

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ ІЗ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПОВЕРХНІ**

### **Вступ**

До деталей сучасних машин і механізмів пред'являються підвищені вимоги щодо твердості, стійкості проти корозії і ерозії в різних агресивних середовищах та ін. Більшість таких деталей виготовляють з використанням литих заготовок, тобто виливків. Термін служби окремих литих деталей в значній мірі визначає надійність машин і їх продуктивність [1].

Аналіз експлуатації великої кількості литих деталей машин і механізмів, які працюють в умовах інтенсивного зносу, високих температур і агресивних середовищ (теплоенергетика, металургія, гірничозбагачувальна і хімічна галузі та ін.), показує, що технології їх виготовлення з використанням об'ємного легування не завжди себе виправдовують, а у багатьох випадках і шкідливі, оскільки лише невелика товщина таких деталей зношується, окислюється або ушкоджується. Це призводить до невиправданих витрат дорогих високолегованих сплавів. Наприклад, аналіз показників витрати металу на одиницю виробленої електроенергії тепловими електростанціями України показує: щорічно безповоротно втрачаються тисячі тонн металу литих деталей високої собівартості. У цих випадках достатньо було б забезпечити високі експлуатаційні характеристики тільки робочих поверхонь таких деталей.

Для досягнення високої поверхневої міцності і зносостійкості литих деталей в машинобудуванні використовують різні види оброблення: термічне, хіміко-термічне, лазерне та ін., а також застосовують електрохімічні покриття і наплавлення на поверхні виробів металу із спеціальними властивостями. Проте багатьма з цих методів не вдається одержати шар з потрібними властивостями завтовшки більше 0,3 мм, що недостатньо, особливо для тривалої експлуатації крупних деталей. За даними [2] товщина поверхневого шару із спеціальними властивостями повинна бути не менше 5...10 мм. Наплавленням на поверхні деталі можна одержати шар такої товщини, але цей процес дуже трудомісткий, дорогий і, крім того, на деяких поверхнях деталей наплавлення металу здійснити практично неможливо.

Для реалізації цієї проблеми перспективними можуть бути способи виробництва виливків із нелегованих сплавів на основі заліза з поверхневим композиційним або легованим шаром, який утворюється під час формування вилівка в ливарній формі.

Перспективність одержання шару із потрібними властивостями такої товщини поверхневим легуванням вивчена в роботі. Суть цього методу полягає

у тому, що на робочі поверхні форми або стрижня при виготовленні виливків, які працюють, наприклад, в умовах інтенсивного зносу, наносять легувальні покриття у вигляді фарб, паст, облицювального шару або використовують вставки, наповнювачами яких є відповідні легувальні елементи або їх суміші. Залитий у форму метал взаємодіє з легувальним покриттям, внаслідок чого поверхня вилівка насичується відповідними елементами із утворенням вимогової структури [3, 4].

Така технологія на поверхнях виливків легований шар, який міцно з'єднаний із основним металом і має високий опір зносу або високотемпературній корозії. У порівнянні з іншими способами підвищення поверхневої міцності цей процес має певні переваги, а при виготовленні деталей із робочими поверхнями, які не піддаються механічному обробленню – найбільш ефективний [5-8].

Проте під час виготовлення виливків із поверхневим легованим шаром необхідної товщини, слід враховувати безліч факторів: температуру сплаву, що заливається у форму, яка повинна бути достатньо високою, щоб відбувалося розплавлення і розчинення легувального покриття під дією тепла рідкого металу; товщину легувального покриття, яке повинне визначатися температурою його плавлення, гранулометричним складом наповнювача, властивостями зв'язувального компонента та ін [9-11].

Крім того, необхідною умовою для утворення легованого шару достатньої товщини, повинен бути тривалий контакт основного металу в рідкому стані із легувальним покриттям. Провідними процесами формування легованого шару в цьому випадку можуть бути розплавлення і розчинення легувального покриття, а також фільтрація основного металу через покриття.

Виходячи із цього положення, можна запропонувати два механізми поверхневого легування виливків у формі, які можуть здійснюватися одночасно або окремо один від одного:

– якщо температура плавлення легувального покриття нижча за температуру тверднення основного металу, то утворення легованого шару здійснюється внаслідок розплавлення покриття і його перемішування із основним металом.

– якщо температура плавлення легувального покриття вища за температуру плавлення основного металу, то легований шар може формуватися внаслідок проникнення основного металу в пори покриття з подальшими дифузійними процесами перенесення легувальних елементів із покриття в основу металу і часткового розчинення компонентів покриття.

