

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΕΡΟΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Δ.Χ.Τσαματσούλης

Δρ. Χημικός Μηχανικός, Συντονιστής Ποιότητας, ΧΑΛΥΨ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ Α.Ε.

Γ. Κατερέλος

Χημικός Μηχανικός

Ν. Παπαγιαννάκος

Καθηγητής Ε.Μ.Π., Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Τομέας ΙΙ

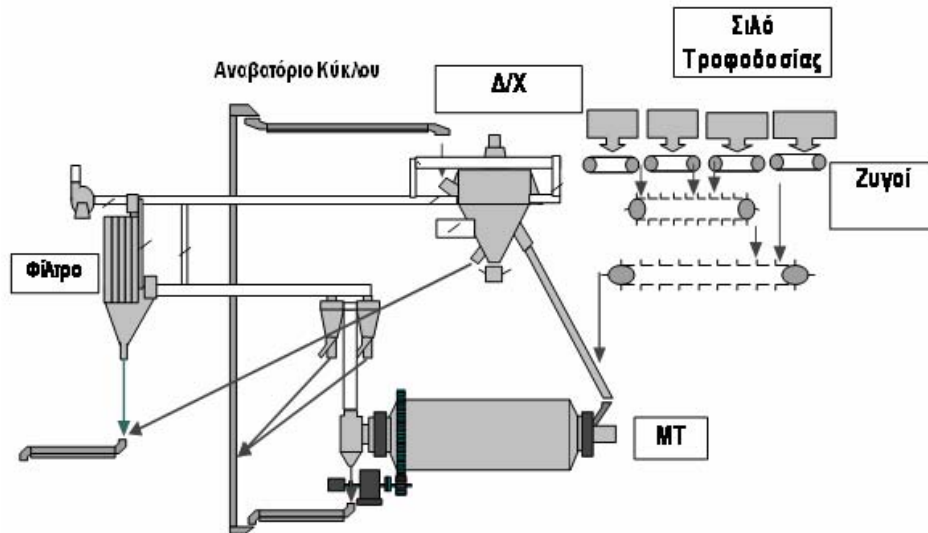
Λέξεις κλειδιά: Τσιμέντο, διαχωριστής, μοντέλο, ποιότητα, βελτιστοποίηση

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην παρούσα εργασία εφαρμόζεται ημιεμπειρικό μοντέλο προσομοίωσης της καμπύλης διαχωρισμού δυναμικού αεροδιαχωριστή 3^{ης} γενιάς του εργοστάσιου τσιμέντου ΧΑΛΥΨ, στηριγμένο σε σημαντικό αριθμό πειραμάτων. Τα πειράματα σχεδιάστηκαν σε μια ευρεία κλίμακα λειτουργικών παραμέτρων του κυκλώματος άλεσης. Η πρωτοτυπία της εφαρμογής έγκειται στο γεγονός ότι οι παράμετροι του προτύπου συσχετίστηκαν επιτυχώς με τις παραμέτρους λειτουργίας. Για τον λόγο αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί στην τρέχουσα λειτουργία του συγκεκριμένου μύλου τσιμέντου, συμβάλλοντας στην βελτιστοποίηση της παραγωγής και της ποιότητας, όσο και για σχεδιαστικούς λόγους στην περίπτωση παραγωγής ενός νέου τύπου τσιμέντου.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά κάθε τύπου τσιμέντου είναι συνάρτηση τόσο της ποιότητας του κλίνκερ και των πρώτων υλών που περιέχει όσο και της κοκκομετρικής του κατανομής. Αυτή η τελευταία επιτυγχάνεται κατά την τελική άλεση του προϊόντος. Η ποιότητά της εξαρτάται από την αλεστικότητα των υλικών, τον τύπο της εγκατάστασης άλεσης αλλά σημαντικότερα και από την ρύθμιση και τις τιμές των βασικών λειτουργικών παραμέτρων της διεργασίας. Στη χώρα μας χρησιμοποιούνται αποκλειστικά κλειστά κυκλώματα άλεσης με αποτέλεσμα η επιτυγχανόμενη λεπτότητα να μην είναι αποτέλεσμα μόνο της λειοτρίβησης στον μύλο –

ΜΤ - αλλά και της διαχωριστικής ικανότητας του διαχωριστή – Δ/Χ. Στο σχήμα 1 δίνεται ένα τυπικό κλειστό κύκλωμα άλεσης.



