

при графо-аналітичному методі розв'язання задачі або

$$r = \frac{1}{m_c} \sqrt{\Delta I(\varphi_1)} \quad (7)$$

при аналітичному розв'язанні.

Провертаючись, водило 1 змушує стабілізувати масу m_c рухатися плоско-паралельно: ковзати як в радіальному напрямі вздовж водила, так і по лекальному пазу нерухомого кулачка 2, спрофільованого за законом (6) або (7). Це дає змогу повністю стабілізувати кутову швидкість машини з абсолютно жорсткими ланками.

Викладені залежності отримані з умови неврахування деформації ланок. Вплив пружності ланок є неспіврозмірно малим при розрахунку маховиків для більшості вказаних машин, крім верстатів-гойдалок, де у ланцюзі є гнучка ланка. Так, для традиційних дизелів [2] коефіцієнт жорсткості ланок коливається в межах $10^6 \dots 10^7 \text{ Мн/м}$. Тому вплив деформації згину на рівномірність обертання їх колінчастого вала оцінюється в 0,18 ... 0,08%.

Запропоновані ізотахні маховики дають змогу досягнути:

- практично постійної швидкості обертання головного вала відповідних машин нафтогазового комплексу;
- зменшення на один-два порядки матеріальної ємності маховика.

Література

1. А.С. 136/513 СССР, МКН G05 Д 13/00. Устройство для стабилизации скорости вращения вала/ А.И. Ясюлёнис, Й.Ю. Воронавичюс, Э.М. Рушкис; Лит. СХА (СССР). — Опубл. 23.12.87. Бюл. №47.
2. Воронавичюс Й.Ю. Задача о способе расчета деформаций упругих звеньев применительно к определению динамичности хода двигателя/ Владимирский тракторный завод. — Владимир, 1985. — 28 с. Деп. в ВНИИ. Инв. №2850089497.

УДК 622.24.051

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІБРАЦІЇ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ НА ПОЧАТКОВІЙ СТАДІЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ АРМОВАНОВОГО ОБ'ЄМУ ЗУБКА БУРОВОГО ДОЛОТА

Л. Д. Пітулей, Д. І. Феденчук

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, Карпатська, 15, тел. (03422) 42342,

Теоретически исследовано влияние механических и физико-химических факторов на структурообразование высококонцентрированных дисперсных систем. Определены технологические параметры виброармирования, которые обеспечат получение однородной структуры в армированном объеме на начальной стадии кристаллизации. Получена зависимость расположения твердых частиц при постоянной частоте колебания расплава от их радиусов и других технологических параметров.

Однією з важливих і актуальних проблем сучасної технології композиційних матеріалів є проблема “високого наповнення”. В міру збільшення концентрації I та дисперсності S різко зменшується рухомість і плинність армованого розплаву, зростає його в'язкість і міцність. Ці перепони стають невизначеними і унеможливають отримання максимально однорідних структур – однорідних армованих матеріалів.

There has been theoretically investigated the influence of mechanical, physical and chemical factors upon the structure forming in highly concentrated dispersions. There have also been defined the vibroarmoring parameters that provide homogeneous structure in armored volume at the initial stage of crystallization.

The dependence of the location of solid particles upon their radius and other technological parameters the vibration frequency being stable, has been defined.

Крім того, як тільки концентрація арматорів і дисперсність твердої фази перевищить певні критичні для кожного конкретного випадку значення, міцність та в'язкість дисперсних матеріалів різко погіршується.

Причиною погіршення цих властивостей є неможливість отримання однорідної структури в армованому об'ємі на початковій стадії технологічного процесу.

Керуючись результатами теоретичних та експериментальних досліджень авторів [1-3], об'ємний вміст зміцнюючої фази знаходиться в межах $I=(60-75)\%$. Таким чином, армований об'єм розплаву зубка являє собою висококонцентровану дисперсну систему (ВКДС). Саме у ВКДС із сильно розвинутою міжфазовою поверхнею закладені потенційні можливості отримання найбільш концентрованих дисперсних структур і структур армованих матеріалів з максимальною міцністю.