Очевидно, що поверхнєве легування виливків доцільно здійснювати нанесенням на робочі поверхні форм і стрижнів легувальних покриттів, температура плавлення яких нижча за температуру плавлення основного металу.

Проте можна використовувати і тугоплавкі покриття, особливо при виробництві товстостінних виливків.

## Постановка задачі

Поверхнєве легування виливків у ливарній формі може бути перспективним методом виготовлення виливків із диференційованими властивостями поверхні, але тільки після детального вивчення технологічних факторів, які суттєво впливають на процеси утворення легованого шару. У роботі поставлені такі задачі:

– визначити оптимальні склади і товщини легувальних покриттів для утворення легованого шару з максимальною зносостійкістю або окалинотійкістю залежно від конкретних умов експлуатації майбутньої деталі

– визначити оптимальні параметри процесів поверхневого легування: способи приготування та нанесення легувального покриття на поверхню форм і стрижнів залежно від необхідної товщини легованого шару та температури рідкого металу перед заливанням його у форми.

## Експериментальні дані

На підставі аналізу геометрії та розмірів литих деталей машин і механізмів, які піддаються інтенсивному зносу або окисленню, установлено, що середня товщина стінок виливків знаходиться у межах 30...40 мм. Тому для вивчення процесів поверхневого легування вибрані зразки з пережимами розмірами 85 x 35 x 40 мм. Блок зразків наведений на рис.1.

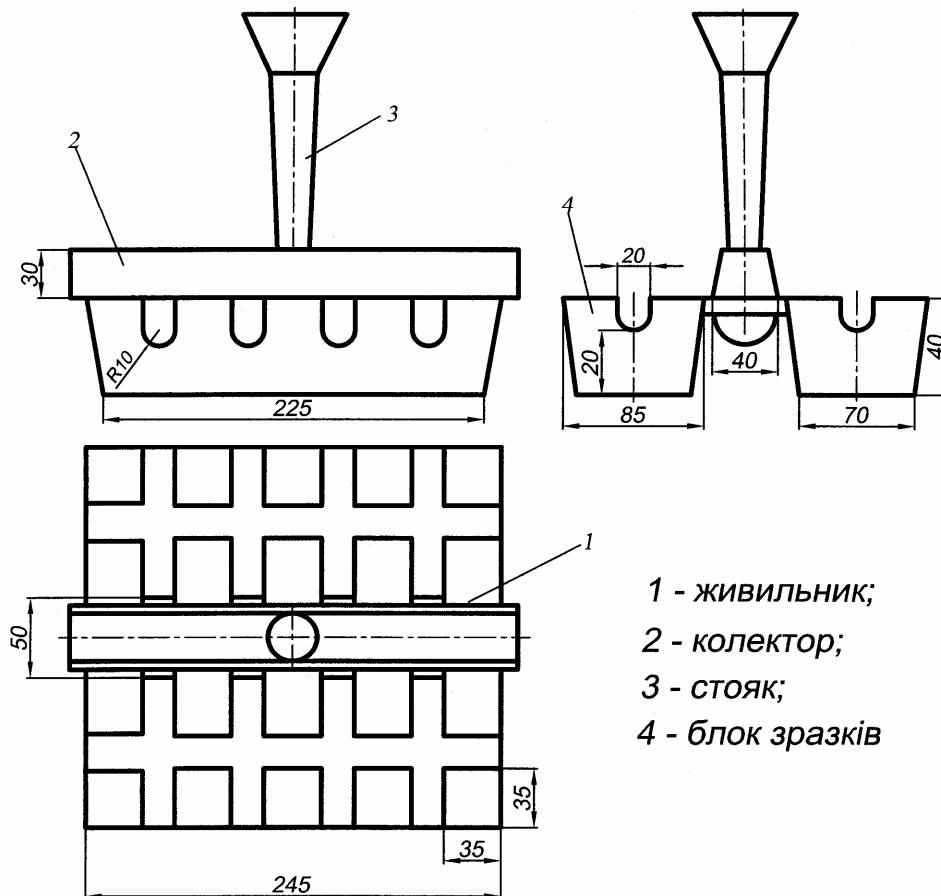


Рис.1. Блок зразків з елементами ливникової системи

Для приготування легувальних покриттів використовували метали (марганець металевий, алюміній, залізний порошок), феросплави (феромарганець ФМн78А і ФМн1,5, ферохром ФХ650А і ФХ800А) та їх механічні суміші різних фракцій: < 02; 02; 0315; 04; 063; 1,0. Як зв'язувальний компонент використовували рідке скло щільністю 1,3 г/см<sup>3</sup> в кількості 3...6% залежно від гранулометричного складу наповнювача. Товщину легувального покриття змінювали від 3 до 7 мм. Легувальне покриття наносили на стрижні, виготовлені із рідко скляної суміші (90% Орхівського піску, 4% бентоніту і 6% рідкого скла) та просушені при температурі 240°C протягом двох годин.