Σχήμα 1. Τυπικό κλειστό κύκλωμα άλεσης τσιμέντου

Η κύρια λειτουργία του διαχωριστή είναι να παραγάγει τσιμέντο επιθυμητής λεπτότητας. Επιπρόσθετα ο Δ/Χ απελευθερώνει το κύκλωμα από τα ήδη παραγμένα λεπτά σωματίδια και επιστρέφει τα χονδρότερα στο ΜΤ για να αλεστούν ξανά. Η απόδοση του Δ/Χ εξαρτάται από την τεχνολογία του (1^{ης}, 2^{ης} ή 3^{ης} γενιάς) αλλά και από την ρύθμιση των λειτουργικών του παραμέτρων. Στους σύγχρονους 3^{ης} γενιάς Δ/Χ, παραμέτρους λειτουργίας αποτελούν:

- (1) Οι στροφές της δευτερογενούς κίνησης του Δ/Χ
- (2) Η παροχή αέρα εισαγωγής ή και εξαγωγής από τον διαχωριστή
- (3) Η παροχή τροφοδοσίας του υλικού

Η τροφοδοτούμενη ποσότητα στον Δ/Χ μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από Ν κοκκομετρικά κλάσματα w_i , το κάθε ένα διάστασης x_i , όπου $i=1$ έως Ν. Από κάθε κλάσμα ένα ποσοστό οδεύει προς το προϊόν, ενώ το υπόλοιπο επιστρέφει στον ΜΤ. Προφανώς για τα πιο λεπτά κλάσματα, ένα μεγάλο ποσοστό οδηγείται στο προϊόν, ενώ αντίθετα στα χονδρότερα κλάσματα ένα μικρό μέρος οδηγείται στο προϊόν. Για όλες τις διαστάσεις δημιουργείται έτσι μια καμπύλη εκλεκτικότητας του Δ/Χ, η καμπύλη διαχωρισμού ή καμπύλη Tromp (Austin et al. (1984))

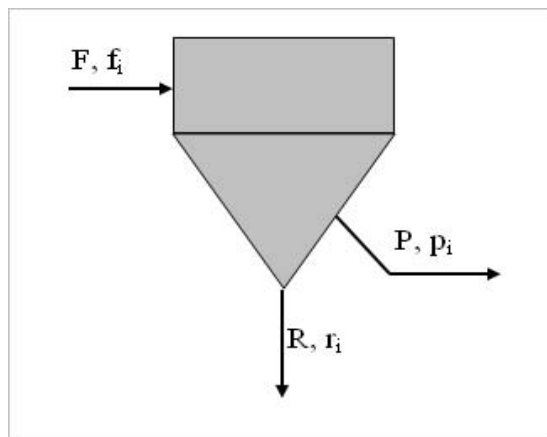
Στόχος της εργασίας είναι να συσχετίσει της παραμέτρους των καμπυλών διαχωρισμού, ενός συγκεκριμένου Δ/X του Εργ. ΧΑΛΥΨ με τις λειτουργικές του μεταβλητές. Εάν η μοντελοποίηση αποδειχθεί επαρκής, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τρέχουσα λειτουργία καθώς και για σχεδιασμό:

(α) Όταν η τρέχουσα λεπτότητα διαφέρει από το στόχο, το μοντέλο παρέχει ποια αλλαγή λειτουργικών παραμέτρων απαιτείται, ώστε ο στόχος να επιτευχθεί.

(β) Όταν πρόκειται να σχεδιαστεί νέο προϊόν τσιμέντου και σχεδιάζεται ο στόχος λεπτότητας, το πρότυπο παρέχει τιμές λειτουργικών παραμέτρων ώστε να επιτευχθεί.

2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στην βιβλιογραφία έχει περιγραφεί τόσο θεωρητικά όσο και πειραματικά ο μηχανισμός διαχωρισμού από τον Donsi et al (1995). Περιγράφεται επίσης η λειτουργία και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά διαχωριστών υψηλής απόδοσης (Lohnherr et al. (1987). Οι καμπύλες διαχωρισμού εφαρμόζονται πλατιά στην μελέτη της απόδοσης υαρχόντων κλειστών κυκλωμάτων άλεσης καθώς και στην μαθηματική προσομοίωσή τους μέσω H/Y (Espig et al. (2002). Στο σχήμα 2 δίνεται ένα τυπικό διάγραμμα Δ/X .



