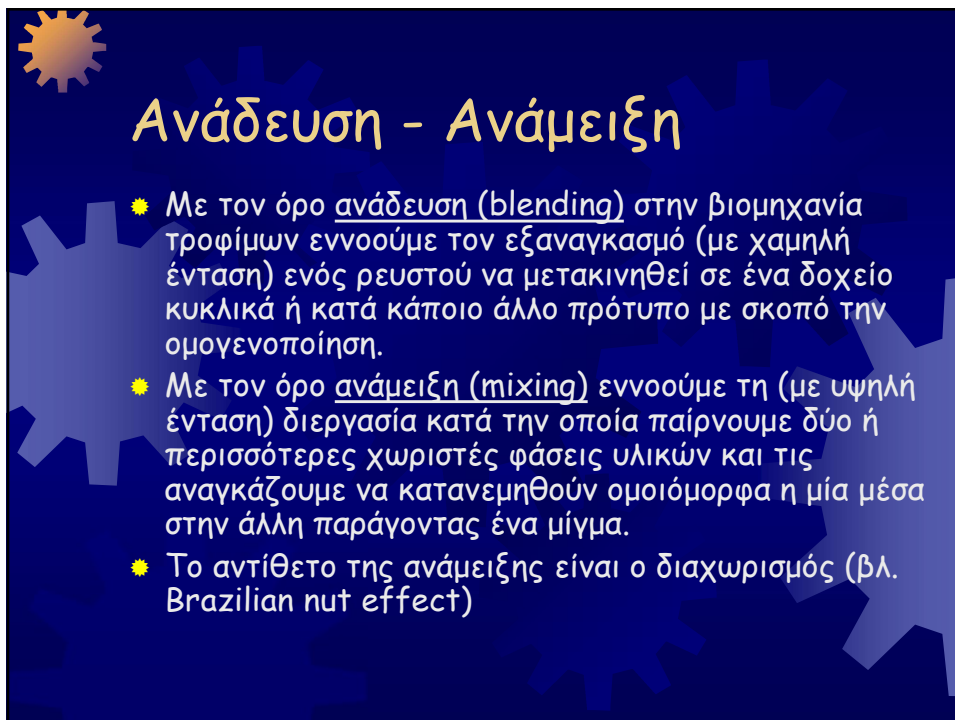




1



2

Αιτίες ανάδευσης και ανάμειξης ρευστών

- Παρασκευή μειγμάτων από δύο ή περισσότερα ρευστά
- Την διάλυση στερεών μέσα σε υγρά
- Την κατανομή ενός αερίου μέσα σε ένα υγρό
- Την ομοιόμορφη κατανομή λεπτών στερεών τεμαχιδίων σε ένα υγρό.
- Την ανάδευση του ρευστού για να αυξηθεί ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας.
- Την ανάδευση στερεών μέσα σε υγρό για την αύξηση των ρυθμών μεταφοράς μάζας.

3

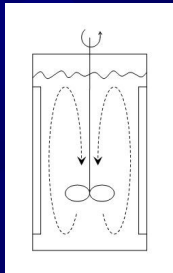
Εξοπλισμός ανάδευσης

- Η ανάδευση γίνεται μέσα σε κυλινδρικά και μεταλλικά δοχεία που μπορεί να είναι ανοικτά ή κλειστά.
- Ανάλογα με το είδος του εξοπλισμού που αναγκάζει το ρευστό σε ανάδευση διακρίνουμε:
 - Αναδευτήρες προπέλας
 - Αναδευτήρες με κατακόρυφα πτερύγια
 - Αναδευτήρες τουρμπίνας
- Οι αναδευτήρες παίρνουν κίνηση από ηλεκτρικό κινητήρα.

4

Αναδευτήρας προπέλας

- Κλασικός αναδευτήρας (τύπου θαλάσσης). Μπορεί να είναι προσαρμοσμένος πλευρικά στην δεξαμενή ή δεμένος κατακόρυφα ή σε έκκεντρη θέση.
- Οι ταχύτητες περιστροφής είναι 400 - 1750 rpm.
- Το πρότυπο ροής του ρευστού στην περίπτωση αυτή είναι αξονικό (αξονική ή κατακόρυφη ροή) αφού εξαναγκάζεται να κινηθεί κατά μήκος του άξονα του αναδευτήρα.



5

Αναδευτήρες κατακόρυφων πτερυγίων

- Φέρουν 2 ή περισσότερα πτερύγια συγκεκριμένου μήκους.
- Χρησιμοποιούνται σε χαμηλές ταχύτητες (20-200 rpm).
- Σε χαμηλές ταχύτητες επιτυγχάνουν ήπια ανάδευση, ενώ για υψηλότερες ταχύτητες απαιτούνται δεξαμενές με ανακλαστές.
- Δεν είναι αποτελεσματικός τύπος για ανάμειξη γιατί το πρότυπο της ροής του ρευστού είναι περισσότερο ακτινωτό (ακτινωτή ροή).
- Σε παχύρευστα (και μη νευτώνεια) χρησιμοποιείται ο αναδευτήρας τύπου άγκυρας.