На кожний стрижень наносили по 5 різних покриттів за складом і товщиною. Стрижні з нанесеним покриттям протягом доби підсушували на повітрі, а перед використанням їх прожарювали в камерній печі при температурі 300°C протягом двох годин.

Для зменшення утрат тепла, яке відбирає форма від рідкого металу, здійснювали об'ємне сушіння форм у сушарці при температурі 200...250°C. Проставлення стрижнів у форми і збирання останніх здійснювали безпосередньо за декілька хвилин до заливання металом. Форма у зібраному вигляді наведена на рис.2.

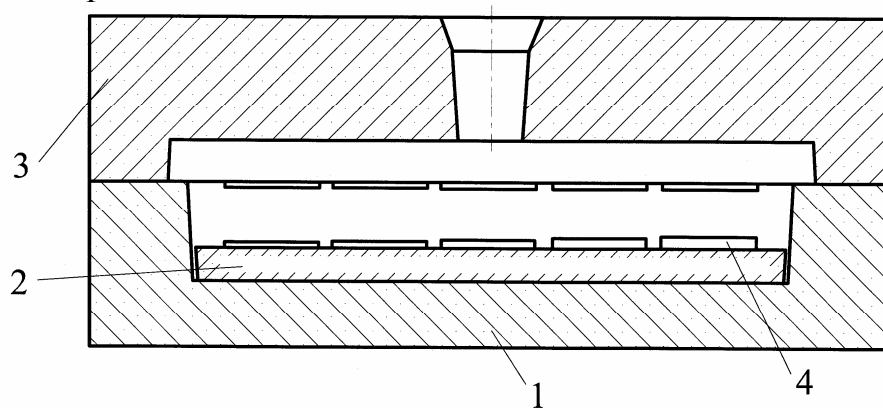


Рис. 2. Ливарна форма для дослідження процесів поверхневого легування: 1 – нижня півформа; 2 – стрижень; 3 – верхня півформа; 4 – легувальне покриття

Температуру металу основи варіювали від 1580 до 1630°C. Для створення відновлювальної атмосфери в ливарній формі використовували вуглецевміщувальні добавки.

Під час вивчення процесів жаростійкого поверхневого легування з урахуванням умов експлуатації жаростійких деталей котлоагрегатів теплових електростанцій (насадок пальників, газових сопел, мазутових форсунок та ін.) та впливу легувальних елементів на жаростійкість сплавів на основі заліза використовували алюмінієвий порошок і високовуглецевий ферохром марок ФХ650А і ФХ800 (які мають порівняно низьку температуру плавлення).

Попередніми дослідженнями впливу алюмінію на окалиностійкість заліза встановлено [12], що присадка до 2% Al до заліза помітно знижує втрати сплаву на утворення окалини, а сплав з 8% Al має такий же високий опір окисленню, як і нікельхромовий сплав з 80% нікелю і 20% хрому.

Важливою задачею для виготовлення якісних жаростійких покриттів на виливках із сталей є вибір оптимального співвідношення основних компонентів, які сприяли б підвищенню окалинотійкості.

Хром є основним елементом, який входить до складу жаростійких і жароміцних сталей і сплавів. Збільшення його вмісту в залізі зсуває початок інтенсивного окислення сталі у бік вищих температур.

Алюміній – елемент, який найефективніше підвищує жаростійкість заліза і залізохромистих сплавів. Маючи високу хімічну активність, алюміній інтенсивно реагує з киснем і утворює на поверхні виробу міцну захисну плівку оксидів  $Al_2O_3$  із температурою плавлення  $2050^\circ C$ . Висока швидкість дифузії алюмінію у фериті і мала провідність шару оксиду  $Al_2O_3$  ( $Cr_2O_3$ ,  $FeO$ ) обумовлюють при додаванні в хромисту сталь алюмінію значне зниження швидкості утворення окалини. В цьому випадку на поверхні металу формується окалина із оксидів хрому та алюмінію.

