

УДК 656.11:621.791.92

В. А. Лукаш, канд. техн. наук, Л. М. Вировець, О. В. Мельничук

Институт надтвердых материалов им. В. М. Бакуля НАН Украины, м. Київ

СТОСОВНО ОБЕРТАЛЬНОСТІ І ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДОРОЖНІХ РІЗЦІВ

The problem of a road-cutting machines cutter kinematics has been analyzed. Laboratory tests have shown that the cutter can turn only at the instant it enters into or leaves the medium being broken or in cases of disappearing of or sharp decrease in axial force. Some methods to protect cutter holders from rapid wear are proposed.

Дорожні різці, які застосовуються на фрезерно-дорожніх машинах типу Wirtgen, видаються подібними до різців, що обертаються, теорію роботи яких розробляли в Інституті надтвердих матеріалів наприкінці 60-х років минулого століття [1]. Насправді, дорожні різці є різновидом тангенціальних різців, що провертаються, завдяки чому до повного зношення вони працюють практично з незмінною затупленістю і мають майже лінійний контакт з породою по задній поверхні різальної вставки. Головною об'єднуючою ознакою, цих типів різців є наявність тільки ковзання робочих поверхонь відносно породи і відсутність перекачування цих поверхонь відносно площини різання при контакті з породою.

Кінематику дорожнього різця вивчали в ІНМ НАН України на лабораторному стенді, створеному на базі токарно-карусельного верстата 1М552 з діаметром планшайби 2000 мм при різанні блоку пісковика середньої міцності з Тербовлянського кар'єру (Житомирська обл.) у формі прямокутника з розмірами у плані 1,2×0,7 м.

Інструмент встановили у трикомпонентний динамометр, зусилля різання фіксували і обробляли за допомогою комп'ютера. Різання здійснювали за схемою напівблокованого повторного зрізу з кроком $t = 2-11,2$ мм з безперервною подачею. Глибину різання встановлювали $h = 2-10$ мм у різних поєднаннях для того, щоб утворювались усілякі варіанти орієнтації зони контакту інструмента з породою.

Схему встановлення дорожнього різця і сил взаємодії його з породою показано на рис. 1.

Зусилля, що діє на різець, можна подати у вигляді суми зусиль різання P_z , подачі P_y і бокового P_x . Рівнодійна R цих сил формує осьову складову $P_{ос}$, що утворює розосереджену силу N , яка створює момент сил тертя F_T :

$$F_T = N \kappa r_{тр},$$

де κ – коефіцієнт тертя сталі по сталі, орієнтовно $\kappa = 0,15 - 0,20$; $r_{тр}$ – радіус усередненого плеча сили N .

У разі незбігу рівнодійної з віссю різця в опорі ковзання з'являється реакція розосередженої сили N_1 , яка формує в опорі гальмівний момент M_T :

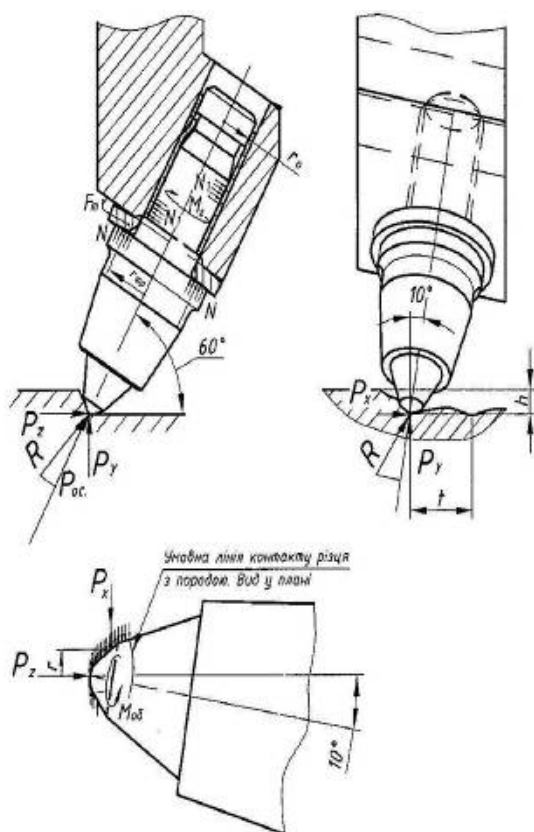


Рис. 1. Схема встановлення дорожнього різця

$$M_{\Gamma} = N_1 \kappa r_0,$$

де r_0 – радіус циліндра опори ковзання, $r_0 \approx 8 - 10$ мм.

