



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **27907** (13) **U**
(51) МПК (2006)
B01J 8/00
B01J 8/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КОГЕЗІЙНИХ СИЛ ПЛІВКОУТВОРЮЮЧИХ СИСТЕМ /РОЗЧИНІВ/ ПРИ ЗЛИПАННІ ЧАСТИНОК

1

2

(21) u200704216

(22) 16.04.2007

(24) 26.11.2007

(72) УСТЯНИЧ АНТОН ЄВГЕНОВИЧ, УСТЯНИЧ
ЄВГЕН ПЕТРОВИЧ, UA

(73) УСТЯНИЧ АНТОН ЄВГЕНОВИЧ, УСТЯНИЧ
ЄВГЕН ПЕТРОВИЧ, UA

(56)

(57) 1. Спосіб визначення когезійних сил плівкоутворюючих систем (розчинів) при злипанні частинок у процесі їх капсулювання, який включає визначення сил розриву злипання частинок, питомої енергії когезії (ПЕК) плівкоутворюючого розчину і його питомої когезійної міцності у момент розриву злипання, який **відрізняється** тим, що визначення когезійних сил злипання (КС), питомої енергії когезії (ПЕК), питомої когезійної міцності (ПКМ) плівкоутворюючих розчинів здійснюють при допомозі шарнірно укріпленої плоскої поверхні і дослідного зразка (частинки) сферичної, циліндричної чи довільної форми з плоскими гранями, шляхом визначення кута φ нахилу площини, при якому настає рівновага сил злипання і сил скошування чи зсуву дослідного зразка по змоченій досліджуванним розчином похилій площині.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що об'єм розчину в капілярній манжеті V_k між сферичною чи циліндричною частинкою і плоскою поверхнею приймають рівним половині об'єму манжети V_p між двома сферичними чи циліндричними частинками аналогічного розміру, при аналогічному периметрі змочування відповідних частинок для двох монодисперсних частинок сферичної форми визначають за рівнянням

$$V_k = 0.5 V_p;$$

$$V_p = 2\pi R^3 f_1(k);$$

$$k = \frac{r}{R};$$

$$f_1(k) = \left[1 - \sqrt{k(2+k)} \arcsin \frac{1}{1+k} \right] k^2.$$

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що площу злипання S_k сферичної частинки з плоскою поверхнею, в зоні контакту яких міститься розчин плівкоутворювача в кількості V_k , приймають рівною площі перерізу манжети між двома сферичними частинками аналогічного розміру з кількістю розчину в зоні контакту $V_k = 0.5 V_p$ і визначають за рівнянням

$$S_k = 2\pi R^2 f_2(k)$$

$$f_2(k) = k^2 + k - k\sqrt{2k+k^2}.$$

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що об'єм V_k розчину в капілярній манжеті між циліндричною частинкою і плоскою поверхнею визначають за рівнянням:

$$V_k = S_M \cdot L;$$

а) для статичної капілярної манжети

$$S_M = f(\gamma) \cdot R^2;$$

б) для динамічної капілярної манжети

$$S_M = f'(\gamma') \cdot R^2$$

$$f(\gamma) = \gamma \left(1 - 0.25\sqrt{4 - \gamma^2} \right) - \arcsin \frac{\gamma}{2},$$

$$f'(\gamma') = \gamma' \left(1 - 0.5\sqrt{1 - (\gamma')^2} \right) - 0.5 \arcsin \gamma',$$

$$\gamma = B / R;$$

$$\gamma' = B' / R,$$

$$B' \approx 0.62 B.$$

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що площу злипання (контакту) S_k циліндричної частинки з плоскою поверхнею, в зоні контакту яких міститься розчин плівкоутворювача в кількості V_k , визначають за рівнянням:

а) при горизонтальному положенні плоскої поверхні

$$S_k = L \cdot B';$$

б) при куті φ нахилу площини у момент рівноваги сил злипання і сил скошування

$$S'_k = L \cdot B'.$$

(13) **U**

(11) **27907**

(19) **UA**

6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що, незалежно від форми дослідного зразка, силу F_p розриву злипання визначають за рівнянням

$$F_p = mg \sin \varphi$$

7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що визначення роботи A розриву злипання частинок сферичної чи циліндричної форми здійснюють шляхом зрівноважування на похилій площині енергії когезійного злипання моментом сили M , створюваним силою розриву F_p , помноженою на радіус частинки R , який визначають за рівнянням

$$A = M = mgR \sin \varphi, \text{дж}$$

8. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що питому енергію когезії (ПЕК) плівкоутворюючого розчину в капілярній манжеті у момент розриву злипання частинки з плоскою поверхнею визначають за рівнянням:

