

УДК 673, 628.1

О.С. Дробот, С.Я. Підгайчук, О.П. Бабак, Н.М. Яворська

Хмельницький національний університет

АНАЛІЗ ДЕФЕКТІВ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕТАЛЕЙ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Зроблено аналіз дефектів деталей сучасних систем водопостачання, які надходять для експертизи до Випробувального центру Хмельницького національного університету. Запропоновано рекомендації з підготовки сплавів та ливарної оснастки, дотримання яких забезпечить високу якість одержаної продукції для запобігання аварійним ситуаціям в системах водопостачання громадських будівель.

Ключові слова: елементи кранів, неметалеві включення, ліквіація, тріщини

О.С. Дробот, С.Я. Підгайчук, О.П. Бабак, Н.М. Яворская

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Проведен анализ дефектов деталей современных систем водоснабжения, которые поступают для экспертизы в Испытательный центр Хмельницкого национального университета. Предложены рекомендации по подготовке сплавов и литейной оснастки, выполнение которых обеспечит высокое качество литья для предупреждения аварийных ситуаций в системах водоснабжения жилых домов.

Ключевые слова: элементы кранов, неметаллические включения, ликвация, трещины

О.С. Drobot, С.Я. Pidgaychuk, О.П. Babak, N.M. Yavorskaya

DEFECT ANALYSIS OF THE ELEMENTS OF A MODERN WATER SUPPLY SYSTEM'S PARTS

Analysis of defects for the water supply and drainage systems, which has been done on metallographic and X-ray spectral researches basis in Khmelnytskyi University Testing Centre has been given in the research. The main defects, which have caused anticipatory crash of details has been detected, described and the reasons for their occurrence were determined. Although castings that has been given for the expertise, foundry system were made by different manufacturers, from different alloys and different time were used for their preparation, they all have mostly the same defects. The main reason for the emergence of defects is violation of the casting technology and poor performance of some operations. Recommendations for the casting technology based on non-ferrous metals, as well as improvements for the foundry system structures has been given in the research, which can help manufacturers with defects reduction or eventheir elimination, to increase life of water supply details and to prevent the emergency situations in public buildings water supply systems.

Keywords: crane elements, non-metallic inclusions, segregation, cracks

В стародавньому Римі вода мешканцям міста подавалась по мармуровим водогонам. Сучасні українці користуються водою, яка надходить до них по трубам через лічильники, крани, фільтри тощо. Якщо мармурові водогони збереглися вже не одну тисячу років, то сучасні елементи водогонів не мають такої надійності та живучості.

В лабораторію з випробувань конструкційних та інструментальних матеріалів Випробувального центру Хмельницького національного університету протягом 20 років надходять для експертизи зруйновані штуцера, радіатори центрального опалення, лічильники витрат води, крани на предмет визначення причин руйнування цих виробів чи їх елементів в процесі експлуатації мешканцями багатоповерхових будинків.

Статистика свідчить, що найчастіше надходять для експертизи зруйновані елементи кранів, фільтри, штуцера холодної та гарячої води.



Рис. 1 Загальний вигляд елементів штуцера лічильника холодної води



Рис. 2. Загальний вигляд елементів фільтра грубої очистки води



Рис. 3. Загальний вигляд елементів сантехнічного шланга: накидна гайка, ущільнювач, фланець

Проведені металографічні та рентгеноспектральні дослідження дозволили виявити причини руйнування вищезазначених виробів і запропонувати виробникам заходи щодо попередження основних дефектів, які виникають під час одержання виливок і призводять до руйнувань гідротехнічних вузлів уже в процесі експлуатації.

Для виготовлення кранів холодної води використовують ливарні латуні та ливарні безолов'яні бронзи, в складі яких є мідь, алюміній, свинець, сурма. Такі сплави, як правило, мають неметалеві включення розчинів або хімічних сполук металів з киснем, сіркою, азотом, які є причиною виникнення значної пористості сплавів після кристалізації.

