

<https://doi.org/10.15407/plit2022.03.034>

УДК 669.13: 621.74.045

П. Б. Калюжний, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.;
e-mail: kpb.ptima@gmail.com; ORCID 0000-0002-1111-4826

В. С. Дорошенко, д-р техн. наук, пров. наук. співроб.;
e-mail: doro55v@gmail.com; ORCID 0000-0002-0070-5663

І. А. Шалевська, д-р. техн. наук, доцент; e-mail: into66@ukr.net;
ORCID 0000-0002-8410-7045

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України (Київ, Україна)

МЕТОДИ ВИРОБНИЦТВА ВИЛИВКІВ ДЛЯ ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ, РІЗАЛЬНИХ ТА УДАРНИХ ІНСТРУМЕНТІВ, ЩО САМОЗАТОЧУЮТЬСЯ

Розробка способів керування структурою литих матеріалів і створення регульовано-диференційованих механічних властивостей залізовуглецевих сплавів для ґрунтообробних органів і різальних інструментів розкриває як ресурсоефективний потенціал цих сплавів, так і дозволяє створити ефективні методи виробництва. Це стосується можливості взаємного доповнення процесів лиття металу і термообробки затверділого виливка з його гарячого литого стану, що значно скорочує процес виробництва термообробленого виливка. В даній розробці використали процес лиття за моделями, що газифікуються. За прикладом з біоніки про такі властивості зубів гризунів (бобрів, щурів), як різна твердість поверхні зуба, що зумовлює його самозаточування, створено умови самозагострювання металевих виробів. Ці вироби функціонують в екстремальних умовах і їх методи виробництва відпрацьовували на прикладі виготовлення з високоміцного чавуну. В результаті виконаної роботи нами розроблено метод виготовлення виливків з ВЧ зі створенням диференційованих значень твердості на різних поверхнях виливка, що дає можливість самозагострювання зуба, лемеха, різця чи долота по мірі його зношування. Це підвищить продуктивність застосування таких виробів, що функціонують в екстремальних умовах, зекономить ресурси, що призводять до руху цих виробів, та витрати на їх заточку чи заміну. Для цих методів, крім водяного гартувального середовища, використано ресурсоефективний спосіб гартування виливка за допомогою продування контейнерної форми і псевдозрідження у ній формувального піску без застосування лужних, рідкометалевих, кислотних чи синтетичних гартувальних рідин з негативним впливом на середовище і непростотою, капіталоємною та екологічно несприятливою системою їх очищення, обороту та утилізації відходів. Набуття такої характеристики як самозаточування під впливом зовнішніх факторів наближає описані матеріали до смарт-матеріалів (smart material).

Ключові слова: лиття металу, залізовуглецеві сплави, термічна обробка, високоміцний ізотермічно загартований чавун, властивості, ізотермічна витримка, загартування, лиття за газифікованими моделями.

З метою підвищення міцності обладнання конструктори і виробники сільгосптехніки та її компонентів все ширше ефективно застосовують ізотермічно загартовані (austempered) чавуни. Це стосується високоміцного чавуну (ВЧ) типу ADI, сірого чавуну типу AGI і карбідного (carbide) ВЧ (CAD) [1], що пройшли гартування і ізотермічну витримку. Проблема у загальному вигляді полягає у важливості поширення застосування загартованих досить недорогих за вартістю матеріалів на основі заліза (включно зі створенням нових способів виробництва), які здатні в 1,5–2 рази підвищити експлуатаційні характеристики литих деталей ґрунтообробної техніки, різальних і ударних інструментів (що функціонують в екстремальних умовах), порівняно з такими ж традиційними деталями, що не пройшли термообробку (ТО) на основі гартування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій за цією проблемою свідчить про поширення структурно багатофазних подібних сплавів, зокрема, CADI виробляється шляхом введення карбідів у металеву матрицю під час процесу лиття, після чого піддається ізотермічному гартуванню таким чином, що отримує контрольований відсоток карбідів в аусферитній матриці [1, 2]. Також відомий ВЧ типу Quenched-Tempered Ductile Iron (QTDI), котрий загартовують охолодженням нижче температури мартенситного перетворення з наступною ізотермічною витримкою в інтервалі температур бейнітного перетворення, після чого в його структурі залишаються вільні карбіди [3, 4].