а) для частинок сферичної чи циліндричної форми

$$\text{ПЕК} = \frac{mgR}{V_k} \sin \varphi, \text{дж} / \text{м}^3$$

б) для частинок з плоскими гранями

$$\text{ПЕК} = \frac{mgh}{V_k} \sin \varphi, \text{дж} / \text{м}^3$$

9. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що питому когезійну міцність σ_k (ПКМ) плівкоутворюючого розчину в капілярній манжеті у момент розриву злипання частинки з плоскою поверхнею визначають за рівнянням:

а) для сферичної частинки

$$\text{ПКМ} = \sigma_k = \frac{mgR}{V_k} \sin \varphi, \text{дж} / \text{м}^3 = \frac{3mg}{2\pi\beta \cdot R^2} \sin \varphi, \text{н} / \text{м}^2$$

$$\beta = \frac{V_p}{V_T}; \quad V_k = \frac{1}{2} V_p = \frac{1}{2} \beta \cdot V_T; \quad V_T = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad - \text{об'єм}$$

сферичної частинки, м^3 ,

б) для циліндричної частинки

$$\text{ПКМ} = \sigma_k = \frac{mgR}{V_k} \sin \varphi, \text{дж} / \text{м}^3 = \frac{mg}{\xi \cdot S_M} \sin \varphi, \text{н} / \text{м}^2$$

$\xi = \frac{L}{R}$ - відношення довжини L циліндричної частинки до її радіуса R ,

в) для частинки з плоскими гранями

$$\text{ПКМ} = \sigma_k = \frac{mgh}{V_k} \sin \varphi, \text{дж} / \text{м}^3 = \frac{mg}{S_k} \sin \varphi, \text{н} / \text{м}^2$$

10. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що питому когезійну міцність ($\text{ПКМ}^* = \sigma^*$) без врахування сил поверхневого натягу плівкоутворюючого розчину в капілярній манжеті у момент розриву злипання частинки з плоскою поверхнею визначають за рівнянням:

а) для частинок довільної форми у загальному вигляді

$$\text{ПКМ}^* = \sigma^* = \sigma_k - \frac{\sigma \cdot l}{S_k};$$

б) для частинок сферичної форми

$$\text{ПКМ}^* = \sigma^* = \sigma_k - 2\sigma \sqrt{\frac{\pi}{S_k}};$$

в) для частинок циліндричної форми

$$\text{ПКМ}^* = \sigma^* = \sigma_k - 2\sigma \frac{L + B'}{L \cdot B'}$$

11. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що силу F злипання частинок, обумовлену ПКМ плівкоутворюючого розчину в капілярній манжеті у момент розриву злипання, визначають за рівнянням:

$$F = \sigma_k S_k$$

12. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що силу злипання F_n , обумовлену поверхневим натягом розчину σ , н/м в капілярній манжеті, розраховують за рівняннями для частинок:

а) сферичної форми

$$F_n = 2\sigma \sqrt{\pi \cdot S_k}, \text{н};$$

б) циліндричної форми

$$F_n = 2\sigma(L + B);$$

в) довільної форми з плоскими гранями

$$F_n = \sigma \cdot l, \text{н}.$$

13. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що силу F_k злипання частинок, обумовлену ПКМ* без врахування сил поверхневого натягу, розраховують за рівнянням

$$F_k = \sigma^* S_k$$

14. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що, з метою запобігання зміні концентрації плівкоутворюючого розчину під час дослідження ПЕК і КС, дослідний зразок з розчином в зоні контакту з площиною поміщають в атмосферу насиченої пари відповідного розчинника.

Корисна модель стосується методів визначення когезійних сил (КС) в текучих речовинах (рідинах) і може бути використана, наприклад, при розрахунку сил злипання в капілярній манжеті, яку формує плівкоутворюючий розчин в зоні контакту частинок дисперсного матеріалу в процесі його капсулювання чи грануляції (агломерації) в апаратах псевдозрідженого шару (ПШ) і його модифікаціях, а також при визначенні границі стабільності

процесу капсулювання дисперсного матеріалу в апаратах названого типу.