Практично всі види дефектів, які можуть виникати при одержанні виливок з кольорових металів, були виявлені під час проведення експертизи в наданих виробках: неметалеві і шлакові включення (рис.4- 8, 9, 10,13, 14), пори (рис. 7, 11, 15), тріщини (рис.12, 15).

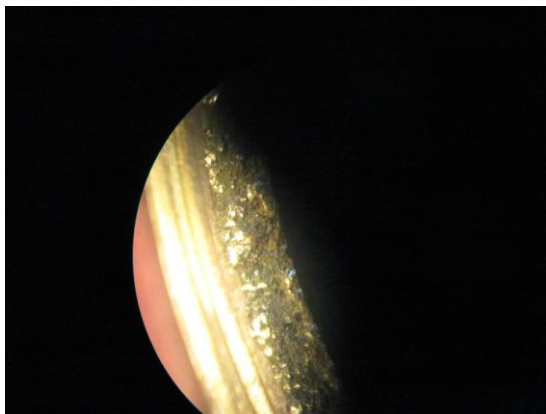


Рис.4. Поверхня злому різьбового з'єднання знімної пробки фільтра з шлаковими та неметалевими включеннями

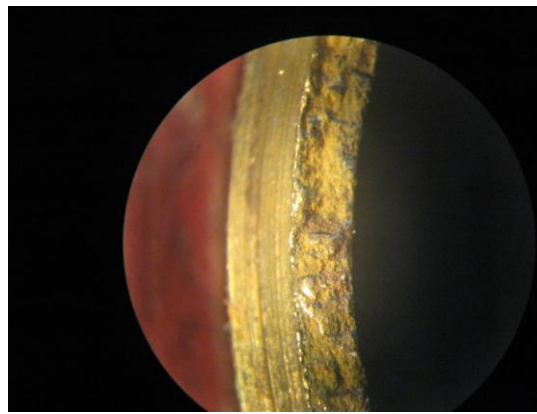


Рис.5. Поверхня злому різьбового з'єднання з шлаковими і неметалевими включеннями, що вкривають всю поверхню. Злом не має характерного для металу блиску

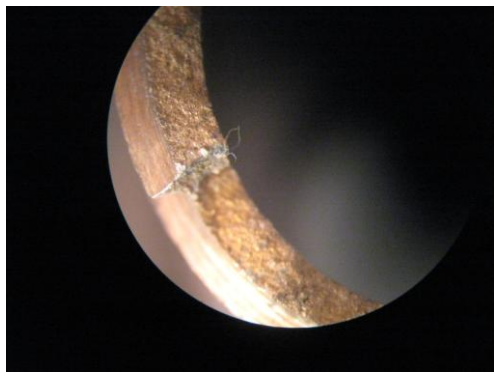


Рис.6. Шлакове включення на поверхні злому корпусу штуцера

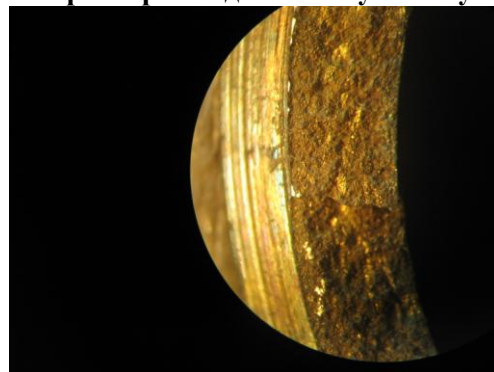


Рис.7. Пори і неметалеві включення у корпусі штуцера

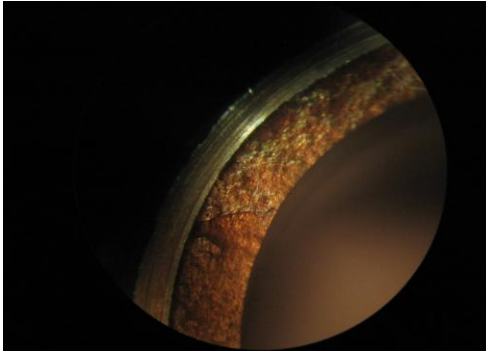


Рис.8. Значна кількість неметалевих включень, які розміщені по поверхні злому корпусу штуцера у вигляді блакитних включень

