



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **39793** (13) **U**
(51) МПК
B02C 13/28 (2009.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС**
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту**(54) БІМЕТАЛЕВИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН ДРОБАРКИ**

1

2

(21) u200812450

(22) 23.10.2008

(24) 10.03.2009

(46) 10.03.2009, Бюл.№ 5, 2009 р.

(72) РОМАНЕНКО ЮРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, UA,
АФТАНДІЛІАНЦ ЄВГЕНІЙ ГРИГОРОВИЧ, UA,
ШИНСЬКИЙ ІГОР ОЛЕГОВИЧ, UA, ПЕЛІКАН ОЛЕГ
АНАТОЛІЙОВИЧ, UA(73) ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ МЕТА-
ЛІВ ТА СПЛАВІВ НАН УКРАЇНИ, UA(57) 1. Біметалевий робочий орган дробарки, який
містить сталеву основу з отвором(ом)/(ами) для йогокріплення і робочий шар зі зносостійкого матеріа-
лу, який **відрізняється** тим, що містить шар дифу-
зійного перерозподілу легуючих елементів, який
з'єднує основу та робочий шар.2. Біметалевий робочий орган дробарки за п. 1,
який **відрізняється** тим, що матеріал основи
складається зі сталі з вуглецевим еквівалентом
($C_{\text{екв}}^{\text{ст}}$) від 0,3 до 1,2 %, робочий шар складається
зі зносостійкого легованого чавуну з вуглецевим
еквівалентом ($C_{\text{екв}}^{\text{чав}}$) від 3,0 до 4,6 %, а співвід-
ношення вуглецевих еквівалентів сталі та чавуну
має наступний вигляд: $C_{\text{екв}}^{\text{ст}} < 1,17 \cdot C_{\text{екв}}^{\text{чав}} - 3,07$.

Корисна модель відноситься до області мета-
лургії, ливарного виробництва, зокрема, до біме-
талевих виливків робочих органів дробарок, що
працюють в умовах значних динамічних знако-
змінних навантажень, інтенсивного абразивного,
ударно-абразивного та гідроабразивного зношу-
вання.

Відомий молоток дробарки, виконаний у ви-
гляді пластини з отворами для його кріплення і
оснащений зносостійкими елементами, які розта-
шовані по кутках пластини з двох сторін плоскої її
поверхні, причому вказані елементи мають форму
конусів, осі яких перпендикулярні боковій поверхні
пластини, вершини протилежних конусних зносо-
стійких елементів направлено зустрічно, а основи
виступають над поверхнею пластини [Патент UA
№77014, B02C 13/28, 16.10.2006, бюл. №10].

Недоліками робочих органів дробарок з дифе-
ренційованими властивостями отриманими як на-
слідок наплавлення [Патент UA №77014, B02C
13/28, Від 16.10.2006, бюл. №10] є великі витрати
енергії і часу створення зносостійких шарів, а та-
кож низька в'язкість області переходу основної і
зміцненої частини виробів, що приводить до їх
незначного терміну служби.

Удосконалення конструкції робочих органів
дробарок відбувається, в основному, у напрямку
виготовлення їх з двох складових частин - основи,
з отвором для кріплення до ротора, виготовленою
з вуглецевої або мало легованої сталі, і робочого
шару, який зношується, із зносостійкого матеріалу
[Клейс І.Р., Ууэмыйс Х.Х. Износостойкость эле-
ментов измельчителей ударного действия. Моск-

ва: Машиностроение. 1986. - с. 237].

Найбільш близьким до запропонованої корис-
ної моделі за технічною суттю, метою та результа-
том, що досягається, є молоток молоткової дроба-
рки, виконаний з вуглецевої сталі, який містить
основу з отворами для кріплення на роторі, фігурні
пази у вигляді ластівчиного хвосту, в яких встано-
влені змінні робочі грані з високолегованих сталей,
закріплені з одного боку тупиково, а з іншого фік-
суються гвинтами [Патент RU №2270058 - прототи-
п. B02C 13/28. опубл. 20.02.2006. Бюл. №5].

