



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 74800

(13) C2

(51) МПК (2006)

C21D 5/00

C21D 1/18

C21D 1/74

C21D 1/78

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ТЕРМООБРОБКИ ЛИВАРНОГО ЧАВУНУ

1

(21) 2002054071

(22) 20.05.2002

(24) 15.02.2006

(46) 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006 р.

(72) Алієв Натікбек Алі

(73) Алієв Натікбек Алі Огли

(56) JP 63118009 A, 23.05.1988

JP 57032352 A, 22.02.1982

JP 61104027 A, 22.05.1986

JP 63004038 A, 09.01.1988

JP 11006026 A, 12.01.1999

(57) 1. Спосіб термообробки ливарного чавуну, який включає відпал литих деталей для зняття внутрішніх напруг, хіміко-термічну обробку шляхом розміщення деталей у заповненому порошковою сумішшю герметизованому муфелі та прогрівання до заданої температури з витримкою протягом необхідного часу, який **відрізняється** тим, що як порошкову суміш використовують механічну суміш 50:50 феросиліцію та корунду, прогрівання деталей у муфелі проводять разом із піччю до темпе-

2

ратури 900-920°C з витримкою при цій температурі від 8 до 64 годин, після чого проводять розгерметизацію муфеля і вилучення деталей із печі та без попереднього підхолодження здійснюють гартування спочатку короткочасно опускаючи в підігріту до 75-80°C воду, а потім - у нагріте до 140-160°C мастило з витримкою від 20 до 30 хвилин у залежності від габаритів і маси деталі, після чого проводять відпускання деталей при 150-200°C протягом 2-3 годин та проварюють у мастильній ванні при температурі мастила 80-120°C протягом не менше 18 годин.

2. Спосіб згідно з п.1, який **відрізняється** тим, що витримку деталей у муфелі при температурі 900-920°C проводять протягом 8-16 годин до одержання дифузійного шару товщиною 0,2-0,3 мм.

3. Спосіб згідно з п.1, який **відрізняється** тим, що витримку деталей у муфелі при температурі 900-920°C проводять протягом не менше 48-64 годин до одержання дифузійного шару товщиною не менше 1 мм.

Винахід відноситься до машинобудування, зокрема до способу виготовлення різноманітних виробів та деталей із сірого ливарного чавуну, головним чином, із низьколегованого брикетного чавуну, що виплавляється у вагранках із шихти, підготовленої у вигляді спресованих брикетів на основі чавунної стружки й інших добавок зі сполучником із деревних стружок та тирси. Винахід може бути використано для одержання із зазначеного чавуну як крупних деталей, що мають підвищену міцність, корозійну стійкість, наприклад, робочих коліс відцентрових багатоступінчастих насосів типу ЦНС, корпусів напрямних апаратів так і для порівняно невеликих деталей, що мають ізо-тропність механічних властивостей, ударну міцність, підвищену зносостійкість й антифрикційні характеристики, наприклад, кілець щілинних ущіль-

лень, втулок розвантаження та гідрозатвору відцентрових насосів типу ЦНС та ін.

Чавун є своєрідним композитним матеріалом, механічні й експлуатаційні властивості якого залежать від характеристик металевої основи, а також форми, розмірів, кількості й розподілу графітових включень. Одержання тієї чи іншої структури чавуну у виливках залежить від багатьох чинників: хімічного складу чавуну, виду шихтових матеріалів, технології плавки та позапічної обробки металу, швидкості кристалізації й охолодження розплаву у формі. Структуру металевої основи чавуну можна також змінювати термічною обробкою виливків.

Відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТУ СРСР 1412-85 сірі феритні чавуни марок СЧ 10, 15, 18 призначені для слабко- і середньонавантажених деталей.

Феритно-перлітні чавуни СЧ 20, 21, 25 призначені для деталей, що працюють при підвищених

(13) C2

(11) 74800

(19) UA

статичних та динамічних навантажень.

Перлитні чавуни СЧ 30, 35, 40, 45 найбільше герметичні і мають більш високі механічні властивості, головним чином, завдяки дрібним відокремленим графітовим включенням. Здрібнювання графітових включень у перлитних чавунах досягається, наприклад, шляхом позапічного модифікування рідкого чавуну в ковші феросиліцієм або силікокальцієм у кількості 0,3...0,6% мас від маси шихти.