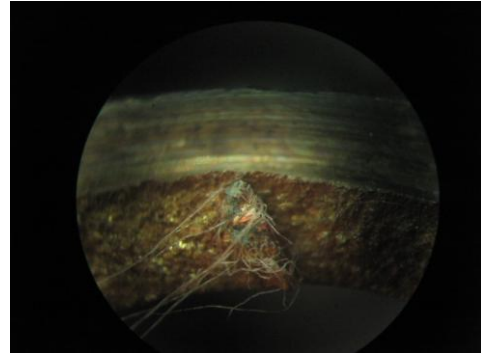


Рис.9. Шлакове включення значної величини у корпусі штуцера

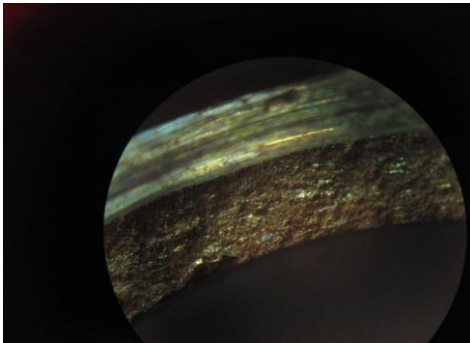


Рис.10. Шлакові і неметалеві включення по поверхні злому корпусу штуцера

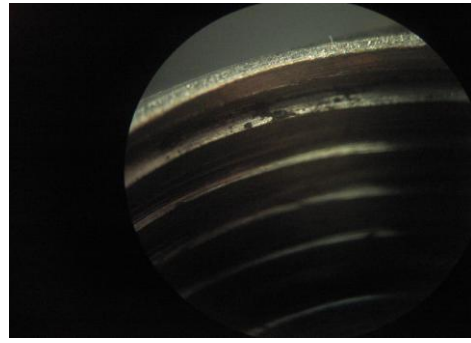


Рис.11. Накидна гайка. Тріщина, шлакові включення, пори, які утворилися від газів, що вийшли на поверхню витків різьби

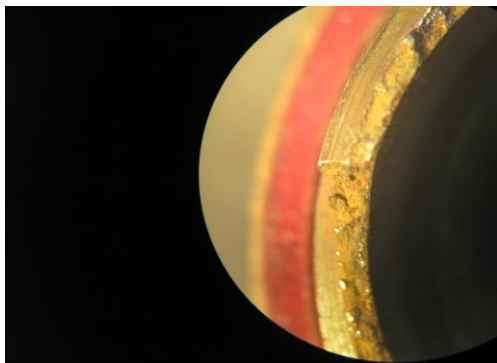


Рис. 12 Тріщини в корпусі штуцера

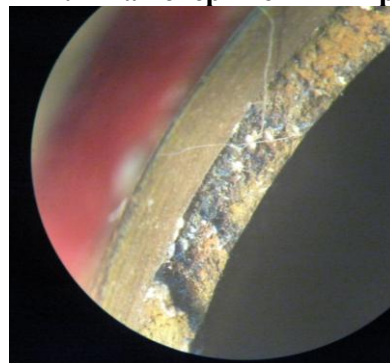


Рис.13. Скупчення шлакових включень біля поперечної тріщини.

