

ΑΣΚΗΣΕΙΣ στο θέμα «Ελάττωση μεγέθους στερεών»

Προσοχή στις μονάδες και στις μετατροπές τους: Δύναμη: $N = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$, Ενέργεια: $J = N \cdot \text{m}$, Ισχύς: $W = J/\text{s}$, κατανάλωση ενέργειας στα μηχανήματα ελάττωσης μεγέθους: εκφράζεται συνήθως $\text{kW}/(\text{kg}/\text{s})$

1) Ένα υλικό θραύεται σε ένα σιαγωγικό θραυστήρα Blake, οπότε το μέσο μέγεθος των παραγομένων σωματιδίων ελαττώνεται από τα 50 mm στα 10 mm, ενώ η αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας είναι 13,0 $\text{kW}/(\text{kg}/\text{s})$. Επειδή στη διεργασία ελάττωσης μεγέθους στερεών (κατάτμηση) η κατανάλωση ενέργειας αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα, να υπολογιστεί ποια θα ήταν η απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας για τη θραύση του ίδιου υλικού από μέσο αρχικό μέγεθος 75 mm σε μέσο μέγεθος 25 mm, υποθέτοντας ότι ισχύει: (α) ο νόμος του Rittinger, και (β) ο νόμος του Kick. Ποιο από τα δύο αποτελέσματα θα μπορεί να θεωρηθεί περισσότερο αξιόπιστο και γιατί;

Υπόδειξη και αποτελέσματα: (α) Εφαρμόζοντας το νόμο του Rittinger: $E =$

$$K_R \cdot f_c \cdot \left(\frac{1}{L_2} - \frac{1}{L_1} \right)$$
 με τα αρχικά δεδομένα του προβλήματος (δηλ. ελάττωση μεγέθους

από τα 50 στα 10 mm) βρίσκουμε αρχικά το γινόμενο $K_R \cdot f_c = 162,5 \text{ kW} \cdot \text{s} \cdot \text{mm}/\text{kg}$. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ξανά τον ίδιο νόμο, βρίσκουμε τη ζητούμενη ενέργεια, που απαιτείται για τη θραύση του υλικού από τα 75 στα 25 mm ($E = 4,33 \text{ kW}/(\text{kg}/\text{s})$).

(β) Εφαρμόζουμε το νόμο του Kick ($E = K_k \cdot f_c \cdot \ln(L_1/L_2)$) επίσης 2 φορές (δηλ. αρχικά για να βρούμε το γινόμενο $K_k \cdot f_c (= 8,87 \text{ kW}/(\text{kg}/\text{s}))$ και στη συνέχεια την απαιτούμενη ενέργεια ($E = 8,81 \text{ kW}/(\text{kg}/\text{s})$).

2) Ένας θραυστήρας χρησιμοποιείται για τη θραύση ενός υλικού με αντοχή θραύσης 22,5 MN/m^2 . Το μέγεθος της τροφοδοσίας είναι -50+40 (mm) και η αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας είναι 13,0 $\text{kW}/(\text{kg}/\text{s})$. Να υπολογιστεί ποια θα ήταν η απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας για τη θραύση 1 kg/s ενός υλικού αντοχής θραύσης 45 MN/m^2 από αρχική τροφοδοσία -45+40 (mm) προς ένα προϊόν μέσου μεγέθους 0,50 mm. Η κοκκομετρική ανάλυση του προϊόντος στην πρώτη περίπτωση ήταν η ακόλουθη:

Μέγεθος ανοίγματος κοσκίνου (mm)	% προϊόντος
-6,00	100
+4,00	26
+2,00	18
+0,75	23
+0,50	8
+0,25	17
+0,125	3
-0,125	5

Υπόδειξη και αποτελέσματα: Αρχικά θα πρέπει να βρούμε ένα κατάλληλο μέγεθος, που να παριστάνει τη μέση τιμή του προϊόντος. Για το λόγο αυτό μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε τη μέθοδο του Bond (δηλ. θα πάρουμε το μέγεθος του ανοίγματος μέσα από το οποίο θα περάσει περίπου το 80% του υλικού (π.χ. θα είναι περίπου 4 mm), είτε η τιμή του μέσου μεγέθους θα υπολογιστεί στατιστικά από τη σχέση $d = \frac{\sum n_i \cdot d_i^4}{\sum n_i \cdot d_i^3}$ (βασισμένη στο βάρος ή στον όγκο), κάνοντας τους σχετικούς υπολογισμούς (σε Πίνακα, όπου π.χ. το μέσο d_i θα είναι για την πρώτη περίπτωση 5,00 και το γινόμενο ($n_i \cdot d_i$) = 0,26). Στη συνέχεια, θα χρησιμοποιήσουμε το νόμο του Kick (εφόσον πρόκειται για χονδρομερή