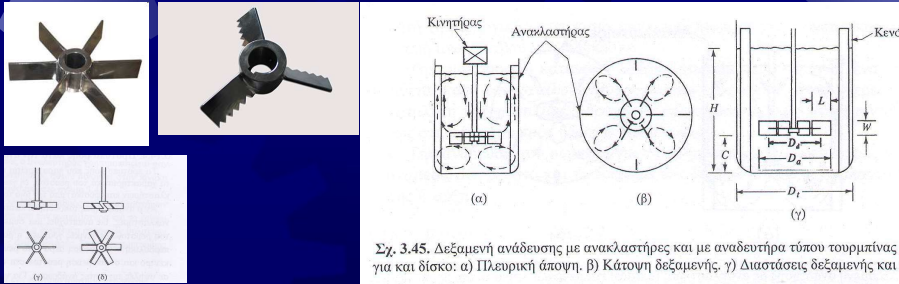


6



Αναδευτήρες τουρμπίνας

- Σαν τους αναδευτήρες πτερυγίων αλλά με περισσότερα και κοντότερα πτερύγια.
- Χρησιμοποιούνται σε ρευστά με μεγάλο φάσμα ιξώδους και σε υψηλές ταχύτητες.
- Κατάλληλοι για διασπορά αερίου μέσα στο ρευστό.
- Επιτυγχάνουν σε κάποιο βαθμό εκτός από ακτινωτή και αξονική ροή (αναδευτήρες τουρμπίνας με κεκλιμένα πτερύγια).



Σχ. 3.45. Δεξαμενή ανάδευσης με ανακλαστήρες και με αναδευτήρα τύπου τουρμπίνας με 6 πτερύγια και δίσκο: α) Πλευρική άποψη, β) Κάτοψη δεξαμενής, γ) Διαστάσεις δεξαμενής και αναδ.

7



Επιλογή αναδευτήρα

Περιοχή Ιξώδους

- 500-1000 Pa·s
- 50-500 Pa·s
- < 100 Pa·s
- < 3 Pa·s

Τύπος Αναδευτήρα

- Ελικοειδείς ή με ελάσματα
- Τύπου άγκυρας
- Αναδευτήρες τουρμπίνας
- Αναδευτήρες με φτερωτή θαλάσσης

8

Πρότυπα ροής κατά την ανάδευση

☀ Το πρότυπο ροής του ρευστού εξαρτάται από:

- Τα χαρακτηριστικά του ρευστού
- Την γεωμετρία της δεξαμενής
- Τον τύπο και τα χαρακτηριστικά του αναδευτήρα.

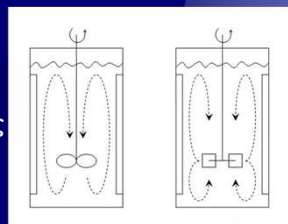
☀ Τα πρότυπα ροής που επιτυγχάνονται είναι κυρίως:

- Αξονική (κατακόρυφη) ροή
- Ακτινωτή ροή
- Στροβιλώδης (τυρβώδης) ροή

☀ $Re = \rho \cdot N \cdot D^2 / \mu$, όπου

ρ η πυκνότητα, N η συχνότητα περιστροφής
 D η διάμετρος του αναδευτήρα, μ το ιξώδες

☀ $Re < 10$ (ποτάμια), $Re > 10^4$ (τυρβώδης)



Φτερωτής

Τουρμπίνες/ελάσματα

9

Τυπικές γεωμετρικές αναλογίες

☀ $Da/Dt = 0.3-0.5$

☀ $W/Da = 1/5$

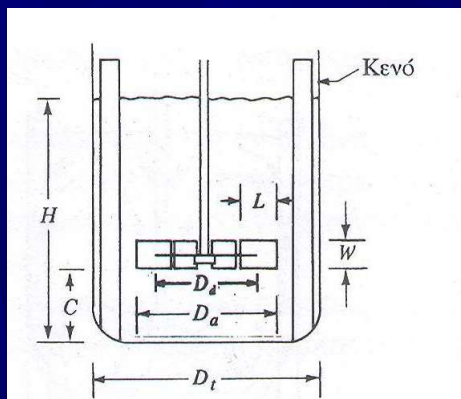
☀ $H/Dt = 1/3$

☀ $Dd/Da = 2/3$

☀ $C/Dt = 1/3$

☀ $L/Da = 1/4$

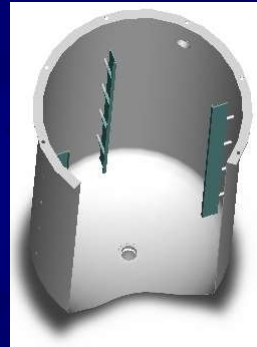
☀ $J/Dt = 1/2$



10

Ανακλαστήρες δεξαμενών

- Οι ανακλαστήρες είναι μεταλλικές λάμες οι οποίες τοποθετούνται κάθετα στις πλευρές των δεξαμενών ώστε να αναγκάζουν λεπτόρευστα υγρά σε ένα συγκεκριμένο πρότυπο ανάδευσης.
- Ο αριθμός τους είναι 3-4 και οι διαστάσεις σχετικά σταθερές (1/10 για μετρικό σύστημα και 1/12 για αγγλοσαξονικό).
- Ενίοτε έχουν τροποποιημένο σχήμα (πχ U).