З розробок ФТІМС НАН України по цій темі відомий спосіб ізотермічного гартування деталей з залізо-вуглецевих сплавів [4], що включає нагрівання до температури аустенізації, витримку, прискорене охолодження та ізотермічну витримку, причому прискорене охолодження проводять у воді до температури 100–250 °С з наступним перенесенням в піч для ізотермічної витримки. Таке охолодження у воді до температури 100 °С у поверхневих шарах, що візуально визначається по кипінню води, тобто, трохи нижче температури мартенситного перетворення M_n (~ 200 °С), забезпечує часткове мартенситне перетворення (~ 10–20 %). Внутрішні шари металу при цьому мають більш високу температуру (вище 200–250 °С), у яких мартенситне перетворення може і не розпочатися. Прискорене перенесення в піч, нагріту до необхідної температури ізотермічної витримки (250–400 °С), зупиняє мартенситне перетворення, що почалося, метал нагрівається до температури печі і при ізотермічній витримці проходить перетворення аустеніту на бейніт. Частина мартенситу, що утворилася, відпускається з формуванням структури у вигляді трооститу [4].

Також відома технологія [5], за якої виливки вилучають з ливарних форм при температурі вище евтектоїдного перетворення 900–1000 °С і протягом 5–15 с, переміщують у рідку ванну з охолодженням до температури, що визначається необхідним типом структури; перелік структур металевої матриці і рекомендовані інтервали температур для їх отримання у виливках з ВЧ наведено в цій роботі. Також у ній описано приклад отримання структури бейніту з твердістю 320–352 НВ у виливку (з литого стану) після його «гарячого» вибивання з форми при температурі 920–950 °С та подальшого ізотермічного гартування при температурі 300–320 °С [5]. Схожі ТО також відомі для виливків зі сталі. На рис. 1 показано приклад видалення гарячих виливків з сирої піщано-глинистої форми та при литті за моделями, що газифікуються (ЛГМ, Lost Foam Casting Process), з контейнерних форм з сухого піску, які вакуумуються при заливанні форми металом і затвердінні виливка.

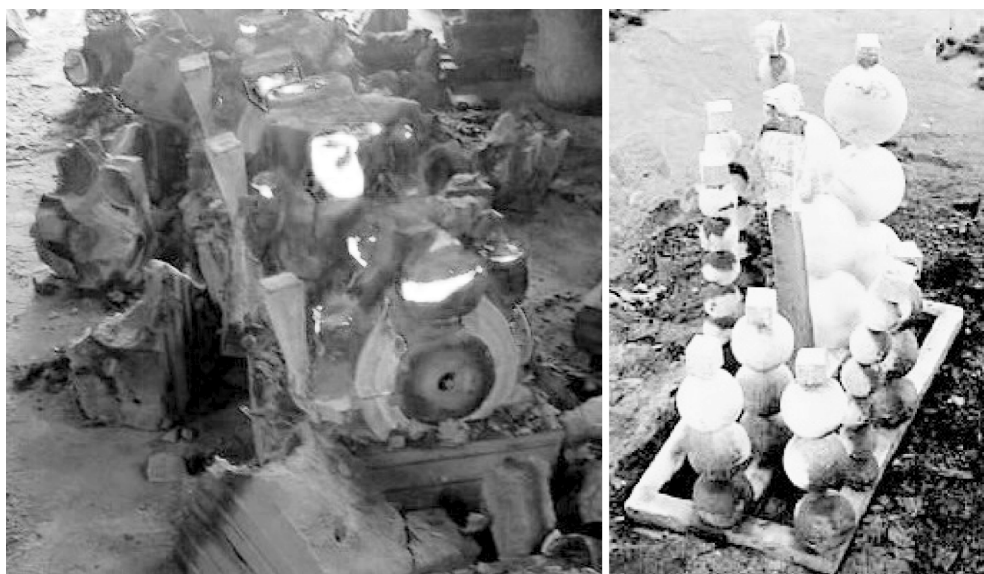


Рис. 1. Приклад видалення гарячих виливків з сирої піщано-глинистої форми (зліва) та гарячих молоткових куль (для кульових млинів) з форми за ЛГМ-процесом (справа)