Встановлено, що алюміній, не дивлячись на можливе утворення плівок оксидів в процесі взаємодії основи металу, тобто розплаву, із матеріалом покриття (в ливарній формі завжди є повітря), позитивно впливає на утворення легованого шару, товщина якого досягає максимального значення при товщині легувального покриття 6 мм (рис.3). Товщина легованого шару при цьому досягає 5 мм. Проте подальше збільшення товщини легувального покриття призводить до зменшення товщини легованого шару, очевидно, в результаті втрати з часом температури металом основи і різкого зниження теплопровідності утвореного легованого алюмінієм шару.

Такий же характер зміни товщини легованого шару і при використанні як легувального покриття механічної суміші ферохрому та алюмінію. Не дивлячись на підвищення температури плавлення такого покриття, товщина легованого шару перевищує 4 мм, що повною мірою задовольняє вимогам, які пред'являються до жаростійких литих деталей.

Деяко менша товщина легованого шару (до 1,5...2,0 мм) утворюється при використуванні ферохрому як наповнювача легувального покриття.

Оскільки в дослідах використовували порошки фракцій 04 і 063, то можна припустити, що поверхнєве легування здійснювалося як внаслідок часткового розплавлення компонентів покриття, так і внаслідок капілярного проникнення рідкого металу в пори покриття з подальшим розплавленням та розчиненням його компонентів в металі основи.

Вивчено вплив різних факторів на процеси утворення легованого шару на поверхні виливків: товщина легувального покриття, гранулометричного складу вихідних компонентів, температури металу основи перед заливанням його у форми, відновної атмосфери в ливарній формі та ін.

Зміна товщини легованого шару від гранулометричного складу при однаковій товщині легувального покриття наведена на рис.4.

Дослідження впливу алюмінію і високовуглецевого ферохрому на утворення легованого шару показали, що не дивлячись на різні температури плавлення легувальних покриттів на їх основі, кращі результати одержані при використуванні ферохрому. Очевидно це можна пояснити меншою здатністю

хрому утворювати оксидні плівки на межі розділу „легувальне покриття - розплав”, що покращує безпосередній контакт часточок ферохрому із рідким металом, внаслідок чого ці часточки швидше розчиняються і утворюють легований шар більшої товщини.