Бокова складова зусилля різання P_x створює обертальний момент $M_{об}$, що намагається змінити положення різця відносно його продольної осі:

$$M_{об} = P_x r,$$

де r – плече сили повертання різця, що залежить від форми вставки і режимів різання, $r = 3 - 6$ мм.

Таким чином, обертальному моменту $M_{об}$ протидіють момент сили тертя F_T і гальмівний момент M_{Γ} :

$$M_{об} \leq F_T + M_{\Gamma},$$

або

$$P_x r \leq N \kappa r_{тр} + N_1 \kappa r_0.$$

Аналізуючи останнє співвідношення, бачимо, що радіус r бокової сили P_x завжди в кілька разів менший від радіусів $r_{тр}$ і r_0 , вибраних з технологічних і конструктивних міркувань. Водночас сила $P_{ос}$, що формує сили тертя на заплечики різця, в усталеному процесі різання завжди перевищує сили P_x , а у формуванні сили N_1 в опорі ковзання бере участь як сила різання P_z , так і бокова сила P_x . У результаті сума моментів тертя значно перевищує момент обертання. Виконані на основі вимірювання в процесі експериментів зусиль різання нескладні викладки показали, що момент тертя F_T , разом з гальмівним моментом у кілька разів перевищують обертальний момент.

Спостереження за положенням різця відносно його продольної осі під час експериментів підтвердили відсутність обертання інструмента при різанні породи. Але зафіксований експериментально факт відсутності обертання різця при різанні не означає відсутності його повертання взагалі. Насправді незначне повертання спостерігалось регулярно і десь через 50–70 обертів планшайби верстата різець робив повний оберт навколо своєї осі. При входженні інструмента в контакт з породою і виходженні з нього існує мить, коли зусилля P_x , що утворює обертальний момент, існує, а зусилля P_y , що утворює момент тертя в опорі, – відсутнє або незначне. Саме в цей момент різальний інструмент повертається в опорі на певний кут. Крім того, залежно від глибини h процес різання може починатись і закінчуватись для різця станом, коли в контакті з породою перебуває не твердосплавна вставка, а прилегла до неї частина державки. У цьому разі бокова сила, що діє на різець, має значно більше плече, а осьова сила $P_{ос}$ значно менша, ніж в усталеному режимі різання, у результаті крутний момент перевищує суму моментів тертя і гальмівного.

Не слід також відкидати можливість повертання дорожніх різців при взаємодії зі зруйнованою породою в момент, коли вони не в контакті з масивом дорожнього полотна.

У виробничих умовах за рахунок вищої швидкості обертання барабана фрези дорожньої машини різець контактує з асфальтом значно частіше і повертається інтенсивніше і стабільніше, ніж під час лабораторних досліджень. Це й забезпечує цьому виду різального інструмента обертового типу умови роботи з практично незмінним затупленням до повного зношення по висоті (довжині) різця.

У випадку забруднення опори ковзання повертання припиняється і дорожній різець починає працювати як звичайний стрижневий, у якого до того ж немає заднього кута. При цьому лінійний контакт по задній поверхні різця швидко переходить у площинний і під впливом теплових процесів настає катастрофічне зношення інструмента. Зволікання із заміною такого різця призводить навіть до втрати твердосплавної вставки. Наявність хоча б кількох таких зношених різців погіршує умови роботи сусідніх різців через локальну зміну схеми різання і утворення збільшених виступів породи на вибої дорожнього полотна, що призводить до прискореного зношення державок інструмента, і надмірного навантаження на привод дорожньої фрези. Таким чином, головною умовою ефективного відпрацювання дорожніх різців є їх регулярне повертання.

Провідні фірми-розробники дорожніх різців певний час збільшували ресурс стійкості свого інструмента за рахунок поліпшення його конструкції і підвищення зносостійкості твердосплавних вставок. Але, як показують дослідження і спостереження [2], прогрес у цьому технічному напрямі стримується не так якістю твердого сплаву, як недостатньою зносостійкістю державки дорожнього різця. При фрезеруванні асфальтобетону найбільше зношується фрагмент державки, розташований безпосередньо за твердосплавною вставкою (рис. 2), що може призвести до поломки державки або відриву вставки, оскільки площа спаю при цьому зменшується. Питома вага різців з таким видом амортизації доходить 30 % загальної маси відпрацьованого інструменту. З огляду на це проблема підвищення зносостійкості державки доволі актуальна.



Рис. 2. Вигляд різців з дуже зношеною державкою

У багатьох патентах пропонується зміцнювати дорожній різець шляхом наплавлення на державку твердого сплаву, встановлення за вставкою твердосплавних кілець, армування державки окремими штирями зі зносостійкого матеріалу. Також пропонується різець складної структури з диференційованими шарами в різних перерізах, де одним з шарів є наплавлений гетерогенний сплав твердістю HRC₃ 55...57 [3]. Проте ефективність і доцільність усіх пропонованих технічних рішень потребує доведення у виробничих умовах.