Σχήμα 2. Τυπικό διάγραμμα διαχωριστή

Η παροχή τροφοδοσίας F , αποτελούμενη από διαφορεικά κοκκομετρικά κλάσματα f_i σε διαστάσεις κόκκων x_i , διαχωρίζεται προς λεπτό προϊόν παροχής P με κοκκομετρικά κλάσματα p_i και χονδρό προϊόν το οποίο επιστρέφει στον μύλο για να αλεστεί ξανά, παροχής R με κοκκομετρικά κλάσματα r_i . Ως λόγος ανακυκλοφορίας CR , ορίζεται η παροχή των

επιστροφών R , προς την παροχή του προϊόντος P . Εάν εφαρμοστούν τα ισοζύγια μάζας μεταξύ εισόδου – εξόδων του Δ/X λαμβάνονται οι σχέσεις:

$$CR = R/P \quad (1)$$

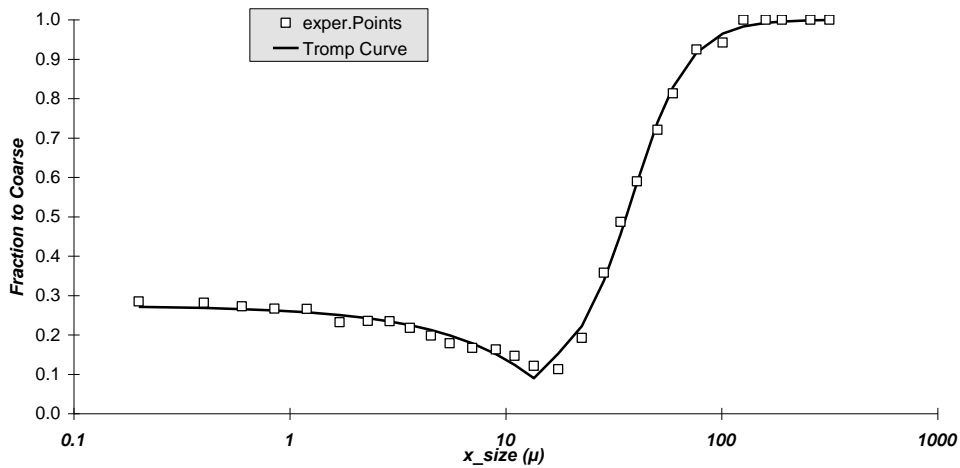
$$F = R + P \quad (2)$$

$$(1 + CR) \cdot f_i = CR \cdot r_i + p_i \quad (3)$$

Επειδή συχνά η παροχή των επιστροφών, είτε δεν ζυγίζεται είτε η μέτρηση δεν είναι αξιόπιστη, ο λόγος ανακυκλοφορίας υπολογίζεται ακριβέστερα με μέτρηση των κοκκομετριών των τριών ρευμάτων και επίλυση των ισοζυγίων των εξισώσεων (3) Ως εκλεκτικότητα του διαχωριστή σε διάσταση κόκκου i , ορίζεται ως το κλάσμα της τροφοδοσίας που οδεύει προς τις επιστροφές και δίνεται από την σχέση (4).

$$s_i = \frac{CR \cdot r_i}{(1 + CR) \cdot f_i} \quad (4)$$

Μία τυπική καμπύλη διαχωρισμού, η οποία είναι σιγμοειδούς μορφής δίνεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3. Καμπύλη διαχωρισμού (Tromp) αεροδιαχωριστή

Στο σχήμα 3 δίνονται τόσο τα πειραματικά σημεία, όσο και τα υπολογιζόμενα από μαθηματικό πρότυπο που περιγράφεται με τις παρακάτω εξισώσεις:

$$s_i = neg_grad \cdot (x_i - d_{min}) + bypass \quad [x_i < d_{min}] \quad (5)$$

$$s_i = bypass + (1 - bypass) \cdot c_i \quad [x_i \geq d_{\min}] \quad (6)$$

$$c_i = \frac{1}{1 + \exp(2.1972 \cdot \frac{\ln(x_i / d_{50})}{\ln(S.I)})} \quad (7)$$