Відомі способи визначення сил поверхневого натягу рідин, в основі яких лежить закон Лапласа. Сили поверхневого натягу приймають участь у злипанні частинок, але способи якими визначають ці сили не виділяють КС, які діють в об'ємі рідкої фази в капілярній манжеті і які інтенсивно нарастають при зміні агрегатного стану

плівкоутворюючого розчину в процесі капсулювання [1].

Відомий прилад для визначення впливу ПАВ на силу когезії при контакті частинок, який включає магнітоелектричний динамометр, вимірювання КС у якому здійснюють методом віддалення частинок одна від одної і фіксуванням сили розриву [2].

Цей спосіб мало придатний для визначення КС при капсулюванні дисперсних матеріалів, оскільки процес капсулювання лімітують сили злипання, які обумовлені поверхневим натягом розчину і когезійними силами в об'ємі капілярної манжети, а сили розриву виникають при зіткненнях частинок і діють переважно тангенціально, в результаті чого розрив злипання відбувається при зсуві однієї частинки відносно іншої, або внаслідок проколювання частинок одна по поверхні другої.

В основу корисної моделі поставлено задачу розробити наближений до реальних умов процесу капсулювання спосіб визначення КС при злипанні частинок, встановити критичну величину питомої (об'ємної) енергії когезії (ПЕК, Дж/м³) плівкоутворюючого розчину, і питомої когезійної міцності (ПКМ, Н/м²) розчину в момент розриву злипання, яка лімітує інтенсивність зрощення частинок при капсулюванні дисперсних матеріалів в апаратах ПШ і його модифікаціях, визначає границю переходу процесу капсулювання у процес грануляції (агломерації), а також дає можливість розраховувати границю стабільності процесу капсулювання названим способом.

Вирішення поставленої технічної задачі досягається тим, що у способі визначення когезійних сил плівкоутворюючих систем (розчинів), який включає визначення сил розриву злипання частинок, питому енергію когезії плівкоутворюючого розчину і його питому когезійну міцність в момент розриву злипання, згідно корисної моделі, когезійні сили злипання (КС, н), питому енергію когезії (ПЕК, Дж/м³) і питому когезійну міцність плівкоутворюючих розчинів (ПКМ, Н/м²) визначають при допомозі шарнірно укріпленої плоскої поверхні і дослідного зразка (частинки) сферичної, циліндричної, чи довільної форми з плоскими гранями, шляхом визначення кута φ нахилу площини, при якому настає рівновага сил злипання і сил скочування чи зсуву дослідного зразка по змоченій досліджуванним розчином похилій площині.

Об'єм розчину V_k в капілярній манжеті між сферичною чи циліндричною частинкою і плоскою поверхнею приймають рівним половині об'єму V_p такого ж розчину в капілярній манжеті між двома сферичними чи циліндричними частинками аналогічного розміру при однаковому периметрі змочування частинок

$$V_k = 0.5 V_p; (1)$$

Об'єм V_p розчину між монодисперсними сферичними частинками визначають за рівнянням

$$V_p = 2\pi R^3 f_1(k); (2)$$

$$f_1(k) = \left[1 - \sqrt{k(2+k)} \arcsin \frac{1}{1+k} \right] k^2;$$

$$k = \frac{r}{R};$$

r - радіус зовнішньої кривини меніска манжети, м; R - радіус сферичної частинки, м.

Площу злипання S_k сферичної частинки до плоскої поверхні, в зоні контакту яких міститься розчин в кількості V_k , приймають рівною площі перерізу манжети, утвореної розчином V_p між двома сферичними частинками, площиною, що проходить через точку контакту, і визначають за рівнянням

$$S_k = 2\pi R^2 f_2(k) (3)$$

$$f_2(k) = k^2 + k - k\sqrt{2k + k^2}.$$

Об'єм розчину V_k у капілярній манжеті між циліндричною частинкою і плоскою поверхнею визначають за рівнянням

$$V_k = S_M \cdot L; (4)$$

$$S_M = f'(\gamma') \cdot R^2 = f'(\gamma') \cdot R^2, (5)$$

$$f(\gamma) = \gamma \left(1 - 0.25\sqrt{4 - \gamma^2} \right) - \arcsin \frac{\gamma}{2}, (6)$$

$$f'(\gamma') = \gamma' \left(1 - 0.5\sqrt{1 - (\gamma')^2} \right) - 0.5 \arcsin \gamma', (7)$$

$$\gamma = B/R; \quad \gamma' = B'/R, (8)$$

L - довжина капілярної манжети, м; S_M - площа поперечного перерізу манжети, м²; B - ширина статичної манжети при горизонтальному положенні плоскої поверхні, м; B' - ширина динамічної манжети у момент рівноваги сил злипання і сил скочування при куті φ нахилу площини, м; R - радіус частинки (зразка), м.

