

Хитько О.Ю., Іванова Л.Х., Хричіков В.Є.

Модифікатор для внутрішньоформенного модифікування осьової зони прокатних валків

Khytko O., Ivanova L., Khrychikov V.

Modifier for internal shape modification of the axial zone and rolling rolls

Мета. Аналіз умов та модифікаторів для внутрішньоформенного модифікування при диференційованому впливі на окремі частини вилівка, що твердне.

Методика. Дослідження мікроструктури валкових чавунів за допомогою металографічного аналізу; стандартні методи контролю фізико-механічних та експлуатаційних властивостей чавунів.

Результати. Розглянуті відомі модифікатори в умовах пізнього внутрішньоформенного модифікування. Розроблено новий склад модифікатора на базі силуміну та УДП SiO_2 .

Наукова новизна. Вперше розроблений склад сумішевого графітізуючого модифікатора, що містить як основу легкоплавкий компонент – алюміній, а також ультрадисперсний порошок діоксиду кремнію.

Практична значущість. Результати роботи можуть бути використані при виробництві прокатних валків. Використання розробленого модифікатора дає можливість диференційованого впливу на окремі частини вилівка змінюючи макроструктуру чавуну базового складу.

Ключові слова. Відбіл, внутрішньоформенне модифікування, лиття, мікроструктура, модифікатор легкоплавкий, прокатний валок, твердість чавун

Purpose. Analysis of conditions and modifiers for internal form modification in case of differentiated influence on the separate parts of a cast, which is becoming solid.

Methodology. Study of the microstructure of a roll cast iron with additional analysis of metalography; standard methods of control of physicomechanical and exploitation powers of cast iron.

Findings. Known modifiers were researched in conditions of the last internal shape modification. A new compound of the modifier has been developed on the basis of silumin and UDP SiO_2 .

Originality. A compound of a mixed graphitizing modifier, where the base is a fusible component – aluminum and an ultradispersed powder of silicon dioxide was developed for the first time.

Practical value. The results of the research can be used for production of rolls. Using of the developed modifier gives the possibility of differentiated influence on the separate parts of the cast, changing the macrostructure of the base compound.

Keywords. The modifier is low-melting, internal shape modification, microstructure, bleaching, rolling roll, casting, cast iron, hardness.

Вступ

Поліпшення якості продукції ливарного виробництва, підвищення її надійності та довговічності є нагальною вимогою нашого часу. Переважна частина виливків виготовляється з чавуну, тому вдосконалення його фізико-механічних властивостей та експлуатаційних характеристик є важливим резервом у справі економії енергетичних та матеріальних ресурсів та інтенсивного розвитку промисловості.

Модифікування чавунів є ефективним способом підвищення механічних та експлуатаційних властивостей виливків. Особливо значно це для вальцеливарного виробництва, як одного з основних виробників чавунних виливків.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Відомий спосіб виготовлення двошарових валків методом промивання [1]. Цей спосіб дозволяє виготовляти прокатні валки з робочим шаром із білого чавуну з високою зносостійкістю та досить міцним осердям із сірого або модифікованого чавуну. Форма для лиття двошарових валків відрізня-

ється тим, що на 1/3 висоти верхньої шийки виконується льотка, що слугує для промивання. На початку в форму заливають легований чавун до рівня промивної льотки і здійснюють витримку протягом 30-140 с для затвердіння робочого шару. Під час витримки у форму кілька разів доливають розплав для запобігання затвердінню металу в литниковій системі, потім здійснюють промивання: у форму заливають сірий або модифікований чавун, а з льотки, що промиває, зливають розведений середньолегований чавун, який утворюється в результаті змішування легованого і промивного чавунів. Кількість чавуну для промивання становить 30-50% від маси валка. Після закінчення промивання зливну льотку забивають, після чого верхня шийка та надлив валка заповнюються розплавом.

