

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО З МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ІМЕНІ ШЕВЧЕНКА • РЕДАКЦІЯ ЖУРНАЛУ «МАШИНОЗНАВСТВО»



13-й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗИУМ УКРАЇНСЬКИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ У ЛЬВОВІ

Матеріали симпозиуму

13-th International Symposium
of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv
Proceedings

Львів
18-19 травня 2017 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО З МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ІМЕНІ ШЕВЧЕНКА • РЕДАКЦІЯ ЖУРНАЛУ «МАШИНОЗНАВСТВО»



13-й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗИУМ УКРАЇНСЬКИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ У ЛЬВОВІ

Матеріали симпозиуму

13-th International Symposium of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv

Proceedings

Львів

18 — 19 травня 2017 р.

Т 665

УДК 531+621-669+681

Тринадцятий міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: Матеріали симпозіуму.— Львів: КІНПАТРІ ЛТД.— 2017.— 216 с.

Опубліковані тези доповідей, виголошені авторами на Тринадцятому міжнародному симпозіумі українських інженерів-механіків у Львові. До збірника увійшли праці, які стосуються проблем статичної та динамічної поведінки пружних і пружно-пластичних систем, міцності та надійності машин і приладів, математичних основ теорії тріщин, машинознавства, синтезу й оптимізації машинобудівних конструкцій, моделювання фізико-механічних процесів у неоднорідних тілах, технології та автоматизації виробництва, функціональних і конструкційних матеріалів, поверхневого оброблення та захисту деталей машин і конструкцій, трибології, зварювального виробництва і діагностики металевих конструкцій, проектування, виготовлення, експлуатації і сервісу транспортних засобів, піднімально-транспортних машин, вібротехніки та вібраційних технологій.

Для наукових працівників, аспірантів, викладачів вищих навчальних закладів, інженерів та студентів.

ISBN 978-966-7585-18-9

Редакційна колегія:

О. Андрейків, І. Дмитрах, Б. Кіндрацький (голова), Р. Качмар (секретар), І. Кузьо,
Р. Кушнір, О. Ланець, В. Палаш, В. Панасюк, В. Похмурський,
З. Стоцько, Г. Сулим, Є. Харченко

© Національний університет «Львівська політехніка»,
автори, 2017 р.

© Оформлення ТзОВ «КІНПАТРІ ЛТД», 2017 р.

УДК 620.22: 669.017

ТЕРМІТНЕ ЗВАРЮВАННЯ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

THERMITE WELDING HIGH-ALLOY STEELS

Юрій Жигуц¹, Василь Лазар², Богдан Хомяк²

¹ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
пл. Народна, 3, м. Ужгород, 88000, Україна;
²Мукачівський державний університет,
вул. Ужгородська, 26, м. Мукачево, 89600, Україна.

In this work the syntheses high alloyed hermite steel on base powdered material is described. The considered influence powdered components of compound the characteristic synthesized material and particularities their chemical composition. The metallotermic arrangement of composition has allowed synthesizing highchromium steels become type X17T, X25T and X28. The results obtained during investigation of a way of synthesizing and welding, and also the mechanical characteristics of the synthesized materials and thermite weld allow discussing on their possible branches of using.

Актуальною проблемою сьогодення у техніці є не тільки створення нових матеріалів і покращення властивостей традиційних, але і удосконалення технологій їх з'єднання при виготовленні деталей різноманітної форми. Детальне вивчення вказаної проблеми дозволяє стверджувати, що вона може бути успішно вирішена за допомогою використання спеціально синтезованих сплавів, отриманих за допомогою термітних і комбінованих (самопоширюваний високотемпературний синтез і металотермія) [1] технологій зварювання, заснованих на горінні екзотермічних порошкових сумішей. Такі технології відрізняються від традиційних цілою низкою очевидних переваг: відсутність потреби у потужних джерелах електроенергії; можливість застосування простого, дешевого обладнання; високою продуктивністю процесу (час синтезу сплаву може тривати всього декілька хвилин); можливість використання вторинних відходів виробництва, а саме млива графітових електродів, алюмінієвої або магнієвої стружки, залізної окалини [1] та ін. Зварювання термітом на основі алюмінію застосовується для з'єднання сталевих, чавунних деталей і деяких кольорових сплавів при стикуванні рейок, труб, дротів, кабелів, зварюванні тріщин, наплавленні поверхонь при ремонті. Незважаючи на вказані переваги суттєвим обмеженням для використання вказаних технологій є відсутність розроблених складів шихт для термітного зварювання високолегованих неіржавіючих сплавів та недослідженість синтезованих матеріалів. Все це викликало нагальну потребу у проведенні низки досліджень.

