

УДК 622.24.051

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ В ПЕРЕХІДНИХ ШАРАХ (КАПІЛЯРАХ) АРМОВАНОГО ОБ'ЄМУ ВСТАВНОГО ЗУБКА ШАРОШКИ БУРОВОГО ДОЛОТА З ДОПОМОГОЮ ВІБРАЦІЇ

Л.Д.Пітулей

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. 4-30-24

Показано, что основой оптимальных физико-механических характеристик металловязки, которая является основой надежного закрепления твердых частиц карбида вольфрама в стальной матрице, есть их объемное межфазовое взаимодействие. В результате реализации объемного межфазового взаимодействия обеспечивается высокий уровень легирования расплава стали вольфрамом, углеродом и другими элементами. Получено и проанализировано результаты теоретической зависимости характера объемного метафазового взаимодействия от частоты вибрации армированного расплава, которые позволяют создать высокоэффективные управляемые процессы виброармирования зубков шарошек бурового долота.

В композиційних матеріалах (КМ) з металевого матрицю озброєння бурового долота в результаті взаємодії розплаву сталі з литим карбідом вольфраму WC-(релітом), виникають зони міжфазних перехідних шарів. При хімічній взаємодії компонентів на межі реліт-матриця формується тонкий шар із оксидів, карбідів та інтерметалідів. Як засвідчує металографічний аналіз, цей шар має каркасну будову, що суттєво підвищує крихкість і відповідно знижує механічні характеристики матеріалу. Отже, для забезпечення фізичного контакту, розчинення, дифузії та хімічних реакцій на межі розділу фаз необхідно обґрунтувати не тільки оптимальні параметри армування об'єму, але й також рівномірне заповнення розплавленою сталлю пористого каркасу, що зменшить в першу чергу крихкість контакту матриця – реліт. Наприклад, для створення композиту з міцним зв'язком сталі та реліту дуже важливо забезпечити необхідну товщину і склад міжфазних шарів. Структура цих шарів залежить від фізико-хімічної активності взаємодіючих компонентів і технологічного режиму.

При просочуванні розплавом пористого каркасу, утвореного сферичними частинками реліту, одночасно протікають гідродинамічні (течія розплаву в капілярних зазорах армованого об'єму), газодинамічні (видалення газів з ливарної форми) і теплофізичні процеси (неізо-термічне заповнення форми розплавом, його затвердіння і охолодження). Для отримання якісного виробу необхідно забезпечити певне поєднання технологічних параметрів процесу і температури розплавленого металу, температури нагріву реліту і форми, прикладеного до розплаву тиску і часу технологічного циклу. Властивості КМ залежать не тільки від власти-

It is proved that optimal physics and speed-torque characteristics of the binder metal in order to obtain the secure fixing of the hard rungs ten carbide particles in the steel matrix, are basically evaluated in the terms of their volume interphase interaction them.

The high level of tungsten, carbon, and other elements doping of melting steel is achieved as a result of their volume interphase interaction.

The results to prove theoretic interdependency between the character of the volume interphase interaction and reinforced alloy vibration frequency are obtained and analyzed.

This enables a new manageable process of a hard-alloy tipped drill bit vibro reinforcing.

востей складових, але й від їх взаємодії на межі метал-наповнювач.

При просочуванні металевим розплавом армуючого каркасу у вигляді пористого тіла, яке складається із сферичних частинок, важливу роль відіграють капілярні явища. Рушійною силою просочування є капілярний тиск, який визначають рівнянням Лапласа [1]

$$p_k = 2\sigma_p / r_M, \quad (1)$$

де: σ_p - поверхневий натяг розплаву, r_M - радіус кривизни меніска розплаву (рис. 1).

У формуванні кривизни меніска беруть участь поверхневі сили у зоні контакту розплаву із стінками капіляра; крім того, кривизна залежить від геометрії капіляра. Радіус кривизни меніска в прямому капілярі круглого перерізу з радіусом r_k можна виразити як

$$r_M = \frac{r_k}{\cos\theta}, \quad (2)$$

тут θ - крайовий кут змочування [1].