Недоліком відомого рішення [Патент RU
№2270058 - прототип] є складність виготовлення і
велика трудомісткість виробництва молотків, яка
пов'язана з виготовленням посадочних місць, як
основи, так і робочих граней, а також низька міц-
ність і зносостійкість молотків. Міцність відомих
молотків [Патент RU №2270058 - прототип] визна-
чається механічним з'єднанням і контролюється
гвинтом, при руйнуванні якого в процесі подріб-
нення відбувається відділення робочих граней від
основи і руйнування не тільки молотка, але і дроба-
рки. Також недоліком відомих молотків [Патент
RU №2270058 - прототип] є короткий термін служ-
би, який пов'язаний з низькою зносостійкістю ро-
бочого шару, оскільки у якості матеріалу робочих
граней використовуються високолеговані сталі, які
мають невисоку стійкість до зносу.

В основу корисної моделі поставлена задача,
шляхом оптимізації з'єднання робочого шару з
основною, та оптимізації співвідношення властиво-
стей їх матеріалів, підвищити міцність та зносо-
стійкість робочого органу дробарки.

(13) **U**
(11) **39793**
(19) **UA**

Поставлена задача вирішується тим, що біметалевий робочий орган дробарки, який містить сталеву основу з отвором(ом)/(ами) для його кріплення і робочий шар з зносостійкого матеріалу, згідно з корисною моделлю, містить шар дифузійного перерозподілу легуючих елементів, який з'єднує сталеву основу та робочий шар. При цьому матеріал основи складається зі сталі з вуглецевим еквівалентом ($C_{\text{екв}}^{\text{CT}}$) від 0,3 до 1,2%, робочий шар складається з зносостійкого легованого чавуну з вуглецевим еквівалентом ($C_{\text{екв}}^{\text{Чав}}$) від 3,0 до 4,6%, а співвідношення вуглецевих еквівалентів сталі та чавуну має наступний вигляд: $C_{\text{екв}}^{\text{CT}} < 1,17 \cdot C_{\text{екв}}^{\text{Чав}} - 3,07$.

Дифузійне з'єднання основи і робочого шару (взаємне проникнення, в результаті дифузії, атомів матеріалу основи і робочого шару один в одного) робочих органів дробарок є найбільш оптимальним видом з'єднання біметалевих виливків, оскільки таке з'єднання відбувається в процесі виготовлення біметалевих виливків без трудомісткої і складної механічної обробки контактних поверхонь, для механічного з'єднання, або зварки.

Перевагою з'єднання робочого шару і основи за допомогою шару дифузійного перерозподілу легуючих елементів є також те, що його міцність, яка визначається міжатомними силами зв'язку матеріалу, що утворився в результаті дифузії, є ізотропною по поверхні контакту, що підвищує надійність роботи біметалевих робочих органів дробарок.

Запропонований до корисної моделі біметалевий робочий орган дробарки схематично показаний на кресленні. Біметалевий робочий орган дробарки являє собою виливок який складається зі зносостійкого робочого шару (1), сталеві основи (2) з отвором (3) та шару дифузійного перерозподілу легуючих елементів (4), який з'єднує основу та робочий шар.

Біметалевий робочий орган дробарки працює таким чином. Встановлений на роторі дробарки, що обертається, за допомогою отвору (3) біметалевий робочий орган дробарки, в процесі експлуатації, завдає удари по оброблюваному матеріалу зносостійким робочим шаром (1), який з'єднаний зі сталевією основою (2) за допомогою шару дифузійного перерозподілу легуючих елементів (4).

Проте надійне з'єднання робочого шару і основи за допомогою шару дифузійного перерозподілу легуючих елементів є необхідною, але недостатньою умовою для підвищення міцності та зносостійкості робочих органів дробарок, оскільки істотний вплив на працездатність біметалевих виливків мають матеріали основи і робочого шару.

