

133 ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.891

doi: 10.31498/2225-6733.46.2023.288125

© Іщенко А.О.¹, Рассохін Д.О.², Носовська О.В.³

ВІДНОВЛЕННЯ ПРОКАТНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

В останні роки широке застосування в різних галузях промисловості при ремонті обладнання знаходять полімерні матеріали, що є різними клейовими сполуками на основі епоксидних смол, поліефірів, поліуретанів, поліакрилів та ін., збагачені дрібнодисперсними металевими та іншими наповнювачами. Ці композиційні ремонтні матеріали мають хороші адгезійні властивості при покритті металевих поверхонь, що в поєднанні з їхньою досить високою міцністю і здатністю без усадки переходити за короткий проміжок часу від пластичного стану до твердого, забезпечує широку сферу застосування при вирішенні ремонтних проблем. Розроблена технологія відновлення проектних розмірів станин з використанням композитних матеріалів, що виключає необхідність у наплавленні і фрезеруванні. В результаті численних промислових випробувань встановлено, що композитні матеріали дозволяють вирішити низку серйозних ремонтних проблем у прокатному виробництві, зокрема, на важконавантажених листових станах та блюмінгах при відновленні зношених контактних поверхонь цього обладнання. У ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» (м. Маріуполь, Україна) було розроблено оригінальну технологію застосування композитних матеріалів, яка дозволила на одному з металургійних комбінатів здійснити унікальну ремонтну операцію зі встановлення нової кліті блюмінгу на старі плитовини, що мали зношування в окремих точках до 7 мм. Ці композиційні ремонтні матеріали мають хороші адгезійні властивості при покритті металевих поверхонь, що в поєднанні з їхньою досить високою міцністю і здатністю без усадки переходити за короткий проміжок часу від пластичного стану до твердого, забезпечує широку сферу застосування при вирішенні ремонтних проблем. Крім того, мають місце uszkodження окремих видів машин, які або неможливо виправити традиційними методами, або їх відновлення вимагає великих матеріальних і тимчасових витрат.

Ключові слова: композит, відновлення, ремонт, матеріал, знос, технологія.

A.O. Ishchenko, D.O. Rassokhin, O.V. Nosovska. Restoration of rolled equipment using composite materials. In recent years, polymer materials with various adhesive compounds based on epoxy resins, polyesters, polyurethanes, polyacrylics, and others enriched with fine-dispersed metallic and other fillers have found wide application in various industrial sectors for equipment repair. These composite repair materials have excellent adhesive properties when applied to metal surfaces, and when combined with their high strength and the ability to transition from a plastic to a solid state without shrinkage in a short period of time, they provide a broad range of applications in solving repair problems. A technology for restoring the original dimensions of equipment parts using composite materials has been developed, eliminating the need for welding and milling. Numerous

¹ д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-6189-7830, ishchenko50@ukr.net

² канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-3479-9485, rassokhin_d_a@pstu.edu

³ канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-1313-4767, nosovska_o_v@pstu.edu

industrial tests have shown that composite materials allow solving a range of serious repair problems in rolling production, particularly on heavily loaded sheet rolling stands and blooming mills when restoring worn contact surfaces of this equipment. An original technology for the application of composite materials was developed at the Pryazovskyi State Technical University (Mariupol, Ukraine), which allowed for a unique repair operation at one of the metallurgical plants, involving the installation of a new blooming mill housing onto old worn plates with wear of up to 7 mm at certain points. These composite repair materials have excellent adhesion properties when applied to metal surfaces, which, in combination with their high strength and the ability to transition from a plastic to a solid state without shrinkage in a short period of time, provide a wide range of applications in solving repair problems. Additionally, there are cases of damage to certain types of machinery that are either impossible to repair using traditional methods or require significant material and time investments for restoration.

Keywords: composite, restoration, repair, material, wear, technology.

Постановка проблеми. В останні роки широке застосування в різних галузях промисловості при ремонті обладнання знаходять полімерні матеріали, що є різними клейовими сполуками на основі епоксидних смол, поліефірів, поліуретанів, поліакрилів та ін., збагачені дрібнодисперсними металевими та іншими наповнювачами [1-3]. Ці композиційні ремонтні матеріали мають хороші адгезійні властивості при покритті металевих поверхонь, що в поєднанні з їхньою досить високою міцністю і здатністю без усадки переходити за короткий проміжок часу від пластичного стану до твердого, забезпечує широку сферу застосування при вирішенні ремонтних проблем. Насправді мають місце uszkodження окремих видів машин, які або неможливо виправити традиційними методами, або їх відновлення вимагає великих матеріальних і тимчасових витрат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На перший погляд застосування композитних матеріалів у металургійній промисловості і, насамперед, на прокатних цехах металургійних заводів, де машини зазнають великих динамічних навантажень, здається справою безнадійною. Проте спеціальними експериментами, успішними промисловими випробуваннями було доведено, що за допомогою композитних матеріалів можна не тільки відновити, а й збільшити термін служби вузлів і машин, у зрівнянні з традиційними видами ремонтів. Цей напрямок робіт став розвитком ідей, викладених В. Бастіаном у своїй статті [1].