Без теоретичного дослідження обґрунтованого впливу механічних та фізико-хімічних факторів на формуючі ВКД структури ці потенційні можливості не реалізуються. Для цього необхідно спочатку знизити в'язкість та міцність і відповідно до максимуму підвищувати плинність первинної коагуляційної структури, утвореної внаслідок зближення, злипання арміторів між собою, тобто створити умови для забезпечення подальшого однорідного розподілу арміторів між собою у розплаві матриці. Як наслідок, необхідно максимально зруйнувати структуру матеріалу в усьому армованому об'ємі, положення якого є стабілізованим відносно ливарної форми [4].

Седиментаційно зрівноважена структура буде зруйнована, якщо вібраційна сила буде більша від сили молекулярного притягання

$$F_e > F_m.$$

Виразивши ці сили [6], отримаємо

$$8\rho_1 r_a^3 A \omega > \frac{A^* r_a}{12h^2}, \quad (1)$$

де: ρ_1 - густина розплаву сталі, r_a - радіус армітора; A і ω - відповідно амплітуда і частота коливання розплаву сталі, A^* - постійна Гамакера, h - відстань між поверхнями арміторів.

Звідси частота вібрації визначається співвідношенням

$$\omega > \frac{1}{4hr_a} \sqrt{\frac{A^*}{6A\rho_1}}. \quad (2)$$

Коли структура в системі зруйнована, то розплав рівномірно покриває поверхню арміторів. При зіткненні твердих частинок змінюючої фази (ТЧЗФ) між ними утворюється капілярний меніск, що призводить до їхнього об'єднання.

Умовою роз'єднання арміторів в цих умовах є

$$T_a > E.$$

Середня кінетична енергія, яка передається ТЧЗФ, дорівнює

$$T_a = 8r_a^3 \rho_2 (A\omega)^2,$$

де ρ_2 - густина армітора.

Енергія, яка необхідна для розриву меніска, визначається так:

$$E = 4r_a^2 \sigma,$$

де σ - поверхневий натяг розплаву.

Отже, роз'єднання арміторів забезпечить таке значення частоти коливання розплаву:

$$\omega > \frac{1}{A} \sqrt{\frac{\sigma}{2r_a \rho_2}}. \quad (3)$$

Прирівнюючи час зіткнення пружних арміторів [5] і час релаксації їх напружень, отримаємо

$$\frac{2r_a}{C_4} \left(\frac{C_4}{\vartheta_a} \right)^{\frac{1}{5}} = \frac{\eta_a}{E_a}, \quad (4)$$

де ϑ_a - швидкість переміщення армітора до співудару;

$$C_4 = \sqrt{\frac{E_a}{\rho_2}};$$

E_a і η_a - відповідно модуль пружності і в'язкість ТЧЗФ. З рівняння (4) визначимо радіус армітора

$$r_a = \frac{\eta_a C_4}{2} \left(\frac{C_4}{\vartheta_a} \right)^{\frac{1}{5}}. \quad (5)$$

Використовуючи умови (2-3) і (5), визначимо інтервал значень частоти вібрації, при якому в армованому об'ємі відбувається руйнування структури і утворення структури без злипання ТЧЗФ та радіус арміторів r_a .

Із зростанням розмірів ТЧЗФ зменшується їх кількість в одиниці об'єму і зростає відстань між ними.

Для визначення відстані між арміторами у вертикальному напрямі розглянуто їх взаємодію між собою в умовах псевдозрідження.

При накладанні вібрації на розплав сталі в'язкість армованого розплаву понизиться від η_o до η_e в результаті переходу розплаву в стан псевдозрідження і рівномірного розподілу ТЧЗФ у розплаві (η_o і η_e - відповідно динамічна в'язкість без вібрації і з врахуванням вібрації).

Розподіл арміторів за розмірами у вертикальному напрямі проаналізовано, використавши умови їх седиментаційної стійкості і представивши вираз вібраційної сили у такому вигляді [6]:

$$F_e = \frac{1,5k^2 A^2 \omega^2 r_a^5}{(2k+3)^2 y_0^4}, \quad (6)$$

де $k = \frac{\rho_2}{\rho_1} - 1$; y_0 – початкова координата центра ваги армітора.

Як видно з рівняння (6), вібраційна сила F_e збільшується із збільшенням амплітуди вібрації A , частоти коливання ω і радіуса армітора r_a .