Відомі також способи, що дозволяють знизити витрату металу на промивання, які відрізняються тим, що зливна льотка у формі не виконується і чавун не зливається з форми. Після витримки форму доливають чавуном того самого хімічного складу, але додаючи в струмінь металу модифікатор, або чавуном з підвищеним вмістом кремнію і вуглецю. Крім того зустрічаються різні варіанти ве-

Хитько Олександр Юрійович – к.т.н., доц. НМетАУ
Іванова Людмила Харитонівна – д.т.н., проф. НМетАУ
Хричіков Валерій Євгенійович – д.т.н., проф. НМетАУ

Khytko Oleksandr – c.t.s., NMetAU
Ivanova Lydmila – d.t.s., NMetAU
Khrychikov Valerii – d.t.s., NMetAU

дення промивання. Наприклад, метал осердя видаляється не через зливну лютку, а через шибер, розташований внизу форми. Після видалення металу з осьової зони шибер закривають і через сифонний литник заливають метал іншого хімічного складу для формування осьової зони валка [2].

Останніми роками реалізуються технологічні прийоми активного впливу на процеси затвердіння розплаву з урахуванням внутрішньоформенного модифікування чавуну твердими присадками [3, 4]. Одним з основних факторів впливу на кількість і форму графітних включень, в частинах виливка, що повільно тверднуть, є диференційоване модифікування чавуну в осерді валка.

Для реалізації методу диференційованого модифікування чавуну безпосередньо в осерді валка потрібна розробка легкоплавкого графітизувального модифікатора, який здатний ефективно засвоюватися і модифікувати розплав з невеликим перегріванням вище температури твердіння розплаву.

Мета і завдання дослідження. Розробка перспективної технології виробництва чавунних валків із застосуванням розробленого легкоплавкого модифікатора для внутрішньоформенного модифікування розплавів, що забезпечує поліпшення структури та фізико-механічних властивостей матеріалу прокатних валків та випробування її у лабораторних умовах на матеріалах прокатних валків.

Матеріали та методи дослідження. Для реалізації процесу модифікування необхідне введення модифікатора в осьову зону виливка, що твердне, причому на найпізніших стадіях, що наступають за формуванням зовнішньої - робочої поверхні бочки з чавуну базового складу. Такий хід технологічного процесу вимагає застосування спеціальних пристроїв введення модифікатора, а також висуває

спеціальні вимоги до його складу, властивостей та вартості.

У лабораторіях кафедри ливарного виробництва НМетАУ було проведено дослідження впливу різних модифікаторів на величину відбілу валкової проби.

Чавун наступного хімічного складу, % мас.: вуглець 3,6; кремній 0,98; марганець 0,5; фосфор 0,220; сірка 0,03; хром 0,6; нікель 1,0; залізо - решта, виплавляли в печі з кислим футеруванням моделі ЛПЗ-52. Ливарні форми валкових проб виготовляли з піщано-глинистої суміші і перед складанням просушували. Складання форм здійснювали на сталевій плиті. Вимірювання температури проводили датчиком температури ВР-20. В якості модифікаторів досліджували чистий алюміній та алюмінієвий сплав марки АК12 ДСТУ 2839-94. Введення модифікуючих присадок здійснювали в залиту форму за допомогою дзвона на штанзі. Залитку розплаву робили при температурі 1320 °С. Ефективність модифікатора оцінювали за величиною чистого відбілу валкових проб.

Дослідження впливу присадки чистого алюмінію (температура плавлення 660 °С) в межах від 0,01 до 1,0 % за масою на структуру дослідного чавуну свідчило про те, що таке модифікування на найпізніших стадіях формування виливка дозволяє досягти максимально низького вмісту карбідів вже при введенні алюмінію в кількості 0,1 ... 0,2% за масою (рис. 1). Це пов'язано, мабуть, з тим, що при введенні такої кількості модифікатора з урахуванням його значної графітизуючої здатності, розплав піддається максимальній дегазації і активації центрів графітоутворення при кристалізації. Подальше збільшення присадки модифікатора понад 0,2% по масі при введенні в чавунний розплав не призводило до збільшення кількості активних центрів кристалізації.

