
S	0.003	0.150	0.021

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

'Αποτελέσματα τῶν δοκιμῶν 'Αναγωγῆς

	Τύπος Λατερίτη	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ		ΠΡΟΪΟΝ ΑΝΑΓΩΓΗΣ			Βαθμὸς ἀναγωγῆς πρὸς μετ. Ni%
		Μέγεθος mm	περιεκτι- κότης Ni%	περιεκτ. μεταλλικὸ Ni%	περιεκτ. μεταλ. Fe%	ἀπώλεια βάρους %	
1	'Αγίας Τριάδας	-6 mm	1.08	0.97	0.40	12	79.0
2	'Αγίας Τριάδας	-6	1.08	0.99		12	80.6
3	'Αγίας Τριάδας	-6	1.08	1.04	0.37	12	84.7
4	'Αγ. 'Ιωάννου-ΛΑΡΚΟ	-6	1.15	1.09	0.44	10.5	84.8
5	'Αγ. 'Ιωάννου-ΛΑΡΚΟ	-4	1.15	1.10		10.5	85.6
6	Παγόντας-ΛΑΡΚΟ	-6	1.18	1.12	0.39	9.1	86.2
7	Παγόντας-ΛΑΡΚΟ	-4	1.18	1.14		9.1	87.8

(1) 'Αναλύσεις ὑπὸ τοῦ Χημικοῦ 'Εργαστηρίου Τραχώνων (ΕΤΒΑ).

ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΡΒΟΝΥΛΙΩΣΕΩΣ

Σκοπὸς τῶν δοκιμῶν καρβονυλίωσης εἶναι ὁ ἔλεγχος τῆς μετατροπῆς τοῦ μεταλλικοῦ Ni πού βρίσκεται στὸ προϊόν ἀναγωγῆς εἰς $\text{Ni}(\text{CO})_4$. Γιὰ τὴ διεξαγωγή των χρησιμοποιήθηκε ἡ ἰδίᾳ κάμιнос τῶν δοκιμῶν ἀναγωγῆς.

"Ὅπως στὴν περίπτωση τῆς ἀναγωγῆς, ἔτσι καὶ ἐδῶ οἱ συνθῆκες ἐπελέγησαν κατόπιν προσανατολιστικῶν τινῶν πειραμάτων καὶ καθορίσθηκαν ὡς ἐξῆς:

Θερμοκρασία ἐξαερίωσης, °C: 70

Παροχὴ CO , l/λ': 0,5

Χρόνος ἐξαερίωσης, ὥρες: 8

Ταχύτητα περιστροφῆς, στρ/λ': 8

'Εκτελέσθηκαν συνολικὰ 3 δοκιμὲς κατὰ τὶς ὁποῖες χρησιμοποιήθηκαν τὰ προϊόντα ἀναγωγῆς τῶν λατεριτῶν 'Αγίας Τριάδας (Εὔβοια), 'Αγίου 'Ιωάννου (ΛΑΡΚΟ Νο 1, Λάρυμνα), Παγόντας (ΛΑΡΚΟ Νο 2, Εὔβοια). Τὰ ἀποτελέσματα δίδονται στὸν Πίν. 3 καὶ δείχνουν ὅτι ἡ καρβονυλίωση τοῦ μεταλλικοῦ Ni, πού περιέχεται στὸ κατὰ τὰ ἀνωτέρω παραχθέν προϊόν ἀναγωγῆς, ἐπιτυγχάνεται εὐχερῶς καὶ μὲ ὑψηλοὺς βαθμοὺς ἀποδόσεως.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Αποτελέσματα Δοκιμών Καρβονυλίωσης

	ΤΥΠΟΣ ΛΑΤΕΡΙΤΗ	ΠΡΟΪΟΝ ΑΝΑΓΩΓΗΣ	(1) Ni% πρὸ τῆς καρβονυλ.	(1) Ni% μετὰ τὴν καρβονυλ.	% Βαθμ. καρβονυ- λίωσης, %
1	Ἀγίας Τριάδας	Δοκ. Ἀναγωγῆς 3	1.04	0.03	97.1
2	Ἀγ. Ἰωάν.-ΛΑΡΚΟ	Δοκ. Ἀναγωγῆς 4	1.09	0.05	95.4
3	Παγόντας-ΛΑΡΚΟ	Δοκ. Ἀναγωγῆς 6	1.12	0.05	95.5

