



УДК 621.763

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ФОРМОУТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЗУБКІВ ШАРОШОК БУРОВИХ ДОЛІТ

Р.Т. Карник, Л.Д. Пітулей

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

Основний об'єм буріння свердловин різного призначення в нафтогазовидобувній галузі України здійснюється шарошковими буровими долотами (ШБД), робоча частина яких виготовляється з використанням дефіцитних твердих сплавів на основі вольфраму та кобальту. Зменшити використання твердих сплавів можна завдяки розробленню композиційного матеріалу різальної частини бурового інструменту з необхідними фізико-механічними властивостями. Перспективним напрямком забезпечення довговічності шарошок бурових доліт є виготовлення зубків шарошок із зносостійких литих матеріалів на сталій матриці, армованих твердим сплавом реліт під дією магнітного поля.

Розроблення теоретичних засад процесу формоутворення литого композиційного матеріалу зубка на сталій матриці, армованого релітом, відкриває нові потенційні можливості інтенсивного та керованого формування його структури з характеристиками, які в першу чергу продукуються умовами подальшої експлуатації бурового інструменту.

Дослідження теплофізичних процесів формоутворення композиційного матеріалу зубка ШБД дозволять не тільки реально оптимізувати технологічний процес зубків ШБД, але покращити його керованість в аспекті досягнення запланованих результатів.

Визначення оптимальних параметрів технологічного процесу виготовлення зубків шарошок бурового долота з композиційних матеріалів є неможливим без вивчення теплофізичних процесів, які відбуваються при формуванні виливка у керамічні форми під впливом магнітного поля. При цьому вагомим фактором отримання заготовки зубка ШБД з необхідними фізико-механічними властивостями композиту на металоматричній основі є термічний цикл процесу формоутворення, який визначається наступними основними параметрами:

- об'ємом і температурою залитого матричного металу;
- температурою попереднього підігрівання керамічної ливарної форми;
- співвідношенням геометричних розмірів ливарної оснастки;



– розмірами та кількістю введеного армітора (в даному випадку реліту);

– величиною магнітної індукції.

Вплив температури матричного металу при заливанні в ливарну форму залежатиме від кількості введеного армітора, яка є постійною величиною, та від типорозміру зубка ШБД, а також заданих його функціональних характеристик.

Оптимальний термічний цикл технологічного процесу виготовлення композиційних зубків повинен забезпечити розчинність армітора в матриці на 14-18% [1]. На розчинність армітора в матриці впливає величина перегрівання розплаву, яка є постійною величиною для певного типорозміру зубка.

При введени арміторів у матрицю слід врахувати механічні, теплові та фізико-хімічні фактори їх впливу на отримання необхідної структури композиційного матеріалу зубка ШБД [2-4].

Механічний вплив арміторів на рідку матрицю характеризується великою швидкістю відводу теплоти від матричного розплаву, внаслідок чого спостерігається його загальне переохолодження. При цьому армітори стають центрами кристалізації в об'ємі розплаву, що спонукає до зародження нових центрів кристалізації.

При тепловому впливі при введенні арміторів у рідку матрицю навколо них утворюється оболонка з матричного розплаву, плакуючи їх. Через певний період часу плакуюча оболонка під дією температури матричного розплаву розчиняється. По досягненню певного переохолодження плакуючої зони у ній утворюються центри кристалізації.

При дослідженні фізико-хімічних факторів впливу арміторів на отримання необхідної структури композиційного матеріалу зубків ШБД слід звернути увагу на їх модифікуючу дію в процесі кристалізації, адже процес легування обумовлений не тільки теплообміном, а також і масообміном. Як доведено в роботах [5, 6], тривалість окислення та часткового розчинення арміторів при температурах перегрівання нижче температури плавлення армітора визначається дифузійним розчиненням, тобто швидкість розчинення супроводжується процесом насичення цього шару домішками, концентрація яких відповідає температурі ліквідус розплаву.

Тривалість необхідного розчинення армітора в матричному розплаві для отримання необхідної структури композиційного матеріалу зубка визначається за формулою:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3, \quad (1)$$

де τ_1 – час плакування армітора матричним розплавом;

τ_2 – час розчинення плакуючої оболонки;



τ_3 – час часткового дифузійного розчинення армітора [7].

При цьому були прийняті наступні припущення:

- армітор має сферичну форму;
- армітори рівномірно розподілені в об'ємі матриці;
- під час введення арміторів у матрицю тепловідвід через стінки ливарної форми відсутній.