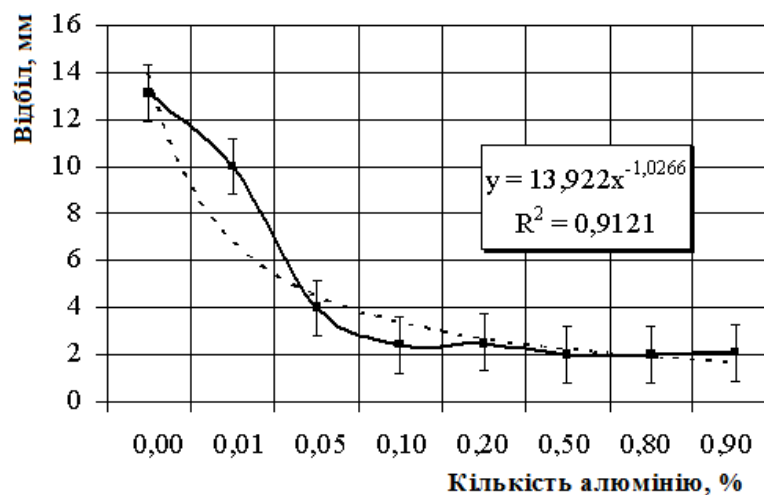


Рисунок 1. Вплив алюмінію, як модифікатора чавуну, на величину наскрізного відбілу валкової проби

Вплив другого досліджуваного модифікатора – алюмінієвого сплаву марки АК12 на структуру ча-

вуну наведено на рисунку 2. Присадку модифікатора варіювали в межах 0,01 ... 1,0% за масою.

Встановлено, що ефективне зниження величини відбілу починалося з присадки досліджуваного модифікатора в розплав кількості 0,03% за масою і найбільшого зниження досягалося при присадці 0,1% за масою (див. рис. 2). Подальшого зменшення величини відбілу зі збільшенням присадки модифікатора не відбувалося. Це дозволяє зробити висновок, що механізм впливу алюмінієвого сплаву марки АК12, як модифікатора чавунного розплаву, практично аналогічний механізму впливу попереднього модифікатора - чистого алюмінію.

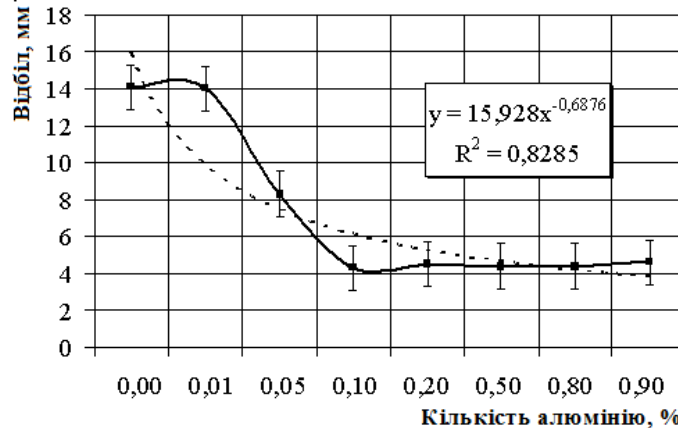


Рисунок 2. Вплив алюмінієвого сплаву марки АК12, як модифікатора чавуну, на величину відбілу валкової проби

Через те, що при внутрішньоформенному модифікуванні бажано застосування модифікатора з якомога меншою температурою плавлення, зважаючи на відносно низьку температуру розплаву чавуну, що модифікується, дослідження з використання кремнію як у чистому вигляді, так і у вигляді феросиліцію марки ФС75 виявилось неможливим. Розплав, при модифікуванні осьової зони валка у формі, до початку модифікуючої обробки охолоджувався до температури, що не перевищувала температуру ліквідус. Таким чином, не маючи достатнього запасу температури, при введенні в розплав твердого модифікатора на поверхні утворювалася кірка затверділого металу, яка не розплавлялася при подальшому прогріванні модифікатора в розплаві. Мало ймовірно є і дифузійне розчинення модифікатора через затверділу кірку. Це підтверджує виробничий досвід [5]. Так чавун, призначений для розчинення феросиліцію в ковші, рекомендується перегрівати на 120...150°C вище за температуру ліквідус.