Метою дослідження є розробка технології відновлення зношеного обладнання. Найбільша ефективність застосування композитних матеріалів досягається при захисті опорних поверхонь важконавантажених машин, які зношуються при дії ударних навантажень у поєднанні з корозійними процесами через потрапляння на них води.

Виклад основного матеріалу. До деталей такої групи зносу, насамперед, слід віднести плитовини, на які встановлюють лапи станин прокатних станів. Зазвичай плитовини із зношеними поверхнями прийнято зривати з фундаменту та відновлювати в механічних цехах або замінювати новими. Це трудомісткий процес, який вимагає великих витрат часу, і, насамперед, полягає у наступному встановленню відновлених плит у проектне положення, заливці бетону, тощо. У ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» (м. Маріуполь, Україна) було розроблено оригінальну технологію застосування композитних матеріалів, яка дозволила на одному з металургійних комбінатів здійснити унікальну ремонтну операцію зі встановлення нової кліті блюмінгу на старі плитовини, що мали зношування в окремих точках до 7 мм [2]. Протягом двох діб за допомогою металополімерних матеріалів було відновлено поверхню опорного майданчика плит і виконано захист їх від подальшого зношування. При виконанні цієї роботи застосовувався композитний матеріал «мультиметал – сталь 1018» фірми «Діамант металопластик ГМВН» (Німеччина), який має підвищений модуль пружності, що досягає 14000 МПа, і з успіхом використовується німецькими та угорськими спеціалістами при монтажі нових і відновлюваних споруд. Виконувалася ця операція відновлення плитовин таким чином (рис. 1).

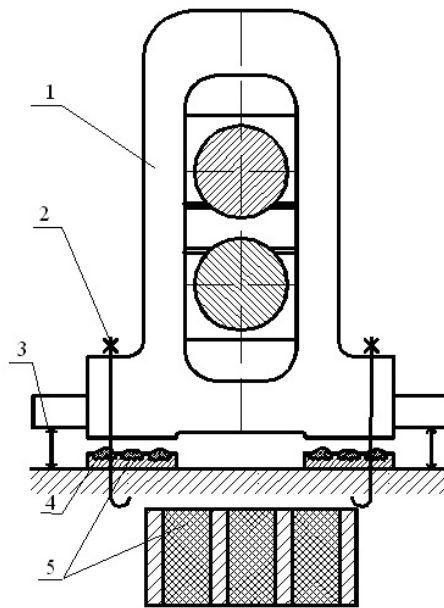


Рис. 1 – Схема монтажу кліті блюмінгу на плитовини: 1 – кліть, 2 – болти кріплення кліті до фундаменту, 3 – гідродократи, 4 – металополімер, 5 – плитовини

Технічна характеристика

Межа міцності при стисканні, МПа	160
Межа міцності при розтягуванні, МПа	76
Межа міцності при зсуві, МПа	89
Межа міцності при згинанні, МПа	22
Модуль пружності, МПа	$14 \cdot 10^3$
Термостійкість, °С (довгостроково)	- 40 ÷ + 90
Час використання, хв.	45
Час затвердіння при +5 °С, год.	72
Час затвердіння при +20 °С, год.	24

Після зачистки зношеної поверхні плит наплавляли на них контрольні смужки, які оброблялися ручними шліфувальними машинками. На цих смужках кліть була попередньо виставлена, потім вона була піднята гідродократами і на зношену поверхню плит нанесений з надлишком металополімерний матеріал, який був спланований площиною лап станини після її опускання на контрольні смужки і затяжки за допомогою болтів. Таким чином було досягнуто ідеального контакту площини лап станини з плитовинами, при якому питомі навантаження в будь-якій точці контактної поверхні були мінімізовані.

Під час експлуатації цієї кліті була відсутня необхідність у підтяжці болтів її кріплення, що свідчить насамперед про ідеальну установку станини кліті на площину плитовин та, крім того, про захист композитним матеріалом поверхні плитовин від впливу води та, відповідно, від корозії.