За своїм функціональним призначенням робочі органи дробарок повинні поєднувати високу твердість, зносостійкість, теплостійкість робочих шарів з конструкційною міцністю, ударною в'язкістю, пластичністю матеріалу основи. Для забезпечення високої зносостійкості та міцності матеріали основи та робочого шару повинні мати високий рівень таких властивостей, як опір стиску, згину, зсуву, зрізу, зминанню, теплопровідність, стійкість проти корозії, а також високу та рівномірну твердість при відсутності крижкості, невелику відмін-

ність коефіцієнтів теплового розширення та стабільну макро- та мікроструктуру основи та робочого шару.

Нашими дослідженнями встановлено, що вищезгаданий рівень властивостей основи досягається у разі застосування сталей що містять (мас. %) від 0,2 до 0,4 вуглецю; від 0,15 до 0,9 кремнію; від 0,25 до 1,4 марганцю; від 0,20 до 2,5 хрому; від 0,1 до 1,0 нікелю; до 0,025 сірки; до 0,02 фосфору. При цьому значення вуглецевого еквіваленту сталі ($C_{\text{екв}}^{\text{CT}}$), визначені по формулі (1), яка приведена в ГОСТ 27772-88. «Прокат для строительных стальных конструкций», повинні бути в межах від 0,3 до 1,2%.

$$C_{\text{екв}}^{\text{CT}} = C + Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2, \quad \% \quad (1),$$

де C, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P - масові доли вуглецю, марганцю, кремнію, хрому, нікелю, міді, ванадію та фосфору у сталі, %.

Необхідний рівень властивостей робочого шару досягається у разі застосування чавунів, які містять (мас. %) від 2,3 до 3,3 вуглецю; від 0,5 до 0,75 кремнію; від 0,5 до 5,0 марганцю; від 11,0 до 24,0 хрому; до 2,4 молібдену; до 0,04 сірки; до 0,05 фосфору. При цьому значення вуглецевого еквіваленту чавуну ($C_{\text{екв}}^{\text{Чав}}$), які визначають по формулі (2), приведений в роботі [Гиршович Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. М.: Л.: Машиностроение. 1966. - с.562.], повинні бути в межах від 3,0 до 4,6%.

$$C_{\text{екв}}^{\text{Чав}} = C + 0,3 \cdot (Si + P) - 0,03 \cdot Mn + 0,4 \cdot S + 0,07 \cdot Ni + 0,05 \cdot Cr + 0,074 \cdot Cu + 0,25 \cdot Al, \quad \% \quad (2),$$

де C, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, Al, S, P - масові доли вуглецю, марганцю, кремнію, хрому, нікелю, міді, алюмінію, сірки та фосфору в чавуні, %.

Високоякісне дифузійне з'єднання робочого шару і основи, тобто формування шару дифузійного перерозподілу легуючих елементів без пор, тріщин усадкових і інших дефектів відбувається тільки у тому випадку, коли рідкий легований чавун робочого шару заливається на тверду основу. Ця умова виконується тоді, коли температура закінчення твердіння сталевієї основи (температура солідусу ($t_{\text{сол}}^{\text{очн}}$)) більше температури заливання чавуну робочого шару ($t_{\text{зал}}^{\text{пш}}$), тобто коли реалізується наступна нерівність

$$t_{\text{сол}}^{\text{очн}} > t_{\text{зал}}^{\text{пш}}, \quad (3).$$

Згідно з результатами роботи [Справочник по чугуному литью. Ленинград. Машиностроение: Под ред. Н.Г. Гиршовича. 1978. - с. 758] оптимальна температура заливання легованих чавунів в ливарні форми повинна бути на 140-160°C більше його температури ліквідує (температура закінчення плавлення чавуну при нагріві).

Результати виконаних нами експериментів показали, що хімічний склад матеріалу основи і робочого шару визначає температури солідусу сталевієї основи ($t_{\text{сол}}^{\text{очн}}$) і ліквідує чавуну робочого шару ($t_{\text{лікв}}^{\text{пш}}$) наступними залежностями

$$t_{\text{сол}}^{\text{очн}} = 1498 - 55,96 \cdot C_{\text{екв}}^{\text{CT}}, \quad ^\circ\text{C}; r = 0,909; \quad (4),$$

$$t_{\text{лікв}}^{\text{пш}} = 1510 - 65,51 \cdot C_{\text{екв}}^{\text{Чав}}, \quad ^\circ\text{C}; r = 0,967; \quad (5),$$

де r - коефіцієнт кореляції; $C_{\text{екв}}^{\text{CT}}$ і $C_{\text{екв}}^{\text{Чав}}$ - вуглецеві еквіваленти сталі і чавуну, відповідно, %.