При постановці мети щодо створення нового методу лиття в поєднанні з ТО взяли до уваги аналіз інтервалів твердості бейнітних ВЧ та інформацію з області біоніки. В роботі [6] вказано такі значення мікротвердості НВ бейнітних та мартенситних чавунів згідно їх структур: бейніт: 280–350, бейніт + мартенсит: 350–550, мартенсит: 550–650, мартенсит відпуску: 300–550. Такий значний інтервал твердості, що можна отримати на одному і тому ж виливку з ВЧ завдяки ТО, поєднали з повідомленнями з області біоніки, розповсюдивши аналогію його на процеси обробки металів. Це стосується принципу структури зубів бобра, які ростуть і ніколи не тупляться від того, що одна сторона зуба твердіша за іншу і при сточуванні край зуба завжди залишається твердим [7].

Цим аргументували наступну мету нової розробки: створення способу ТО виливків, зокрема, з ВЧ, що самозаточуються. Такі виливки робочих органів та інструменту дозволили б продуктивніше вести різальну, бурильну обробку матеріалів, ґрунту тощо. Застосування для цього саме метода ЛГМ, в разі вибивання гарячого виливка з форми (що легко виконати завдяки її сипкому піску), значно скоротило б цикл «лиття + ТО» з заощадженням виробничих потужностей і підвищенням продуктивності праці.

Для досягнення цієї мети, як аналогію, проаналізували наш досвід застосування для регульованого охолодження металу виливка в піщаній формі за допомогою зовнішніх металевих (чавунних) холодильників, які накладають на модель, формують їх в піщану суміш для організації направленої затвердіння виливка знизу вгору до надлива чи випора. Подібні чавунні холодильники вирішили застосовувати на виливках з ВЧ в гарячому аустенітному стані металу, але ця чавунна оснастка (ЧО) повинна бути в нагрітому стані (до температури 250–900 °С) і діяти за принципом «нагрівальника» виливка, щоб його поверхня не охолола нижче температури мартенситного перетворення при гартуванні у воді (при зануренні чи спреєрній обробці) аналогічно роботі [4]. Тоді одна поверхня (без ЧО) зуба, лемеха, різця чи долота з ВЧ буде твердішою за іншу від того, що після ізотермічної витримки (250–400 °С) в дотичному до неї прошарку будуть вільні карбіди (більший відсоток карбідів), як у ВЧ типу QTDI чи CAD1. А друга поверхня, як у прикладі [5], отримає, зокрема, структуру верхнього бейніту з твердістю ~ 320 НВ.

Наслідуючи технологію [5] гартування з гарячого литого стану, розроблений нами метод полягає в тому, що після видалення з піщаної форми гарячого (920–950 °С) виливка на нього додатково кріплять (навішують, накладають) нагріту ЧО (аналогічну до конструкції металевого холодильника, що покриває певну поверхню виливка) і проводять гартування у воді, як у роботі [4], з охолодженням до температури нижче мартенситного перетворення з боку контактуючої поверхні виливка з водою. Іншу поверхню, захищену гарячою ЧО, в теплофізичному плані неначе переводять в середину гарячого виливка з температурою вище 250 °С, як за умов в описі [4]. Для виробництва такої ЧО доцільно застосовувати ЛГМ-процес з моделями, виготовленими з пінополістиролу (ППС), в тому числі на 3D-фрезері. Також при цьому сухий сипкий пісок ливарних форм при ЛГМ дозволяє легко видалити гарячий виливок з форми (рис. 1, фото справа).