(1) Ἀναλύσεις ὑπὸ τοῦ Χημ. Ἐργαστηρίου Τραχώνων (ΕΤΒΑ).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὰ στοιχεῖα τοῦ πίνακα 2, ἡ ποσότητα τοῦ μεταλλικοῦ σιδήρου ποὺ παράγεται κατὰ τὴ φάση τῆς ἀναγωγῆς εἶναι ἀμελητέα. Τὸ προϊόν τῆς ἀναγωγῆς εἶναι σχεδὸν ἀπαλλαγμένο τελείως μεταλλικοῦ σιδήρου, ἐνὸς δηλαδὴ στοιχείου, ποὺ ὅπως τὸ νικέλιο ἀντιδρᾷ μετὰ τοῦ CO σχηματίζοντας τὸ ἀντίστοιχο καρβονύλιο. Λαμβανομένου δὲ ὑπ' ὄψη ὅτι στὴ θερμοκρασία τῆς φάσεως καρβονυλίωσης τοῦ νικελίου ποὺ ἀκολουθεῖ τὴν ἀναγωγή, ἡ ταχύτητα τῆς καρβονυλίωσης τοῦ σιδήρου εἶναι πολὺ μικρὴ, μπορεῖ νὰ λεχθεῖ μετὰ βεβαιότητος ὅτι δὲν ὑπάρχει κίνδυνος ρυπάνσεως τοῦ προερχομένου ἀπὸ τὴ φάση αὐτὴ μίγματος CO+Ni(CO)₄ ἀπὸ καρβονύλια σιδήρου. Βεβαίως κατὰ τὴ φάση τῆς ἀναγωγῆς τὰ ἀνώτερα ὀξειδία τοῦ σιδήρου μεταπίπτουν σὲ κατώτερα καὶ τοῦτο προκαλεῖ ἀπώλεια βάρους, ποὺ στὴν περίπτωσιν τῶν χρησιμοποιηθέντων τύπων λατερίτη κυμαίνεται, μαζὶ μὲ τὴν ἀπώλεια ὑγρασίας, μεταξὺ 9 καὶ 12%.

Ἀπὸ τὰ στοιχεῖα τῶν πινάκων 2 καὶ 3 προκύπτει ὅτι τόσοσὺν ἡ ἀναγωγή ὅσον καὶ ἡ καρβονυλίωση δὲν φαίνονται νὰ ἐπηρεάζονται οὐσιαστικῶς ἀπὸ τὴ χημικὴ σύσταση τοῦ λατερίτη. Μὲ βάση τὰ στοιχεῖα αὐτὰ μποροῦμε νὰ δεχθοῦμε ὅτι κατὰ τὴν ἀναγωγή ἐπιτυγχάνεται εὐχερῶς ἀπόδοση 85% καὶ κατὰ τὴν καρβονυλίωση 96%. Τοῦτο σημαίνει ὅτι σ' ἕνα συνδυασμὸ τῶν φάσεων τούτων ἡ συνολικὴ ἀνάκτηση νικελίου ἀνέρχεται σὲ 81.60% τῆς διὰ τῆς τροφοδοσίας εἰσαγομένης. Εἶναι δὲ πολὺ πιθανὸν τὰ ἀποτελέσματα αὐτὰ νὰ βελτιωθοῦν αἰσθητῶς μὲ δοκιμὲς ἀριστοποιήσεως τῶν συνθηκῶν διεξαγωγῆς τῆς ἀναγωγῆς καὶ τῆς καρβονυλίωσης.