Слід зазначити, що характер впливу модифікатора на основі алюмінію, про який можна судити з проведених досліджень, узгоджується з даними авторів [6]. Алюмінієвий модифікатор МІГ, що містить додатково РЗМ, демонстрував максимальне зниження величини відбілу при його введенні у кількості 0,2% маси. Крім того, результати порівняльних досліджень графітувальної здатності феросиліцію марки ФС75 і модифікатора МІГ, розробленого на базі силуміну з введенням РЗМ, показали, що темп зниження величини відбілу при зростаючій кількості модифікатора ФС75 значно ниж-

ше, ніж при введенні модифікатора МІГ. Ця обставина, поряд з вище перерахованими складнощами технологічного характеру, роблять практично неможливим застосування феросиліцію як модифікатора для осьової зони прокатних валків.

Наступна серія лабораторних експериментів передбачала розробку такого модифікатора, який би забезпечував:

- активацію наявних і введення нових центрів графітизації в розплав на пізніших стадіях затвердіння виливка;
- максимальну легкоплавкість та легкість розчинення модифікатора, що виключає піроефект;
- мінімальну кількість модифікатора, що дозволяє виключити вміст карбідів у виливку.

Для пізнього внутрішньоформенного модифікування осьової зони прокатних валків характерною особливістю технології є збіг моменту закінчення формування робочого шару з початком внутрішньоформенного графітувального оброблення. Ця обставина висуває до модифікаторів певні вимоги технологічного характеру.

По-перше, на момент початку модифікування з розплаву значною мірою знято теплоту перегріву. Цей факт свідчить про те, що при використанні модифікатора з високою температурою плавлення і значною теплоємністю його поверхня вкривається затверділим шаром металу, що не дає можливості взаємодії розплаву з модифікатором. Враховуючи температуру розплаву, ізолююча кірка не має перспективи розплавитись.

По-друге, розплав, з якого надалі буде сформована осьова зона валка, являє собою циліндр, ді-

аметр якого приблизно дорівнює діаметру шийки валка, а висота дорівнює висоті валка та висоті надливної частини виливка. Таким чином, метал знаходиться у формі циліндра з висотою, значно більшою за діаметр. Натурні експерименти показали, що при використанні легко киплячих модифікаторів, що містять, наприклад, магній, і введення модифікатора в нижню частину виливка, можливі викиди металу з надливної частини ливарної форми. З цієї ж причини обмеженим є застосування

термітних модифікуючих сумішей [7], хоча надлишок алюмінію у складі цих сумішей і можливість підвищення температури розплаву є позитивною властивістю цього методу.

Нами були випробовані модифікуючі суміші з різними температурами плавлення (табл.1), до складу яких в якості основного компонента входили алюміній та ультрадисперсний порошок (УДП) діоксиду кремнію.

Таблиця 1– Дослідження впливу різних сумішевих модифікаторів

Номер сумішевого модифікатора	Температура плавлення модифікатора, °С	Значення відбілу на валковій пробі, мм	
		Без модифікування	При додаванні модифікатора
1	660	15	11,3
2	640		10,4
3	620		9,6
4	600		9,3
5	580		9,0

При внутрішньоформенному модифікуванні модифікатор вкривається затверділим шаром металу, який перешкоджає модифікуванню, якщо його температура плавлення більша або дорівнює температурі $T_1 \leq T_s - (250 - 450)$ [°С], де T_s - температура затвердіння розплаву, що модифікується (для досліджуваного сплаву $T_s = 1150$ °С).

Модифікатори з температурою плавлення T_3 , що дорівнює $T_3 = T_s - (620 - 800)$ [°С], не утворювали ізолюючої кірки, але розплавлялися лише на рівні надливної частини валка.

Найкращі технологічні властивості мали модифікатори з температурою плавлення T_2 , що дорівнює $T_2 = T_{omm} = T_s - (500 - 570)$ [°С].