Приклади виливків (придатних для такого гартування) і їх моделей для ЛГМ, що виготовлені у ФТІМС НАН України, показано на рис. 2, де а – виливки культиваторів і їх моделі з ППС; б – вид плуга з лемехом 1, закріпленим на відвалі, і окремо – лемехи 2, а також (нижче) моделі лемехів з ППС; в – моделі з ППС на стояку в вигляді модельного кластера для формовки в сухому піску контейнерної форми при ЛГМ. Доступні також варіанти формовки ЧО поверху моделі з ППС (з наступним нагріванням ЧО теплом виливка) і покриття ЧО при цьому протипригарним шаром низької теплопровідності для кращої теплоізоляції («утеплення») поверхні виливка.

В окремих випадках, якщо виливки симетричні, простої геометричної форми і такі, що їх можна збирати (з контактуванням поверхні) попарно і в такому стані гартувати, то тоді кожен виливок щодо другого в гарячому стані може служити нагрівальною ЧО.

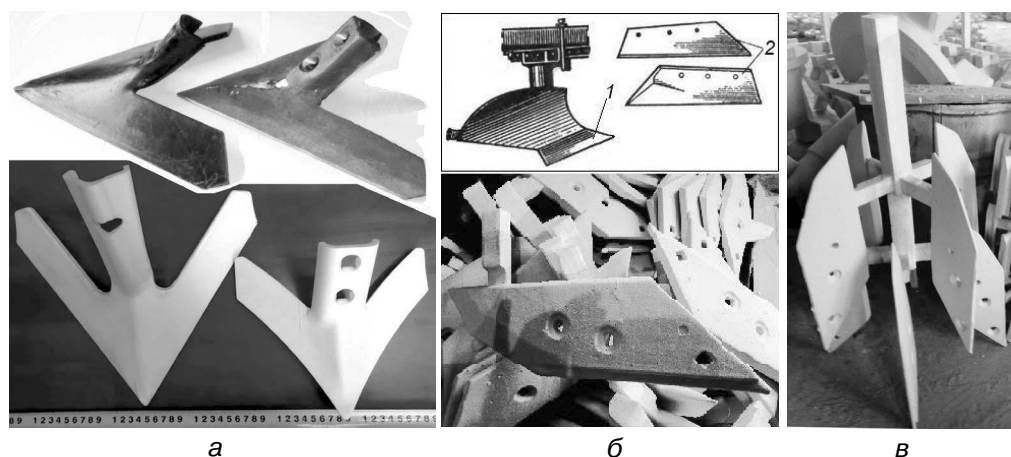


Рис. 2. Виливки культиваторів та їх ППС-моделі (а); плуг з лемехом 1, закріпленим на відвалі і лемехи 2, а також (нижче) моделі лемехів з ППС (б); ці моделі на стояку в вигляді модельного кластера для формовки в контейнерній формі методом ЛГМ (виготовлено в ливарному цеху ФТІМС НАН України)

Значний досвід досліджень і розробки способів регульованого охолодження виливків та їх гартування при ЛГМ, накопичений у відділі проф. О. Й. Шинського, дав підстави нам для застосування кварцового піску в псевдозрідженому стані (з аеродинамічним перемішуванням) як гартувального середовища в ливарній формі для отримання виливків з диференційованою твердістю поверхні. Крім того, цей спосіб охолодження досить ґрунтовно вивчений та запатентований у варіанті суміщення його з литтям за ЛГМ-процесом [8, 9]. При цьому для псевдозрідження застосовують сухий кварцовий пісок, який засипають у контейнер при формуванні ливарної форми з разовою ППС-моделлю, що потім газифікується розплавом металу, який заливають в цю форму. Після затвердіння вилівка і досягнення ним температури 900–950 °С прямо у цій контейнерній формі з гарячим виливком припиняють його мимовільне охолодження в нерухомому піску і починають гартування (з литого стану аналогічно технології [5]) тим способом, що подають повітря під тиском з нижньої (донної) газопроникної частини контейнерної форми для створення у цьому контейнері псевдозрідженого шару формувального піску шляхом рівномірного продування повітря або іншого газу крізь пісок у вертикальному напрямі знизу вгору.