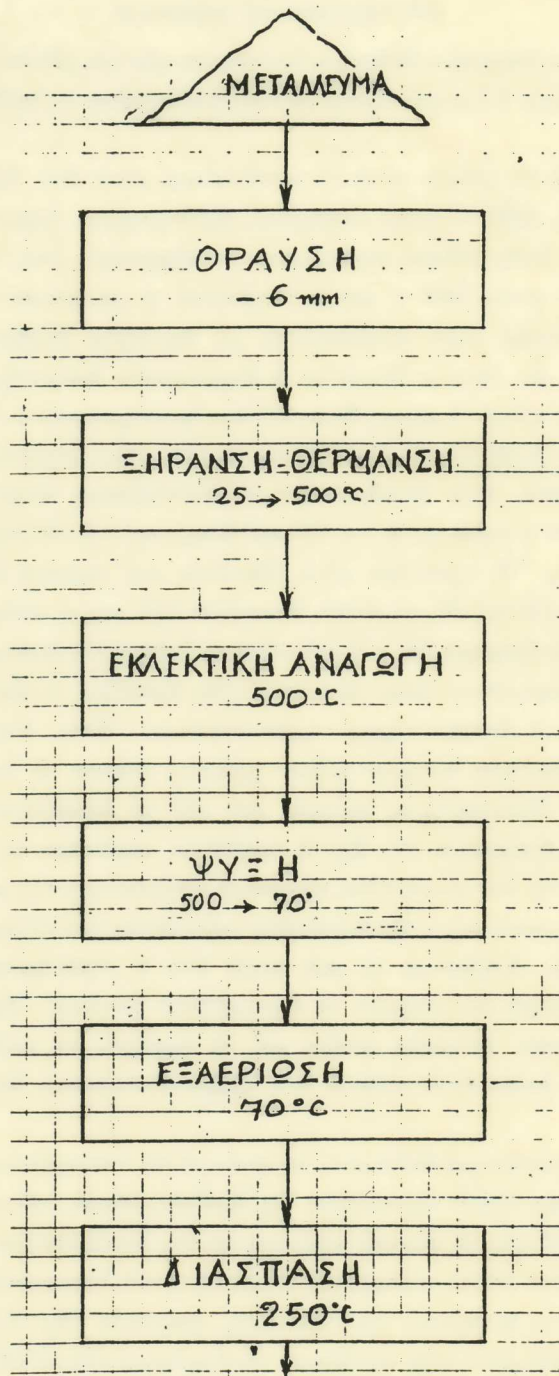
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Με βάση τὰ παραπάνω δεδομένα προτείνεται μία νέα μέθοδος ἀνακτήσεως τοῦ νικελίου τῶν πτωχῶν ἐλληνικῶν λατεριτῶν πού διαλαμβάνει τὶς διαδοχικὲς διεργασίες τοῦ Σχ. 1.