Ще одна ремонтна проблема була вирішена на товстолистових прокатних станах – це відновлення проектних розмірів отворів великогабаритних станин. Знімні захисні планки, що закріплюються на станинах з метою їх захисту від зносу, не виконують повністю своїх функцій, оскільки опорна площа станини піддається корозії через попадання охолоджувальної води в зазор між цими планками і станиною.

Традиційний вихід із положення – це фрезерування отвору спеціальними переносними верстатами. Однак після 2-3 таких фрезеровок міцність станини, внаслідок зменшення перерізу її несучих стійок, не може дозволити подальшого застосування цієї технології. А шлях наплавлення і подальшого фрезерування не дозволений фірмами-виробниками прокатних станів, хоча

такий підхід, внаслідок безвихідного положення, все ж таки використовується на металургійних заводах.

Розроблена технологія відновлення проектних розмірів прорізів станин з використанням композитних матеріалів, що виключає необхідність у наплавленні і фрезеруванні, полягає в тому, що металополімерний матеріал 3 розміщують між планкою 2 і станиною 1 (рис. 2), дозволяючи безперешкодно виставляти планку за допомогою геодезичних інструментів. При цьому використовуються планки спеціальної конструкції, а монтаж їх у проектне положення має свої специфічні особливості, враховуючи їх вертикальне розташування та наявність зазору між ними та станиною. Головний результат такої технології відновлення – це триєдиний позитивний ефект, що забезпечує довговічність отриманої сполуки. По-перше, завдяки пластичності металополімерного матеріалу ще до початку полімеризації (тобто при його нанесенні) досягається ідеальний контакт взаємодії поверхонь, як показано на рис. 2.

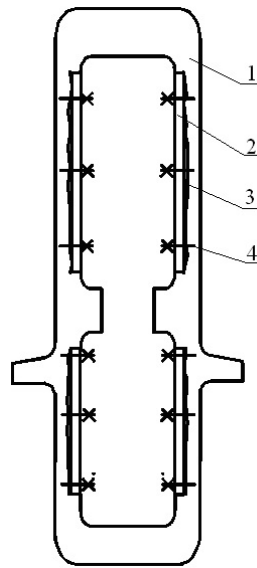


Рис. 2 – Схема відновлення проектних розмірів вікна станини прокатної кліти стану 3000: 1 – станина; 2 – захисна планка; 3 – мультиметал-сталь 1018; 4 – болти кріплення

В іншому випадку взаємодія захисної планки зі станиною відбувалася б лише частиною контактуючих поверхонь, тобто по її елементах, що виступають. Цей фактор дозволяє помітно знизити питомі навантаження на поверхню станини та рівномірно розподілити горизонтальні сили прокатки по всій площині контакту. Другий позитивний момент полягає в тому, що зазор між планкою та станиною герметизується металополімерним матеріалом, виключаючи потрапляння в нього води та зупиняючи процес корозійного зношування станини. І, нарешті, третій полягає в тому, що металополімерний матеріал демпфує ударні навантаження без власного руйнування і тим самим продовжує термін роботи з'єднання, що розглядається. Таким чином, поверхня станини фактично виявляється законсервованою, і, в ході подальшої експлуатації, зношування її припиняється. Слід зазначити, що така операція повинна виконуватися ще на новій кліті, щоб унеможливити саму ймовірність первинного зносу цих великогабаритних і важконавантажених конструкцій.

Експлуатація відновлених клітей на різних прокатних станах показала, що композитний матеріал на нереверсивних чистових клітях відпрацював 6 років і був замінений тільки через зношування поверхні захисних планок прокатних валків, що контактують з подушками. Тяжкіші умови роботи на реверсивних чотиривалкових товстолистових станах вимагають заміни композитного матеріалу в зоні роботи опорних валків через 3 роки, а в зоні контакту з робочими валками не служать більше 1 року. Проведені нашим університетом дослідження навантажень на цих клітях у процесі прокатки [3] підтвердили те, що композитний матеріал під захисними

планками в зоні контакту з робочими валками на таких важконавантажених станах працює на межі своїх міцносних можливостей.

Подібна технологія була використана при відновленні зовнішніх проектних розмірів подушок прокатних валків, також оснащених захисними планками, під які наносився композитний матеріал (рис. 3). Термін служби відновлених у такий спосіб подушок зріс у 2-2,2 рази.



