

УДК 620.1+528.4

## ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ І МІКРОСТРУКТУРИ МЕТАЛУ СТІНОВИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗНАКІВ

**І. Тревого**

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

**Є. Ільків, М. Галярник**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

**О. Жовтуля**

Івано-Франківський аграрний коледж “ЛНАУ”

**Ключові слова:** стінні репери, марки, металографія, моніторинг.

### Постановка проблеми

Відповідно до [1–4] передбачено проведення моніторингу стану геодезичних пунктів. Проте система контролю та обліку стінових реперів і марок недостатньо регламентована, що зазначено в роботі [5]. Зокрема, виникає питання щодо вибору матеріалів для стінних знаків, які поки що не підлягають сертифікації. До того ж закладання стінових знаків на території України виконували різні організації й інформація про матеріал, з якого виготовлені стінові знаки, фактично відсутня.

### Аналіз досліджень і публікацій, що стосуються вирішення проблеми

Аналіз нормативно-технічної та наукової літератури [6, 7] та інтернет-джерел [8, 9, 10] показав, що в топографо-геодезичному виробництві не встановлено вимоги до матеріалів стінових реперів і марок, зокрема, відсутнє фізико-хімічне обґрунтування застосування матеріалів для їх виготовлення.

### Невирішені частини загальної проблеми

На цьому етапі розвитку топографо-геодезичного виробництва на нормативному рівні відсутні обґрунтовані науково-технічні вимоги щодо матеріалів для стінових реперів і марок [11].

### Завдання дослідження (постановка завдання проблеми)

Метою роботи є дослідження складу і мікроструктури металу раніше закладених стінових геодезичних знаків. Результати можна використати для аналізу їх стану, вони можуть стати основою для обґрунтування можливості подальшого зберігання цих знаків, а також для вибору матеріалів нових геодезичних знаків.

### Виклад основного матеріалу проблеми

Стінові репери і марки не втратили актуальності як носії геодезичної інформації для топографо-геодезичної галузі. Довговічність або збереження своїх виробничих функцій стіновими знаками залежить не тільки від правильного вибору місця закладання та

часу експлуатації будівлі чи споруди, але й від фізико-хімічного складу металевої заготовки. Правильно підібрана фізико-хімічна структура стінових знаків дозволить зберігати геодезичну інформацію тривалий час. Нехтування вказаними умовами призводить до передчасного пошкодження або знищення стінових геодезичних знаків (рис. 1) [12].

Процент втрат стінових знаків найменший серед геодезичних пунктів, що робить їх особливо цінними з погляду збереження інформації. Для ґрунтових центрів геодезичних пунктів детально вказано вимоги до їхнього якісного і кількісного складу з урахуванням гідрогеологічних умов, типів ґрунтів, місцевого клімату. Водночас фактично відсутні вимоги щодо складу для виготовлення металевих заготовок стінових реперів.

Аналізуючи нормативно-технічну та наукову літературу, що стосується стінових знаків, зазначимо, що простежується тенденція переходу від чавуну до застосування маловуглецевих сталей для виготовлення знаків. Цей перехід, на нашу думку, не обґрунтований ні фізико-хімічними розрахунками, ні геометричними.

Виготовленням стінових реперів і марок займаються різні організації [8–10], які використовують: ковкий чавун, маловуглецеву сталь, нержавіючу сталь – 12Х8Н10Т, конструкційну сталь – 09Г2С, дюралюмінієвий сплав – Д16Т. Зауважимо, що деякі виробники вказують термін придатності роботи запропонованих марок і реперів до п'яти років [9], що суперечить загальноприйнятим вимогам топографо-геодезичного виробництва [1, 2, 4], в яких вказано, що “ДГМ закріплена на місцевості геодезичними, гравіметричними пунктами та нівелірними реперами, що забезпечують схоронність і стійкість у плані й по висоті протягом тривалого часу”.