θραύση) 2 φορές: αρχικά για να βρούμε από τα δεδομένα του προβλήματος (δηλ. για την ελάττωση μεγέθους από τα 45 στα 4 mm) την τιμή του συντελεστή K_k (= 0,239 kW/(kg/s)·(m²/MN) και στη συνέχεια, για να βρούμε την απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας για τη ελάττωση μεγέθους από τα 42,5 στα 0,50 mm.

3) Ένας θραυστήρας απαιτεί 3 kW για τη θραύση ενός υλικού, που τροφοδοτείται με ταχύτητα 0,3 kg/s, από αρχικό μέγεθος 12,5 mm σε προϊόν με την ακόλουθη κοκκομετρική ανάλυση:

80%	3,175 mm
10%	2,5 mm
10%	2,25 mm

Πόση ενέργεια απαιτείται για να θραύσει ο ίδιος θραυστήρας 0,3 kg/s του ίδιου υλικού από τα 7,5 mm στα 2,0 mm;

Υπόδειξη και αποτελέσματα: Σύμφωνα με τη μέθοδο του Bond (d_{80}) η μέση διάμετρος του προϊόντος είναι 3,175 mm. Με βάση το μέγεθος του προϊόντος η θραύση αυτή θεωρείται ενδιάμεση, οπότε χρησιμοποιείται (2 φορές) ο νόμος του

Bond: $E = 2C \sqrt{\frac{1}{L_2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{q}}\right)}$, όπου $E = 3/0,3 = 10$ kW/(kg/s), $L_1 = 12,5$ mm, $L_2 =$

3,1 mm, άρα $q = L_1/L_2 = 4,03$. Αρχικά βρίσκουμε την τιμή της σταθεράς C (= 17,54 με τις ανάλογες μονάδες) και στη συνέχεια, εφαρμόζοντας εκ νέου το νόμο του Bond βρίσκουμε την απαραίτητη για τη ζητούμενη ελάττωση του μεγέθους (από τα 7,5 στα 2,0 mm): $E = 12$ kW/(kg/s). Άρα, για τα 0,3 kg/s απαιτούνται $12 \cdot 0,3 = 3,6$ kW.

4) Σφαιρόμυλος που περιστρέφεται με κινητήρα ισχύος 100 kW θραύει 5 ton/h χαλαζία από τα 5 mm αρχικό μέγεθος σε 0,15 mm. Από εργαστηριακές μετρήσεις βρέθηκε, ότι απαιτείται ισχύς 1 kW για την παραγωγή 18.300 m²/h νέας επιφάνειας. Να υπολογιστεί η απαιτούμενη ισχύς για την παραγωγή της νέας επιφάνειας, καθώς και ο βαθμός απόδοσης του σφαιρόμυλου, εφόσον η πυκνότητα του χαλαζία είναι $\rho = 2700$ kg/m³ και ο συντελεστής μορφής (ή ομοιομορφίας) των σωματιδίων είναι $f_s = 10$.

Υπόδειξη και αποτελέσματα: Ισχύει: $S = S_2 - S_1$, όπου S είναι η νέα (παραγόμενη) ειδική επιφάνεια, S_1 είναι η αρχική ειδική επιφάνεια και S_2 είναι η τελική ειδική επιφάνεια. Επίσης: $S_{ολ} = S \cdot m$, όπου $S_{ολ}$ είναι η νέα ολική επιφάνεια και m είναι η μάζα του υλικού, καθώς και $S = f_s / \rho \cdot L$, όπου L είναι το μέγεθος του υλικού. Άρα $S_1 = 0,74$ m²/kg, $S_2 = 24,74$ m²/kg, $S = 24$ m²/kg και $S_{ολ} = 24 \cdot 5.000$ (kg) = 120.000 m²/h. Επομένως, η απαιτούμενη ισχύς για την παραγωγή της νέας επιφάνειας θα είναι: $1 \cdot 120.000 / 18.300 = 6,5$ kW, ενώ ο βαθμός απόδοσης του σφαιρόμυλου:

(απαιτούμενη ισχύς/διατιθέμενη ισχύς) = $6,5 / 100$ kW(%) = 6,5%

Ερωτήσεις στο κεφάλαιο/θέμα «Ελάττωση μεγέθους στερεών»

- 1) Για ποιους λόγους χρειάζεται (ή εφαρμόζεται στην πράξη) η ελάττωση μεγέθους των στερεών;
- 2) Ποια είναι τα χαρακτηριστικά μιας ιδανικής συσκευής λειοτρίβησης;
- 3) Ποιος θεωρείται ως ο επικρατέστερος σήμερα μηχανισμός ελάττωσης μεγέθους των στερεών (σύντομη περιγραφή);
- 4) Πως χρησιμοποιείται (κατανέμεται) η προσδιδόμενη ενέργεια σ' ένα θραυστήρα;
- 5) Που αποσκοπεί ο σχεδιασμός των αντίστοιχων μηχανημάτων;
- 6) Ποιοι είναι οι κυριότεροι τρόποι για τη βασική ταξινόμηση των μεθόδων ελάττωσης μεγέθους των στερεών, ανάλογα με την εφαρμοζόμενη δύναμη; – να δοθούν και σχετικά (απλά) παραδείγματα.
- 7) Ποια είναι τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται κυρίως για την ταξινόμηση των μηχανημάτων ελάττωσης μεγέθους των στερεών; (Ανάλογα με το μέγεθος της τροφοδοσίας και του προϊόντος και ανάλογα με τη φύση των δυνάμεων που εφαρμόζονται).
- 8) Ποιοι είναι οι κυριότεροι τρόποι τροφοδοσίας του υλικού στα μηχανήματα ελάττωσης μεγέθους των στερεών (απλή διέλευση-στραγγαλιστική τροφοδοσία);
- 9) Να περιγραφεί με συντομία το ανοικτό και το κλειστό κύκλωμα θραύσης και να γίνει ανάλογο περιγραφικό σκαρίφημα.
- 10) Τι είναι η υγρή κατάτμηση – να συγκριθεί με την ξηρή.
- 11) Ποιες είναι (να περιγραφούν με συντομία) οι κυριότερες ιδιότητες της τροφοδοσίας, που ενδιαφέρουν την ελάττωση μεγέθους των στερεών;
- 12) Ποια είναι τα κριτήρια ικανοποιητικής λειτουργίας των μηχανημάτων ελάττωσης μεγέθους;
- 13) Τι ονομάζουμε «γωνία σύλληψης» των στερεών στους θραυστήρες;
- 14) Θραυστήρες με σιαγόνες: σύντομη περιγραφή και λειτουργία τους.
- 15) Σφαιρόμυλοι: σύντομη περιγραφή και λειτουργία τους.
- 16) Στροβικοί/κωνικοί θραυστήρες: σύντομη περιγραφή και λειτουργία τους.
- 17) Κυλινδρόμυλοι: σύντομη περιγραφή και λειτουργία τους.
- 18) Σφαιρόμυλοι: κατηγορίες και σύντομη περιγραφή τους.
- 19) Κυλινδρο-κωνικός σφαιρόμυλος: σύντομη περιγραφή και λειτουργία του.
- 20) Ραβδόμυλοι: σύντομη περιγραφή και λειτουργία τους.
- 21) Τι ονομάζουμε «κρίσιμη ταχύτητα» κατά τη λειτουργία ενός σφαιρόμυλου;
- 22) Μηχανές τριβής: κατηγορίες και σύντομη περιγραφή τους.
- 23) Μύλοι ενέργειας ρευστών: σύντομη περιγραφή και λειτουργία τους.
- 24) Αναδευόμενοι μύλοι: σύντομη περιγραφή και λειτουργία τους.
- 25) Κολλοειδείς μύλοι: σύντομη περιγραφή και λειτουργία τους.
- 26) Κοπτικές μηχανές: σύντομη περιγραφή και λειτουργία τους.
- 27) Τι γνωρίζετε για το σχηματισμό των σταγονιδίων (ελάττωση μεγέθους υγρών);
- 28) Μέθοδοι αύξησης του μεγέθους των στερεών και σύντομη περιγραφή τους: (α) δισκιοποίηση, (β) εκβολή (έκχυση), (γ) ανάδευση, (δ) σχηματισμός τεμαχίων, (ε) θερμική συσσωμάτωση, (στ) κροκίδωση.