Враховуючи, що максимальний перегрів роз-

плаву чавуну, при заливанні в ливарні форми складає 160°C, з урахуванням рівняння (5), визначили залежність оптимальної температури заливання чавуну робочого шару ($t_{\text{зал}}^{\text{рш}}$) від його хімічного складу, яка має наступний вигляд

$$t_{\text{зал}}^{\text{рш}} = 1670 - 65,51 \cdot C_{\text{екв}}^{\text{чав}}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (6).$$

З урахуванням рівнянь 3-6 гарантоване високоякісне дифузійне з'єднання робочого шару і основи реалізується тільки при наступному співвідношенні хімічних складів сталеві основи і чавунного робочого шару

$$C_{\text{екв}}^{\text{ст}} < 1,17 \cdot C_{\text{екв}}^{\text{чав}} - 3,07; \quad (7).$$

При значеннях вуглецевого еквівалента сталеві основи ($C_{\text{екв}}^{\text{ст}}$) менше 0,3% не забезпечується необхідний рівень міцності і зносостійкості основи.

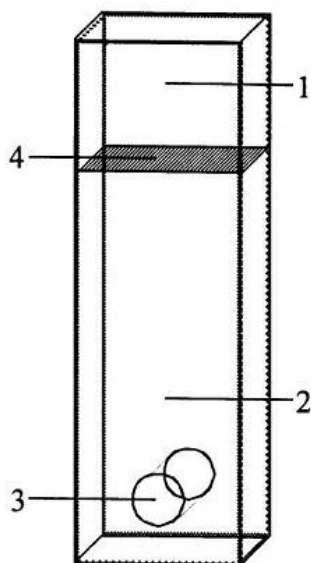
При значеннях вуглецевого еквівалента сталеві основи ($C_{\text{екв}}^{\text{ст}}$) більше 1,2% не забезпечується необхідний рівень ударної в'язкості і пластичності основи.

При значеннях вуглецевого еквіваленту чавуну робочого шару ($C_{\text{екв}}^{\text{чав}}$) менше 3,0% спостерігаються низькі механічні властивості, зокрема, міцність та корозійна стійкість робочого шару. При цьому не досягається необхідна твердість та зносостійкість робочих органів дробарок та знижуються їх експлуатаційні характеристики.

При значеннях вуглецевого еквіваленту чавуну робочого шару ($C_{\text{екв}}^{\text{чав}}$) більше 4,6% спостерігається підвищена крихкість внаслідок формування хромо-карбідної евтектики та великих карбідів. Це призводить до зниження механічних характеристик деталей в умовах динамічних навантажень при їх експлуатації. Крім того має місце підвищення собівартості продукції через значний вміст дорогих та дефіцитних легуючих елементів.

При невиконанні залежності 7 і реалізації іншого співвідношення хімічних складів сталеві основи і чавунного робочого шару $C_{\text{екв}}^{\text{ст}} > 1,17 \cdot C_{\text{екв}}^{\text{чав}} - 3,07$ знижується якість з'єднання основи і робочого шару, оскільки в цьому випадку робочий шар заливатиметься на основу, яка знаходиться в рідкому або рідко-твердому стані. При цьому відбуватиметься змішування розплавів матеріалу основи і робочого шару, при твердінні яких в зоні контакту утворюються усадкові дефекти (пори, рихлість, раковини і тріщини), що знижує якість з'єднання основи і робочого шару і, як наслідок, ресурс робочих органів дробарок.

За результатами випробувань встановлено, що біметалевий робочий орган дробарок, що за являється, є більш ефективним ніж прототип, оскільки має міцність в 2,5-2,6 рази, а зносостійкість в 2,2-2,4 рази більше ніж прототип.



Фіг.