Зрівноваживши сили, які діють на армітор мінімального радіуса вібраційною силою, отримана можливість сортувати частинки за розмірами при постійній частоті коливання, розмістивши їх по вертикалі на відстанях, залежних від радіуса армітора.

Ця відстань визначається рівнянням

$$y_0 = l, r_a \sqrt{\frac{kA\omega}{(2k+3) \sqrt{\frac{P_a}{\rho_1} + \frac{4}{3} gkr_a}}} \quad (7)$$

де P_a – атмосферний тиск, g – прискорення тяжіння.

Згідно з рівнянням (7) ТЧЗФ більшого діаметра будуть переміщуватись вгору від положення седиментаційної рівноваги частинок мінімального радіуса.

За допомогою рівняння (7) побудовані графіки залежності координат арміторів від їх радіусів (рис.1)

Радіус № п/п	Омега=28055		Омега=13039	
	r_a	y	r_a	y
1	0,0003	0,000417	0,0005	0,000473
2	0,000319	0,000443	0,000538	0,000509
3	0,000338	0,000469	0,000575	0,000544
4	0,000356	0,000495	0,000613	0,00058
5	0,000375	0,000521	0,00065	0,000615
6	0,000394	0,000547	0,000687	0,000651
7	0,000412	0,000573	0,000725	0,000686
8	0,000431	0,000599	0,000762	0,000722
9	0,00045	0,000625	0,0008	0,000757

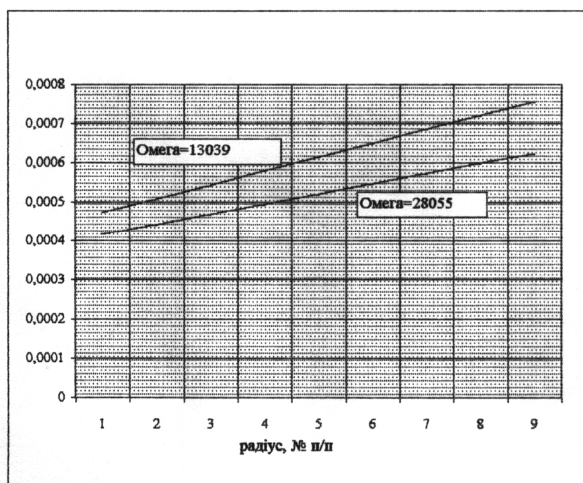


Рисунок 1 - Переміщення арміторів в умовах на-
кладання стоячої хвилі на розплав залежно від
частоти коливань ($\rho_2 > \rho_1$)

Як показали дослідження [7], у вібруючому середовищі виникає пружна стояча хвиля. (рис.2).

При $\rho_2 > \rho_1$ армітори будуть мігрувати в пучності пружної хвилі [7].

За допомогою рівняння [8] отримана залежність довжини пружної хвилі від частоти вібрації, яка забезпечить необхідні відстані між арміторами

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{2\pi\sigma}{\rho_a \cdot f^2}},$$

де ρ_a – густина армованого розплаву; f – частота коливання в Гц.

Відомо [8], що вібрація рідин з відповідною частотою зумовлює капілярні хвилі на їх поверхні. Фарадей першим звернув увагу на те, що на поверхні рідини виникає сітка поверхнево-капілярних пружних хвиль [9]. Цей факт ще раз отримав підтвердження експериментом [8], результати якого представлені на рис.3

Крім того, відомо, що на поверхні розплаву сталі, обмеженої стінками ливарної форми, можливі утворення стоячих поверхневих хвиль з частотами, які визначаються з дисперсного рівняння [10]

$$4\pi^2 \omega_n^2 = (gK_e + \frac{K_e^3}{\rho_a}) \text{th}(K_e H), \quad (8)$$

де: ω_n – частота власних коливань поверхні розплаву сталі; K_e – хвильовий вектор, який визначається конфігурацією і розмірами ливарної форми; H – висота зубка.

Навіть при вібрації каплі рідини на твердій підложці при критичних частотах збурення поверхні у вигляді “гребенів” розповсюджувалось по поверхні каплі від підложки до її вершини. З підвищенням частоти коливання на поверхні капель різних розмірів кількість гребенів збільшувалась, а їх довжина зменшувалась.