Οι ημιεμπειρικές αυτές εξισώσεις αναπτύχθηκαν από τον Austin et al. (1984) και εφαρμόστηκαν από τον Τσαματσούλη et al. (2001) για τις ανάγκες της προσομοίωσης κλειστού κυκλώματος άλεσης τσιμέντου σε βιομηχανική κλίμακα. Οι μεταβλητές οι οποίες αποτελούν τις παραμέτρους της καμπύλης διαχωρισμού, η τιμή των οποίων πρέπει να προσδιοριστεί, ώστε να υπολογιστεί η καμπύλη διαχωρισμού είναι οι παρακάτω:

Bypass : Παράκαμψη. Είναι το ποσοστό της τροφοδοσίας του διαχωριστή που ανεξαρτήτως μεγέθους κόκκων μεταφέρεται στις επιστροφές αδιαχώριστο. Είναι ουσιαστικά το ελάχιστο σημείο της καμπύλης Tromp. Στην τιμή αυτή αντιστοιχεί η διάμετρος κόκκου d_{\min} .

d_{50} : Διάσταση αποκοπής (cut size). Είναι η διάσταση των σωματιδίων που ισοκατανέμονται ως παροχές στο προϊόν και στις επιστροφές του διαχωριστή για την καμπύλη που προκύπτει όταν το $bypass=0$.

S.I : Συντελεστής οξύτητας (sharpness index). Εκφράζει την οξύτητα του διαχωρισμού και εμφανίζεται ως η κλίση της καμπύλης Tromp

Neg_Grad: Είναι η αρνητική κλίση που συνήθως και λόγω του φαινομένου της συσσωμάτωσης, εμφανίζει η καμπύλη σε μικρές διαστάσεις κόκκων.

Μια αποτελεσματική λειτουργία του Δ/X εκφράζεται με μικρές τιμές των d_{50} , $bypass$ και υψηλή τιμή του sharpness index.

3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

3.1 Πειραματική διαδικασία και επεξεργασία των αρχικών δεδομένων

Οι κύριες παράμετροι που καθορίζουν την διαχωριστική ικανότητα Δ/X ¹⁵ γενιάς είναι: (α) Η ταχύτητα περιστροφής της δευτερεύουσας κίνησης του διαχωριστή, που προκαλεί φυγοκέντριση το εισερχόμενου υλικού σε RPM (β) Η παροχή αέρα εισόδου ή εξόδου από τον Δ/X , η οποία συμβάλει μαζί με την κύρια σταθερή κίνηση του Δ/X στην απομάκρυνση των λεπτών προς το προϊόν. Ως μετρούμενο μέγεθος επιλέχθηκε η ταχύτητα του αέρα στον αγωγό μετά το φίλτρο που αποκονιώνει τον Δ/X σε m/sec, όπου η παροχή έχει μετατραπεί σε Nm³/sec. (γ) Η ποσότητα του εισερχόμενου υλικού η οποία μπορεί να εκφραστεί μέσω του λόγου ανακυκλοφορίας, CR. Οι δύο πρώτες μεταβλητές είναι οπωσδήποτε μεταξύ τους ανεξάρτητες. Η τρίτη μεταβλητή εξαρτάται από τις δύο πρώτες αλλά παράλληλα και από την

παραγωγικότητα του μύλου και την σύνθεση του τσιμέντου, παράγοντες ανεξάρτητους από τους αναφερθέντες. Άρα τελικά και η τρίτη μεταβλητή είναι ανεξάρτητη από τις δύο πρώτες. Οι δοκιμές εκτελέστηκαν με τσιμέντα CEM II B-M 32.5μ CEM II A-L 42.5 και CEM I 42.5. Στον πίνακα 1 δίνεται το εύρος μεταβολής των τριών μεταβλητών.

Πίνακας 1. Εύρος μεταβολής των ανεξάρτητων μεταβλητών

	Στροφές Δ/Χ (RPM)	Ταχύτητα αέρα u_{Air} , m/sec	Λόγος ανακυκλοφορίας, CR
Εύρος	1700 – 2100	4-13	0.5

Ακολουθήθηκε η παρακάτω πειραματική διαδικασία:

(i) Για διαφορετικές τριάδες των μεταβλητών εισόδου λαμβάνονται δείγματα από τα τρία ρεύματα των Δ/Χ: Τροφοδοσία, επιστροφές, λεπτό προϊόν. Οι στροφές μεταβάλλονται αυτόματα μέσω του λογισμικού ρύθμισης της λειτουργίας του MT. Η παροχή αέρα μεταβάλλεται με ρύθμιση των dumper εξαγωγής των αερίων από τον Δ/Χ.