Площу злипання S_k циліндричної частинки до плоскої поверхні визначають за рівняннями:

а) для статичної капілярної манжети при горизонтальному положенні плоскої поверхні

$$S_k = L \cdot B, (9)$$

б) для динамічної капілярної манжети S'_k у момент рівноваги сил злипання і сил скочування

$$S'_k = L \cdot B (10)$$

Для робочого діапазону зміни ширини капілярної манжети, переважно $(0.1R < B < 0.5R)$, ширина динамічної манжети

$$B' \approx 0.62B (11)$$

Силу розриву злипання F_p , не залежно від форми дослідного зразка (частинки), визначають за рівнянням

$$B' \approx 0.62B.$$

Роботу A розриву злипання частинок сферичної і циліндричної форми визначають шляхом врівноважування на похилій площині енергії когезійного злипання моментом сили M , створюваним силою розриву F_p помноженою на радіус частинки R . Величину цього моменту визначають за рівнянням

$$A = M = mgR \sin \varphi = V_T \rho_T R g \cdot \sin \varphi, \text{ Дж} \cdot (13)$$

Питому енергію когезії (ПЕК) плівкоутворюючого розчину в капілярній манжеті визначають за рівнянням:

а) для частинок сферичної і циліндричної форми

$$\text{ПЕК} = \frac{A}{V_k} = \frac{mgR}{V_k} \sin \varphi = \frac{V_{TP} g \cdot R}{V_k} \sin \varphi, \text{дж/м}^3, \quad (14)$$

б) для частинок з плоскими гранями

$$\text{ПЕК} = \frac{mgh}{V_k} \sin \varphi = \frac{F_p \cdot h}{V_k}, \text{дж/м}^3, \quad (15)$$

$$h = V_k / S_k.$$

Аналогічно визначають питому когезійну міцність (ПКМ) плівкоутворюючого розчину

а) для частинок сферичної форми

$$\text{ПКМ} = \sigma_k = \frac{mgR}{V_k} \sin \varphi, \text{дж/м}^3 = \frac{3F_p}{2\pi\beta \cdot R^2}, \text{н/м}^2, \quad (16)$$

$$\beta = \frac{V_p}{V_T}.$$

б) для частинок циліндричної форми

$$\text{ПКМ} = \sigma_k = \frac{mgR}{V_k} \sin \varphi, \text{дж/м}^3 = \frac{F_p}{\xi \cdot S_M}, \text{н/м}^2, \quad (17)$$

в) для частинок з плоскими гранями

$$\text{ПКМ} = \sigma_k = \frac{mgh}{V_k} \sin \varphi, \text{дж/м}^3 = \frac{F_p}{S_k}, \text{н/м}^2, \quad (18)$$

m - маса дослідного зразка (частинки), кг;

$\xi = \frac{L}{R}$ - відношення довжини циліндричної

частинки до її радіуса; h - товщина шару

розчину у зоні контакту, м; $h = \frac{V_k}{S_k}$.

Питому когезійну міцність розчину у момент розриву злипання без врахування сил поверхневого натягу (ПКМ*) визначають за рівнянням:

а) для частинок довільної форми у загальному вигляді

$$\text{ПКМ}^* = \sigma^* = \sigma_L - \frac{\sigma \cdot l}{S_k}. \quad (19)$$

б) для частинок сферичної форми

$$\text{ПКМ}^* = \sigma^* = \sigma_L - 2\sigma \sqrt{\frac{\pi}{S_k}}, \quad (20)$$

в) для частинок циліндричної форми

$$\text{ПКМ}^* = \sigma^* = \sigma_L - 2\sigma \frac{L+B'}{L \cdot B'}. \quad (21)$$

Силу F злипання частинок, обумовлену когезійними силами (КС) розчину у зоні контакту