Отже, регулюючи частоту коливання розплаву матриці, змінюємо довжину пружної хвилі розплаву, що дасть змогу таким чином керувати процесом структуроутворення армованого об'єму.

Крім того, в роботі [8] експериментально доведено, що на поверхні рідини у вузлах двомірних стоячих поверхнево-капілярних хвиль виникають завихрення (рис.3).

Виникнення завихрень сприяє формуванню фізичної та хімічної однорідностей структури розплаву, вирівнюванню температурного градієнта, збільшенню коефіцієнта дифузії.

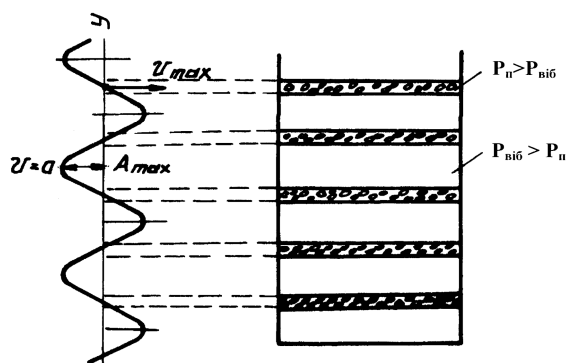


Рисунок 2 – Залежність координат центра ваги арматурів від їхніх радіусів

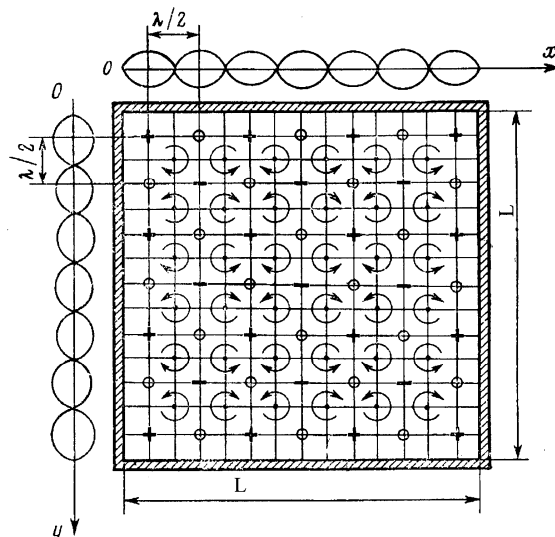


Рисунок 3 – Вихрова картина, утворена двоірними стоячими поверхнево-капілярними хвилями

Література

1. Бугай Ю.Н. Разработка научно-прикладных основ повышения долговечности вооружения породоразрушающего бурового инструмента, оснащенного локальными композиционными материалами на стальной металосвязке: Диссертация доктора технических наук. – М.: - 1985. – 631 с.
2. Белоусов В.Я. Долговечность деталей машин с композиционными материалами. – Львов: Вища школа, 1984. – 179 с.
3. Мовчан Б.А. Размерно-структурные условия максимальной прочности и пластичности двухфазных неорганических материалов //Физика и химия обработки материалов. – 1989. - №1. – С. 96-105.
4. Пітулей Л.Д., Феденчук Д.І. Математична модель седиментаційно-вібраційної рівноваги арматурів композиційного зубка шарошкового долота. – Івано-Франківськ: Факел. - 2000. - №6. – С. 100-102.
5. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. – М.: Химия, 1988. – 256 с.
6. Луговцов Б.А., Сенников В.Л. О движении тела в вибрирующей жидкости. //Док. АН СССР, 1986. - Т. 289. - №2. - С. 314 – 317.
7. Эльдарханов А.С. Анализ развития вибрационных сил при кристаллизации сплавов //Процессы литья. – 1996. - №1. – С. 83 – 92.
8. Кардашев Г.А., Солосин А.В., Манукян С.Г. и др. О возбуждении вихревых течений колебаниями поверхности жидкости //Коллоидный журнал. – 1987. – Т. XLIX. - Вып. 1. С. – 154 – 157.
9. Рэлей. Теория звука. Т.2. - М.: Гостехиздат, 1944. – 339 с.
10. Чурин В.Г., Абрамов О.С., Подкопов В.М. Движение органического объема жидкости по твердой подложке под действием акустических колебаний //Теоретические основы химической технологии. – 1989. – Т. XXIII. - №3. - С. 414 – 418.