Рис. 3 – Відновлення проектних розмірів подушок робочих валків товстолистового стану

Накопичений досвід може бути використаний у монтажі інших великогабаритних конструкцій, враховуючи досвід німецьких фахівців при монтажі мостових споруд. Зупинимося на особливостях конструкцій мостів, а точніше на ділянці, де поверхня ферми моста з'єднується з його опорою. У цьому місці площина металевої опори або плити на опорі повинна ідеально стикатися з такою самою за розміром плитою на фермі моста (рис. 4). Подібне стикування відбувається при використанні потужної вантажопідйомної техніки, а умови досягнення ідеального контакту залишаються далеко не ідеальними: утворене з'єднання опори з фермою мосту (так само, як і описане вище з'єднання планки зі станиною прокатного стану) піддається корозійним процесам при недостатньо герметичному і неповному контакті металевої плити по площині. Погіршують умови експлуатації такого з'єднання також вібраційні навантаження, що виникають під час експлуатації мосту.

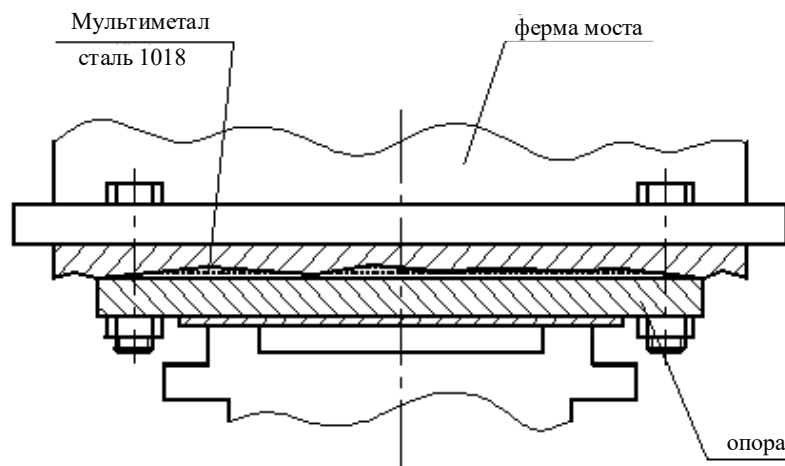


Рис. 4 – Схема монтажу ферми моста на опорі із використанням металополімерного композитного матеріалу

Таким чином, маємо завдання виконати стикування великогабаритних конструкцій. Це завдання вирішено шляхом використання металополімерного композитного матеріалу для створення ідеального контакту опорних поверхонь, герметизації з'єднання та демпфування вібраційних навантажень.

Особливістю застосування описаної технології при проведенні ремонту на відкритій місцевості є те, що при температурах нижче $+10^{\circ}\text{C}$ процес полімеризації металополімерних матеріалів уповільнюється, а при низьких температурах зовсім зупиняється. Однак необхідність у цілорічному застосуванні композитних матеріалів на відкритому повітрі (у тому числі і при низьких температурах) потребує додаткового вивчення процесу полімеризації їх при знижених температурах та пошуку шляхів вирішення цієї проблеми. Слід зазначити, що це питання актуальне і при відновленні станин прокатних станів, оскільки їх ремонт плануються, як правило, на осінній період.

Вивчення проблеми низьких температур у лабораторних умовах з використанням гідравлічного пресу та спеціально виготовлених зразків з металополімерних матеріалів дозволило визначити залежності швидкості полімеризації від температури. Аналіз цих залежностей показує, що нижче температури $+5^{\circ}\text{C}$ вже необхідно застосовувати спеціальні заходи, що прискорюють процес полімеризації, а в діапазоні температур від $+5$ до $+15^{\circ}\text{C}$ робоче навантаження на отримане з'єднання можна прикладати лише після певного часу, що дозволяє композитному матеріалу набрати необхідну міцність.

У разі роботи при знижених температурах для прискорення процесу полімеризації в прокатних цехах металургійних заводів застосовуються тепловентилятори з можливою локалізацією зони, що нагрівається. На відкритій місцевості німецькі фахівці рекомендують застосовувати спеціальні нагрівальні пристрої у вигляді дрютяної спіралі, укладеної в полімерний матеріал та підключеної до джерела живлення.

При цьому немає необхідності нагрівати всю поверхню, що заповнюється металополімерним композитом. Достатньо, як показано на рис. 5, підігріти її центральну зону.