Іншим напрямком вирішення проблеми є використання оптимальної марки і поліпшення фізико-механічних властивостей сталі, з якої виготовляється державка, шляхом її відповідної термічної обробки. Саме такий напрям вибрала фірма "Betek", використавши високоякісну марганцеву сталь із вмістом вуглецю 0,52–0,58 % і застосувавши гартування головки різця до твердості HRC₃ 56...58. При цьому в небезпечному перерізі – місці переходу головки різця у хвостовик – створюється менша твердість, яка відповідає мартенситно-перлітній структурі та забезпечує більшу в'язкість і міцність сталі. Застосування цієї сталі та її відповідної термообробки сприяло значному підвищенню зносостійкості державки і дозволило, по нашим оцінкам, на 20–30 % зменшити питомі витрати на інструмент.

Дієвим способом підвищення зносостійкості державки інструмента є додаткове оснащення її металокерамічним твердим сплавом у вигляді кільця, встановленого безпосередньо за вставкою. Партію таких експериментальних різців було випробувано у виробничих умовах на дорожній машині типу Bob-cat. Вигляд нових і амортизованого різців, оснащених твердосплавними кільцями, показано на рис. 3.

Аналіз стану найбільш спрацьованого експериментального різця (рис. 3 б), у якого знос твердосплавної вставки по висоті становить 7 мм, показує, що після зношування вставки на певну висоту безпосередньо у процес різання вступало і твердосплавне кільце, про що свідчить зміна на ньому розміру і кута нахилу фаски. На жаль, окремі різці мали поломку кільця, що, на нашу думку, пояснюється великими остаточними технологічними напруженнями після паяння. Застосування кільця у вигляді окремих секторів, як робиться, наприклад, в твердосплавних опорах ковзання, дозволило б зняти це питання. Знос державки за межами кільця незначний і можна вважати, що в разі застосування кілець із твердого сплаву проблема підвищення зносостійкості державки було б вирішено радикально.

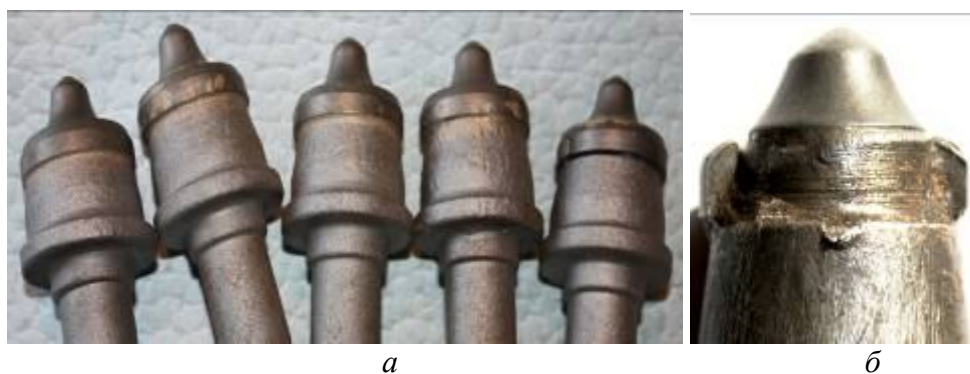


Рис. 3. Видяд рiзцiв, оснащених твердосплавними кiльцями: а – нових; б – зношених

Проте зi зносом вставки по висотi твердосплавне кiльце, яке зруйнованими частками породи зношується дуже повiльно, перестає вписуватись у рельєф вибою i також починає брати участь у процесi рiзання, що збiльшує площу контакту iнструмента з дорожнiм полотном i призводить до збiльшення навантаження на привод машини. Очевидно, рацiональнiшим було б технiчне рiшення, яке не просто захищає державку вiд зношення, а й робить цей процес керованим, тобто забезпечує пропорцiйне зношування вставки по висотi та державки по товщинi, що сприятиме повнiшому використанню технiчного ресурсу вставки. Крім того, застосування кiлець може ускладнити технологiю виготовлення дорожнiх рiзцiв i призвести до пiдвищення собiвартостi їх виготовлення.

З урахуванням викладеного розроблено i виготовлено експериментальнi рiзцi двох типiв, в яких зносостiйкий матерiал було застосовано не у виглядi цiлiсного кiльця, а дискретно у виглядi невеликих окремих елементiв: твердосплавних штирiв дiаметром 6 мм або вставок з полiкрystaliчних алмазiв (АКТМ), запаєних у радiально розташованi отвори у сталевих державках (рис. 4).

