

3. Манжосов В.К., Слепухин В.В. Моделирование продольных ударов в стержневых системах: монография. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 208 с.
4. Чекалов Л.В. Практическая экотехника: электрическая и механическая очистка газов / Л.В. Чекалов. – Семибратово: Кондор-Эко, 2008. – 156 с.
5. Lincoln Electric: Hardfacing products [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.lincolnelectric.com/en-us/consumables/hardfacing/Pages/hardfacing.aspx>.
6. Hardfacing electrodes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.esabasia.com/asia/en/products/filler-metals/covered-stick-electrodes-smaw/hardfacing-electrodes/index.cfm>.
7. Порошкові дроти для наплавлення виробництва ТОВ «ТМ ВЕЛТЕК» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://weldtech-group.com/ukr/surfacing>.
8. Билоник И. М., Береговенко Н. Н., Капустян А. Е., Шумилов А. А., Билоник Д. И., Губарь Е. Я. Применение электрошлаковой наплавки для изготовления молотков ударного механизма встряхивания осадительных электродов электрофильтров / Вісник Черкаського державного технологічного університету 2020. – №4. – С. 152–161.

**Кивгило Б.В., Ямшинський М.М.**

*(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)*

### **МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БІМЕТАЛЕВОГО З'ЄДНАННЯ СТАЛЬ-АЛЮМІНІЄВОГО ЗРАЗКА**

Зважаючи на стрімкий розвиток екологічних видів транспорту, наприклад, електромобілів, які з року в рік усе ширше входять до масового сегменту споживання, важливим параметром для такого виду транспорту є мінімальна маса. Оскільки зниження маси транспортних засобів суттєво впливає на витрату енергії (палива, заряду акумуляторних батарей тощо) для його переміщення. Чим менша маса – тим менші витрати “палива” на кілометр шляху транспортного засобу, а, відповідно, і економія вартості “палива”, збільшення запасу ходу автомобіля [1].

Одним із шляхів, що може забезпечити зниження маси виробу, є застосування матеріалів з більшою питомою міцністю, розроблення та дослідження яких є актуальною науково-технічною задачею.

У дослідженнях світових вчених можна спостерігати, що дослідження ведуться не в бік зменшення маси виробу та зниження затрат на виробництво деталей, а для збільшення строку експлуатації виробів. Так вчений Chinjan Patel [2], у своїх дослідженнях розробляв методи виготовлення бронзових черв'ячних передач зі сталеву втулкою. К. Vasudev Rao [3] та інші розробили біметалевий поршень, для збільшення кількості годин роботи.

Дослідження біметалу сталь-алюміній методом лиття описується у літературі як спосіб з'єднання шляхом утворення перехідного шару між сплавами, який утворюється внаслідок поєднання двох сплавів та складається в основному із інтерметалевих сполук заліза та алюмінію.

Отримання біметалу сталь-алюміній має два етапи утворення, технологічний і фізико-хімічний. Тривалість протікання фізико-хімічного етапу залежить від якості та швидкості проходження першого етапу.

На межах контакту двох сплавів відбувається утворення інтерметалідів. Утворені інтерметаліди значною мірою сповільнюють дифузію одного сплаву в інший, а в деяких випадках практично її зупиняють. При цьому через шар інтерметалідів атоми одного металу зв'язуються з атомами іншого. Основною умовою зв'язування атомів одного металу з атомами іншого та утворення перехідного шару є хороша змочуваність рідким сплавом алюмінію поверхні заліза, тобто гарний металевий контакт між алюмінієм та залізом.

Щоб утворився хороший контакт між залізом та алюмінієм потрібно захистити поверхню заліза від окиснення. Найкращий захист з попередніх досліджень [4] є суміш вуглеводнів, а саме мінеральне мастило ВД-40.

Для визначення механічних властивостей біметалевих зразків, перевірки граничної сили, прикладеної для зсуву біметалевого зразка, виготовлялася ливарна форма із піщано-глинястої формувальної суміші з висушуванням у сушильній

шафі за температури 110...130 °С протягом 4 годин. Заливання розплаву алюмінію відбувалося за температури 700 °С.

Експериментальні зразки для визначення механічних властивостей отримували способом заливання розплавленого алюмінію на холодну сталеву заготовку. Для отримання результатів граничної сили, прикладеної для зсуву біметалевого з'єднання сталь-алюміній, використано розривну машину. Для перерахунку сили, прикладеної для зсуву, попередньо розраховували силу, прикладену на руйнування найслабшої ланки біметалевого зразка. Під час розрахунків максимальної прикладеної сили на руйнування у місці захвату (технологічного отвору) (рис. 1, а) сталеві пластини складає 2340 Н.

Під час механічного випробування сталеві пластини в місці технологічного отвору піддається руйнуванню (рис. 1, б), сила розтягу в середньому складає 2250 Н. Деформація біметалевого дослідного зразка не відбувалась.



а



б

Рис. 1. Спосіб визначення сили, прикладеної для зсуву біметалевого з'єднання сталь-алюміній під час механічного випробування: а – затиск сталеві пластини; б – руйнування зразка в місці технологічного отвору

Навантаження, за якого сталеві заготовки руйнуються у місці технологічного отвору, складає у середньому 2250 Н, однак з'єднання при цьому залишається

неушкодженим; значенням сили, прикладеної для зсуву біметалевого зразка, площа з'єднання яких досягає 1800 мм<sup>2</sup>.

Тривають дослідження в даному напрямі.

Література:

1. Вплив рівномірності руху на витрату палива [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://ua.waykun.com/articles/vpliv-rivnomirnosti-ruhu-na-vitratu-paliva.php>.
2. Literature Review on Manufacturing of Bronze Worm Gear with Steel Hub for Cost Reduction. [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://joics.org/gallery/ics-2681.pdf>.
3. Design and Analysis of Bimetallic Piston [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://www.ijltemas.in/DigitalLibrary/Vol.7Issue6/134-138.pdf>.
4. Кивгило Б.В., Ямшинський М.М. Вирішення проблеми змочування та спосіб виготовлення біметалу сталь-алюміній – Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2021, – С. 102–105.

**Князєв С.А., Князєва (Постельник) Г.О.**

*(НТУ «ХП», м. Харків)*

## **РОЗРОБКА БАГАТОЕЛЕМЕНТНОГО ТЕРМІЧНО СТАБІЛЬНОГО СПЛАВУ З ЗАСТОСУВАННЯМ БЕЗДЕФІЦИТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

**E-mail:** obmeninfoserg@ukr.net

Як відомо, ефективними жароміцними сплавами можуть бути сплави на нікелевій основі з додаванням хрому, алюмінію та незначних добавок бору. Однак слід враховувати, що нікель є недешевим елементом, а в деяких країнах вважається навіть дефіцитним (Китай, країни СНД, Україна). Додавання десятків відсотків нікелю у сплав суттєво збільшує ціну матеріалу. Тому вкрай важливим фактором