(ii) Καταγράφονται οι στροφές του Δ/Χ

(iii) Μετρούνται η παροχή αερίων και η θερμοκρασία τους στον αγωγό μετά το φίλτρο, ώστε η παροχή να μετατραπεί σε Nm^3/sec . Για γνωστή διατομή του αγωγού, υπολογίζεται έτσι η ταχύτητα στο αγωγό.

(iv) Στα τρία ρεύματα μετρούνται οι κοκκομετρίες είτε με ακτίνες laser είτε με ξηρή κοσκίνηση στις παρακάτω διαστάσεις x_i σε μικρά: 315, 200, 160, 125, 90, 80, 63, 40, 32, 24, 16, 12, 8, 6, 4, 3, 2, 1.

(v) Μέσω μη γραμμικής παλινδρόμησης υπολογίζεται ο λόγος ανακυκλοφορίας με βάση τις εξισώσεις (3)

(vi) Υπολογίζονται για κάθε διάσταση x_i οι εκλεκτικότητες s_i με βάση την εξίσωση (4). Κατασκευάζεται έτσι για κάθε τριάδα τιμών των μεταβλητών η πρωτογενής καμπύλη Tromp.

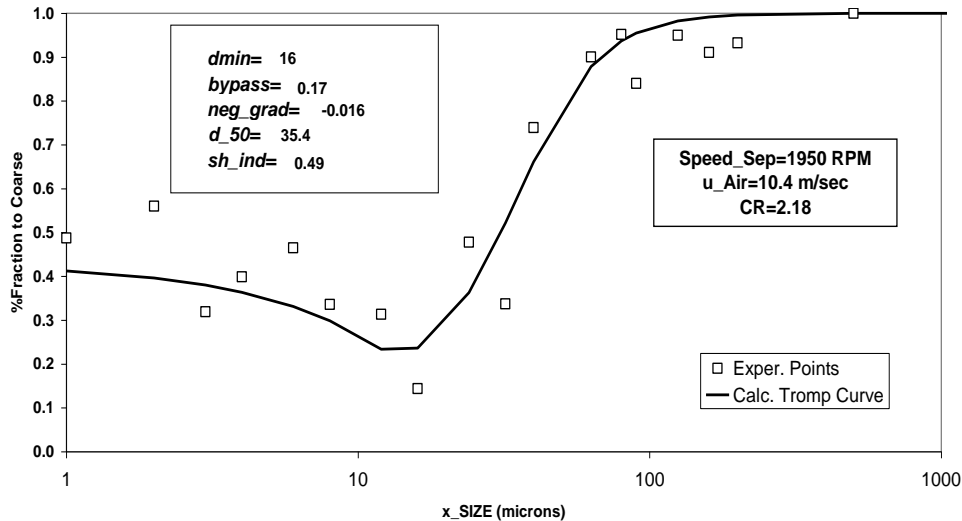
Η διαδικασία αυτή εφαρμόστηκε σε 20 ομάδες πειραματικών δεδομένων που λήφθηκαν σε ένα χρονικό διάστημα 4 μηνών, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι υπάρχουσες διαταραχές και το μαθηματικό πρότυπο να έχει γενικότερη ισχύ για το συγκεκριμένο κλειστό κύκλωμα μύλου που εφαρμόστηκε.

3.2 Μοντελοποίηση της λειτουργίας του δυναμικού αεροδιαχωριστή

Για κάθε ομάδα πειραματικών τιμών εφαρμόζεται το μοντέλο που περιγράφεται με τις εξισώσεις (5) – (7) και μέσω μη γραμμικής παλινδρόμησης υπολογίζονται οι παράμετροί του. Ένα τυπικό παράδειγμα εφαρμογής του προτύπου δίνεται στο σχήμα 4.