Для проведення металографічних досліджень було взято п'ять зразків металевих геодезичних стінових знаків різних термінів експлуатації. Першим зразком був нівелірний стіновий репер, який заклало у м. Станіславові (теперішній Івано-Франківськ) в 30-ті роки минулого століття Міністерство шляхів сполучення Польщі, термін експлуатації – 80 років. Два інші зразки – стінові репери полігонометричного пункту, рік закладання – 1974, відповідно терміни експлуатації – 20 і 40 років. Ще два зразки – тимчасові робочі центри (металеві марки) полігонометричного

пункту, рік закладання – 1985, терміни експлуатації – 10 і 30 років.

Метою проведення металографічних досліджень є вивчення макроструктури та мікроструктури металів, дослідження закономірностей утворення структури і залежностей впливу структури на механічні, фізико-механічні, електричні властивості металевих геодезичних знаків за час їх функціонування.

Мікроскопічний аналіз металів полягав у дослідженні їхньої структури за допомогою оптичного або електронного мікроскопів на спеціально підготовлених зразках. Методами мікроаналізу визначали форму і розміри кристалічних зерен, виявляли зміни внутрішньої будови сплаву під впливом термічної обробки або механічного впливу на сплав та мікротріщини. Вирізування зразків проводили на спеціальному верстаті для вирізування металографічних зразків (Q-80Z (УРМО-80А), який забезпечує автоматичне підтримання заданої швидкості різання відрізним абразивним кругом й інтенсивне охолодження зразка у процесі різання охолоджувальною рідиною для запобігання спотворенню мікроструктури металу в зоні різання.

Шліфування виконано на пристрої для шліфування та полірування металографічних зразків УШПО-1 з використанням шліфувального паперу з розміром зерна, що поступово зменшувався, і подаванням охолоджувальної рідини для запобігання локальному перегріванню поверхні металу. Швидкість обертання диска пристрою 600–700 хв<sup>-1</sup>.

Промиті й просушені зразки після шліфування надалі полірували на пристрої УРМО-80 з використанням фетрового круга, змоченого суспензією дистильованої води і дрібнодисперсного порошку оксиду алюмінію. Швидкість обертання диска пристрою не перевищувала 600 хв<sup>-1</sup>. Для виявлення мікроструктури здійснювалось хімічне травлення 5 % спиртовим розчином пікринової кислоти підготовленої поверхні металографічних зразків.

Для отримання мікрофотознімків використовували металографічний мікроскоп ММО-1600АТ за допомогою цифрової камери КММ-5 для металографічного мікроскопа зі збільшеннями 100<sup>x</sup>, 200<sup>x</sup> і 400<sup>x</sup>. Одержані зображення зберігали у пам'яті комп'ютера для подальшого опрацювання. Кількісні параметри структури, а саме: середні діаметри зерен, бали зерна, співвідношення між структурною складовою перліт і фазовою складовою ферит визначали з мікрофотографій за ГОСТ 5639-82 з використанням програмного продукту ImageJ версії m1.45.

Мікроструктура металу нівелірного репера наведена на рис. 2.

Кількісні параметри мікроструктури металу нівелірного репера наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Кількісні параметри мікроструктури металу

| Середній розмір зерна, мкм | Бал зерна | Частка перліту, % | Частка фериту, % |
|----------------------------|-----------|-------------------|------------------|
| 19,4                       | 8–9       | 21,7              | 75,2             |

Виконані металографічні дослідження показали, що мікроструктура металу нівелірного репера типова для низьковуглецевої доевтектоїдної сталі з вмістом вуглецю до 0,2 %; структурні компоненти – ферит+перліт. Виражена різнозернистість з невеликим вмістом домішок. Вказані характеристики пояснюють хороше поєднання міцнісних і пластичних властивостей, одержаних під час механічних випробувань цих матеріалів. У структурі перліту відсутні сліди відпуску.

Під час детального вивчення структури сталей цього класу у вихідному стані й після визначеного терміну експлуатації зафіксовано, що в нормальній ферито-перлітній структурі вуглецевих сталей (як у цьому випадку) перліт має пластинчасту або зернисту будову (рис. 2). В сильно деградованій структурі спостерігаємо розпад перліту, його сфероїдизацію. Карбідна складова перліту зміщена до границь зерен. Відбувається коагуляція карбідів, збільшується товщина границь зерен і кінцева структура являє собою ферит плюс карбідну сітку.

