

УДК 621. 879

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА МАТЕРІАЛИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЕКСКАВАТОРІВ

Борак К.В. д.т.н. професор

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Умінський О.В. аспірант

Поліський національний університет, м. Житомир

Робочі органи екскаваторів виготовляються зі спеціальних зносостійких матеріалів. Корпуси ковшів – з високоміцних легованих сталей (типу Hardox 400/450), ріжучі кромки та накладки – з надтвердих сталей (500 HB і більше, зуби – зі зносостійких загартованих сталей або сплавів, здатних чинити опір абразивному зношуванню. Конструктивно застосовуються змінні і захисні елементи (зуби, сегменти, бокорізи, накладки), які беруть на себе основний знос і можуть легко замінюватися.

Основним робочим органом екскаватора є ковш, конструкція і оснащення якого визначаються специфікою виконуваних робіт. Екскаваторний ковш зазвичай має форму ковша (черпака) з відкритою фронтальною частиною. Передній край ковша утворює ріжучу кромку, яка під час копання врізається в ґрунт. На цій кромці закріплюються змінні зуби – загострені насадки, що безпосередньо контактують з породою. Зуби, як правило, кріпляться на ковші за допомогою спеціальних адаптерів і штифтів (замків), що дозволяє швидко замінювати їх у разі зношування. Окрім зубів, на ковші можуть бути встановлені інші знімні елементи: наприклад, бокові різці (кутові зуби або бокові ножі) на бічних стінках ковша для захисту та кращого прорізання ґрунту, а також додаткові накладки на днище ковша (так звані лиски або полози) для запобігання стиранню днища. Конкретна конструкція ковша залежить від типу екскаватора і характеру робіт. Для екскаваторів-завантажувачів (навантажувачів з зворотною лопатою) і кар'єрних екскаваторів (прямої лопати) ковші мають дещо різну форму та спосіб кріплення, але принципово складаються з аналогічних елементів. Так, у екскаватора типу backhoe (зворотна лопата) ковш кріпиться шарнірно до руків'я і загрибає ґрунт рухом "на себе" (тобто ковш заглиблюється вниз і потім тягнеться назад під стрілу). У екскаватора типу face shovel (пряма лопата, частіше у великих кар'єрних машинах) ковш закріплений навпаки "догори дном" і зачерпує породу рухом "від себе" (відкидаючи ґрунт вперед). В обох випадках фронтальна частина ковша має зуби й виконує роль різального інструменту. Кар'єрні ковші прямої лопати зазвичай більш місткі та оснащені більшим числом зубів, що дозволяє розподілити навантаження. Інженери-конструктори екскаваторного обладнання постійно оптимізують геометрію ковша для поліпшення продуктивності та довговічності. Зокрема, важливими параметрами є кут атаки різальної кромки (кут, під яким кромка входить у ґрунт), форма профілю ковша (глибина, радіус закруглення днища), співвідношення

ширини і місткості. Правильно спроектований ковш забезпечує легке врізання в ґрунт і наповнення, а також рівномірний розподіл навантажень по своїй структурі. Щоб підвищити міцність ковша, в конструкції передбачають ребра жорсткості – додаткові приварені пластини чи профілі, що укріплюють найбільш навантажені зони (наприклад, місце переходу днища в спинку ковша). Для «скельних» ковшів ребра жорсткості особливо характерні: вони запобігають деформаціям і розтріскуванню ковша під дією ударів та високих навантажень.

Складовою частиною робочого органу є зуби ковша. Вони можуть мати різну форму залежно від типу ґрунту: конічні загострені (так звані “тигрові” зуби) – для твердого ґрунту і скельних порід, плоскі долотоподібні – для змішаного та мерзлого ґрунту, широкі лопатоподібні (зустрічаються як спеціальні насадки) – для м’якого ґрунту, що кришиться, або для планувальних робіт. Зуби встановлюються на ковші у кількості від 3 до 9 і більше (залежно від ширини ковша і розміру машини). Поширеною є схема кріплення зубця, що складається з адаптера (нерухомо привареного або прикрученого до ковша тримача) та змінного наконечника (писака), який насаджується на адаптер і фіксується шплінтом, болтом чи спеціальним замком. Така система дозволяє швидко замінити лише зношений наконечник зубця, зберігаючи адаптер. В екскаваторів малих класів (міні-екскаватори) зуби інколи виготовляються цілними і кріпляться без адаптерів (болтами до кромки), але в крупній техніці переважають розбірні зуби. Різні виробники екскаваторних зубів розробляють власні стандартизовані системи кріплення і форми зубів. Наприклад, компанія Caterpillar має кілька серій зубів (J-series, K-series, Advansys), компанія Komatsu – систему Kmax, Volvo впровадила Volvo Tooth System із фірмовою геометрією. Такі системи суміщаються лише зі своїми адаптерами і враховують особливості конкретних моделей екскаваторів. В останні роки спостерігається тенденція до уніфікації кріплень та підвищення безпеки заміни зубів: все більше систем переходять на безболтове (безударне) кріплення – з фіксацією спеціальними затискачами або клиновими замками, що дозволяє міняти зуби без ударів молотком (знижуючи травматизм та простої). Так, нова система Cat Advansys використовує замки, які можна встановлювати і знімати звичайним гайковим ключем, що прискорює зміну зубів на 50% і більше (за даними виробника). Аналогічно, замкові системи від Komatsu і Escو дозволяють замінити один зубець протягом декількох хвилин прямо на будмайданчику.