Час плакування армітора та час розчинення плакуючої оболонки визначаються за емпіричними формулами [8].

Для визначення часу часткового дифузійного розчинення армітора в матричному розплаві для отримання оптимальних фізико-механічних властивостей композиційного матеріалу зубка ШБД необхідно знати радіус армітора, оскільки:

$$\tau_3 = \frac{r\rho_a}{\alpha_c} \left(\frac{2,3C}{3} \lg \frac{T_3 - T_0}{T_3 - T_{\text{сол}}} + \frac{2L}{T_3 - T_{\text{сол}}} \right), \quad (2)$$

де r – радіус армітора;

ρ_a – густина армітора;

α_c – ефективний коефіцієнт тепловіддачі;

C – теплосмність армітора;

T_3 – температура заливання матричного розплаву;

$T_{\text{сол}}$ – температура завершення кристалізації матричного розплаву;

L – питома теплота часткового розплавлення армітора.

Застосування магнітного поля при реалізації технологічного процесу виготовлення зубків ШБД з композиційного матеріалу забезпечує рівномірний розподіл арміторів в розплаві матриці, впливаючи на їх переміщення в процесі кристалізації.

При значеннях густини армітора $\rho_a = 16,3 \text{ кг/м}^3$; густини матриці $\rho_m = 7,1 \text{ кг/м}^3$; коефіцієнту тертя $f = 0,05$, в діапазоні температур солідуса-ліквідуса та при оптимальних параметрах технологічного процесу (частоті обертання ливарної форми $n = 400 - 500 \text{ хв}^{-1}$, радіусі ливарної форми $R_\phi = 0,12 - 0,18 \text{ м}$, магнітній індукції $B = 0,06 \text{ Тл}$, згідно розрахунків радіус армітора коливається в межах $0,85 - 1,8 \text{ мм}$.

Дослідивши вплив теплофізичних процесів на якість формоутворення композиційного матеріалу зубків ШБД, визначено діапазон оптимальних розмірів арміторів у сталевій матриці, який забезпечить їх розміщення без дотикання між собою та необхідну адгезійну взаємодію для часткового розчинення реліту з метою



отримання комплексу фізико-механічних властивостей, зокрема, максимально можливого збереження характеристик міцності армітора.

Аналізуючи, якими параметрами технологічного процесу формоутворення композиційного зубка можна оптимізувати структуру матеріалу робочої частини зубка ШБД, досягнемо послідовної реалізації сучасного наукового підходу «від властивостей матеріалу до властивостей конструкції».

Література

1 Бугай Ю.Н. Центробежно-армированный породоразрушающий буровой инструмент /Ю.Н.Бугай, И.В. Воробьев. – Львов: Выща ШК, Из-во при Львов. университете, 1989. – 208 с.

2 Кутателадзе С.С. Теплообмен и трение в турбулентном пограничном слое /С.С.Кутателадзе, А.И.Леонтьев. – М.: Энергоавтомиздат, 1985. – 320 с.

3 Рабинович Б.В. Литейные свойства сплавов /Б.В.Рабинович, В.М.Волков. – К.:ИПЛ АН УССР, 1972. – 305 с.

4 Пігулей Л.Д. Дослідження отримання оптимальної структури віброармованої зони зубків шарошок бурових доліт / Л.Д.Пігулей, Р.Т.Карпик //Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. - №1(221). С.33-35.

5 Панасюк А.Д. Физико-химические основы контактного взаимодействия в системе тугоплавное соединение - жидкий металл /А.Д.Панасюк //Неорганические материалы. – 1979. – Т15 (4). – С.569-573.

6 Гольдфарб Э.М. Теплотехника металлургических процессов /Э.М.Гольдфарб. – М.:Металлургиздат, 1967. – 440 с.

7 Кривуша Ю.В. Некоторые вопросы электромагнитного воздействия на тонкую структуру отливок /Ю.В.Кривуша, А.Э Микельсон, И.А.Повх //Магнитная гидродинамика. – 1974. – №2. – С.116-120.

8 Шарыпов Л.З. Исследование кинетики растворения релита в стали 20ХН3А/ Л.З.Шарыпов, В.В.Хлынов, В.И.Ишымов //Технология и оборудование сварочных процессов. – 1970. - №76. – С.135 – 140.