Метою дослідження було встановлення складів металотермічних сумішей для проведення термітного зварювання, дослідження та аналіз властивостей отриманих зварних швів та розроблення технології металотермічного зварювання високохромованих сталей.

Теоретична частина і експериментальні дослідження. Адіабатична розрахункова температура горіння вказаної суміші складала 2920–3110 °С [2]. При вмісті у суміші менше 21% домішок (крім залізоалюмінієвого терміту) адіабатична температура горіння підвищується, але вміст хрому знижується. Це вимагало застосування замість частини залізної окалини – подрібненого ферохрому (ФХ100А). При вмісті ж у суміші понад 25% домішок адіабатична температура горіння знижувалася нижче допустимої і процес горіння проходив у нестабільному режимі. Якщо залізна окалина має недостатній вміст оксидів хрому, її тим не менше можна використовувати, поєднуючи у необхідних пропорціях запропоновану суміш зі звичайною екзотермічною легованою сумішшю, залізоалюмінієвим термітом і ферохромом.

Меді вмісту алюмінієвого порошку (млива стружки) обумовлені термохімічними розрахунками, виходячи із необхідності відновлення залізної окалини. Для використаної залізної окалини вміст сірки і фосфору незначний, що в цілому позитивно впливає на властивості синтезованих сплавів. Необхідну частку алюмінієвої стружки (чистотою 93 – 95% за металічним алюмінієм) та окалини визначали спочатку за стехіометричними складом реакцій і з подальшою корекцією за результатами дослідних мікроплавлень.

У ливарній лабораторії Ужгородського національного університету були проведені термітні плавлення сталі X17T, X25T та X28 на основі металотермічної шихти розрахованого вище складу та використано високоперегрітий розплав для зварювання. Отриманий зварюваний термітний шов з високохромованої сталі був підданий хімічному аналізу і механічним випробуванням (табл. 1). Отримані високохромовані термітні сталі у межах хімічного складу регламентованого стандартом з механічними властивостями (табл. 1) не гіршими, ніж у сталей виготовлених промисловими методами. Дослідженні властивості зварюваного шва, отриманого металотермічним способом, свідчать, що металотермічний зварюваний шов практично не відрізняється від ординарних промислових зварюваних швів.

Таблиця 1

Механічні властивості термітних швів з синтезованих термітних сталей¹

№ з/п	Марка сталі типу	σ_b , МПа	δ	Ψ	σ_n , МДж/м ²	Бал зерна
			%			
1	X17T	520	21,0	46,0	9,8	4-5
2	X25T	530	12	40	7,4	4-5
3	X28	550	18	43	1,1	3-4

¹Механічні властивості визначено на стандартних зразках діаметром 10 мм.

Особливістю даного типу термітних сталей є крупнокристалічна будова виливків, що призводить до підвищеної крихкості синтезованих сплавів, яка усувається термічною обробкою.

В результаті проведених досліджень вдалося отримати високохромовані термітні сталі типу X17T, X25T, X28, із використанням відходів ковальського, термічного і металорізного виробництва.

Проведена експериментальна робота говорить про значні перспективи застосування металотермічних способів для синтезу і зварювання матеріалів в умовах майстерень та інших виробничих приміщень, або й польових умовах не пристосованих для звичайних методів плавлення та зварювання сталі.

Обговорення результатів дослідження. Термітне зварювання легованих сталей у 2-3 рази дорожче за традиційну технологію зварювання деталей. Економічний ефект досягається тільки в тому випадку, коли деталі необхідно зварювати в умовах відсутності звичайного зварювального обладнання, зовнішніх джерел енергії. У процесі зварювання досягається висока якість з'єднання за рахунок введення легуючих домішок і спеціальних інгредієнтів шихти, які регулюють швидкість охолодження зварюваного шва і зони термічного впливу.

Висновки. 1. Теоретично й експериментально показана принципова можливість металотермічного виплавлення спеціальних високохромованих сталей з порошкових інгредієнтів. 2. Металотермічним способом отримано високохромовані термітні сталі аналоги промислових марок X17T, X25T і X28, при цьому у складі екзотермічної шихти для її синтезу застосовано залізу окалину (вторинний продукт термічного виробництва) та мливу алюмінієвої стружки (металорізного виробництва). 3. Встановлено механічні властивості синтезованих високохромованих сталей. Виявлено, що ці сталі мають міцність, навіть кращу, ніж сталі виготовлені ординарними методами. 4. Досліджено можливості застосування термітного сплаву для зварювання легованих сталей, а також проведено аналіз властивостей отриманих зварних швів та вплив умов термітного зварювання на якість шва.