Крім того, при розробці оптимального складу сумішевого модифікатора була проведена серія досліджень з 16 плавов (активний експеримент). Варіювали вміст алюмінію в межах 20-50%, а УДП діоксиду кремнію - в межах 50-80%. У комплексний критерій якості модифікатора входили температура його плавлення і величина відбілу матеріалу, що модифікується, на валковій пробі.

Результатом цієї серії досліджень став сумішевий модифікатор, що містить УДП діоксиду кремнію в межах 55...70 і алюмінію - 30...40%. Склад розробленого модифікатора було запатентовано [8]. Оптимальний склад модифікатора мав найкраще значення комплексного критерію якості - 0,87 (максимальне дорівнює 1), а також добрі технологічні та споживчі властивості - легкість розчинення у відносно холодних розплавах (Тл+20...60°С) та низьку собівартість (сировиною для отримання використовуються відходи феросплавного виробництва).

Дослідження впливу присадки модифікатора розробленого складу в межах від 0,005 до 1,0% по масі на відбіл чавуну показало, що модифікування дозволило досягти максимально низького вмісту карбідів вже при введенні 0,01...0,02% модифікатора, що було пов'язано, вочевидь, з тим, що розплав при обробленні піддавався максимальній дегазації та активації центрів графітоутворення при кристалізації. Подальше збільшення вмісту модифікатора понад 0,02% по масі при введенні в чавунний розплав не призводило збільшення кількості активних центрів кристалізації (рис.3).

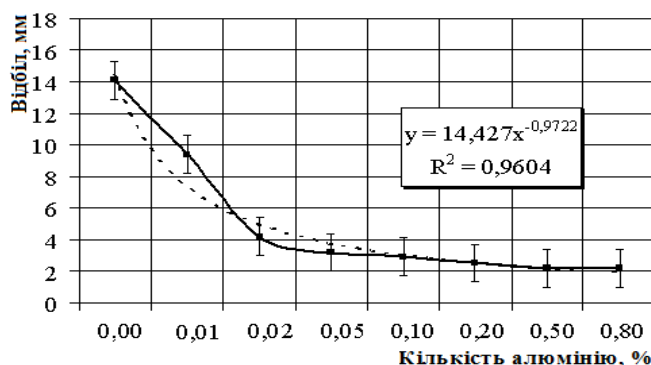


Рисунок 3. Дослідження впливу модифікатора розробленого складу на величину відбілу валкової проби

Обговорення результатів

Твердість немодифікованих та модифікованих різними модифікаторами чавунів із пластинчастим графітом зменшувалася з видаленням від поверхні проб. Середній показник твердості матеріалу модифікованих проб був більшим порівняно із середнім показником твердості проб немодифікованих чавунів. За середнім показником твердості досліджувані модифікатори можливо розмістити в наступний ряд, що зростає: алюміній, алюмінієвий сплав марки АК12, модифікатор розробленого складу.

Розроблено склад легкоплавкого графітізуючого модифікатора, що ефективно впливає на процес формування структурних складових матеріалу осердя прокатних валків. Модифікування ча-

вунного розплаву сумішевим модифікатором, що містить УДП діоксиду кремнію у межах 55...70 та алюмінію – 39...40%, показало його добрі технологічні властивості.

Висновки

1. Проведено дослідження впливу легкоплавких модифікаторів трьох типів на величину відбілу та твердість чавуну з пластинчастим графітом. Показано, що найкращі результати показав модифікатор, до складу якого входили алюміній та УДП діоксиду кремнію.

2. Розроблено оптимальний склад модифікатора, при обробці яким досягаються найкращі значення комплексного показника якості матеріалу та середній показник твердості валкової проби.