Тоді рівняння (1) з врахуванням рівнянням (2) набуде вигляду

$$p_k = 2\sigma_p \frac{\cos\theta}{r_k}. \quad (3)$$

Із рівняння (3) видно, що при $\theta < 90^\circ$ тиск в капілярі $p_k > 0$. Отже, розплав сталі під дією капілярного тиску проникає в капіляр, а при $\theta > 90^\circ$ $p_k < 0$, розплав з капіляра витікає.

При взаємодії частинок карбіду вольфраму з розплавом сталі 18ХНЗМА при температурі 1600⁰ К поверхня твердих частинок зміцнюючої фази (ТЧЗФ) окислюється, і утворюються туго-

плавкі оксиди, з якими формується каскадна структура на межі реліт-матриця. З підвищенням температури нагрівання та збільшенням часу знаходження в певній області температур різко збільшуються швидкості окислення вольфраму і карбідів W_2C і WC , причому швидкості окислення карбідів вольфраму набагато більші від швидкості окислення як самого вольфраму, так і карбідів інших елементів. При цьому утворюються тугоплавкі оксидні сполуки, які погано змочуються розплавом сталі. В цьому випадку вібрація розплаву сталі сприяє не тільки створенню додаткового тиску в капілярах, але й ініціює вторинні рухи (завихрення) твердих частинок. При вторинних рухах литого карбиду вольфраму відносно рідкої сталі відбувається видалення продуктів окислення вольфраму і вуглецю з поверхонь зерен реліту, змочування його розплавом сталі і взаємодія з ним.

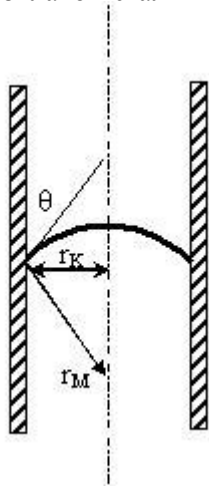


Рисунок 1 - Рівновага розплаву в капілярі

В процесі контакту частинок карбиду вольфраму з рідкою сталлю відбувається дифузія складових реліту в рідкий метал. На думку авторів [3], карбіди вольфраму слід розглядати як донори валентних електронів, а метали сімейства заліза - як акцептори, тобто для систем "карбід вольфраму - рідкий метал" реалізується система „донор-акцептор”, що і зумовлює хороше змочування. Таким чином, в нашому випадку $\theta < 90^\circ$.

Розглянемо вплив вібрації на рух розплаву в капілярі. Для інтенсифікації процесу ущільнення у перехідних шарах (капілярах) необхідно підвищити тиск в рідкому металі.

Сумарний тиск просочування розплаву під дією вібрації становить

$$p = p_k + p_v,$$

де p_v - вібраційний тиск.

При просочуванні каркасу із сферичних частинок радіусом r_a , рівномірно розподілених в матриці з об'ємною часткою φ , капілярний тиск згідно з [2] визначається співвідношенням

$$p_k = 3\varphi(\sigma_{13} - \sigma_1)/r_a(1 - \varphi),$$

де σ_{13} і σ_1 - відповідно міжфазовий натяг тверда частинка - розплав і поверхневий натяг твердої частинки.

Закон розподілу тиску в розплаві, зумовлений його вібрацією, має вигляд [4]

$$p_b = \frac{4}{3}r_a\rho_l(k-1)\frac{kA^2\omega^2}{|k|K^2|y_r|y_r^3}.$$

Просумувавши капілярний і вібраційний тиски, визначимо тиск просочування розплаву через капіляри

$$p = 3\varphi(\sigma_{13} - \sigma_1)/r_a(1 - \varphi) + \frac{4}{3}r_a\rho_l(k-1)\frac{kA^2\omega^2}{|k|K^2|y_r|y_r^3}.$$

Розплав матриці буде підніматись по капілярах між частинками при дотиканні з ними під дією сил тиску до рівня, при якому перепад тиску зрівноважиться гідростатичним тиском стовпа рідини. Але виконання цієї умови ще не гарантує якісного просочування каркасу. Наприклад, можливе утворення пор і пустот в КМ при затвердінні останніх порцій матричного розплаву через недостатнє нагрівання реліту або розплаву.