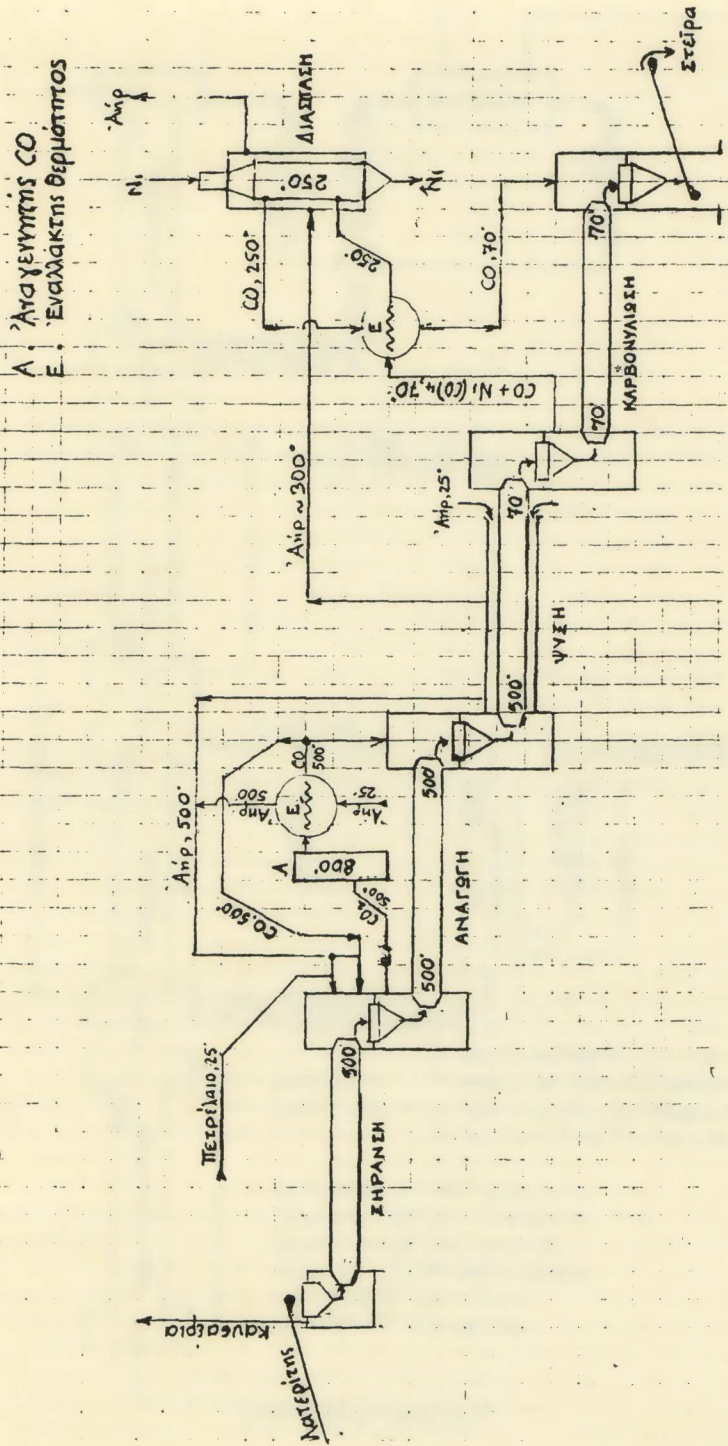
Σύμφωνα μὲ τὴ μέθοδο αὐτὴ τὸ μετάλλευμα, μετὰ ἀπὸ θραύση εἰς —6mm. ξηραίνεται στοὺς 500° C ἐντὸς κλασσικοῦ περιστροφικοῦ ξηραντηρίου. Ἐκεῖθεν παραλαμβάνεται ἐντὸς εἰδικοῦ στρεφομένου ἀντιδραστήρα, ὅπου τὸ NiO ἀνάγεται ἐκλεκτικὰ μὲ CO στοὺς 500° C καὶ μετατρέπεται σὲ μεταλλικὸ νικέλιο. Ὁ ἀντιδραστήρας ἀναγωγῆς εἶναι ἐφοδιασμένος μὲ διατάξεις βοηθητικῆς ἠλεκτρικῆς θερμάνσεως διὰ τῶν ὁποίων ἐλέγχεται ἡ θερμοκρασία ἀναγωγῆς καὶ διατηρεῖται σταθερὰ καθ' ὅλο αὐτοῦ τὸ μῆκος. Τὸ ἐκ τοῦ ἀντιδραστήρος τούτου ἐξερχόμενο θερμὸ προϊόν εἰσέρχεται ἐντὸς εἰδικοῦ στρεφομένου ψυγείου, ὅπου ψύχεται στοὺς 70° C καὶ ἐκεῖθεν παραδίδεται στὸν ἀντιδραστήρα καρβονυλίωσης ἐντὸς τοῦ ὁποίου τὸ μεταλλικὸ νικέλιο ἀντιδρᾷ μετὰ τοῦ CO καὶ ἀπάγεται ὑπὸ τὴ μορφή τῆς πτητικῆς ἐνώσεως Ni(CO)₄. Ἡ τελευταία αὐτὴ ὀδηγεῖται στὴ συσκευή διασπάσεως, ὅπου διαχωρίζεται σὲ CO καὶ Ni, τὸ ὁποῖο ἀνακτᾶται ὑπὸ μορφή καθαροῦ μετάλλου.