а) в статичній капілярній манжеті визначають за рівнянням

$$F = \sigma_k S_k. \quad (22)$$

б) в динамічній капілярній манжеті визначають за рівнянням

$$F' = \sigma_k S'_k \quad (23)$$

Силу F_n злипання, обумовлену поверхневим натягом розчину σ , н/м у капілярній манжеті, розраховують за рівнянням (у загальному вигляді):

$$F_n = \sigma \cdot \Pi \quad (24)$$

а) для частинок сферичної форми

$$F_n = 2\sigma \sqrt{\pi \cdot S_k}, \quad (25)$$

б) для частинок циліндричної форми

$$F_n = 2\sigma(L+B) \quad (26)$$

в) для частинок з плоскими гранями

$$F_n = \sigma \cdot l \quad (27)$$

Силу F_k злипання частинок, обумовлену ПКМ* без врахування сил поверхневого натягу, розраховують за рівнянням

$$F_k = \sigma^* S_k \quad (28)$$

l - довжина периметра грані, по якій відбулося злипання, м; σ - поверхневий натяг розчину в капілярній манжеті, н/м.

d_{Tmin} - мінімальний розмір (діаметр) частинок дисперсного матеріалу, який можливо капсулювати в апаратах ПШ чи його модифікаціях; d_{kmax} - максимальний діаметр краплин плівкоутворюючого розчину, який наносять на дисперсний матеріал під час капсулювання; ρ_T - густина частинок дисперсного матеріалу, кг/м³; w - швидкість руху частинок в зоні напilenня розчину, м/с; σ_k - питома когезійна міцність (ПКМ) розчину у момент розриву злипання, н/м²; σ^* - питома когезійна міцність (ПКМ*) розчину у момент розриву злипання без врахування сил поверхневого натягу, н/м²; Π - периметр капілярної манжети, м.

З метою запобігти змiну концентрації досліджуваного розчину під час експериментального визначення КС, дослідний зразок з розчином у зоні контакту з площиною поміщають в атмосферу насиченої пари відповідного розчинника.

Визначення границі стабільності процесу капсулювання дисперсних матеріалів в апаратах ПШ і його модифікаціях, що включає встановлення взаємозв'язку між параметрами процесу і граничними розмірами (діаметром) частинок і краплин плівкоутворюючого розчину, згідно корисної моделі, встановлення взаємозв'язку між параметрами процесу капсулювання дисперсних матеріалів, властивостями плівкоутворюючого розчину, граничними розмірами (діаметром) частинок d_{Tmin} і краплин розчину d_{kmax} здійснюють шляхом розділення сил злипання F, обумовлених когезійними силами (КС) розчину в капілярній манжеті, на сили F_n які діють по периметру Π капілярної манжети і обумовлені поверхневим натягом розчину σ і сили F_k які діють по усій площі злипання частинок і обумовлені питомою когезійною міцністю σ^* без врахування сил поверхневого натягу і визначають за рівнянням

$$d_{Tmin} \geq \frac{6\sigma}{0,5\rho_T w^2 - \sigma^*} \geq \sqrt[3]{2} \cdot d_{kmax}. \quad (29)$$

Границю переходу процесу капсулювання дисперсного матеріалу у процес грануляції (агломерації) методом капсулювання визначають за рівнянням:

$$d_{Tmin} \geq \frac{6\sigma}{0,5\rho_T w^2 - \sigma^*} \geq \sqrt[3]{2} \cdot d_{kmax}. \quad (30)$$

Приклад здійснення способу визначення когезійних сил (КС) плівкоутворюючих систем (розчинів) при злипанні частинок і визначення границі стабільності процесу їх капсулювання в апаратах ПШ і їх модифікаціях.

В якості дослідного зразка використовуємо циліндрик діаметром $d = 10\text{мм}$ ($R = 5\text{мм}$), довжиною $L = 18\text{мм}$, маса циліндрика $m = 0,5\text{г}$.

В якості плоскої поверхні використовуємо скляну шарнірно укріплену пластину.

Досліджувана плівкоутворююча система - 0,5% водний розчин метилцелюлози МЦ-35.

Поверхневий натяг розчину $\sigma = 0,07028\text{н/м}$.

1. На горизонтально розміщену зволожену розчином скляну пластину кладемо дослідний зразок таким чином, щоб вісь циліндрика була паралельна вісі шарніру. В місці контакту дослідного зразка і скляної пластини утворюється статична капілярна манжета шириною B з досліджуваного розчину.

2. Заміряємо будь яким відомим методом ширину статичної капілярної манжети:

$B = 3\text{мм}$.