Виливки зі СЧ обов'язково піддають термічній обробці - низькому відпалу при температурі близько 560°C для зняття внутрішніх напруг та стабілізації розмірів. При цьому нагрівання виливків повинне бути повільним.

Нормалізація або загартування з відпуском застосовуються для підвищення механічних властивостей та зносостійкості.

Для підвищення зносостійкості окремі деталі з перлитного чавуну піддають хіміко-термічній обробці, наприклад, силіціюванню, азотуванню, боруванню та т.п. [див. Гуляев А.П. Материаловедение. - М.: Металлургия, 1986. - с.169].

Державними стандартами СРСР за станом на 1990р. регламентувалося близько 100 марок чавунів, що обумовлює велике розмаїття режимів термообробки. Так, у роботі Кунавського М.А. Научные основы термической обработки чугуна // [Металловедение и термическая обработка. -, М.: Машиностроительная литература, 1955, - с.232-245] також зазначені режими проведення низькотемпературного відпалу для зняття внутрішніх напруг: для відпалу з зниженням вмістом кремнію - до 700°C, а для звичайного чавуну - не вище 550°C при підвищенні температури 75÷100°C/год і при витримці 1-8 годин із наступним охолодженням разом із піччю 20÷60°C/год.

Вказується на наявну специфіку в термічній обробці сірих чавунів із пластинчастим графітом. Описано метод підвищення зносостійкості сірого чавуну - ізотермічне загартування при температурі 850÷900°C з витримкою 15÷60хв. у залежності від перерізу виливка і вихідної концентрації зв'язаного вуглецю з наступним загартуванням у соляній ванні 260÷300°C із витримкою 5÷15хв.

Відомі різноманітні режими термообробки чавуну, наведені в [книзі Лахтина Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. - М.: Металлургия, 1969. - с. 290-304, 371-374].

Проведений заявником патентний пошук дозволив також виявити технічні рішення, спрямовані на підвищення міцності, корозійної стійкості, покращення антифрикційних та інших властивостей чавуну за рахунок використання термічної обробки.

[Згідно з А.с. СРСР №1601147, С21Д5/00, бюл. №39 від 23.10.90р.] є відомим спосіб нормалізації виробів із високоміцного чавуну, що включає нагрівання до температури аустенізації 930±20°C, витримку при цій температурі 60÷90хв. і охолодження на повітрі до 450÷380°C і далі в маслі до температури навколишнього середовища. Занурення заготовки в масло дозволяє одержати в поверхневому шарі захисну антикорозійну плівку.

Використання цього способу забезпечує підвищення корозійної стійкості чавуну і зниження

товщини окалини.

[Згідно з А.с. СРСР №1574652, С21Д5/00, бюл. №24 від 30.06.90р.] є відомим спосіб термічної обробки виробів із сірого чавуну, що включає нагрівання до температури аустенізації 800÷1050°C, охолодження до кімнатної температури з двома різними швидкостями і відпуск при 80÷300°C протягом 10÷30хв. або в більш вузькому діапазоні температур 300÷350°C при спеціально підібраній тривалості. На прикладі термообробки виливка порожнистого вала з СЧ 25 показане підвищення демпфувальної здатності та твердості, що одночасно призводить до зниження вібраційної активності й шумовипромінювання та підвищення зносостійкості виробу.

Як ілюстрацію способу термічної обробки чавуну стосовно до деталей, що працюють в умовах тертя ковзання, можна привести опис до [А.с. СРСР №899685, С21Д5/00, бюл. №3 від 23.01.82]. Запропоновано спосіб термічної обробки чавуну, що, зокрема, призначений для вдосконалення відомого способу термічної обробки існуючих марок чавунів, який полягає в загартуванні з безупинним охолодженням в одному середовищі та наступному відпуску або в ізотермічному загартуванні [Справочник по машиностроительным материалам. - М.: Машгиз, -1959. - Т.3 С.65-79]. До недоліків відомого способу віднесене те, що, по-перше, підвищення зносостійкості за рахунок високої твердості може бути отримано не завжди, тому що в парі підшипник ковзання-вал відбувається інтенсивний знос контртіла, і, по-друге, можливо жолоблення деталей і утворення гартівних тріщин. Мета винаходу полягала в підвищенні антифрикційних властивостей за рахунок збільшення пористості. Згідно зі способом, заготовки нагрівають до 850÷950°C зі швидкістю приблизно 5°C/хв., проводять витримку приблизно 0,5 години і повільно (з піччю) охолоджують до 720÷680°C, а потім повторно нагрівають у діапазоні температур 850÷950°C і витримують приблизно 0,5 години, після чого прохолоджують на повітрі до кімнатної температури. Початкова структура чавуну перліт+пластинчастий графіт при такій термообробці не змінюється, а утворюється велика пористість.