Для запобігання виділення пилу в повітря цеху перед продуванням крізь пісок повітря на контейнерну форму встановлюють коробчастий екран з засобами витяжної вентиляції. Також для ініціації початку псевдозрідження можуть на контейнер накладати короткочасну вібрацію (попередньо встановивши контейнер на вібростіл), при цьому виливок підвищують в контейнері за ливникову систему, наприклад, заведенням під металевий залишок воронки два вилочних захвати з двох сторін. А в якості коробчастого екрана (у варіанті) на ливарну контейнерну форму можуть встановлювати догори дном порожній формувальний контейнер з засобами вакуумування та через ці засоби-фільтри для вакуумування відкачувати повітря від продування шляхом підключення фільтрів контейнера до витяжної вентиляційної системи цеху або цей порожній контейнер можна підключити трубопроводом до вакуумної системи для вакуумування форм при ЛГМ.

Швидкість охолодження гарячого виливка про його гартуванні в псевдозрідженому шарі формувального піску по величині знаходиться між такими швидкостями його охолодження в оливі та воді. Таке гартування придатне для застосування у всіх ливарних формах, які мають сипкий наповнювач, що дозволяє створити за його участі рухому твердо-газову дисперсну систему для конвекційного охолодження виливка. Такі умови доступні для вакуум-плівкової формовки, ЛГМ-процесу, для контейнерів з тонкостінними керамічними формами (виконаними за легкоплавкими

моделями), між якими засипано сипкий наповнювач. В останньому випадку гарячі виливки в керамічних оболонкових формах при швидкому охолодженні частково чи повністю втрачають залишки оболонки. Такі оболонки руйнуються під дією ударів рухливих частинок наповнювача, і піщинки зі зруйнованої оболонки можуть включатися в псевдозріджений шар. Рухоме газо-піщане охолоджувальне середовище в деякій мірі діє на поверхню виливка подібно обробці піщаним струменем, сприяючи очистці виливка, а тертя нагрітих піщинок між собою створює ефект термічно-механічної регенерації наповнювача, що сприяє економії витрат на його очисних та регенераційних операціях.

Після гартування виливка до тих же температур, які вказано в роботі [4], його можна переносити для ізотермічної витримки в нагріту піч [4], або засипати піском [10], нагрітим до температури [5], яка визначається необхідним типом структури в інтервалі температур бейнітного перетворення. У випадку [10] вилівок неначе повторно формується в контейнерну ливарну форму, а ізотермічний режим у піску цієї форми навколо виливка підтримують нагріванням електричними ТЕНами, що встановлюють вздовж внутрішніх стінок контейнерної форми. Зовнішні стінки такої форми можуть покривати матеріалом-теплоізолятором або коробчастим екраном (коробом) з такого матеріалу.

При цьому практично аналогічної конструкції металеві контейнери чи короби можуть застосовуватись як для формовки, витяжної вентиляції при псевдозрідженні формувального піску в піщаній формі з виливком, так і для ізотермічної витримки виливків, що дає економію на використанні універсальної ливарної оснастки, особливо в ливарних цехах, де нема обладнання для ТО. Також формувальний пісок для ізотермічної витримки виливків може нагріватись лише частково, якщо для цього застосовувати гарячий відпрацьований (отриманий з операції вибивки виливків з форми) пісок, або в форму з яким перед цим залили метал та потім видалили гарячий вилівок, або в якому перед цим провели ізотермічну витримку попередніх виливків і видалили останні. Відомо, що при видаленні з форми, зокрема, сталевих виливків, пісок, який висипають разом з виливком із форми може нагріватись до 300 °С.