При цьому частина розплаву кристалізується на холодній поверхні армуючої фази і зменшує еквівалентний діаметр гідравлічного каналу в комірці армування.

Крім того, при понижених температурах зменшується коефіцієнт в'язкості розплаву і проникнення пористого середовища.

При ламінарній течії розплаву через каркас залежність швидкості течії від тиску виражає рівняння [2]

$$(1 - \varphi_v)\frac{dh}{dt} = \frac{(1 - \varphi)^3 \Delta p}{4,2\eta\varphi^2 S_0^2 h}, \quad (4)$$

де: φ_v - об'ємна доля ГЧЗФ на одиницю об'єму; η - динамічна в'язкість металевого розплаву; S_0 - поверхня твердої фази, віднесена до одиниці об'єму твердої фази; Δp - перепад тиску на висоті h каркасу, що просочується.

Якщо процес просочування і подальшого охолодження проходить з більшою швидкістю, яка дозволяє зменшити час контакту твердої і рідкої фаз до величини, меншої за період ретардації (запізнення) дифузійних процесів, то такий режим просочування забезпечує отримання КМ без перехідних шарів на межі розділу фаз. Перехід системи в зрівноважений стан проходить не миттєво, а на протязі кінцевого проміжку часу. Це запізнення атомної системи характеризується періодом ретардації t_p , а зворотний перехід в початковий стан - часом релаксації.

Інтегруючи рівняння (4), визначимо час заповнення капіляра розплавом

$$t = \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{h^2}{2B_k\omega}.$$

Використовуючи умову, що $t > t_p$, визначимо частоту вібрації, при якій капіляр повністю заповниться розплавом.

Величина періоду ретардації t_p визначається рівнянням

$$t_p = t_0 C_p \exp \left[- \frac{Q_T + Q_p}{2RT} \right], \quad (5)$$

де: t_0 - постійна, що має розмірність часу; C_p - постійна, яка враховує пік міжфазової енергії; Q_T і Q_p - енергії активації дифузії елементів твердої і рідкої фази відповідно; R - універсальна газова постійна; T - абсолютна температура.

При просочуванні розплавленим металом, змочуючи тугоплавкий каркас, здійснює на нього адсорбційний вплив, який може призводити до диспергування карбіду вольфраму.

Морфологія цих частинок дає підстави зробити висновок, що при просочуванні відбувається не істинне розчинення вольфраму, а його диспергування на частинки колоїдних розмірів в результаті зменшення вільної поверхневої енергії під дією розплаву, який, будучи поверхнево-активним, сприяє подрібненню зерен вольфраму.

В процесі взаємодії литого карбіду вольфраму з рідкою сталлю при формуванні віброармованої зони і кристалізації розплаву матриці утворюється металозв'язка, яка закріплює в собі зерна твердого сплаву.

Згідно з рівнянням (4) об'ємна частка ϕ ТЧЗФ впливає на перепад тиску ΔP на висоті h каркасу (рис. 1).

При високій об'ємній концентрації карбіду вольфраму до 65% у віброармованому об'ємі відбувається ніби наскрізне проникнення легуючих елементів у метал-зв'язку. Дифузійні потоки при цьому з'єднуються, зв'язка швидко насичується легуючими елементами до певної концентрації, відвід елементів у метал-зв'язку сповільнюється, що затримує розчинення зерен реліту. Це явище пояснюється залежністю коефіцієнта дифузії легуючого елемента від концентрації останнього.

Об'ємне віброармування пов'язано із збільшенням часу контакту зерен реліту із рідкою сталлю, що призводить до інтенсивного їх розчинення в основному металі і легування металозв'язки вольфрамом і вуглецем.