Με τον τρόπο αυτό για κάθε ομάδα πειραματικών τιμών υπολογίζεται μια ομάδα παραμέτρων του μοντέλου της καμπύλης διαχωρισμού. Στη συνέχεια συσχετίστηκαν αυτές οι μεταβλητές με τις παραμέτρους

λειτουργίας του συστήματος δηλ. στροφές Δ/Χ, παροχή αερίων και λόγο ανακυκλοφορίας.



Σχήμα 4. Εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου της καμπύλης διαχωρισμού (Tromp).

Η αρνητική κλίση, neg_grad , θεωρείται ανεξάρτητη των λειτουργικών παραμέτρων. Ως τιμή της παραμέτρου αυτής θεωρείται η μέση τιμή των βέλτιστων τιμών που προέκυψαν από όλες τις ομάδες των πειραματικών δεδομένων. Επίσης από τις πειραματικές τιμές προέκυψε μια κοινή βέλτιστη τιμή του $d_{min}=16$ μ. Οι υπόλοιπες παράμετροι του μοντέλου συσχετίζονται με τις λειτουργικές παραμέτρους με εκθετική σχέση της μορφής (8):

$$Y = A \cdot \left(\frac{RPM}{1000}\right)^B \cdot (CR)^C \cdot \left(\frac{u_{Air}}{10}\right)^D \quad Y = bypass, d_{50}, S.I. \quad (8)$$

Άρα απαιτείται κατ' αρχήν ο υπολογισμός 12 παραμέτρων A,B,C,D 4 για κάθε μία από παραμέτρους $bypass$, d_{50} , S.I. Η βελτιστοποίηση έγινε με χρήση F-test και οι υπολογιζόμενες παράμετροι δίνονται στον πίνακα 2:

Πίνακας 2. Συντελεστές της εξίσωσης (8)

Συντελεστής	A	B	C	D
d_{50}	77.08	-0.6307	-0.2877	0
$bypass$	0.1233	-0.2597	1.1341	0
S.I	0.4611	0	0	-0.2251

Από τον πίνακα 2 συμπεραίνεται ότι αύξηση των στροφών του Δ/Χ μειώνει την διάμετρο αποκοπής, d_{50} , και το $bypass$, ενώ δεν δείχνει να

επιδρά στον δείκτη οξύτητας, S.I. Άρα εφόσον το προϊόν είναι λεπτότερο από το ένα μέρος αυξάνει βαθμός ανακυκλοφορίας, CR, ενώ από το άλλο μέρος εφόσον το bypass μειώνεται, η τιμή του CR μειώνεται. Η βιομηχανική εμπειρία δείχνει ότι η συνολική επίδραση της αύξησης των στροφών είναι η παραγωγή μεν λεπτότερου προϊόντος, αύξηση όμως του λόγου ανακυκλοφορίας, άρα για ίδια παροχή τροφοδοσίας στον διαχωριστή, μείωση της παραγωγής του MT.

Αύξηση της παροχής των αερίων μειώνει την τιμή του S.I. με αποτέλεσμα το προϊόν να είναι χονδρότερο. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του λόγου ανακυκλοφορίας και για ίδια παροχή τροφοδοσίας στον Δ/Χ αύξηση της παραγωγής.