Оскільки методика і результати дослідження охолодження в псевдозрідженому піску докладно описано в роботі [9], в дослідно-промисловому цеху ФТІМС НАН України виконували експерименти у варіанті гартування у воді (за аналогом [4]) дослідних пластинчастих зразків, подібних до лемехів завтовшки 10–20 мм з отворами (рис. 2, б), в якості прикладу опрацювання процесу отримання деталей з різною твердістю поверхні. Для початкових дослідів було достатньо лише ємності з водою, а гартування у псевдозрідженому піску було заплановано на другий етап. Вага виливків встановила 0,8–1,5 кг. Дослідні пластини з ВЧ виливали в формі з сипкого піску методом ЛГМ. Хімічний склад чавуну після ковшового сфероїдизувального модифікування, %мас.: 3,1–3,2 С; 2,1–2,4 Si; 0,25–0,28 Mn; 0,055–0,06 P; 0,015–0,018 S; 0,04–0,06 Mg; Fe – решта.

При температурі 920 ± 15 °С, яку визначали пірометром, вилівок пластини видаляли з сипкого піску форми, на гарячий вилівок, розташований пластиною вертикально, навішували нагріту пластину такого ж самого виливка, попередньо виготовленого з сірого чавуну і нагрітого на електроплиті до температури 420 ± 10 °С. Це був дослідний варіант нагрітої ЧО, яку попередньо заготовленою скобкою сталевого дроту крізь однакові з виливком отвори швидко прикручували до нього і занурювали в ємність з водою. При охолодженні та кипінні води біля поверхні виливка температура знижувалася, припинялося спочатку світіння виливка (~5 с), а після закінчення (через ~10–12 с) кипіння води біля тонких частин виливка вилівок виймали з води. За рахунок внутрішніх більш гарячих шарів металу поверхневі шари виливка розігрівалися, залишки води на окремих ділянках виливка закипали як результат розігріву виливка до температури ≥ 100 °С.

Виливок з води переносили в металевий прямокутний контейнер з двома ТЕНами вздовж внутрішніх поверхонь двох протилежних бокових стінок і в підвішеному стані виливок засипали нагрітим піском до температури 350 ± 10 °С. Тривалість перенесення і засипання піску – до 15 с. Тривалість ізотермічної витримки виливка в нагрітому піску становила 1 годину. Після видалення з гарячого піску і охолодження на повітрі метал виливка піддавали випробуванню на твердість, міцність та досліджували мікроструктуру.

Мікроструктура ВЧ виливка складалася з бейніту та відпущеного мартенситу (трооститу), на короткочасно охолодженій до 100 °С при гартуванні поверхні кількість трооститу у поверхневому шарі складала 15–20 %, у поверхневому шарі з боку контакту з ЧО – менше 10 %. Твердість чавуну литої пластини на більш твердій стороні складала 360–370 НВ, на стороні з меншою твердістю 280–300 НВ. Міцність на зразках, вирізаних з центру пластини складала σ_b : 850–1050 МПа, δ : 3–6 %. В подальших дослідках планується дослідити інтервал оптимізації твердості поверхонь виливка за рахунок регулювання тривалості ізотермічної витримки та рівня температури піщаного середовища чи печі для такої витримки.

Описані нами способи ізотермічного гартування створюють кращі екологічні умови, ніж такі, що в якості традиційних нерідко сьогодні зустрічаються в технічній літературі, а саме: гартування в лужних, рідкометалевих, кислотних чи синтетичних водо-полімерних середовищах. Способи гартування в воді чи у псевдозрідженому піску також дають можливість зекономити на оснастці і обладнанні для такого гартування.

Крім того, зазначимо про все ширше застосування шаруватих матеріалів або з диференційованими властивостями для створення броньованих перешкод. Чергування твердих і пластичних прошарків, наприклад, у стопці пластин з такого матеріалу, ефективно ослаблює зовнішній фактор ураження. Також набуття такої характеристики як самозаточування під впливом зовнішніх факторів наближає описані матеріали до смарт-матеріалів (англ. smart material).