1. Жигуц, Ю.Ю. *Технології отримання та особливості сплавів синтезованих комбінованими процесами [Текст]* / Ю.Ю. Жигуц, В.Ф. Лазар. — Ужгород : Видавництво «Інватор», 2014. — 388 с. 2. Жигуц, Ю. Ю. *Методика розрахунку складу екзотермічних шихт на основі термохімічного аналізу [Текст]* / Ю. Жигуц, В. Широков // *Машинознавство*. — 2005. — № 4. — С. 48 - 50. 3. Пат. 20045 Україна, МПК B22C9/00. *Металотермічний реактор* / Жигуц Ю.Ю., Скиба Ю. Ю., Крайній І. І. заявник і патентовласник Ужгородський національний університет. — № и 2006 06530 ; заявл.13.06.2006 ; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1.

Шпачук В., Засядько М., Дудко В. Паquetні стрічкові пружні елементи вузлів з'єднання багатокординатних вібростендів	182
Шевченко О., Манзюк С. Підвищення точності обробки на прецизійних токарних верстатах	183
Шенбор В., Брусенцов В., Шенбор Ю. Синтез гнучких вібраційних транспортно-технологічних систем	185
СЕКЦІЯ 6. ЗВАРЮВАННЯ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ	
Посвятенко Е., Аксьом П. Визначення фактичного складу аустенітних сталей	187
Балицький О., Колесніков В., Гаврилюк М., Еліаш Я. Діагностування пошкоджень та руйнування важкооброблювальних сплавів за результатами досліджень продуктів зношування та різання	189
Віштак І., Савуляк В. Зміцнення поверхонь газостатичних опор шпиндельних вузлів шляхом нанесення вуглецевого наночастинок	191
Голубець В., Гасій О., Степанишин В. Зносостійкість інструментальної сталі з вакуумними йонно-плазмовими покриттями в умовах моделювання процесу різання	192
Гончар В., Донченко Т. Вплив іонного азотування на характеристики міцності і пластичності сталей	193
Грабовський А., Бондарець О., Устименко П. Експлуатаційна деградація властивостей матеріалу та її вплив на ресурс роботи обладнання та конструкцій	195
Дмитриченко М., Білякович О., Савчук А., Туриця Ю. Вплив мастильного середовища і його температурних показників на антифрикційні властивості олив в контакті	198
Жигуц Ю., Лазар В., Хомяк Б. Термічне зварювання високолегованих сталей	199
Каплун П. Вплив іонного азотування в безводневому і водневому середовищах на втомну витривалість при згині сталі 45Х	201
Лужецький В., Вірт І. Діагностика механічних властивостей зміцнювальних покриттів акустичним методом	202
Палаш В., Дзюбик А., Хомич І. Дослідження зони сплавлення середньовуглецевої сталі із аустенітним зварним швом	204
Палаш Р., Назар І., Семкович Р. Шляхи забезпечення технологічної міцності зварних з'єднань високоміцних сталей	206
Труш В., Лук'яненко О., Федірко В., Тихоновський М., Ковтун К. Вплив кисню на приповерхневий шар d-елементів IV-групи (Ti, Zr, Hf)	207
Цибрій Ю. Розробка мехатронної системи керування електронно-променевою плавкою титану	209

Наукове видання

**13-й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗИУМ
УКРАЇНСЬКИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ
У ЛЬВОВІ**

Матеріали симпозиуму

ТзОВ «КІНПАТРІ ЛТД»

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготвіників і розповсюджувачів
видавничої продукції ЛВ №39 від 10.08.2005.

Підписано до друку 10.05.17 р.
Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Гарнітура «Таймс». Друк різнографією.
Умов. друк. арк. 24,88.
Зам.1 2/17.

Надруковано з готового оригінал-макета
у Дослідно-видавничому центрі Наукового товариства імені Шевченка,
79013, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 2 1.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи ДК №884 від 04.04.2002 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО З МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ІМЕНІ ШЕВЧЕНКА • РЕДАКЦІЯ ЖУРНАЛУ «МАШИНОЗНАВСТВО»

**13-й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗИУМ
УКРАЇНСЬКИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ
У ЛЬВОВІ**

Матеріали симпозиуму

**13-th International Symposium
of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv
Proceedings**