Як ілюстрацію необхідності застосування спеціальних видів термообробки чавунів, що працюють в умовах гідроерозійного зносу (пароводяна трубопровідна-регулююча арматура, гідравлічні насоси і т.д.), можна привести спосіб термічної обробки виробів із сірого чавуну [згідно з А.с. СРСР №1245602, С21Д5/00, С21Д1/74, бюл. №27, 1986]. Спосіб включає операції нагрівання виробу з чавуну до температури аустенізації 900°C, витримки протягом 2 годин і проміжного охолодження до 550÷650°C, що здійснюють у зневуглецювувачій атмосфері, потім при 550÷650°C проводять витримку виробів в окисній атмосфері водяної пари, що містить летучі неорганічні сполуки молібдену, а остаточне охолодження здійснюють на повітрі. При оптимальних режимах термічної обробки гідроерозійна стійкість сірого чавуну у порівнянні зі зміцненням методом індукційного загартування підвищується в 3÷3,5 рази.

Наведені вище приклади показують, що конк-

ретні температурно-часові режими проведення термообробки для підвищення міцносних та експлуатаційних характеристик сірих чавунів значною мірою добираються експериментальним шляхом для кожного конкретного хімічного складу чавуну.

Як прототип способу термообробки ливарного чавуну для підвищення міцності й експлуатаційних характеристик стосовно до корпусних деталей прийняті описані вище відомі способи проведення відпалу, нормалізації, загартування з відпуском, які наведені в [кн. Лахтина Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. - М.: Металлургия., 1969, - С.369-374].

Відпал для зняття внутрішніх напруг для сірого чавуну з пластинчастим графітом рекомендований при температурі 500÷570°C, для низьколегованого чавуну - 570÷600°C; охолодження разом із піччю - 1 година на кожні 25мм перерізу вилівка, причому швидкість охолодження до 200°C не більше 30÷60°C/год. Відомі різноманітні види відпалів: зм'якшувачий, або феритизація для поліпшення оброблюваності різанням та підвищення пластичності; графітизуючий, сфероїдизуючий. Для підвищення твердості, міцності та зносостійкості проводять нормалізацію, наприклад, нагрівання вилівок до 850÷950°C із наступним охолодженням на спокійному повітрі. При цьому відбувається перлитизація, тобто у вилівках із сірого чавуну відбувається повний перехід феритної або ферито-перлитної структури металевої основи в перлитну. Загартування з відпуском вилівок із чавуну рекомендовано проводити при нагріванні вище точки Асі (до 900÷950°C) з охолодженням в маслі. Відпуск проводять для різноманітних деталей при температурі 200÷600°C з метою підвищення міцності, твердості та зносостійкості. Леговані чавуни нерідко піддають ізотермічному загартуванню на бейніт (температура ізотерми 200÷400°C), що підвищує механічні властивості, зносостійкість, не викликаючи утворення тріщин. Нерідко застосовують поверхневе загартування при газополуменевому або індукційному нагріванні.

Аналіз вищенаведених даних з термообробки чавунів показує, що відомі режими термічної обробки не можна безпосередньо застосовувати для так званого низьколегованого брикетного чавуну, розробленого автором і заявленого раніше на видачу патенту на винахід «Способ получения высокопрочного коррозионно-стойкого чугуна», [заявка №2001085871 від 20.08.2001].