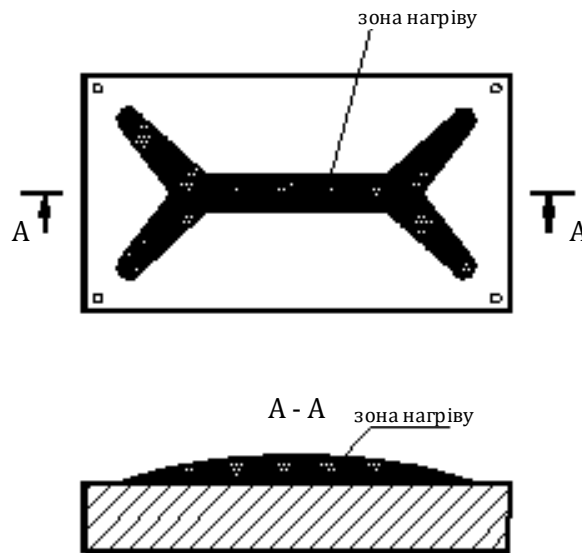


Рис. 5 – Схема попереднього розміщення металополімерного композиту на плиті із зазначенням зони його нагріву

Отже, використовуючи різні технічні прийоми, що прискорюють процес полімеризації, можна застосовувати металополімерні матеріали у будь-яку пору року та в будь-яких умовах.

Висновки

В результаті численних промислових випробувань встановлено, що композитні матеріали дозволяють вирішити низку серйозних ремонтних проблем у прокатному виробництві, зокрема, на важконавантажених листових станах та блюмінгах при відновленні зношених контактних поверхонь цього обладнання.

Перелік використаних джерел:

1. Bastian W. Erfahrungen mit zwei komponenta Reparaturwerkstoffen в Stahl und Walzwerken. *Stahl und Eisen*. 1987. № 20. Sz. 45-48.
2. Іщенко А.О., Підплетний В.І. Ремонт прокатного обладнання металополімерних матеріалів. *Прокатне виробництво*. 2000. № 6. С. 25-27.
3. Іщенко А.О. Нові технології відновлення напрямних металообробних верстатів. *Обладнання та інструмент для професіоналів*. 2003. № 2. С. 26-27.
4. Іщенко А.О., Молнар Л. Монтаж великогабаритних конструкцій з використанням металополімерів. *Обладнання та інструмент для професіоналів*. 2004. № 4. С. 24-26.
5. Словник-довідник зі зварювання та склеювання пластмас / за ред. Б. Є. Патона. Київ, Наукова думка, 1988. 159 с.
6. Technology. Boost mill life with expy grout. *Canadian Mining Journal*. 1979. Vol. 100, № 3. Pp. 25.
7. Айхгорн Ф., Шміц Б.Х. Поведінка клейових сполук при старінні та тривалому навантаженні в атмосферних умовах. *Чорні метали*. 1986. № 21. С. 34-36.
8. Вегнер Г. Нові полімерні матеріали – тенденції фундаментальних досліджень. *Чорні метали*. 1986. № 25. С. 3-6.
9. Іщенко А.О., Артюх Г.В. Випробування нових клеїв для з'єднання еластомерів з металами. *Захист металургійних машин від поломок*. 1997. Вип. 2. С. 159-166.

References:

1. Wolfgang Bastian: Erfahrungen mit zwei komponent Reparaturwerkstoffen in Stahl und Walzwerken. *Stahl und Eisen*, 1987, № 20, pp. 45-48. (Germ.)
2. Ishchenko A.A., Pidpletny V.I. Repair of rolling stock of metal-polymer materials. *Rolling production*, 2000, № 6, pp. 25-27. (Ukr.)
3. Ishchenko A.A. New technologies for restoring guides for metalworking machines. *Equipment and tools for professionals*, 2003, № 2, pp.26-27. (Ukr.)
4. Ishchenko A.A., Molnar L. Installation of large-sized structures using metal polymers. *Equipment and tools for professionals*, 2004, № 4, pp. 24-26. (Ukr.)
5. Paton B.E. *Dictionary-reference on welding and gluing of plastics*. Kyiv, Naukova Dumka Publ., 1988. 159 p. (Ukr.)
6. Technology. Boost mill life with expy grout. *Canadian Mining Journal*, 1979, Vol. 100, № 3, pp. 25.
7. Eichhorn F., Schmitz B.Kh. Behavior of adhesive joints during aging and long-term loading under atmospheric conditions. *Ferrous metals*, 1986, № 21, pp. 34-36. (Ukr.)
8. Wegner G. New polymeric materials - trends in fundamental research. *Ferrous metals*, 1986, № 25, pp. 3-6. (Ukr.)
9. Ishchenko A.O., Artyukh G.V. Testing of new adhesives for joining elastomers with metals. *Protection of metallurgical machines from breakdowns*, iss. 2, pp. 159-166. (Ukr.)

Рецензент: С.В. Білодієнко
д-р техн. наук, проф., УДУНТ

Стаття надійшла 03.02.2023
Стаття прийнята 10.04.2023