На легування і структуру металозв'язки впливають відстані між гранулами твердого сплаву.

При вихідній грануляції реліту $(0,9-0,63)10^{-3}$ м, відстанями між ТЧЗФ $(0,37-0,4)10^{-3}$ м і об'ємній концентрації карбіду вольфраму 60-65% характерна мікроструктура зв'язки, яка містить дрібну евтектику ($\alpha+\eta$) та легований вольфрамом і вуглецем α - твердий розчин вольфраму в залізі.

Якщо змінити лише відстані між арміторами у межах $(0,8-0,87) 10^{-3}$ м, то у металозв'язці спостерігається яскраво виражені подвійна ($\alpha+\eta$) та потрійна ($\alpha+\eta+\theta$) евтектики. При збільшенні відстаней між твердими частинками в межах $(1,1-1,37) 10^{-3}$ м у зв'язці і на межі зерен

реліту з'являється η - фаза (подвійний залізо-вольфрамовий карбід).

Дослідженням мікротвердості металозв'язки встановлено, що її механічні властивості залежать від відстаней між твердими частинками. Із збільшенням цієї відстані структура металозв'язки покращується. Так, при мінімальній відстані між твердими частинками, рівній 0,31 мм, ступінь легування металозв'язки мінімальна і являє собою твердий розчин W в залізі.

Збільшення відстаней між арміторами і накладання вібрації зумовлює повне обтікання реліту та його зерен розплавом, руйнування окисної плівки карбіду вольфраму WC, дисперсію зерен WC в розплав сталі, чим прискорює хімічні реакції. Під час хімічних реакцій утворюються η - фаза, подвійна евтектика $\alpha+\eta$, подвійні і потрійні евтектики.

Подальше збільшення відстаней між арміторами неможливе, оскільки це призведе до зменшення об'ємної концентрації реліту в армованому об'ємі зубка і до зменшення легування металозв'язки.

Отже, структура металозв'язки залежить від відстаней між арміторами, які можливо регулювати з допомогою вібрації і таким чином управляти структурою металозв'язки і надійним закріпленням реліту в металозв'язці.

Крім способу отримання заготовки зубка, на структуру металозв'язки значний вплив мають такі параметри: температура переднього нагріву ливарної форми, частота і амплітуда коливання ливарної форми, градуляція і концентрація твердого сплаву в армованій зоні.

Металозв'язка армованого шару являє собою в першому наближенні потрійний сплав системи Fe-W-C з домішками тих елементів, які утворюються легуючими елементами сталі.

В результаті взаємодії рідкої і твердої фаз каркасна структура карбідів вольфраму може переходити в матричну. Це пов'язано з тим, що ділянки контакту між частинками тугоплавкої фази розчиняються швидше решти об'єму. Частинки реліту виявляються ізольованими і оточеними легкоплавкою фазою. Тому, щоб провести процес просочення по можливості достатньо швидко і не допустити утворення небажаних фаз на межах розділу при заповненні пор, необхідно збільшити перепад тиску на капілярах армованого об'єму з допомогою вібрації.

Була досліджена мікроструктура та розподіл за концентрацією елементів в зоні між двома частинками релітових включень. Як видно на рис. 2, об'єм матриці майже рівномірно заповнений дрібними частинками реліту, які були введені в розплав з крупними частинками реліту, або ж як результат подрібнення крупних частинок чи розчинення карбіду вольфраму з його вторинним утворенням в розплаві під час кристалізації. На рис. 2 чітко видно направлений розподіл включень в процесі формування армованої структури матриці, що