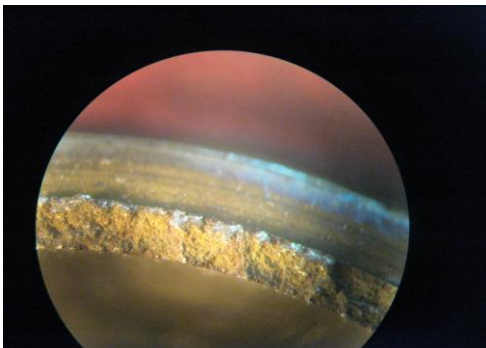


Рис.14. Неметалеві включення в зломі корпусу

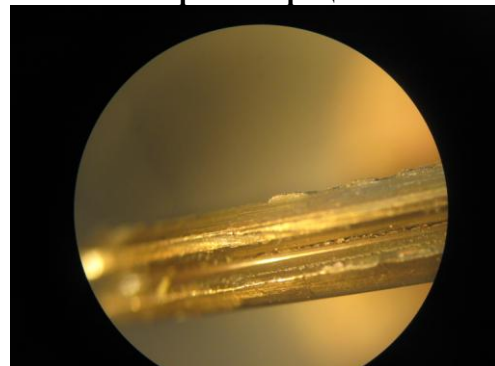


Рис.15. Пори між витками різьби (кільцева тріщина)

Надані для експертизи виливки виготовлені різними виробниками, з сплавів неоднакового складу та в різний час, однак мають практично однакові дефекти. На базі проведеного аналізу можна стверджувати, що основною причиною виникнення дефектів є порушення технології лиття, не якісне виконання окремих операцій.

Як показує практика властивості литих мідних сплавів визначаються їх складом та умовами кристалізації. В науковій літературі описані основні дефекти, які найчастіше виникають у виливках з ливарних бронз та латуней [1-3]. Серед таких дефектів найважливіші: усадка, ліквіація та газопоглинання.

Внаслідок властивості металу зменшувати свій об'єм при кристалізації (усадка), в об'ємі виливка можуть утворюватись усадочні раковини і пори. Практика показала, що величина усадки залежить від хімічного складу сплаву, швидкості його охолодження, температури заливання. Отже, для усунення негативних явищ, які є наслідком усадки металу рекомендовано: Вибирати сплави з більш широким інтервалом кристалізації. Наприклад, алюмінієві бронзи, які містять 6 - 9 % алюмінію мають значну лінійну усадку - 2,37 %, інтервал кристалізації - всього 46 °С, а олов'яні бронзи, у яких температурний інтервал кристалізації – 180 °С, мають лінійну усадку 1,0 %.

Виливки із сплавів з широким інтервалом кристалізації мають після кристалізації розсіяну усадочну раковину. Для таких сплавів в конструкції ливарної форми передбачено поєднання додатку зливка з випором, або передбачають невеликі додатки зливка для живлення масивних вузлів. Виливки з сплавів з проміжним інтервалом кристалізації мають дефекти у вигляді раковин та усадочної пористості. Для таких виливок передбачають більш розвинуті додатки зливка, ніж для сплавів з широким інтервалом кристалізації.

У латунного литва утворюється зосереджена раковина в теплових вузлах виливка і відсутні усадочні пори (якщо вузький інтервал кристалізації), тому вносять конструктивні зміни - роблять більш розвинуті додатки зливка для виведення раковин за межі виливка.

Мідні сплави схильні до утворення усадочних раковин пористості, а також тріщин.

Гарячі тріщини - виникають внаслідок значних усадочних напружень при температурі кристалізації. Холодні - при більш низьких температурах. Значна кількість міжкристалічних тріщин виникає в місцях скупчення неметалевих включень.

Слід відмітити, що всі мідні сплави схильні також до дендритної ліквіації. Ліквіація викликає неоднорідність механічних властивостей в різних частинах виливка, що призводить до руйнування деталей під час експлуатації. Хімічна неоднорідність закристалізованого металу залежить від хімічного складу сплаву, конфігурації виливка, швидкості охолодження.

Здатність металу в рідкому стані розчиняти гази (газопоглинання) сприяє появі внутрішніх порожнин, заповнених газом внаслідок неповного їх виділення з металу при охолодженні. Це є причиною одержання виливок з різною щільністю. При незначному газопоглинанні виливок буде щільний, без внутрішніх порожнин. Розчинені в металі гази погіршують пластичність металу, а ті, що знаходяться у вигляді хімічних сполук, не тільки погіршують механічні властивості виливок, але й сприяють появі тріщин.