Ἐχομε ἤδη ἀναφέρει ὅτι ὁ ἀντιδραστήρας ἐκλεκτικῆς ἀναγωγῆς ὅπως καὶ τὸ ψυγεῖο εἶναι στρεφομένου τύπου μὲ κατάλληλες διατάξεις ἀναδεύσεως. Τοῦ ἰδίου τύπου εἶναι καὶ ὁ ἀντιδραστήρας καρβονυλίωσης. Ἔτσι, ὅλες οἱ φάσεις πού συνεπάγονται διακίνηση στερεῶν ὑλικῶν μποροῦν εὐκόλα νὰ διασυνδεθοῦν κατὰ τρόπο ὥστε νὰ ἐξασφαλίζεται συνεχῆς ροὴ καὶ νὰ ἀποφεύγονται οἱ ἀπώλειες θερμότητας. Τὸ διάγραμμα τοῦ Σχ. 2 προβάλλει σαφέστερα τὴ δυνατότητα τῆς διασυνδέσεως αὐτῆς πού συνιστᾷ ἓνα σημαντικό πλεονέκτημα τῆς μεθόδου. Πράγματι, ἡ βασικὴ διαδικασίᾳ μέχρι τῆς παραλαβῆς τοῦ νικελίου ὑπὸ τὴ μορφή τῆς πτητικῆς ἐνώσεως Ni(CO)₄, διεξάγεται σὲ μιὰ σειρὰ ἀπὸ 4 στρεφόμενες καμίνοους, πού λειτουργοῦν ἐν σειρᾷ καὶ μποροῦν νὰ διασυνδεθοῦν εὐκόλως. Ἐκ τῆς τελευταίας ἐξέρχονται τὰ πρὸς ἀπόρριψη στεῖρα καὶ τὸ περιέχον τὸ νικέλιο ἀέριο μίγμα CO+Ni(CO)₄, τὸ ὁποῖο ἀποστέλλεται στὸ τμήμα διασπάσεως, ὅπου ἀνακτᾶται τὸ νικέλιο.