Бібліографічний опис

1. Кривошеев А.Е. Литые валки. - М.: Металлургияиздат, 1957. -360 с.
2. Пат. 2225238 Франция, МКИ В 22 d 19/00; В 21 b 27/00; В 22 d 23/00. Dispositif et procede pour la coulee de cylindres de fonte composites; Rheinstahl Giesserei AG. - № 74.10259; заявл. 26.03.74; опубл. 08.11.74. Listes № 45.
3. Рыжиков А.А., Гаврилин И.В. Расчет и применение суспензионной заливки // Литейное производство. - 1970.-№8. - С. 11-13.
4. Косячков В.А., Ващенко К.С. Особенности технологии получения высокопрочного чугуна модифицированием в литейной форме// Литейное производство. - 1975.- №12 – С. 11-12.
5. Сборник технологических инструкций вальцелитейного цеха / Лушпа А.А., Козаченко Н.С., Мерло О.Э. и др. [4-е перераб. и доп. изд.] – Д.: ДЗПВ. – 1983. – 183 с.
6. Леках С.Н. Использование модификатора МИГ при кокильном литье чугуна / С.Н.Леках, А.Г.Слуцкий, В.А.Шейнерт // Литейное производство. - 1991. - №7. - С 11-12.
7. Алов В.А Модифицирование серого чугуна термитными смесями / В.А.Алов, С.П.Кожемьякин, Т.А.Ахундов, В.Н.Молев, Л.Н.Майорова // Литейное производство. – 1989. - № 9. - С.25.
8. Пат. 80101 Україна, МПК (2006) В 22 D 7/06 (2007.01); В 22 D 15/00; В 22 D 27/20 (2007.01); С 21 С 7/04; С 21 С 7/076 (2007.01); С 22 С 35/00. Спосіб виготовлення виливків для одержання двошарових листопрокатних валків, ливарна форма і модифікатор для здійснення способу / Хричиков В.Є., Хит'ко О.Ю., Клименко Ф.К., Бойко Л.Г.; заявник та патентоотримувач Національна металургійна академія України. - № 20040604860; заявл. 21.06.04; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13.

References

1. Krivosheyev A.E. Lityye valky. - M: Metallurgizdat, 1957.-360 s.
2. Pat. 2225238 Frantsiya, MKI B 22 d 19/00; B 21 b 27/00; V 22 d 23/00. Obrabotka kompozitnykh materialov metodom obrazovaniya tsilindrov; Rheinstahl Giesserei AG. - № 74.10259; zayavleno 26.03.74; - publ. 08.11.74. Listy № 45.
3. Ryzhikov A.A., Gavrilin I.V. Rozrakhunok i zasosuvannya suspensii napolneniya // Livarne virobnitstvo. - 1970.-№8. - S. 11-13.
4. Kosyachkov V.A., Vashchenko K.S.H. Osobennosti tekhnologii otrakovki vysokoklassnogo chavuna, modifikatsii livarnoy formy // Livarne vyrobnitstvo. - 1995. - №12 - S. 11-12.
5. Sbornik tekhnologicheskikh instruktsiy dlya prokatnogo tsekha / Lushpa O.O., Kozachenko N.S., Merlo O.Ye. ta v [4-ya red. eto der'mo. vid.] - D. : DZPV. - 1993. - 183 s.
6. Lekakh S.M. Vikoristannya modifikatora MIG pri kokil'nom litty chavun / S.N. Lekakh, A.G. Slutskiy, V.A. - 1991. - № 7. - S 11-12.
7. Alov V.A Modifikuvannya sírogo chavunu termítnimi sumíshami / V.A.Alov, S.P.Kozhem'yakin, T.A.Akhundov, V.M.Mol'ov, L.N.Mayorova // Livarne virobnitstvo.– 1999. - № 9.- S.25.
8. Pat. 80101 Ukraina, MPK (2006) V 22 D 7/06 (2007.01); V 22 D 15/00; V 22 D 27/20 (2007.01); C 21 S 7/04; S 21 S 7/076 (2007.01); S 22 S 35/00. Sposib vigotovlennya vilivkiv dlya oderzhaniya dvosharovikh listoprokatnikh valkov, livarna forma i modifikator dlya zdiysnennya sposob / Khrichikov V.E., Khit'ko O.YU., Klivenko F.K., Boyko L.G.; zayavnik ta patentootrimuvach Natsional'na metalurgiyina akademiya Ukraini. - № 20040604860; zayavl. 21.06.04; opubl. 27.08.07, Byul. № 13.