

Моделювання процесів міжфазної взаємодії при електродуговому зварюванні та наплавленні під флюсом.

Моделирование процессов межфазного взаимодействия при электродуговой сварке и наплавке под флюсом.

Simulation of processes of phase-to-phase interaction at an arc welding and a building-up welding under a fluxing stone.

1. Номер державної реєстрації теми - 0109U000708

2. Науковий керівник - д.т.н., проф. Прохоренко В.М., Прохоренко В.М., Prohorenko V.M.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Показано, що для оцінки металургійних властивостей флюсів при електродуговому зварюванні у більшості моделей обмежуються розглядом реакції шлак-метал, що суперечить фізичній моделі електродугового зварювання під флюсом. Існування газової фази, та її вплив на хімічні процеси на міжфазних поверхнях ігнорується.

Встановлені особливості формування газової фази як визначальної складової металургійних процесів при електродуговому зварюванні під флюсом. Проведені термодинамічні розрахунки реакцій на міжфазних границях газ-метал, газ-шлак, шлак-метал, на основі яких визначені пріоритетні реакції та проведена температурна та міжфазна структуризація реакційної зони зварювання згідно запропонованої фізичної моделі. Вперше створена термодинамічна модель, яка складається з чотирьох взаємопов'язаних груп реакцій, на основі яких формується єдина система нелінійних рівнянь, яка в результаті визначення констант рівноваги кожної реакції та заданому вмісту компонентів у зварювальних матеріалах дозволяє розраховувати хімічний склад металу шва та прогнозувати властивості міжфазної границі шлак-метал для керування зварювально-технологічними та металургійними властивостями шлаку. Розроблені алгоритми та схеми розрахунку металургійних процесів, які відбуваються у газовій фазі та міжфазних границях газ-метал та газ-шлак. Показано, що на основі розробленого алгоритму розрахунку металургійних процесів у реакційній зоні зварювання є можливість визначати хімічний склад металу шва у «нульовій точці». Для врахування впливу режиму зварювання на особливості формування складу металу шва необхідно використовувати принципи нерівноважної термодинаміки, які у даному випадку з математичної точки зору можуть бути описані поліноміальними рівняннями другого та третього порядку. Коефіцієнти рівнянь визначаються на основі літературних або експериментальних даних.

Проведений аналіз шлакового розплаву з точки зору іонної будови шлаків можливостей утворення квазінейтральних молекул та наноміцел дозволив визначити особливості поведінки певних оксидів флюсу у шлаку та їх співвідношення. Вибрана комплексна оксидна система для створення флюсів. На цій базі визначена межа вмісту окремих компонентів для оксидної шлакової системи $SiO_2-TiO_2-MgO-CaO-Al_2O_3-MnO-Fe_2O_3-ZrO_2-CaF_2$. Вибрано склад та модуль рідкого скла.

Для виготовлення дослідної партії агломерованих флюсів виконано розрахунки параметрів режиму роботи гранулятора та доокатувача. Проведені дослідження по впливу режиму та часу доокатування на міцність зерна флюсів, на основі яких оптимізована технологія їх виготовлення. Вивченні питання сорбування вологи від часу доокатування флюсів та її видалення із зерен флюсу. Встановлено оптимальний час прокалювання. За допомогою комп'ютерної обробки даних оптичного мікроскопічного аналізу зерен флюсів з різним вмістом компонентів визначено особливість обволікання часток шихти рідким склом і встановлено залежність коефіцієнту обволікання від вмісту оксиду цирконію. Вивчені зварювально-технологічні властивості дослідних модельних флюсів. Експериментально визначено активність кисню у шлаковому розплаві та металі шва, вміст кисню у металі шва та легуючих елементів. Проведені дослідження по вивченню таких фізичних властивостей

шлаків дослідних флюсів як в'язкість та кут змочування. Наведені пояснення отриманих результатів з точки зору іонної будови шлаків.

В результаті проведеної роботи створені принципи розробки нових зварювальних флюсів з регульованою окисною здатністю та покращеними зварювально-технологічними властивостями та розроблена методика визначення хімічного складу металу шва, яка базується на термодинамічних рівняннях хімічних реакцій на міжфазних границях.

