

БОРУВАННЯ ШВИДКОЗНОШУВАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Денисенко М.І.¹, к.т.н.,

Іващенко С.В.¹, інж.,

Лісовський Л.В.¹, інж.,

Дев'ятко О.С.², к.т.н.

¹*Відокремлений структурний підрозділ «Немішаївський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України» Київська обл., Бучанський р-н, смт. Немішаєве, Україна.*

²*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.*

Постановка проблеми. Ресурс роботи вузлів і агрегатів сучасного обладнання багато в чому визначається здатністю порівняно тонких поверхневих шарів їх робочих органів чинити опір руйнуванню. Це пояснюється тим, що поверхневі шари деталей при експлуатації навантажені більш інтенсивніше, ніж серцевина, і, відповідно, утворені напруження на поверхні мають максимальні значення, що призводять до втрати працездатності як поверхневого шару, та всієї деталі. Універсальних технологій зміцнення, на жаль, не існує.

Відомі і широко використовувані технології поверхневого зміцнення, такі як азотування, цементація, добре працюють в умовах тертя метал по металу, у тому числі, і при значних контактних навантаженнях, але мало придатні для абразивного-ерозійного зношування. Як правило, підвищення абразивної зносостійкості деталей вирішується шляхом використання твердосплавного наплавлення або напилювання металокераміки. Недоліками цих методів являються їх складність, дорого вартість і суттєве (до 2 разів) зниження втомної міцності, що зв'язане з формуванням у поверхневому шарі значних величин розтягнених напружень.

Основні матеріали дослідження. Як показує практика, найбільш перспективним і технологічно прийнятним методом зміцнення швидкозношуваних деталей сільськогосподарської техніки і знарядь являється борування. Процеси борування використовуються у промисловому виробництві для підвищення зносостійкості деталей і інструментів, працюючих у різноманітних умовах. Щоби представити сучасний стан процесу борування, необхідно дати класифікацію, яка розглядає процес за різними критеріями:

- механізм утворення насичуючих атомів бору;
- технологічні ознаки, що включають всі відомі розробки;
- фазовий склад і структура;

- температура проведення процесу та його призначення.

Дослідження вихідних насичуючих середовищ (Рис.1) показує наявність бору у двох станах: іонному і атомарному. При цьому саме середовище може знаходитися у всіх чотирьох станах речовини у природі.



Рис. 1. Вихідні насичуючі середовища

Боровані шари на основі боридів можуть бути компактними або некомпактними. Технологія отримання різних за властивостями та цільовим призначенням борованих шарів поділяється на високотемпературне (ВТБ) - 900° - 1100° С, середнє температурне (СТБ) – A_c - 900° С та низькотемпературне (НТБ) - 550° С насичення (де – A_{c1} - довідкова критична температура для конкретної сталі). У кожному інтервалі, як правило, використовуються свої певні склади і технологічні прийоми.

Найбільш перспективним для використання являється процес рідинного без електролізного борування, котрий дозволяє у широких межах конструювати одно- і багато зонні структури поверхневого шару та надавати задані властивості серцевині (від відпаленого до загартованого стану). Опір поверхні матеріалу впливу зовнішнього середовища при експлуатації залежить від її електрохімічної гетерогенності, від наявності цільних захисних вторинних структур, що утворюються у процесі тертя, і від виду зовнішнього середовища. З точки зору, корозійного впливу борованих шарів з зовнішнім

середовищем, найбільш прийнятною являється однофазна структура. З точки зору зношування борованих деталей за абразивного і граничного тертя ковзання кращі властивості мають деталі з компактною структурою (характерною структурою борованих шарів на залізі і сталях на основі фаз $FeV + Fe_2V$ або тільки фази Fe_2V) борованих фаз. Для умов тертя ковзання і кочення за знакозмінного навантаження за наявності мастильного матеріалу, кращими властивостями володіють шари з багатофазними структурами, котрі мають тверді і м'які складові, і мають певний рівень твердості, що дорівнює 1100 – 1400 HV.

Поверхнєве зміцнення зразків зі сталі 45 здійснюється у боровмісних сумішах. Досліджено вплив процесу борування на структуру та експлуатаційні властивості деталей шарнірних з'єднань пруткових елеваторів, і трясильного механізму картофеле збиральних машин ККУ-2, УКВ-2, КСТ-1,4. Ці деталі в основному визначають експлуатаційну надійність та довговічність машини у цілому. Деталі, що підлягали боруванню, були виготовлені зі сталей 20, 35, 40 та чавуну марки СЧ 18-36. Перед боруванням деталі підлягали дробо-струменевої обробці з ціллю видалення окалини, продуктів корозії.