У структурі деградованої низьковуглецевої сталі (цього зразка) спостерігаємо розпад перліту і коагуляцію карбідів, а зміна величини твердості при цьому залежить від деструктивних процесів у структурі сталі.

Результати металографічних досліджень стінового знака пункту полігонометрії подано на рис. 3.

Мікроструктура типова для середньовуглецевої доевтектоїдної сталі з вмістом вуглецю до 0,5 %; структурні компоненти – ферит+перліт. Аналіз одержаних зображень мікроструктури (рис. 3) показує, що виражена незначна різнозернистість з невеликими включеннями відманштетової структури. Кількісні параметри мікроструктури металу згідно з ГОСТ 5639-82 наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Кількісні параметри мікроструктури металу

| Середній розмір зерна, мкм | Бал зерна | Частка перліту, % | Частка фериту, % |
|----------------------------|-----------|-------------------|------------------|
| 39,4                       | 6–7       | 52,9              | 36,6             |

Результати металографічних досліджень стінового знака пункту полігонометрії подано на рис. 4.

Мікроструктура типова для середньовуглецевої доевтектоїдної сталі з дещо підвищеним вмістом вуглецю до 0,65 %; структурні компоненти – ферит+перліт. Аналіз одержаних зображень мікроструктури (рис. 4) показує, що різнозернистість незначна. Тонка структура сталі свідчить, що на дислокаціях, границях зерен і субзерен скупчень атомів впровадження і частинок вторинної фази не виявлені. Це вказує на те, що за період експлуатації процеси деформаційного старіння і втоми не розвивались. Кількісні параметри мікроструктури металу згідно з ГОСТ 5639-82 наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Кількісні параметри мікроструктури металу

| Середній розмір зерна, мкм | Бал зерна | Частка перліту, % | Частка фериту, % |
|----------------------------|-----------|-------------------|------------------|
| 21,1                       | 8         | 73,3              | 12,2             |



Рис. 1. Пошкоджені геодезичні марки

Аналіз одержаних зображень (рис. 5) показує, що мікроструктура марки робочого центра типова для ковкого чавуну на перлітній основі з включеннями

графіту у формі пластівців. Зерна фериту дрібно-дисперсні й оточені колоніями перліту з графітовими включеннями. Геометричні параметри мікроструктури не нормовані.

Результати металографічних досліджень тимчасового робочого центра пункту полігонометрії представлені на рис. 5.

Мікроструктура типова для половинчастого чавуну з об'єднанням таких компонентів, як перліт, ледебурит, пластинчастий графіт. Вуглець представлений у вигляді цементиту. Кількісні геометричні параметри мікроструктури не нормовані (рис. 6).

Результати металографічних досліджень тимчасового робочого центра пункту полігонометрії подано на рис. 6.