Висновки

В результаті виконаної роботи розроблено методи виготовлення виливків з ВЧ, головним чином при суміщенні ливарного процесу і ТО, що створюють диференційовані значення твердості на поверхні виливка, які дають можливість самозагострювання зуба, лемеха, різця чи долота по мірі його зношування. Це дозволяє підвищити продуктивність застосування таких виробів, що функціонують в екстремальних умовах, зекономити ресурси, що призводять до руху цих виробів, та витрати на їх заточку чи заміну.

Для реалізації цих методів, крім водяного гартувального середовища, запропоновано:

- ресурсоефективний спосіб гартування виливка за допомогою псевдозрідження в контейнерній формі формувального піску на протигагу застосуванню лужних, рідкометалевих, кислотних чи синтетичних гартувальних рідин з високою вірогідністю негативного впливу на навколишнє середовище і непростотою, капіталоемною системою їх очищення, обороту та утилізацією відходів;
- багатоваріантне застосування формувальних контейнерів на кількох операціях ливарно-термообробного процесу в ливарному цеху, де відсутнє обладнання для ТО, а саме для: формовки і лиття в піску при ЛГМ, гартування виливка в псевдозрідженому піску з можливим варіантом витяжної вентиляції за допомогою фільтрів перевернутого порожнього контейнера, що вакуумується, а також ізотермічної витримки в контейнері з гарячим піском;
- можливість трикратного застосування сухого формувального піску, як для лиття металу, швидкого охолодження при гартуванні виливка у псевдозрідженому піску, так і в якості середовища для ізотермічної витримки.

Список літератури

- 1 John R. Keough, PE. Tim Dorn, Kathy L. Hayrynen et al. Agricultural Applications of Austempered Iron Components. URL: <https://www.researchgate.net/publication/242359329>
- 2 International application WO2008076497A1. IPC: C22C 37/10, C21C 1/10. As-cast carbidic ductile iron / J. P. Lemke, R. E. Eppich. Publication 26.06.2008.
- 3 Saghaian L. H. et al. Comparison of Wear Behavior of a Ductile Iron in Austempered and Quenched-Tempered Conditions. URL: <https://www.researchgate.net/publication/356147832>
- 4 Патент 19545 А Україна, МПК C21D 1/18, C21D 5/00. Спосіб ізотермічного гартування деталей із залізовуглецевих сплавів / І. Г. Неїжко. Опубл. 25.12.1997. Бюл. № 6.
- 5 Макаренко К. В. Рациональное структурирование графитизированных чугунов. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2014. № 2. С. 196–205.
- 6 Найдек В. Л., Гаврилюк В. П., Неижко И. Г. Бейнитный высокопрочный чугун. Киев: ФТИМС НАН Украины, 2008. 139 с.
- 7 Нахтигаль В. Бионика. М.: Мир книги, 2007. 128 с.
- 8 Патент 106005 Україна, МПК B22D 27/04. Спосіб охолодження виливків у ливарній формі чи контейнері з сипким наповнювачем / В. С. Дорошенко, П. Б. Калюжний. Опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7.
- 9 Kaliuzhnyi P. Influence of Sand Fluidization on Structure and Properties of Aluminum Lost Foam Casting. Archives of Foundry Engineering. 2020. Vol. 20. No. 1. P. 122–126.
- 10 Патент 123731 Україна, МПК B22 D7/00, B22 D23/00, C21D5/02, C21D1/20, B22 D27/04. Спосіб виготовлення виливків з бейнітного або аусферитного чавуну з кулястим графітом / В. С. Дорошенко, В. О. Шинський. Опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5.