З усього різноманіття структур борованих шарів [1-3] практичний інтерес викликають однофазні боровані шари (Fe_2V) і двофазні ($FeV + Fe_2V$). В якості боровмісних сумішей були вибрані: 1) 99% (60% $Al_2O_3 + 40%$ [95% (45% $Al + 55%$ V_2O_3) + 5% Cr_2O_3] + 1% LiF); Структуру дифузійних шарів визначали шляхом травлення полірованих зміцнених поверхонь 3% розчином азотної кислоти в етиловому спирті. Мікротвердість борованих шарів і серцевини вимірювали на мікротвердомірі ПМТ-3. Моделювання процесів тертя і зношування проводили на машині СМТ-1 у середовищі оливи М10Г за схемою ролик – ролик.

У якості контртіла була швидкоріжуча сталь Р8М5 загартована на твердість 65 HRC. Знос борованого покриття визначалася ваговим методом на електронних вагах. Навантаження і швидкість я вибрали за умов реалізації граничного тертя. Дослідження мікроструктури до і після випробувань проводили на мікроскопі NEOFOT – 21; субмікроструктуру вивчали на растровому електронному мікроскопі РЕМ- -1061. Підвищення питомого навантаження у діапазоні 12-25 МПа призводить до істотної зміни коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування, що є відображенням процесів, які розвиваються на контактуючих поверхнях.

У цих умовах тертя на робочих поверхнях двофазного покриття утворюють макро тріщини, що сприяють сколювання їх частинок, які, потрапляючи в зону тертя, стимулюють абразивне зношування в зв'язку з тим, що вони мають високу твердість. Пластичність борованих шарів представляє собою сукупну характеристику, котра залежить від механічних властивостей і взаємодії структурних складових

дифузійного шару, від властивостей металу основи. Так як боровані шари представляють багатофазні системи, що мають різні сполучення складових структури, отримання яких забезпечується різними технологічними методами, пластичність шарів змінюється у широких межах.

Висока пластичність борованого шару з композиційною структурою сповільнює швидкість зародження та розвитку крихких мікротріщин, і в цілому забезпечує борованим деталям більш високу несучу здатність. Важливою особливістю борованих шарів є високий рівень їх твердості, що зберігається при підвищених температурах, що значно підвищує стійкість деталей, які працюють в умовах абразивного зносу, у тому числі за термомеханічного впливу.

Зносостійкість борованих деталей також залежить і від фізико-механічних властивостей металевої матриці. Між зносостійкістю борованого шару і твердістю металевої основи сплаву була встановлена гіперболічна залежність. Так, наприклад, у результаті підвищення твердості під шару з 20 HRC до 42 HRC, зносостійкість борованого шару деталей зростає навіть у 1,5 рази. Особливістю будови дифузійного борованого шару на порошковому матеріалі, являється підвищена поруватість у шарі Fe_2B , і перехідній зоні, що прилягає до нього. Крім того, спостерігається більш глибоке проникнення бору та утворення у перехідній зоні розділених дрібнодисперсних (5 – 10 мкм) борідних фаз.

Дифузія бору у поверхню сталі призводить до утворення шару, зі зубчастою межею, що поєднана з основним металом або перехідною зоною. Максимальна товщина борованого шару спостерігається після обробки при $1000^{\circ}C$ і складає 100 мкм. У відповідності з основними принципами, дифузії вуглець у процесі борування, відокремлюється від поверхні сталі, і у насиченій зоні, утворюється зона суцільних борідів, хімічний склад, форма і структура котрих напряму залежить від хімічного складу сталі. Вуглець та легуючі елементи зменшують глибину насиченого шару, чим вище їх вміст, тим менше глибина борування.