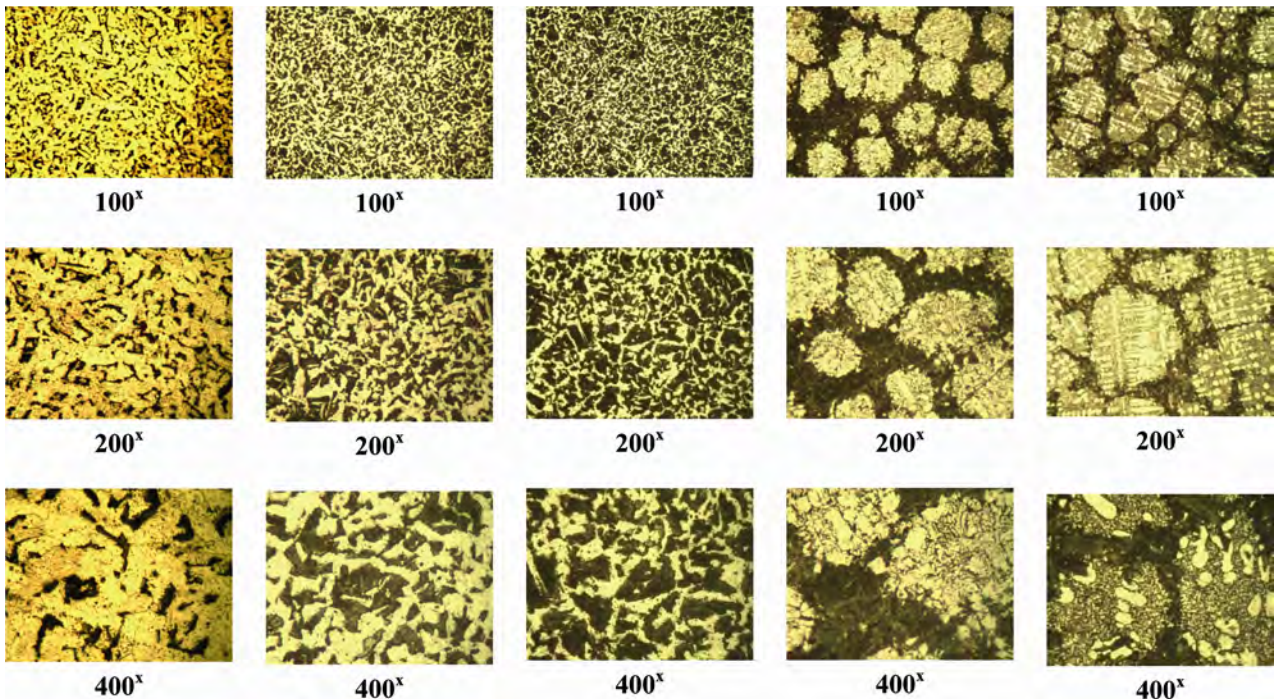


Рис. 2. Мікроструктура металу нівельного репера

Рис. 3. Мікроструктура металу стінового знака пункту полігонометрії

Рис. 4. Мікроструктура металу стінового знака пункту полігонометрії

Рис. 5. Мікроструктура металу тимчасового робочого центра пункту полігонометрії

Рис. 6. Мікроструктура металу тимчасового робочого центра пункту полігонометрії

Проведені металографічні дослідження стінних реперів марок свідчать про різну фізико-хімічну структуру реперів і марок, а отже, і різні вимоги до їх виготовлення. Зауважимо, що металеві заготовки були виготовлені якісно.

Отже, структурний стан досліджуваних зразків сталей після тривалого терміну експлуатації задовільний. Зазначимо, що зміна структури сталей з часом переважно спрямована до рівномірнішого розподілу карбідних виділень у тілі зерна.

Зі збільшенням терміну експлуатації цей процес значно сповільнюється і мікроструктура більшості марок сталей стає ідентичною та характерною для тривало зістареного металу. Це пояснюється стабільністю фізико-механічних властивостей певних типів сталей, що, своєю чергою, повинно забезпе-

чувати достатню працездатність металу на тривалій період.

### Висновки

1. Можна стверджувати, що металеві заготовки геодезичних знаків з відповідними термінами експлуатації 20 і 40, 10 і 30 та 80 років були виготовлені якісно та здебільшого зберегли свою структуру, хоча перебували під дією чинників, що прискорюють деградаційні процеси: знакозмінні навантаження, корозійне агресивне середовище, зміна температури та термоциклічні процеси теплонавантаження тощо. Для різних типів матеріалів, з яких виготовлені стінові знаки, процеси деградації та зміни структури металу виражені різною мірою. Це можна пояснити особливостями експлуатації та чинниками, що діяли на них.

2. Науково-теоретичні та практичні дослідження, які виконали автори, вказують на необхідність розроблення єдиних вимог щодо матеріалів для виготовлення стінових реперів і марок, а також їхньої сертифікації.

3. Необхідно в нормативних документах [1, 3, 4] щодо вимог до геодезичних знаків уточнити термін “тривала експлуатація”.