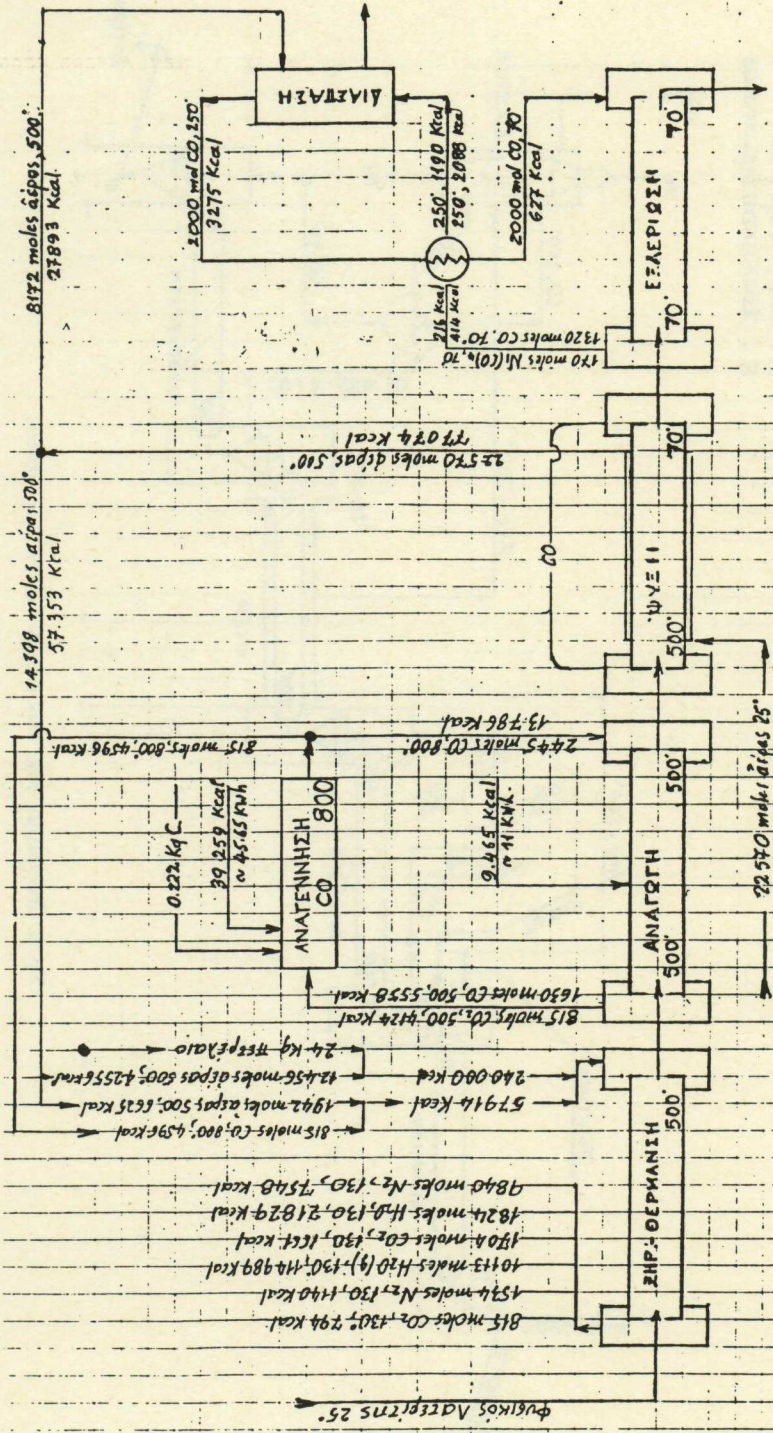
Ἡ ἐν λόγω ἀνάκτηση διεξάγεται σύμφωνα μὲ τὶς λεπτομέρειες τῆς ἀπὸ πολλῶν ἐτῶν καθιερωμένης πλέον τεχνολογίας τῆς Μεθόδου Mond, τοῦ σχετικοῦ ἀντιδραστήρος λειτουργοῦντος σὲ κλειστὸ κύκλωμα μὲ τὸν ἀντιδραστήρα καρβονυλίωσης (Σχ. 2). Σὲ κλειστὸ ἐπίσης κύκλωμα μὲ ἀναγεννητὴ τοῦ ἀναγωγικοῦ μέσου, δηλ. τοῦ CO, λειτουργεῖ καὶ ἡ κάμιнос τῆς ἐκλεκτικῆς ἀναγωγῆς (Σχ. 2). Πρόκειται περὶ ἀναγεννητοῦ βασιζομένου στὴν ἀντίδραση τοῦ Boudouar: CO₂+C=2CO, ἐκ τῆς ὁποίας προκύπτει σημαντικὴ περίσσεια CO. Ἡ περίσσεια αὐτὴ προβλέπεται νὰ χρησιμο-



Σχ. 1. Οι διαδοχικές φάσεις της μεθόδου



Σχ. 2. Διάγραμμα ροής των στερεών και αερίων φάσεων



Σχ. 3. Βιομηχανικό διάγραμμα ροής ' Ισούγια ενεργείας και μάζας (Διά 1000 Kg φυσικού αερίου)

ποιηθεί για θέρμανση στην κάμινο ξηράσεως σύμφωνα με τις λεπτομέρειες του διαγράμματος του Σχ. 2. Στην ίδια κάμινο διατίθεται και το μεγαλύτερο μέρος της ανακτωμένης κατά τη φάση της ψύξεως θερμότητας, του ύπολοιπου χρησιμοποιούμενου για θέρμανση στο τμήμα διασπάσεως.

"Ολες οι παραπάνω λεπτομέρειες παρουσιάζονται στο βιομηχανικό διάγραμμα ροής του Σχ. 2. Στο διάγραμμα του Σχ. 3 καταχωρούνται τα αποτελέσματα των υπολογισμών των θερμικών ισοζυγίων των διαφόρων τμημάτων, αναφερόμενα σε 1000kg φυσικού λατερίτη. Οι υπολογισμοί αυτοί έγιναν για θερμοκρασία περιβάλλοντος 25° C και απώλεια θερμότητας στους αντιδραστήρες 5%.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