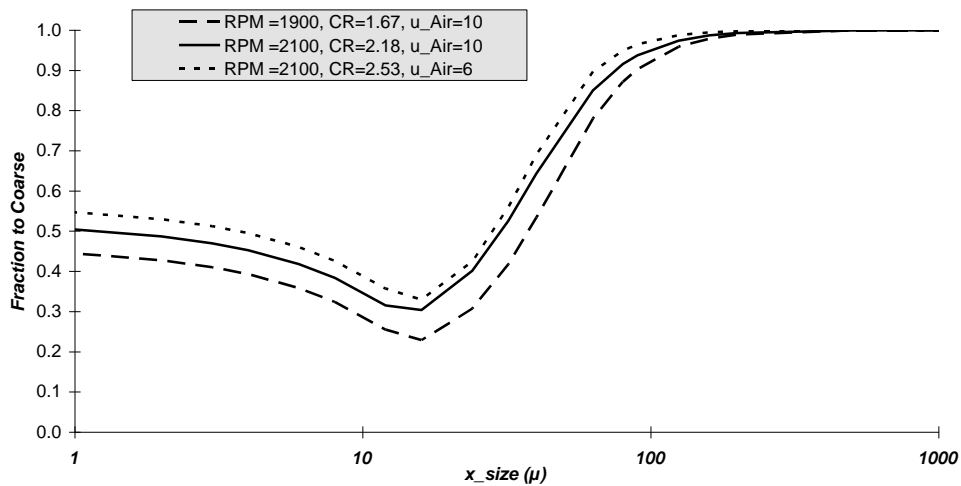
Για παραγωγή ίδιου τύπου τσιμέντου και επίδοση την αλεστικών του MT, η τιμή του CR εξαρτάται πέραν από τις στροφές του Δ/Χ και την παροχή αερίων και από την παροχή τροφοδοσίας του MT και αυξάνει όταν η παροχή τροφοδοσίας αυξάνει. Αύξηση του CR για ένα από τους παραπάνω λόγους οδηγεί σε μείωση του d_{50} και αύξηση του bypass, γεγονός που οδηγεί σε λεπτότερο προϊόν αλλά και παραπέρα αύξηση των επιστροφών. Όταν ο λόγος ανακυκλοφορίας δεν είναι βέλτιστος, το γεγονός αυτό οδηγεί προς την βελτιστοποίησή του. Όταν όμως ξεπεράσει τη βέλτιστη τιμή, οδηγεί σε υπερφόρτωση και μη ομαλή λειτουργία του κυκλώματος. Επιπλέον η υπερφόρτωση οδηγεί σε πιο χονδρό προϊόν εξαγωγής από τον MT το οποίο τροφοδοτείται στον Δ/Χ άρα και σε πιο χονδρό προϊόν. Το γεγονός αυτό δηλώνει πως υπάρχει βέλτιστη τιμή του λόγου ανακυκλοφορίας, τόσο όσον αφορά το επίπεδο παραγωγικότητας του MT, όσο και το επίπεδο ποιότητας του λαμβανόμενου προϊόντος.

Η επίδραση των στροφών του Δ/Χ και της παροχής αερίων στην καμπύλη διαχωρισμού δίνεται στο σχήμα 5. Για μεταβολή των παραπάνω παραμέτρων υπολογίστηκε παράλληλα ο λόγος ανακυκλοφορίας, με την παραδοχή ίδιας κοκκομετρίας τροφοδοσίας του Δ/Χ, ώστε να κλείνει το ισοζύγιο μάζας μεταξύ των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον Δ/Χ.

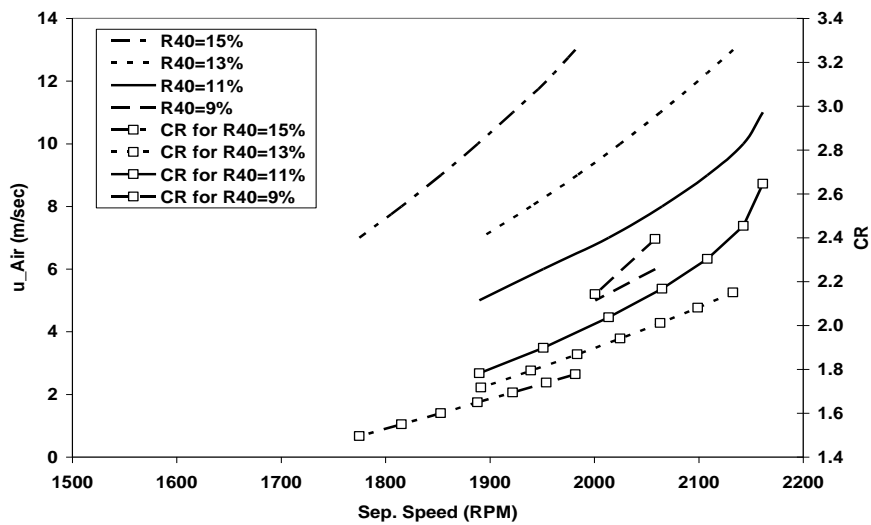
Η ρύθμιση της ποιότητας της τρέχουσας παραγωγής συνήθως γίνεται με έλεγχο της λεπτότητας ως % υπόλειμμα σε κάποιο κόσκινο. Στο εργοστάσιο ΧΑΛΥΨ γίνεται έλεγχος του υπολείμματος στο κόσκινο των 40 μικρών, %R40. Στους δυναμικούς Δ/Χ ορισμένος στόχος λεπτότητας μπορεί να επιτευχθεί με ρύθμιση των στροφών του Δ/Χ και της παροχής αερίων.. Στο σχήμα 6 δίνονται οι συναρτήσεις μεταξύ στροφών Δ/Χ και ταχύτητας αερίων ώστε να επιτευχθεί ορισμένος στόχος %R40. Στο ίδιο διάγραμμα δίνεται για κάθε ζεύγος τιμών [RPM, u_{Air}] ο λόγος ανακυκλοφορίας που προκύπτει. Από το διάγραμμα αυτό παρατηρούνται τα εξής:

- Όταν η παροχή αερίων αυξάνει, για να επιτευχθεί ο στόχος λεπτότητας, απαιτείται σημαντική αύξηση των στροφών.

- Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σημαντική αύξηση του λόγου ανακυκλοφορίας, ειδικά όταν απαιτείται χαμηλό %R40
- Άρα η βέλτιστη ρύθμιση είναι συνάρτηση και των επιπέδων παραγωγικότητας και πιθανά και άλλων στόχων ποιότητας όπως η ειδική επιφάνεια



Σχήμα 5. Επίδραση της παροχής αέρα και στροφών Δ/X στην καμπύλη διαχωρισμού.



Σχήμα 6. Συνάρτηση μεταξύ της παροχής αέρα και στροφών Δ/X για ορισμένο στόχο λεπτότητας.

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία κατ' αρχήν εφαρμόστηκε ημειπειρικό μοντέλο προσομοίωσης της καμπύλης διαχωρισμού δυναμικού Δ/X 3^{ης} γενιάς του εργοστάσιου τσιμέντου ΧΑΛΥΨ. Η εφαρμογή βασίστηκε σε σημαντικό αριθμό βιομηχανικών πειραματικών δεδομένων. Τα πειράματα σχεδιάστηκαν σε μια ευρεία κλίμακα λειτουργικών παραμέτρων ώστε να αποκτήσουν γενικότερη σημασία εφαρμογής για το συγκεκριμένο κύκλωμα. Οι παράμετροι του μοντέλου της καμπύλης διαχωρισμού, παράκαμψη (bypass), διάσταση αποκοπής (d_{50}), συντελεστής οξύτητας (S.I.), συσχετίστηκαν με λειτουργικά στοιχεία του κυκλώματος, τις στροφές της δευτερεύουσας κίνησης του Δ/X , την παροχή αερίων μέσω του Δ/X και τον λόγο ανακυκλοφορίας. Με τον τρόπο αυτό για γνωστές λειτουργικές παραμέτρους μπορεί να υπολογιστεί η διαχωριστική ικανότητα του δυναμικού Δ/X .

Η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε τρέχουσα λειτουργία για ρύθμιση της τρέχουσας λεπτότητας του τσιμέντου που παράγεται, με την έκδοση των αντίστοιχων οδηγιών προς τους χειριστές, καθώς και για σχεδιαστικούς λόγους, όταν για ένα νέο τύπο τσιμέντου απαιτείται να τεθεί και να επιτευχθεί συγκεκριμένος στόχος ποιότητας.

5 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Austin, L.G., Klimpel, R.R. & Luckie, P.T. "Process Engineering of Size Reduction: Ball Milling", Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers, New York (1984)

Donsi, G., Sesti Osseo, L. & Schnato, M. "Experimental characterization of a short retention time gas – solid separator", Powder Technology, Vol. 85 (1995), 11-17

Espig, D., Reinsch, V., Langricht, W. & Meibner, T. "Advantages of computer modeling based mill audits and simulation using selected cement grinding plants", VDZ Congress, Dusseldorf (2002), 123-134

Lohnherr, L., von Seebach, M. & Rittscher, P. "High efficiency classifiers for air-swept mills as exemplified by the roller mill", Zement-Kalk-Gips, 10 (1987), 522-526

Τσαματσούλης, Δ., Φωτόπουλος, Α., Μαρίνος, Ι. & Παπαγιαννάκος, Ν.. "Προσομοίωση της άλεσης τσιμέντου σε βιομηχανική κλίμακα με μοντέλο αξονικής διασποράς", 3^ο Ελληνικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής, Αθήνα (2001).