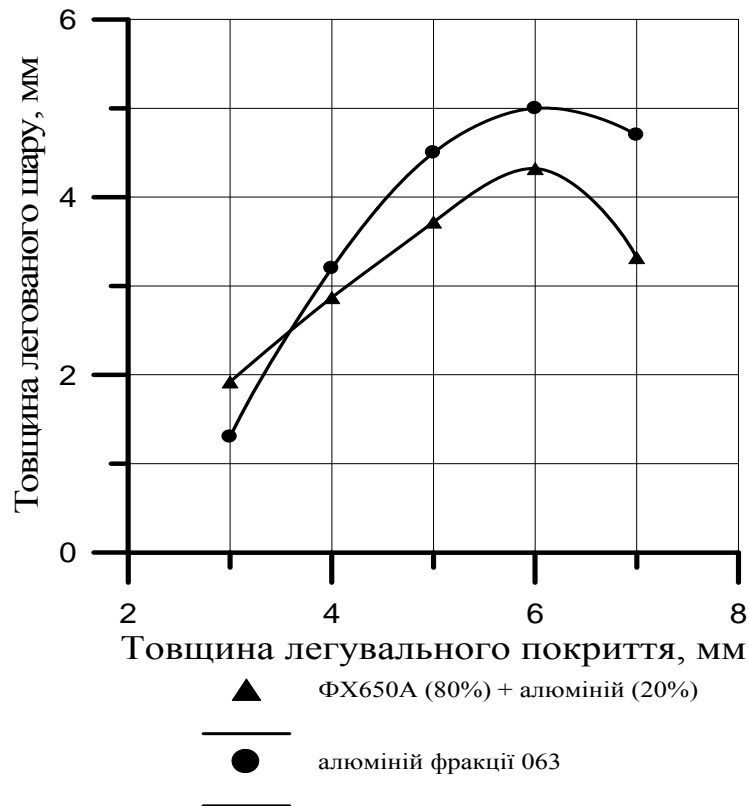


Рис. 3. Зміна товщини легованого шару залежно від товщини легуючого покриття

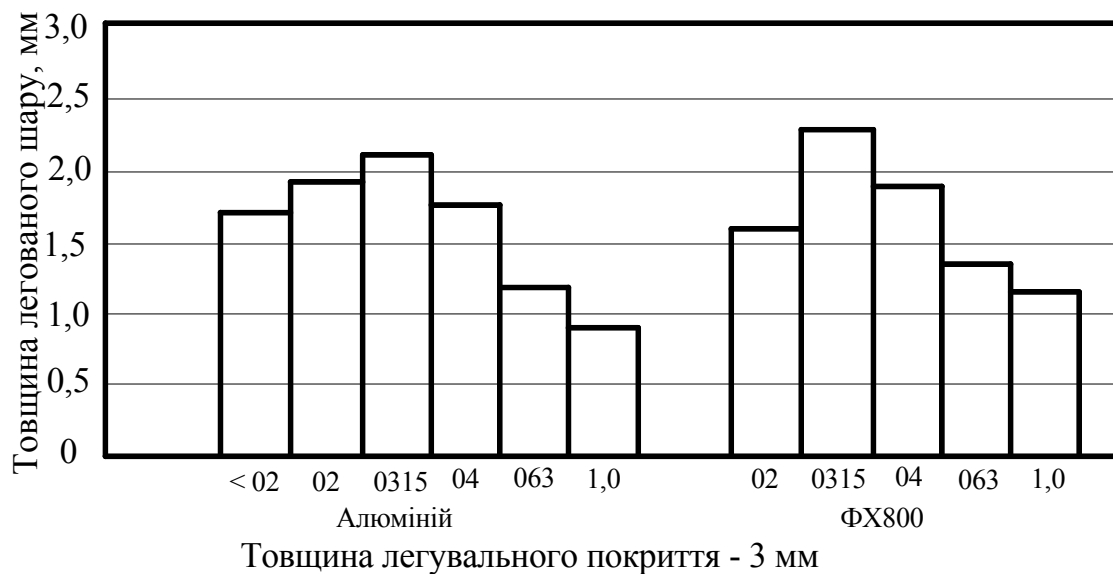


Рис.4. Зміна товщини легованого шару від гранулометричного складу легуючого покриття

Виходячи з вимог щодо тривалості експлуатації виробів для жаростійкого поверхневого легування доцільно використовувати механічну суміш алюмінію і ферохрому. Наявність в легованому шарі хрому і алюмінію в процесі експлуатації деталей при високих температурах і в агресивних середовищах сприяє утворенню на поверхні виробів захисних плівок  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  або шпінелі  $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ , що суттєво подовжує термін експлуатації жаростійких виробів.

Дослідження процесів зносостійкого поверхневого легування здійснювали з використанням окремих феросплавів, до складу яких входять карбідоутворювальні елементи (марганець, бор, титан, хром), і їх сумішей.

Зміна товщини легованого шару залежно від товщини легувального покриття при використуванні різних марок феромарганцю представлена на рис. 5. В досліді використана дрібнодисперсна фракція ( $< 0,2$ ) низьковуглецевого, ФМн1,5, і високовуглецевого, ФМн78А, феромарганцю з приблизно однаковим вмістом марганцю.