Загальними ознаками прототипу та винаходу, що заявляється, на спосіб термообробки ливарного чавуну, є лиття деталей, відпал для зняття внутрішніх напруг, загартування з відпусканням. Звичайно після відпалу для зняття внутрішніх напруг проводять механічну обробку деталей із припусками для наступного можливого жолоблення і шліфування.

Як прототип винаходу на спосіб термообробки ливарного чавуну для підвищення зносостійкості й антифрикційних властивостей стосовно до деталей типу кільця щільних ущільнень, втулки розвантаження та гідрозатвора відцентрового насоса ЦНС, прийнято метод хіміко-термічної обробки поверхні сталей, який відомий також як метод дифузійної металізації, наведений у книзі, що циту-

ється вище: [Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. - М.: Металлургия 1969, - С.290-297; 298-304].

Подібний хіміко-термічний процес обробки здійснюється, зокрема, у герметично закритих муфелях. Наприклад, операція силіціювання (насищення поверхні кремнієм) здійснюється при 900÷1050°C із зануренням виробу у відповідну порошкоподібну суміш (феросплави типу феросиліцію, фероалюмінію, ферохрому і т.д.). Застосовується також занурення виробів у розплавлений метал. При газовому методі найчастіше застосовують летучі хлористі сполуки металів ($AlCl_3$, $CrCl_2$, $SiCl_4$ та ін.) Тривалість обробки - 6÷12 годин і більше.

Зокрема, під час операції силіціювання, насичення поверхні сталі (чавуну) кремнієм, досягається висока корозійна стійкість у морській воді та кислотах і поліпшуються протиспрацьовувальні властивості. Відмінною рисою силіційованого прошарку є його підвищена пористість. Незважаючи на низьку твердість (200-300 HB), силіційований прошарок має підвищену зносостійкість після його насичування маслом при 170÷200°C. Для досягнення ще більш високої твердості поверхні деталей зазначена дифузійна металізація застосовується як метод борування.

Загальними ознаками прототипу винаходу, що заявляється, є:

- лиття деталей, відпал для зняття внутрішніх напруг;
- їхня механічна обробка з припуском;
- хіміко-термічна обробка шляхом уведення їх у герметичний муфель, який обмазаний шамотною глиною на рідкому склі та заповнений спеціальним карбюризатором у вигляді порошкової суміші;
- нагрівання до заданої температури і витримка протягом заданого часу.

В основу винаходу поставлено завдання вдосконалення способу термічної обробки ливарного чавуну, у якому за рахунок особливостей конкретного здійснення таких температурно-часових режимів як відпал, загартування з відпуском, а також хіміко-термічної обробки поверхні забезпечуються підвищення міцності й інших експлуатаційних характеристик таких, як зносостійкість, антифрикційні властивості, самозмащувальні властивості.

Поставлена задача вирішується способом термічної обробки ливарного низьколегованого брикетного чавуну, що виплавляється у вагранках із брикетів на основі суміші з чавунної стружки, сталевих стружок, необхідних присадок і порошків, а також добавок, що сприяють графітизації взятих в об'ємному відношенні 3,6÷3,8 до одиничного об'єму деревних стружок та тирси.

Поставлене завдання вирішується тим, що в спосіб термообробки ливарного чавуну, переважно низьколегованого брикетного чавуну, що включає лиття деталей, відпал для зняття внутрішніх напруг, їхню механічну обробку з припуском, хіміко-термічну обробку шляхом їхнього уведення у заповнений порошковою сумішшю герметизований муфель, нагрівання до заданої температури з витримкою протягом необхідного часу, ВІДПОВІДНО ДО ВІНАХОДУ як порошкову суміш використовують механічну суміш 50:50 феросиліцію та

корунду, проводять загартування деталей прогрівом їх разом із піччю з температури 450÷500°C до температури 900÷920°C з витримкою при цій температурі від 8 до 64 годин, після розгерметизації муфеля і витягання деталей проводять їхнє загартування без попереднього підхоплення спочатку опускають короткочасно в підігріту до 75÷80°C воду, а потім - у нагріте до 140÷160°C масло з витримкою від 20 до 30 хвилин у залежності від габаритів і маси деталі, а відпуск проводять при 150÷200°C протягом 2÷3 годин. Потім деталі проварюють у масляній ванні при температурі масла 80÷120°C на протязі не менше 18 годин.