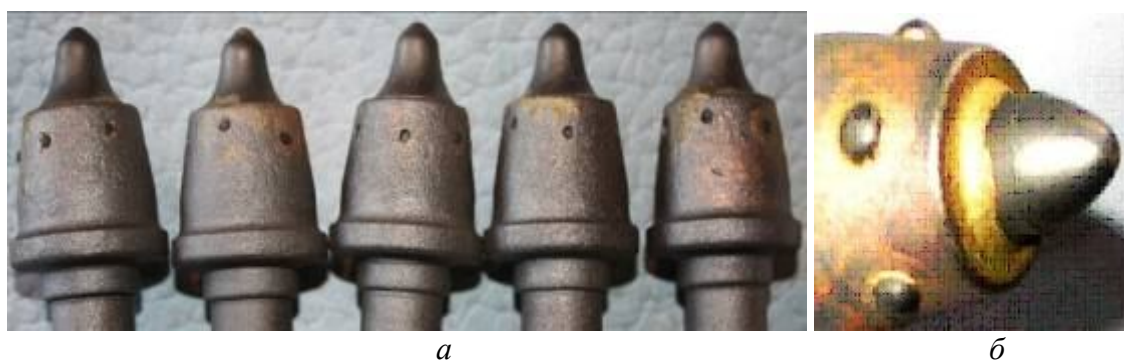


Рис. 4. Видяд експериментальних рiзцiв: а – з вставками iз полiкрystaliчних алмазiв; б – з твердосплавними штирями

Експериментальний iнструмент випробовували у виробничих умовах на машинi Bobcat пiд час фрезерування рiзних дiлянок дорожнiмого полотна. Типовi зразки зношеного iнструмента показано на рис. 5.

Характер зношення державки, армованої полiкрystaliчними алмазами, свiдчить про те, що зносостiйкi вставки з цього iнструментального матерiалу значно стримують її знос. Зношення самих алмазних вставок чи значних виколiв на них, як видно на рис. 5 а, практично немає, хоча центральна твердосплавна вставка при загальнiй висотi 15 мм за час випробувань зносилася на 6,5 мм. На рис. 5 б видно, що зона зношення головки рiзця складається з трьох поясiв: твердосплавної вставки, поясу державки зi вставками АКТМ i неармованого поясу, якi плавно переходять один в одного. Зношення кожного поясу в напрямку вiд вершини рiзця зменшується, що дає змогу iнструменту повнiше виконувати його функцiї. Загалом

форма зношення цього різця має гармонійний характер, що дає можливість якнайефективніше використовувати ресурс інструмента, закладений у нього розробником.



Рис. 5. Характер зношення експериментальних різців: а, б – із вставками полікристалічних алмазів; в – із твердосплавними штирями

Ідея оснащення державки твердосплавними вставками (штирями) замість суцільного кільця, про що вже йшлося, так само виявила свою життєздатність. Як видно з рис.5 в, штирі значною мірою захистили державку від зносу не лише по діаметру (про що свідчить виступання їх відносно сталі), а й у центральній частині головки різця, яка також зносилася аж до вставок.

Висновки

Загалом з аналізу великої кількості відпрацьованих різців і випробувань експериментальних зразків доводимо таких висновків.

1. Головною умовою ефективного відпрацювання і використання повного ресурсу дорожніх різців є регулярне їх повертання.
2. Дискретне оснащення державки інструмента зносостійкими матеріалами сприяє значному підвищенню стійкості дорожніх різців. Для практичного використання цього технічного рішення необхідно розв'язати ще ряд завдань, таких як підбір дешевшого матеріалу, визначення розміру вставок, місця їх розташування.
3. Для забезпечення повного використання технічного ресурсу дорожніх різців проблему підвищення зносостійкості державки необхідно вирішувати в комплексі зі стійкістю різальної вставки, її конструктивними параметрами.

Автори висловлюють подяку чл.-кор. НАН України Бондаренку В. П. та чл.-кор. НАН України Шульженку О. О. за пропозиції і надані матеріали для виготовлення експериментальних зразків інструменту.

Література

1. Линенко Ю. П. К теории работы вращающихся резцов // Сб. ст. "Алмазный и твердосплавный инструмент в горном деле". – К.: "Техника". – 1965. – С. 127–144.
2. Лукаш В. А., Вировець Л. М., Мельничук О. В. Аналіз відпрацювання та шляхи підвищення працездатності дорожніх різців // УИЦ "НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИЯ". – 2007. – С. 320–322.
3. Попов С. Н., Антонюк Д. А. Оптимизация срока службы резцов дорожной фрезы на основе технологий предварительной и восстановительной износостойкой наплавки // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2007. – № 1. – С. 69–77.

Надійшла 22.06.09