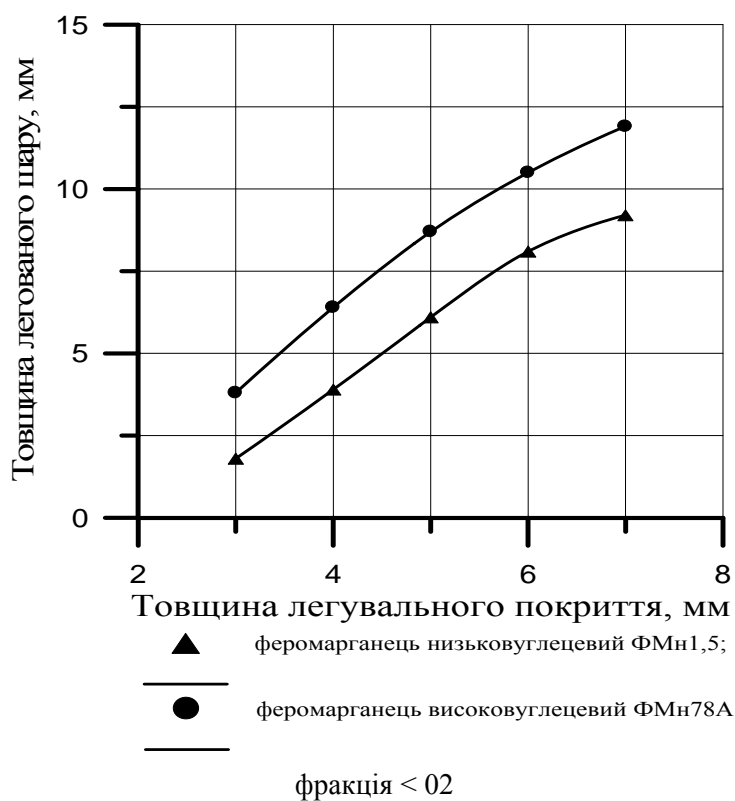


Рис.5 Зміна товщини легованого шару залежно від товщини легуючого покриття

Кращі результати одержані при використуванні високовуглецевого феромарганцю ФМн78А фракцій  $< 02$ ;  $02$  і  $0315$ , чистого марганцю Мн965 – фракцій  $0315$ ;  $04$ ;  $063$  і механічної суміші, мас.ч.: Мн965 – 50; ФХ650А – 6; ФТи30А – 15; ФБ10 – 10; залізний порошок ПЖР-3 – 9; електродний бій – 8 фракцій  $< 02$ ;  $02$  і  $0315$ . Товщина легованого шару досягає 10...12 мм при товщині легувального покриття 4...6 мм. Твердість легованого

шару (без термооброблення) в 2,5...2,8 рази вища за твердість основи виливка (сталь 35Л).

Гранулометричний склад легувального покриття суттєво впливає на товщину легованого шару і вибирається залежно від температури плавлення компонентів покриття і перегріву металу основи перед заливанням його у форму.

Отже для зносостійкого поверхневого легування доцільно використовувати високовуглецевий феромарганець, чистий марганець марки Мн965 або механічну суміш карбідоутворювальних елементів.

## **Висновки**

1. Для досягнення на виливках жаростійкого шару максимальної товщини необхідно використовувати алюміній фракції 0315; 04; 063 або механічну суміш: 80% ФХ650А + 20% алюмінію такого ж гранулометричного складу. Товщина легованого шару при цьому досягає 4,5...5,0 мм, що цілком задовольняє вимогам, які пред'являються до жаростійких виливків. Оптимальна товщина легувального покриття – 3...5 мм.
2. Максимальна твердість поверхні виливка досягається при використанні високовуглецевого феромарганцю ФМн78А та механічної суміші карбідоутворювальних елементів. Товщина шару при цьому досягає 10...12 мм.
3. Перспективним зв'язувальним компонентом для приготування якісного легувального покриття є рідке скло.
4. Товщина легованого шару на поверхні виливків залежить від товщини легувального покриття, температури його плавлення, гранулометричного складу і температури металу, що заливається у форму, яка повинна знаходитися у межах 1580...1630°C.



## Література

1. Износостойкие сплавы для дробильномольного оборудования (Дорошенко С.П., Лютый В.А., Жук В.Я. и др.), – М.:ЦНИИТЕ Стройдормаш, 1978.- 44 с.
2. Горшков А.Л. Рабинович А.А. Поверхностное легирование при затвердевании. Литейное производство, 1957, №5. С. 20...24
3. Богачев В.М. Грузин В.Г. Легирование поверхности отливок при затвердевании Литейное производство, 1957, №5. С. 29...30
4. Борщ В.Г. Получение композиционных отливок с качественной поверхностью при использовании металлокерамических оболочек: Автореферат диссертации канд. технических наук. – КПИ, 1981.-20 с.
5. Тихий В.Л. Исследование механизма и разработка технологии процессов поверхностного легирования отливок. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, – К.: 1975 240 с.
6. Волков Ю.А. Определяющие факторы процесса поверхностного легирования отливок. /Сб. Приложение теплофизики в литейном производстве Минск: Наука и Техника, 1966.
7. Лакедемонский А.В. Биметаллические отливки. – М.: Машиностроение, 1964-220с.
8. Михайлов А.М. Грузин В.Г. Поверхностное легирование фасонных отливок // Литейное производство, 1957, №6. С.18...20
9. Хромоалюминиевые стали для изготовления жаростойких деталей теплоэнергооборудования. / Лютый В.А., Платонов Е.А., Федоров Г.С., Кузьменко А.Е. Литейное производство. – 2001, № 4. –С. 13...15.