11

Θεωρία ανάμιξης - ανάδευσης

- Η διαδικασία της ανάμιξης μπορεί έως ένα βαθμό να μοντελοποιηθεί μαθηματικά με την χρήση εμπειρικών εξισώσεων:
- Είδος ροής: $Q = Fl \cdot N \cdot D^3$
- Απαιτούμενη ισχύς: $P = Po \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D^5$ (στροβιλώδης ροή)
 $P = Kp \cdot \mu \cdot N^2 \cdot D^3$ (ποτάμια ροή)
- θ_{95} : Χρόνος ανάδευσης για να επιτευχθεί το 95% της τελικής συγκέντρωσης:

$$\theta_{95} = \frac{5.40}{P_o^{\frac{1}{3}} N} \left(\frac{T}{D}\right)^2 \text{ (Turbulent regime)}$$

$$\theta_{95} = \frac{34596}{P_o^{\frac{1}{3}} N^2 D^2} \left(\frac{\mu}{\rho}\right) \left(\frac{T}{D}\right)^2 \text{ (Transitional region)}$$

$$\theta_{95} = \frac{896 * 10^3 K_p^{-1.69}}{N} \text{ (Laminar regime)}$$

P_o = αδιάστατος αριθμός ισχύος
 ρ = πυκνότητα
 N = rps (rotations per second)
 D = διάμετρος αναμείκτη
 K_p = σταθερά ροής
 μ = ιξώδες
 Fl = αριθμός από πίνακες ροής

12

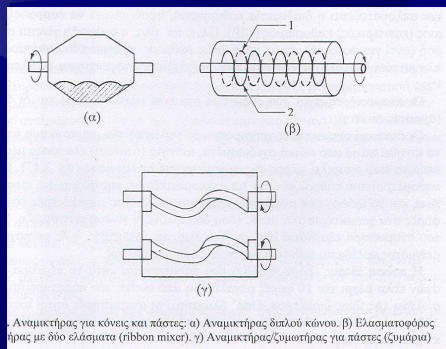
Εξειδικευμένα συστήματα ανάδευσης

- Σε κάποιες περιπτώσεις απαιτούνται ειδικά συστήματα ανάδευσης με εξαρτώμενες παραμέτρους.
 - Αιωρήματα στερεών (π.χ. βιολογικούς αντιδραστήρες, αιωρήματα καταλυτών, γαλακτώματα εξαρτώμενα από τον χρόνο καθίζησης)
 - Διαφορικοί χρόνοι ανάμειξης (προσομοίωση με χρήση ισοδύναμων ποσοτήτων οξέος και βάσης)
 - Διασπορά αερίων και υγρών σε υγρά

13

Ανάμειξη κόνεων και παχύρευστων υλικών

- Αναμικτήρες τύπου ανατροπέα (πχ διπλού κώνου)
- Αναμικτήρες τύπου V ή κυλινδρικού τύπου
- Στατικοί κύλινδροι (απλοί ή με πολλαπλούς εσωτερικούς αναδευτήρες)



14

ανατροπέας διαμητικός επιλογής δοχείου

διπλού βραχίονα ελασματοφόρος

ΤΥΠΟΙ
ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΩΝ
ΓΙΑ ΖΥΜΑΡΙΑ ΚΑΙ
ΠΑΣΤΕΣ

15

Αναμικτήρας συνεχούς ροής

- Σε βιομηχανικές εφαρμογές όπου απαιτούνται μεγάλες δυναμικότητες και συνεχή ροή χρησιμοποιούνται αναμικτήρες συνεχούς ροής (στατικοί και δυναμικοί).
- Με τους αναμικτήρες αυτούς: μειώνονται οι ανάγκες σε χώρο, μηδενίζεται ο παρακρατούμενος όγκος και απλουστεύεται η διαδικασία καθαρισμού (Clean-In-Place).

16



Στατικός αναμικτήρας συνεχούς ροής

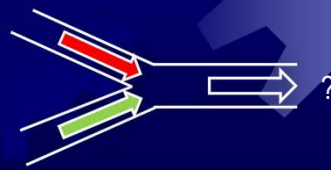
Δυναμικός αναμικτήρας συνεχούς ροής



17

Άσκηση

- Ποιο πρέπει να είναι το ύψος του κενού χώρου μεταξύ ενός αναδευτήρα και του πυθμένα του δοχείου ανάδευσης όταν η διάμετρος του τελευταίου είναι 1 μέτρο?
- Δύο χρωματισμένα ρευστά (πράσινο και κόκκινο) πυκνότητας 800 kg/m^3 και ιξώδους $1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, εισέρχονται σε ένα σωλήνα 5m (σχήματος Y, 25cm ID) με ταχύτητα 2 m/s σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα. Τι χρώμα αναμένεται να έχει το ρευστό που εξέρχεται από τον σωλήνα?



18