На основі проведених досліджень створено агломерований флюс для наплавлення деталей складної конфігурації з покращеною віддільністю шлакової корки при підвищених температурах. Розроблено та зареєстровано технологічні умови ТУ У 24.6-05416923-101:2011 на виготовлення та застосування флюсу АНК-73. Флюс пройшов дослідно-промислове випробування.

(рос.)

Показано, что для оценки металлургических свойств флюсов при электродуговой сварке в большинстве моделей ограничиваются рассмотрением реакции шлак-металл, что противоречит физической модели электродуговой сварки под флюсом. Существование газовой фазы и ее влияние на химические процессы на межфазных поверхностях игнорируется.

Установлены особенности формирования газовой фазы как определяющей составляющей металлургических процессов при электродуговой сварке под флюсом. Проведены термодинамические расчеты реакций на межфазных границах газ-металл, газ-шлак, шлак-металл, на основе которых определены приоритетные реакции и проведена температурная и межфазная структуризация реакционной зоны сварки согласно предложенной физической модели. Впервые создана термодинамическая модель, которая состоит из четырех взаимосвязанных групп реакций, на основе которых формируется единая система нелинейных уравнений, которая в результате определения констант равновесия каждой реакции и заданном содержании компонентов в сварочных материалах позволяет рассчитывать химический состав металла шва и прогнозировать свойства межфазной границы шлак - металл для управления сварочно-технологическими и металлургическими свойствами шлака. Разработаны алгоритмы и схема расчета металлургических процессов, происходящих в газовой фазе и межфазных границах газ-металл и газ-шлак. Показано, что с помощью разработанного алгоритма расчета металлургических процессов в реакционной зоне сварки возможно определять химический состав металла шва в «нулевой точке». Для учета влияния режима сварки на особенности формирования состава металла шва необходимо использовать принципы неравновесной термодинамики, которые в данном случае с математической точки зрения могут быть описаны полиномиальными уравнениями второго и третьего порядка, коэффициенты которых определяются на основе литературных или экспериментальных данных.

Проведен анализ шлакового расплава с точки зрения ионного строения шлаков, возможностей образования квазинейтральных молекул и наномицел. Это позволило определить особенности поведения определенных окислов флюса в шлаке и их соотношение. Выбрана комплексная оксидная система для создания флюсов. На этой базе определена граница содержания отдельных компонентов для оксидной шлаковой системы $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-MgO-CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MnO-Fe}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-CaF}_2$. Выбран состав и модуль жидкого стекла

Для изготовления опытной партии агломерированных флюсов выполнены расчеты параметров режима работы гранулятора и доокатывателя. Проведены исследования по влиянию режима предварительного доокатывания на прочность зерна флюсов на основе которых оптимизирована технология их изготовления. Изучен вопрос сорбирования влаги от времени доокатывания флюсов и его удаления из зерен флюса. Установлено оптимальное время прокаливания. С помощью компьютерной обработки данных оптического микроскопического анализа зерен флюсов с различным содержанием компонентов определены особенности обволакивания частиц шихты жидким стеклом и установлена зависимость коэффициента обволакивания от содержания оксида циркония. Изучены

сварочно-технологические свойства экспериментальных модельных флюсов. Экспериментально определена активность кислорода в шлаковом расплаве, металле шва, содержание кислорода в металле шва и легирующих элементов. Проведены исследования по изучению таких физических свойств шлаков экспериментальных флюсов как вязкость и угол смачивания. Приведены объяснения полученных результатов с точки зрения ионного строения шлаков.

В результате выполненной работы созданы принципы разработки новых сварочных флюсов с регулируемой окислительной способностью и улучшенными сварочно-технологическими свойствами, разработана методика определения химического состава металла шва, которая базируется на термодинамических уравнениях химических реакций на межфазных границах.

На основе проведенных исследований создан агломерированный флюс для наплавки деталей сложной конфигурации с улучшенной отделимостью шлаковой корки при повышенных температурах. Разработаны и зарегистрированы технологические условия ТУ У 24.6-05416923-101:2011 на изготовление и применение флюса АНК-73. Флюс прошел опытно-промышленное испытание.