Надійшла 20.05.2022

References

- 1 John R. Keough, PE. Tim Dorn, Kathy L. Hayrynen et al. Agricultural Applications of Austempered Iron Components. URL: <https://www.researchgate.net/publication/242359329>
- 2 International application WO2008076497A1. IPC: C22C 37/10, C21C 1/10. As-cast carbidic ductile iron / J. P. Lemke, R. E. Eppich. Publication 26.06.2008.
- 3 Saghaian L. H. et al. Comparison of Wear Behavior of a Ductile Iron in Austempered and Quenched-Tempered Conditions. URL: <https://www.researchgate.net/publication/356147832>
- 4 Patent of Ukraine no. 19545 A. IPC: C21D 1/18, C21D 5/00. Method of isothermal hardening of parts made of ferroc carbon alloys / I. G. Neyizhko, publ. 25.12.1997, Bull. No. № 6 [in Ukrainian].
- 5 Makarenko K. V. (2014). Rational structuring of graphitized cast iron / Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. No. 2. pp. 196–205 [in Russian].
- 6 Najdek V. L., Gavriljuk V. P., Neizhko I. G. (2008). Bainite high-strength cast iron. Kiev: FTIMS NAN of Ukraine. 139 p. [in Russian].
- 7 Nahtigal V. (2007). Bionics. M.: Mir knigi. 128 p. [in Russian].
- 8 Patent of Ukraine no. 106005. IPC: B22D 27/04. Method of cooling castings in foundry form or container with bulk filler / V. S. Doroshenko, P. B. Kalyuzhnyi, publ. 11.04.2016, Bull. No. № 7 [in Ukrainian].
- 9 Kaliuzhnyi P. (2020). Influence of Sand Fluidization on Structure and Properties of Aluminum Lost Foam Casting. Archives of Foundry Engineering. Vol. 20. No. 1. P. 122–126.

- 10 Patent of Ukraine no. 123731. IPC: B22 D7/00, B22 D23/00, C21D5/02, C21D1/20, B22 D27/04. A method of manufacturing castings from bainite or ausferite cast iron with spherical graphite / V. S. Doroshenko, V. O. Shinskij, publ. 12.03.2018, Bull. No. 5 [in Ukrainian].

Received 20.05.2022

P. B. Kaliuzhnyi, PhD (Engin.), Senior Research Scientist;

e-mail: kpb.ptima@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1111-4826>

V. C. Doroshenko, Dr. Sci. (Engin.), Leading Research Scientist;

e-mail: doro55v@gmail.com,; ORCID 0000-0002-0070-5663

I. A. Shalevska, Dr. Sci. (Engin.), Docent; e-mail: into66@ukr.net;

ORCID 0000-0002-8410-7045

Physico-Techological institute of Metals and Alloys of NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

METHODS OF MANUFACTURE OF CASTINGS FOR SOIL TREATMENT EQUIPMENT, CUTTING AND IMPACTING TOOLS, SELF-SHARPENING

The development of methods for controlling the structure of cast materials and the creation of adjustable-differentiated mechanical properties of iron-carbon alloys for tillage tools and cutting tools reveals both the resource-efficient potential of these alloys and allows you to create efficient production methods. This applies to the possibility of mutual complementarity between the processes of metal casting and heat treatment (HT) of the hardened casting from its hot cast state, which significantly reduces the production process of the heat-treated casting. In this development, the Lost Foam Casting Process was used. Following the example of bionics about the properties of the teeth of rodents (beavers, rats), as the different hardness of the tooth surface, which determines its self-sharpening, created conditions for self-sharpening of metal products. These products operate in extreme conditions and their production methods have been tested on the example of high-strength cast iron (ductile iron, DI). As a result of our work we have developed a method of manufacturing castings from DI with the creation of differentiated hardness values on different surfaces of the casting, which allows self-sharpening of the tooth, ploughshare, cutter or bit as it wears. This will increase the productivity of such products that operate in extreme conditions, save resources that lead to the movement of these products, and the cost of sharpening or replacing them. For these methods, in addition to aqueous quenching medium, a resource-efficient method of quenching the casting by blowing container form and fluidizing the molding sand without the use of alkaline, liquid metal, acidic or synthetic quenching liquids with negative impact on the environment and difficult environmental costs cleaning, circulation and disposal of waste. Acquisition of such a characteristic as self-sharpening under the influence of external factors brings the described materials closer to smart materials.

Keywords: metal casting, iron-carbon alloys, heat-treatment, Austempered Ductile Iron, austempering, quenching, Lost Foam Casting.