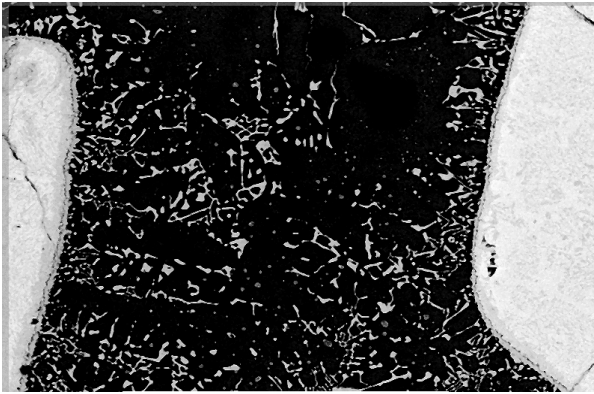


Рисунок 2 – Мікроструктура та розподіл елементів металозв'язки за концентрацією в зоні між армітурами

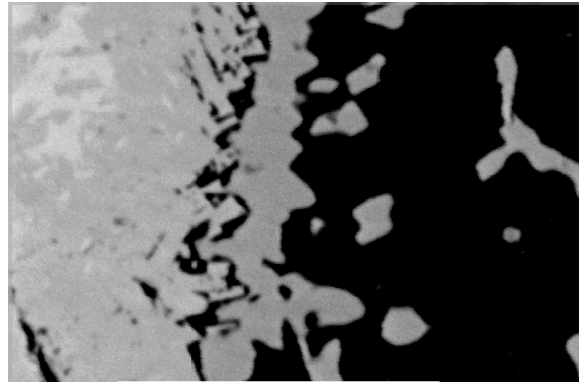


Рисунок 3 – Структура каркасного приграничного шару твердої фази

можливо лише в результаті накладення вібро-коливальних.

На рис. 3 зображена структура каркасного приграничного шару, який характеризується численними порами, які служать концентраторами напружень і як результат, мікротріщини переростають у макротріщини, що призводить до руйнування зубка при певних навантаженнях.

Отже, необхідно забезпечити умови заповнення пустої каркасної структури або руйнування цього приповерхневого шару. В обох випадках адгезія матриці і поверхні армуючого включення значно зростає, і міцність зубка підвищується.

622.276.6

ПРО КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД У ТЕХНОЛОГІЯХ ОЧИЩЕННЯ ПРИВИБІЙНОЇ ЗОНИ ПЛАСТА ДЕПРЕСІЙНО-РЕПРЕСІЙНОЮ ДІЄЮ

Я.Б. Тарко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вулю Карпатська, 15 e-mail: jart_b@ukr.net, тел. 4-21-95

Обоснована целесообразность очистки призабойной зоны пластов путем создания депрессионно-репрессионных циклов давления в сочетании с термохимическими и другими реагентными обработками, а также с временной или постоянной изоляцией обводненных интервалов пласта. Описаны некоторые технологии комплексного действия на разнопоницаемые совместноперфорированные пласты.

Ефективність народного господарства значною мірою залежить від забезпечення енергоносіями, в першу чергу нафтою та газом. Враховуючи низький рівень в Україні компенсації їх потреби за рахунок власного видобутку, а також невеликі перспективи відкриття в ближчий час нових крупних родовищ, пріоритетне значення в нафтопромисловій науці та практиці набувають роботи з розробки нових ефективних технологій і технічних засобів відновлення та збільшення продуктивності свердловин.

There have been grounded the expediency of wellbore zone treatments with creation of depression and repression cycles in combination with thermo-chemical and other kind of treatments with reagents also with temporary or constant isolation of watered layers. There have been described some technologies of complex treatment on layers that are jointly perforated and have different permeabilities.

Аналіз експлуатації діючого фонду свердловин ВАТ „Укрнафта” засвідчив, що близько 62% з них працюють з дебітами нафти до 1 т/добу, а кількість тих, які мають дебіт більший, ніж 10 т/добу, становить лише 16%. З розподілу свердловин, які мають дебіт нафти до 1 т/добу за обводненістю, видно, що однією з причин низьких дебітів є високий вміст у продукції води: з обводненістю понад 50% працюють 69% цих свердловин, причому 44% з вмістом води 90% і більше. Разом з тим 20% свердловин