Розчинність газів залежить від хімічного складу сплаву, температури заливання, в'язкості сплаву і властивостей ливарної форми. Для зменшення газонасичення сплавів застосовують плавку в вакуумі чи в середовищі інертних газів, а також дегазацію вакуумуванням в спеціальних камерах тощо.

Відомо, що пори виникають внаслідок виділення газів (кисню, азоту, сірчаного газу) внаслідок зменшення їх розчинності в металі при його кристалізації та неповного видалення їх під час розкислення. Сприяють появі пор недостатня очистка вихідних компонентів, наявність в шихті іржі, водню, вологи.

Якщо ливарний сплав (як, наприклад, алюмінієва бронза з 6 - 9 % Al) має вузький інтервал кристалізації то під час кристалізації можливе утворення грубозернистої стовбчастої структури. Такі бронзи в розплавленому стані схильні до окислення, що спричиняє утворення плівки окислів алюмінію та вспінювання розплаву при заливанні його у форму. Тому виливки з алюмінієвих бронз часто бувають уражені газовими раковинами і пористістю, особливо при заливанні у форму перегрітого металу та при наявності в ньому олова.(рис.10). Газові раковини, як будь-яка нещільність виливка, знижують його міцність і тому недопустимі. Виливки, що мають газові раковини, зазвичай бракують.

Для отримання якісних відливок важливим є підготовка сплавів до заливки у ливарні форми. Для цього сплави легують, рафінують, модифікують.

Склад шихтових матеріалів, флюсів і розкислювачів має відповідати сертифікату, мають бути забезпечені умови їх зберігання (не попадання масла, іржі, вологи), що гарантує одержання розплаву заданого складу.

Слід враховувати, що окремі елементи сплаву під час плавки можуть окислюватись, вигорати чи випаровуватись, зв'ягнутися при підвищених температурах, сублімуватись,

вступаючи в хімічну взаємодію з іншими компонентами чи з футеровкою печі і переходити в шлак. Для відновлення потрібного складу сплаву втрати окремих елементів в ньому потрібно компенсувати додаванням до розплаву спеціальних добавок (лігатури), які готують на металургійних підприємствах. Лігатури містять крім легуючого елемента також основний метал сплаву, тому вони легше і повніше засвоюються розплавом, чим чистий легуючий елемент. Використання лігатур особливо необхідне, якщо температури плавлення основного ливарного сплаву і легуючого елемента мають значну різницю.

Широко використовують лігатури з кольорових металів такого складу: мідь - нікель (15 - 33% Ni), мідь - алюміній (50% Al), мідь - олово (50% Sn), алюміній - магній (до 10% Mg).

Для покращення ливарних властивостей бронз до їх складу вводять легуючі елементи - марганець, залізо, нікель, свинець, для подрібнення зерна вводять бор - 0,02%. До складу латуней вводять (1 - 2 % іноді - 4%) алюміній, кремній, марганець, нікель, олово, свинець, залізо. Ці елементи покращують технологічні властивості ливарних мідних сплавів, а також впливають на їх структуру: Al - підвищує рідкотекучість, міцність, корозійну стійкість, Mn - підвищує міцність і знижує корозійну стійкість, Fe - подрібнює структуру, гальмує ріст зерна внаслідок чого підвищує механічні властивості. Si - покращує ливарні властивості, підвищує міцність, зберігає високу пластичність. Zn - є заміником олова в олов'яній бронзі, він знижує температуру плавлення, температурний інтервал кристалізації, лінійну усадку, покращує герметичність виливок. Ni - підвищує механічні властивості, усуває ліквацію, особливо при наявності в сплаві свинцю. В мідних сплавах присутні також домішки: миш'яку 0,01 - 0,05%, сурми - 0,05%, олова - 0,1%, кремнію - 0,2 - 0,1%, нікелю - 0,5 - 1%, свинцю 0,05 - 0,3%, заліза - 0,1%, цинку - 0,5 - 1,5 %, фосфору - 0,01 - 0,1, разом - 1, 0 - 2, 8%. Тому такі сплави, як правило, містять неметалеві включення цих металів з киснем, сіркою, азотом, воднем які є причиною виникнення значної пористості металу після кристалізації. Так, залізо - мало розчинне в міді, утворює з алюмінієм інтерметалічну сполуку Fe₃ Al, яка виділяється як самостійна фаза у вигляді дрібнодисперсних часточок. Включення Cu₂O мають переважно блакитний колір, включення CuS мають сірий колір, алюмосилікати - світлосірого кольору (рис. 10). Сприяють появі значної кількості цих включень недостатня очистка вихідних компонентів перед плавкою та неповне розкислення сплаву перед розливанням.