#### Література

1. Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України “Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність” [Кабінет Міністрів України; пост. від 07.08.2013 р. № 646 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/646-2013>.
2. Закон України “Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність” від 23.12.1998 р. № 353-XIV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/353-14>.
3. Інструкція про порядок утримання, використання та моніторингу міської геодезичної мережі міста Києва. – Режим доступу: [kievcity.gov.ua/files/2015/9/16/InstrukcijaMGM.doc](http://kievcity.gov.ua/files/2015/9/16/InstrukcijaMGM.doc).
4. Про затвердження Порядку обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі [Мінагрополітики України; наказ від 03.11.2014 р. № 435 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1467-14>.
5. Ільків Є. Ю. Сучасний стан метрологічного забезпечення контролю якості та стану стінних геодезичних знаків / Є. Ю. Ільків, М. В. Галярник // Проблеми технічного регулювання та якості: матер. четвертої Всеукраїнської науково-практичної конференції (Одеса, 9–10 травня 2014 р.) / ред. Г. Д. Братченко, Т. М. Бузила; Одеська державна академія технічного регулювання та якості. – Одеса, 2014. – 193 с. Секція 4. Метрологічне забезпечення якості у сферах виробництва та надання послуг. – С. 143 – 145.
6. Руководство по применению стеновых знаков в полигонометрических и теодолитных ходах. – М.: Недра, 1972. – 56 с.
7. Центры и реперы Государственной геодезической сети СССР. – М.: Недра, 1974. – 40 с.
8. Геодезические марки, репера, знаки. – Режим доступу: <http://www.geofundament.ru/reper.pdf>.
9. Режим доступу: <http://www.breegs.ru/zakladka-tochek-punktov>.
10. Режим доступу: <http://buildwebhost.com/geoznaki.ru>.
11. Тревого І. С. Концептуальні засади комплексного моніторингу геодезичних пунктів / І. С. Тревого,

Є. Ю. Ільків, М. В. Галярник // Вісник геодезії та картографії. – 2015. – № 4. – С. 11–14.  
12. <http://geodesist.ru/forum/>.

#### Дослідження складу і мікроструктури металу стінових геодезичних знаків

І. Тревого, Є. Ільків, М. Галярник, О. Жовтуля

Виконано і проаналізовано металографічні дослідження різних геодезичних знаків з терміном експлуатації 3, 40 і 80 років. Встановлено, що матеріали стінових знаків достатньо добре зберегли свою структуру і склад, хоча перебували під дією чинників, що прискорюють деградаційні процеси. Також виявлено деякі відмінності, зумовлені різними умовами експлуатації. Виконані дослідження вказують на необхідність розроблення єдиних вимог щодо матеріалів для виготовлення стінових реперів і марок, а також їх сертифікації.

#### Исследование состава и микроструктуры металла стеновых геодезических знаков

И. Тревого, Е. Ильков, М. Галарник, О. Жовтуля

Выполнены и проанализированы металлографические исследования различных геодезических знаков со сроком эксплуатации 3, 40 и 80 лет. Установлено, что материалы стеновых знаков достаточно хорошо сохранили свою структуру и состав, хотя находились под действием факторов, ускоряющих деградационные процессы. Также выявлены некоторые различия, обусловленные различными условиями эксплуатации. Выполненные исследования указывают на необходимость разработки единых требований к материалам для изготовления стеновых реперов и марок, а также их сертификации.

#### The study of composition and microstructure of the metal wall of geodetic marks

I. Trevoho, E. Ilkiv, M. Galyarnik, O. Zhovtulya

Performed and analyzed metallographic studies of various survey markers in operation for 3, 40 and 80 years old. It was found that the material of wall signs well enough preserved their structure and composition, but were under the influence of factors that accelerate degradation processes. Also revealed some differences due to different conditions operation. The studies point to the need for uniform requirements for materials for the manufacture of wall frames and stamps, as well as their certification.



**FIG Working Week 2016**

CHRISTCHURCH, NEW ZEALAND  
2–6 May 2016




**Recovery**  
from disaster

[www.fig.net/fig2016](http://www.fig.net/fig2016)