(англ.)

It is shown that the evaluation of metallurgical properties of flux in electric arc welding in most models are limited to consideration of the slag-metal reactions, which contradicts the physical model of the electric submerged arc welding. The existence of the gas phase, and its influence on chemical processes at the interface is ignored.

The peculiarities of formation of the gas phase, as the defining component of the metallurgical processes in electric submerged arc welding. Performed thermodynamic calculations of reactions at the interfaces gas-metal, gas-slag and slag-metal-based reactions which identifies priorities and conducted temperature and interfacial structuring of the reaction zone of welding, according to the proposed physical model. For the first time established a thermodynamic model, which consists of four interrelated groups of reactions that form the basis for a unified system of nonlinear equations, which by definition of the equilibrium constants of each reaction, and given the content of components in the welding consumables allows to calculate the chemical composition of weld metal and to predict the properties of the interface slag - metal to control the welding technology and metallurgical properties of slag. The algorithms and the calculation scheme of metallurgical processes in the gas phase and the phase boundaries of gas-metal-gas and slag. It is shown that with the help of the algorithm of calculation of metallurgical processes in the reaction zone of welding is possible to determine the chemical composition of weld metal in the zero point. To account for the effect of welding on the characteristics of the formation of the weld metal should use the principles of nonequilibrium thermodynamics, which in this case, from a mathematical point of view, can be described by polynomial equations of the second and third-order coefficients are determined based on literature or experimental data.

The analysis of the slag melt in terms of the ionic structure of slag, the possible formation of quasi-neutral molecules and nanomitsel allowed to determine the behavior of certain oxides in the slag flux and their ratio. You have selected a complex oxide system to create a flux. On this basis, determined by the content of individual components bound to the oxide slag system $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-MgO-CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MnO-Fe}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-CaF}_2$. Selected staff and unit of liquid glass

For the manufacture of an experimental batch of agglomerated fluxes, we calculated the profile of the pelletizer and dokatyvatel'ya. The research on the effect of treatment on the strength of the prior dokatyvaniya grain fluxes on the basis of which the optimized technology of their manufacture. Explored moisture sorption on the time dokatyvaniya flux and its removal from the grain flux. The optimum time of piercing. With the help of computer processing of optical microscopic analysis of fluxes of grains with different contents of components are defined feature enveloping the particles of charge with liquid glass and the dependence of the coefficient of the coating of zirconium oxide content. Studied welding and technological properties of the research model fluxes. Experimentally determined oxygen activity in the slag melt and weld metal oxygen

content in weld metal and the alloying elements. Past studies on the physical properties of slag experimental fluxes, such as viscosity and contact angle. An explanation of the results in terms of the ionic structure of slags.

As a result of the work created by the development of new principles of welding fluxes with controlled oxidative capacity and improved welding characteristics, the methodology of determining the chemical composition of weld metal, which is based on thermodynamic equations of chemical reactions at interfaces.

Based on these studies established an agglomerated flux for surfacing parts of complex configuration with improved separation properties of the slag crust at elevated temperatures. Developed and registered by the technological conditions of TU U 24.6-05416923-101:2011 for the manufacture and application of flux ANK-73. Flux was pilot tests.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності (заявка на патент, патент, свідоцтво на авторське право).

1. Жданов Л.А., Прохоренко О. В., Стреленко Н. М., Котик В. Т., Сливінський О.А. СПОСІБ ОЦІНКИ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ШЛАКОВОЇ КІРКИ // Деклараційний патент на винахід № 40496, Бюлетень № від 7 від „10” квітня 2009 р
2. Рябцев І.І., Токарев В.С., Мищенко Д.Д. , Рябцев І. О., Кусков Ю.М., Порошковий дріт для наплавлення під флюсом //Деклараційний патент на винахід № 88686, Бюлетень №21 від 10.11.2009.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівні, а підходи щодо можливості керування металургійними процесами на міжфазних границях за участю газової фази дозволяють створювати плавлені та агломеровані флюси з регульованими зварювально-технологічними властивостями та окисною здатністю за рахунок прогнозованого за допомогою розрахунків вмісту кисню у газовій фазі, що у подальшому визначає вміст легуючих елементів у металі шва, та активність кисню у шлакових розплавах.