3. Розраховуємо об'єм розчину V_k у манжеті за рівняннями (4; 5; 6; 8):

$$V_k = L \cdot S_M;$$

$$S_M = f(\gamma) \cdot R^2 = f'(\gamma') \cdot R^2,$$

$$f(\gamma) = \gamma \cdot \left(1 - 0,25\sqrt{4 - \gamma^2}\right) - \arcsin \frac{\gamma}{2},$$

$$\gamma = B/R = 3/5 = 0,6$$

$$f(0,6) = 0,6 \cdot \left(1 - 0,25\sqrt{4 - 0,6^2}\right) - \arcsin \frac{0,6}{2} \approx 0,00926$$

$$S_M = f(0,6) \cdot R^2 = 0,2315 \cdot 10^{-6} \text{м}^2 = 0,2315 \text{мм}^2$$

$$V_k = L \cdot S_M = 4,167 \cdot 10^{-6} \text{м}^3 = 4,167 \text{мм}^3$$

Така кількість розчину міститься у сферичній

краплині діаметром $d_k = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V_k}{\pi}} \approx 2\text{мм}$.

4. Розраховуємо площу контакту дослідного зразка з плоскою поверхнею:

а) при статичній капілярній манжеті за рівнянням (9)

$$S_k = L \cdot B = 54 \cdot 10^{-6} \text{м}^2 = 54 \text{мм}^2$$

б) при динамічній капілярній манжеті за рівняннями (10; 11)

$$S'_k = L \cdot B' = 33,48 \cdot 10^{-6} \text{м}^2 = 33,48 \text{мм}^2$$

5. Визначаємо експериментально кут φ нахилу площини, при якому починається скочування зразка

$$\varphi = 17,5 \text{град.}$$

6. Розраховуємо силу розриву злипання за рівнянням (12):

$$F_p = mg \sin \varphi \approx 1,5 \cdot 10^{-3} \text{н}$$

7. Розраховуємо роботу розриву злипання за рівнянням (13):

$$A = M = F_p R \approx 7,5 \cdot 10^{-6}, \text{дж}$$

8. Розраховуємо питому енергію когезії (ПЕК) розчину за рівнянням (14)

$$\text{ПЕК} = \frac{A}{V_k} \approx 1770, \text{дж/м}^3.$$

9. Розраховуємо питому когезійну міцність (ІЖМ) розчину в момент розриву злипання за рівнянням (16):

$$\text{ПКМ} = \sigma_k = \frac{F_p}{\xi \cdot S_M} \approx 1770, \text{н/м}^2.$$

10. Розраховуємо сумарну силу злипання частинок, обумовлену КС розчину

а) в статичній капілярній манжеті за рівнянням (22):

$$F = \sigma_k S_k = 1770 \cdot 54 \cdot 10^{-6} \approx 95,6 \cdot 10^{-3} \text{н},$$

б) в динамічній капілярній манжеті за рівнянням (10; 20)

$$F' = \sigma_k S'_k = 1770 \cdot 33,48 \cdot 10^{-6} \approx 59,3 \cdot 10^{-3} \text{н}.$$

11. Розраховуємо силу злипання частинок обумовлену поверхневим натягом розчину

а) в статичній капілярній манжеті за рівнянням (24)

$$F_n = 2\sigma(L + B) = F_n = 2 \cdot 0,07028(18 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 10^{-3}) \approx 2,95 \cdot 10^{-3} \text{н}$$

б) в динамічній капілярній манжеті

$$F'_n = 2\sigma(L + B') = 2 \cdot 0,07028(18 \cdot 10^{-3} + 0,62 \cdot 3 \cdot 10^{-3}) \approx 2,79 \cdot 10^{-3} \text{н}$$

12. Визначаємо питому когезійну міцність розчину в динамічній капілярній манжеті без врахування сил поверхневого натягу ($\text{ПКМ}^* = \sigma^*$)

$$\sigma^* = \sigma_k - 2\sigma \frac{L + B'}{L \cdot B'} = 1770 - 2 \cdot 0,07028 \frac{18 \cdot 10^{-3} + 0,62 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,62 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} \approx 1687 \text{н/м}^2$$

$$\text{ПКМ}^* = \sigma^* = 1687 \text{н/м}^2.$$

Одержане значення ПКМ^* для плівкоутворюючого розчину дає можливість встановити межі стабільності процесу капсулювання дисперсних матеріалів і межі переходу процесу капсулювання у режим агломерації (грануляції) при відомих усіх інших параметрах у рівняннях (21 і 30).

Джерела інформації:

1. Физическая энциклопедия, Москва, Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», Т. 3. 1992.

2. Surfactant effects on the cohesive strength of particle contacts: measurements by the cohesive force apparatus. Shchukin E.D. J. Colloid and Interface Sci. 2002.256, №1, с 156-167. Англ.