Під кінець плавки мідні розплави активно окислюються, утворюючи дрібнодисперсні оксиди, сульфідні, які забруднюють сплав і, що є значним недоліком, важко видаляються з металу. Крім того метал насичується воднем, внаслідок чого виникає пористість, погіршується щільність та герметичність виливок.

Алюмінієві бронзи та латуні, кременісті та берилієві, при окисленні утворюють щільні оксидні плівки, які можуть з розплавом попадати до порожнини ливарної форми.

Для відокремлення оксидних плівок і шлакових включень ливникові системи оснащують відцентровими шлаковиками. Розплав в них вводять по дотичній до бічної поверхні, що надає йому обертового руху навкруг осі шлаковловлювача. Відцентрова сила сприяє накопиченню неметалевих включень в центрі шлаковловлювача в зоні низького тиску, перешкоджаючи їх попаданню в тіло виливка

Для видалення із сплаву кисню, який знаходиться у вигляді розчинених в металі оксидів, ефективно застосовувати розкислення. Під час розкислення елементи, які знаходяться у складі лігатур виконують роль відновників: вони з'єднуються з киснем оксиду, розчиненого в розплаві, відновлюють метал, а самі у вигляді оксидів переходять у шлак. Очищення (рафінування) розплаву розкисленням сприяє значному покращенню якості металу виливка, підвищенню його міцності і пластичності. Попередити утворення нерозчинних дрібнозернистих оксидів можна введенням розкислювачів в мідь перед введенням легуючих елементів. Для цього використовують фосфор у вигляді фосфористої міді. Сплави, які містять цинк, алюміній та кремній розкислюють берилієм, який суттєво підвищує щільність виливок. Досить часто для більшої ефективності процесу вносять конструктивні зміни у ливарну оснастку.

Ливникова система для виливок з мідних сплавів повинна забезпечувати найбільш повне видалення окисних плівок і повільне заповнення порожнини форми, тому має бути сконструйована з використанням ливникової системи, що розширюється, з змієподібними і сходишковими стояками і з нижнім підводом металу, з використанням фільтрувальних сіток, шлаковловлювачів з ріжковим ливниковим ходом.

Для зменшення усадки мідних сплавів під час кристалізації потрібно використовувати великі додатки зливка.

Для видалення завислих легких неметалевих включень та з метою зменшення вмісту газів доцільно проводити перед розливанням рафінування продуванням розплаву інертними газами. Для цього вводять хлористий марганець (0,1 - 0, 2 %) або обробляють розплав рафінуючими фторидними флюсами (плавиковий шпат CaF_2).