Для виготовлення ковшів екскаваторів застосовуються конструкційні сталі підвищеної міцності та зносостійкості. Основний корпус ковша (днище, стінки, спинка) зазвичай виконується зі сталей, що мають високу границю текучості та ударну в’язкість, аби витримувати значні механічні навантаження. Наприклад, використовуються низьколеговані сталі типу 09Г2С або імпорتنі аналоги (Hardox 400, Dillidur тощо) із твердістю близько 360–430 НВ. Такі сталі забезпечують добрий баланс міцності і в’язкості, тобто ковш не ламається під ударом і в той же час його стінки стійкі до стирання. Найбільш навантажені та піддані зносу зони ковша виготовляють із ще більш твердих марок сталі або оснащують додатковими накладками з твердих сплавів. Передня різальна кромка

ковша, на яку кріпляться зуби, часто виробляється з сталевих смуг підвищеної твердості (близько 450–500 НВ). Як приклад, компанія Volvo зазначає, що всі ріжучі країки та сегменти її ковшів виготовлено зі сталі твердістю ~500 НВ, що значно підвищує їхній ресурс порівняно зі стандартною сталлю 400 НВ. За їхніми даними, перехід від 400НВ до 500НВ дозволяє збільшити строк служби крайок приблизно на 70%. Шведська зносостійка сталь Hardsox міцно завоювала ринок: її використовують багато виробників для кузовів самоскидів, ковшів навантажувачів і екскаваторів. Зокрема, бічні стінки і зубна плита (основана пластина різальної кромки) скельних ковшів часто виготовляються зі сталі Hardsox, яка імпортується зі Швеції та відома поєднанням високої твердості з ударною витривалістю. Різні частини ковша можуть виконуватися з різної товщини і марки сталі – наприклад, днище з товстої міцної, а боковини з більш тонкої, щоб оптимізувати масу конструкції. Зуби ковша виготовляються зі спеціальних легованих сталей або чавунів, здатних протистояти інтенсивному абразивному зносу. Типовий матеріал зубця – ливарна сталь із вмістом марганцю, хрому, молібдену та інших карбідоутворюючих елементів. Широко відома високомарганцева сталь 110Г13Л (Hadfield steel), яка має властивість зміцнюватися при ударних навантаженнях (ефект наклепу): поверхневий шар такої сталі від ударів переходить у твердий аустенітно-мартенситний стан, підвищуючи зносостійкість. Проте останнім часом традиційну марганцеву сталь частково витісняють леговані сталі типу 30X, 40XH та ін., які піддаються загартуванню і відпуску для досягнення твердості ~45–55 HRC (що еквівалентно ~450–600 НВ). Після термічної обробки зуби набувають структуру загартованого мартенситу з певною кількістю залишкового аустеніту, що забезпечує високу твердість і міцність без надмірної крихкості. Для покращення властивостей використовують також біметалеві відливки зубів: коли робоча частина відлита з дуже твердого сплаву, а основа (в районі кріплення) – з більш в'язкого і ударостійкого металу. У деяких моделях міні-екскаваторів зуби виготовляються з високоміцного чавуну (наприклад, модифікованого високоміцного чавуну з кулькоподібним графітом, підданого австемперуванню – ADI), що дає прийнятну зносостійкість при нижчій вартості виробництва. Крім основних матеріалів, важливим є також застосування твердосплавних матеріалів і покриттів для локального зміцнення найбільш зношуваних зон. До таких належать наплавлення твердим сплавом (наприклад, наплавлення порошковою дртоиною з великою часткою карбідів хрому чи вольфраму), нанесення зносостійких покриттів методом термічного напилення (твердих сплавів, кераміки), дифузійне зміцнення поверхні (цементация, борування) та інші методи. В виробничих умовах на нові ковші часто наносять захисні накладки з твердого сплаву – наприклад, пластини з наплавленими карбідами, Chocky-bars (спеціальні модульні бруски зі зносостійкого матеріалу), які можна приварити на тіло ковша. Також застосовують змінні болтові елементи з твердих сплавів – наприклад, у ковшах для дуже абразивних середовищ (гірничих) інколи встановлюють змінні сегменти між зубцями, що виконують роль додаткових різальних елементів і захищають основну кромку від стирання.