Конкретна відмінність запропонованого способу термообробки низьколегованого брикетного чавуну полягає в тому, що для одержання дифузійного шару товщиною 0,2÷0,3мм витримку деталей у муфелі при температурі 900÷920°C проводять протягом 8÷16 годин.

Інша конкретна відмінність запропонованого способу полягає в тому, що для одержання дифузійного шару товщиною не менше 1мм витримку деталей у муфелі при температурі 900÷920°C проводять протягом не менше 48÷64 годин.

Крім того, практично цілком аналогічно запропонованому способу термообробки низьколегованого брикетного чавуну може бути проведена хіміко-термічна обробка в механічній порошоків суміші феросиліцію з карбідом бору. Твердість зростає до 50...56 HRC_Э, пористий шар утворюється менш глибоким, але після насичення маслом надійно служить як самозмащувальний елемент поверхонь, що контактують.

Причинно-слідчий зв'язок відмінних ознак і технічного результату, що досягається, полягає в наступному.

За відомим способом термообробки основні зусилля були спрямовані на те, щоб за рахунок комбінації режимів у процесі термообробки максимально виключити можливе утворення мікротріщин. Вибраний режим відпалу при 450÷480°C протягом 3÷4 годин забезпечує пом'якшення чавуну для поліпшення оброблюваності заготовок ріжучим інструментом. Усі деталі, виготовлені з вищезазначеного брикетного чавуну, мають припуски від 0,5мм до 0,75мм на сторону, тому що при їхній термічній обробці спостерігається жолоблення, яке іноді досягає значних розмірів.

Для цього в запропонованому технічному рішенні вибрано режим повільного нагрівання деталей із піччю, попередній підігрів води до 75÷80°C та підігрів масла до 140÷160°C. Низькотемпературне відпускання від 150°C до 200°C протягом 2÷3 годин забезпечує підвищення міцності, твердості

та зносостійкості.

Наведена комбінація температурно-часових режимів термообробки підібрана експериментально для виготовлення деталей, які схильні до механічних впливів в агресивному середовищі, наприклад, для виготовлення великогабаритних робочих коліс, напрямних апаратів відцентрових насосів і т.п. Твердість поверхонь, яка досягається - 35÷42 HRC_Э.

Хіміко-термічна обробка в порошковому середовищі в герметизованому муфелі застосовується для виготовлення малогабаритних деталей насосів типу кільця щілинних ущільнень, втулки розвантаження та гідрозатвора відцентрового насоса, тобто деталей, що працюють у важконавантаженому контакті і що піддаються зносу в агресивних забруднених середовищах. Твердість поверхні деталей після термообробки досягає 35...42 HRC_Э.

Застосування зазначених у запропонованому способі термообробки режимів дозволяє спочатку створити на поверхні деталі пористий шар, глибина якого залежить від часу витримки муфеля з деталями в печі при температурі 900÷920°C, а потім після розміщення деталей у масляній ванні - просочити пористий шар деталей маслом. Це забезпечує протягом тривалої експлуатації самозмащувальні властивості поверхонь, що контактують.

Приклади практичної реалізації способу викладені вище.

Успішне практичне застосування цього чавуну для виготовлення різноманітних деталей наприкладі шахтних відцентрових насосів типу ЦНС, що працюють в агресивному водяному середовищі з великою кількістю абразивних частинок, показує, що введення спеціальної термообробки дозволяє одержати такі граничні механічні властивості:

- границя міцності при згинанні $\sigma_{изг}=64\text{кгс/мм}^2$;
- границя міцності при розтягуванні $\sigma_y=44\text{кгс/мм}^2$;
- границя міцності при стисненні $\sigma_{сж}=125\text{кгс/мм}^2$;

- твердість HRC_Э 38÷42 (HB 351÷401) одиниць. Тобто своїми характеристиками зазначений чавун відповідає СЧ 38-60 або СЧ 44-64 відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 1412-85.

Таким чином, використання запропонованого способу термічної обробки ливарного низьколегованого брикетного чавуну дозволяє досягти технічного результату, а саме підвищити міцність деталей і поліпшити такі його характеристики, як корозійна стійкість, антифрикційні та самозмащувальні властивості.