Перехідна зона на межі з основою представляє собою твердий розчин бору у α -залізі. Її структура, глибина і склад визначають, зокрема, характер розподілення залишкових напружень, міцність зв'язку борованого шару з основним металом, схильність його до крихкого руйнування, умови утворення та розвитку втомних тріщин, можливість продавлювання шару та інші параметри, тому при виборі сталі, і режиму борування, необхідно враховувати особливості формування структура перехідної зони. При насиченні у різних боровмістких середовищах, у залежності від умов насичення утворюються боровані шари, що суттєво відрізняються за своєю будовою. Можливо утворення наступних структурних типів борідів:

- з ізольованими атомами бору – Cr_2B , Ni_2B ;

- з ланцюгами з атомів бору - CrB, FeB, MoB;
- зі подвійними ланцюгами з атомів бору – $Ti_3 B_4$, $Cr_3 B$;
- з сітками з атомів бору – AlB_2 , $Mo_2 B_5$;
- з каркасом з атомів бору – CrB_4 .

З'єднання бору, такі як карбід бору, кубічна модифікація нітриду бору (боразон і кубоніт), і гексагональна вюрцитна модифікація нітриду бору (гексаніт), використовуються у промисловості, у якості абразивних матеріалів від їх високої твердості. Для сталей, зокрема, має велике значення, співвідношення глибин зовнішнього шару фази FeB, і внутрішнього, що прилягає до основного металу шару фази $Fe_2 B$ (рис.2).

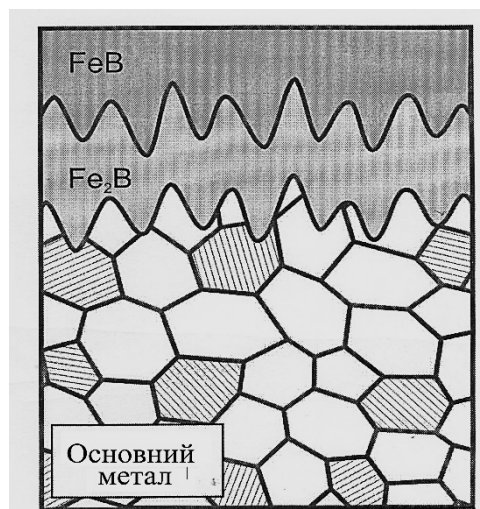


Рис. 2. Будова борованого шару, сформованого за дифузійним механізмом

Найбільш часто при боруванні утворюються шари двох типів: однофазні ($Fe_2 B$) і двофазні ($FeB + Fe_2 B$). В однофазних покриттях, що складаються з бориду $Fe_2 B$, розподілення мікро напружень найбільш сприятливе, тоді як у двофазних покриттях ($FeB + Fe_2 B$) можливо різкий перепад напружень на між фазній границі. Причому напруження, що утворюються у фазі FeB, являються розтягненими, тоді як у фазі $Fe_2 B$ – стискуючими. Властивості борованих покриттів слабо залежать від способу, за котрим вони отримані, але у значному ступені визначаються основними технологічними параметрами процесу: активністю насичуючого середовища, температурою та тривалістю насичення, швидкістю охолодження після борування.

Висновки. Результати випробувань показують чотирьох кратне підвищення абразивної зносостійкості борованих шарів у порівнянні з загартованими, азотованими, і після карбонітрації. Це пояснюється тим, що твердість борованого шару $HV > 2200$ вище твердості абразивних часток $Al_2 O_3$ ($HV = 1850 - 1950$) [4]. Зношування борованої поверхні відбувається повільно за механізмом ковзання. В результаті проведених досліджень встановлено, що створення однофазних борідних покриттів більш перспективне для зміцнення конструкційних

вуглецевих сталей. Однофазне борування рекомендовано для поверхневого зміцнення деталей і вузлів тертя сільськогосподарської техніки.

Список використаних джерел

1. Денисенко М.І. Дослідження механізму зношування боридних покриттів в умовах граничного тертя. Науково-технічний журнал. Проблеми тертя та зношування. Київ. НАУ.2018, №3 (80). С. 36–40.
2. Лабунець В.Ф. Триботехнические характеристики порошковых материалов на основе железа после борирования / В.Ф. Лабунец, Н.И. Денисенко, Г.Г. Голембиевский: Київ. НАУ. 2017, №3 (76). С.81–86.
3. Лабунец В.Ф. Износостойкие боридные покрытия / В.Ф. Лабунец, Л.Г. Ворошнини, М.В. Киндрачук. К.: Техніка, 1989. 158 с.
4. Самсонов Г.В., Борисова А.Л. и др. Физико-химические свойства окислов: Справочник. М.: Металлургия, 1978. 472 с.