'Εντυπωσιακό χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ο περιορισμός των απαιτούμενων πρώτων ύλων εις ποσότητα και είδος. 'Η κατανάλωση ενέργειας συμπίεζεται ουσιαστικά λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών και της δραστηκής μείωσης των απωλειών θερμότητας. "Όπως φαίνεται στο διάγραμμα του Σχ. 3, η χρήση πρώτων ύλων περιορίζεται σε 3 μόνον είδη: πετρέλαιο (24Kg/1. λατερίτη) για την ξήρανση, ηλεκτρική ενέργεια (45.65 KwH/1. λατερ.) για την αναγέννηση του αναγωγικού μέσου και τη βοηθητική θέρμανση της καμίνου αναγωγής (11 KwH/1. λατερίτη), και τέλος κώκ (0,3 Kg/1. λατερ.) στον αναγεννητή.

Με τα βασικά αυτά δεδομένα ή οικονομική εικόνα παρουσιάζεται ως εξόχως ευνόικη. Προβάλλεται δε έναργέστερα με τα στοιχεία του Πίνακα 4, όπου παρατίθενται τα είδη και οι καταναλώσεις των πρώτων ύλων που χρησιμοποιούνται υπό της νέας μεθόδου και της Μεθόδου L.M., δια της οποίας, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, γίνεται σήμερα ή μεταλλουργική κατεργασία των πτωχών λατεριτών της 'Ελλάδος. Διευκρινίζεται ότι οι εις τον πίνακα αναγραφόμενες σχετικά με τη νέα μέθοδο καταναλώσεις αναφέρονται στην περίπτωση μιᾶς πλήρους διασυνδέσεως των αντιδραστήρων όπως αυτή που εικονίζεται στο Σχ. 2. Μιά τέτοια διασύνδεση μηδενίζει φυσικά τις θερμικές απώλειες μεταφορᾶς από τον ένα αντιδραστήρα στον άλλο. Στην περίπτωση μερικῆς διασυνδέσεως θα πρέπει βεβαίως νά ληφθοῦν υπ' ὄψη και οι απώλειες αυτές. Διευκρινίζεται επίσης ότι στις καταναλώσεις ηλεκτρικῆς ενέργειας δὲν συμπεριλαμβάνεται ή ενέργεια κινήσεως.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Σύγκριση καταναλώσεων μεθόδου L.M. και νέας Μεθόδου

Βασικά στοιχεία τεχν. κόστους	Μέθοδος L.M. (1)	Νέα Μέθοδος
1 Ήλεκτρική ενέργεια (δέν συμπεριλαμβάνεται ή κίνηση), Kwh/t λατερίτη	412	56,65
2 Πετρέλαιο, Kg/t λατερίτη	12	24
3 Κώκ, Kg/t λατερίτη	8	0.3
4 Γαιάνθρακας, Kg/t λατερίτη	68.5	—
5 Λιγνίτης	134.8	—
6 Προπάνιο, Kg/t λατερίτη	0.8	—
7 Πάστα ηλεκτροδίων, Kg/t λατερίτη	2.7	—
8 Σωλήνες οξυγόνου, m/t λατερίτη	0.31	—
9 Διάφορα υλικά: Άσβέστης, ύδωρ, τύποι χυτηρίου, κάδοι, viroles, πυρίμαχα	10% τοῦ τεχν. κόστους	Μηδέν
10 Μισθοί - ήμερομίσθια, ὥρες/t λατερ.	~2?	~0,5

(1) Μέσοι ὄροι πενταμήνου 1/4/80 ἕως 31/8/80 (*Επίσημα στοιχεία ΛΑΡΚΟ).

SUMMARY

New process of Ni extraction from poor nickeliferous laterites

A new process for the extraction of Ni from poor nickeliferous laterites of the Greek type (~35% Fe, 1% Ni, 6% H₂O) is proposed. This is a vapometallurgical process based on Langer's reaction ($Ni+4CO = Ni(CO)_4$), as in the case of the Mond Process.

The expected production cost of the new process compares very favourably with that of the L. M. Process, an energy-intensive electrometallurgical process in application in the Larymna Plant (Greece) since 1965.