Для плавки мідних сплавів переважно в якості флюсів використовують соду, буру, кухонну сіль, бій скла, криоліт і деревне вугілля. Вони не тільки сприяють видаленню з металу небажаних домішок, але й захищають метал від вигорання легкоплавких складових (наприклад, цинку). Захисні шлаки і флюси це складні сплави оксидів і солей, які завантажують на поверхню розплаву (чи покривають ними поверхню розплаву). Шлаки і флюси мають бути більш легкоплавкими, ніж металевий розплав. Їх густина має бути меншою за густину рідкого металу. Для надійного захисту металу від газів, шлаки і флюси повинні бути непроникливими для газів повітря і пічних газів. В'язкість шлаків має бути невисокою для гарного розтікання по поверхні розплаву. Одночасно шлаки і флюси повинні видалятися з поверхні рідкого розплаву чи затримуватись при розливанні. Шар рідкого шлаку чи флюсу товщиною 5 -10 мм на поверхні металевого розплаву не тільки захищає його від взаємодії з газовим середовищем, але практично протистоїть випаровуванню розплаву. Крім рідких шлаків і флюсів, для захисту розплаву від взаємодії з газами, використовують тверді покриття - деревне вугілля чи подрібнені електроди. В разі підготовки складних сплавів з хімічно - активними добавками для захисту розплаву від взаємодії з повітрям використовують атмосферу захисних чи інертних газів.

Заключним заходом для покращення властивостей виливок є процес модифікування - подрібнення структурних складових сплавів на макро - і мікрорівнях. Існує декілька способів виконання цього процесу, однак суть усіх полягає у введенні в металевий розплав часточок, які за першим механізмом стають самостійними центрами кристалізації («пряме» гетерогенне зародкоутворення), чи утворюють їх внаслідок взаємодії з розплавом. Другий механізм - блокування росту кристалічних зародків, що утворюються в розплаві. Внаслідок модифікування подрібнюється чи макрозерно, чи структурні складові на мікрорівні (можливі два ці процеси одночасно). Змінюється морфологія металевих зерен, неметалевих включень і виділень інтерметалічних фаз з голкоподібною формою, які сприяють виникненню концентрації напружень і розвитку тріщин, на глобулярну чи близьку до неї форму, що попереджує виникнення таких явищ.

Розплави бронзи і латуней, які містять алюміній, модифікують введенням цирконію, ванадію, титану, вольфраму (0,05- 0,2 %). Для подрібнення зерна вводять бор - 0,02%. Суттєве подрібнення структури мідних сплавів можна досягти введенням нанопорошку карбіду кремнію SiC з розміром часточок 0,02 мкм в кількості 0,004 % мас., що зменшує зерно у 8 разів [4].

Висновки. Аналіз дефектів елементів деталей систем водопостачання та водовідведення, який проведено у Випробувальному центрі Хмельницького національного університету дозволив виявити та описати основні дефекти, що спричиняють їх достроковий вихід з ладу та причини їх виникнення. Це дозволило сформулювати рекомендації та основні заходи, виконання яких дозволить виробникам зменшити кількість дефектів чи навіть їх усунути для збільшення строку експлуатації деталей водопостачання та запобігти аварійним ситуаціям в системах водопостачання громадських будівель.

Список використаних джерел:

1. Курдюмов А.В. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А.В.Курдюмов и др. - М.: МИСиС, 1996. с. 24-28.
2. Цветное литье.: Справочник / Н.М. Галдин - М.: Машиностроение, 1989. 389 с.
3. ОСТ 24.207.01-90. Отраслевой стандарт. Арматура трубопроводная. Отливки из чугуна и цветных сплавов. Общие технические требования.
4. Крушенко Г.Г., Черепанов А.Н., Полубояров В.А., Кузнецов В.А. Влияние нанопорошков тугоплавких материалов на свойства литых изделий из черных и цветных металлов и сплавов. / Машиностроитель. 2004. № 12. с.32-38.

Рецензенти:

Боровик Олег Васильович - заступник ректора Національної академії Державної прикордонної служби України ім. Б.Хмельницького, доктор технічних наук, професор

Диха Олександр Володимирович - завідувач кафедри трибології, автомобілів і матеріалознавства, доктор технічних наук, професор

Стаття надійшла до редакції 20.03.2019