6. Економічна привабливість для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники).

Застосування розроблених принципів розробки нових зварювальних флюсів з регульованою окисною здатністю та покращеними зварювально-технологічними властивостями дозволяє створювати нові флюси з покращеними зварювально-технологічними властивостями, а можливість прогнозованого регулювання окисної здатності флюсу дозволило впливати на механічні властивості зварного шва. В результаті створена можливість розробки спеціалізованих флюсів відповідно до технічного завдання підприємства замовника.

Розроблений флюс з покращеною високотемпературною віддільністю шлакової корки дозволяє збільшити продуктивність процесу наплавлення на 30-40%, та проводити відновлення деталей складної конфігурації, де необхідно нанесення шару наплавленого металу з спеціальними властивостями та з перекриттям попереднього шва, а також оптимізувати виконання багатшарових зварних швів та знизити можливість утворення дефектів у вигляді зашлаковок у металі на 80%.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Результати розробки можуть використовуватися на підприємствах металургійного, машинобудівного, суднобудівного, вагонобудівного комплексу та виробниками зварних труб. Розроблені на теперішній час флюси можуть знайти застосування при відновлювальному наплавленні деталей машинобудівельного, пресово-змішувального обладнання, деталей сільськогосподарських машин, автомобільного транспорту, гірничодобувного обладнання та інших зношених поверхонь з вуглецевих та низьколегованих сталей.

8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готовність до впровадження).

Розроблено та зареєстровано флюс АНК-73. Виготовлено дослідну партію. Проведено дослідно-промислове випробування при відновленні шнекової частини прес-екструдера, який використовується для виробництва високобілкових комбікормів. З застосування флюсу АН-69, також розробленого на кафедрі зварювального виробництва, виконано відновлення вертикального вала екскаватора Э652.

Флюси АН-69, АНК-73, АНК-45 готові для впровадження. Виробництво розроблених флюсів може бути організовано на ВАТ „ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС”, Дослідному заводі „Зварювальних матеріалів” та на базі ІЕЗ ім. Є.О.Патона (незначні за об’ємом партії).

9. Існуючі результати впровадження.

Основні положення роботи впроваджені у навчальний процес при викладанні дисциплін „Фізико-хімічні процеси при зварюванні” та „Теорія процесів зварювання”. Заплановано сумісне використання отриманих результатів та розроблених флюсів з ІЕЗ ім. Є.О.Патона. За матеріалами роботи підготовлена докторська дисертація за темою „Фізико – металургійні основи процесу дугового зварювання сталей під флюсом з урахуванням впливу газової фази” і захищена кандидатська дисертація за темою „Покращення високотемпературної віддільності шлакової корки при наплавленні під флюсом на основі металургійних і теплофізичних методів”. Проведено дослідно-промислове випробування флюсів АНК-73, АН-69 при відновленні шнекової частини прес екструдерів різних типів та відновлення вертикального вала екскаватора.

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

НТУУ”КПІ”, зварювальний факультет, кафедра зварювального виробництва, тел. (044) 406-82-40, e-mail: pvm@wd.ntu-kpi.kiev.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання .

1. Жданов Л.А. Теоретичний розрахунок окислювальної здатності газової фази при електродуговому зварюванні та наплавленні. Технологические системы №1, 2009р., с46-49.
2. Стреленко Н.М., Жданов Л.А., Зворикін К.О. Вплив оксидів 3-d перехідних металів на фізико-хімічні властивості шлаків при електродуговому зварюванні та наплавленні. Технологические системы №3, 2009р., с.77-81.
3. Л.А.Жданов. Можливість визначення об’єму шлакового куполу при електродуговому зварюванні та наплавленні під флюсом. // Матеріали другої міжнародної міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 4-6 березня 2009р. с.8-9.
4. Л.А. Жданов, В.М. Мороз, І.О. Гончаров. Вплив складу агломерованих флюсів для зварювання низьколегованих сталей на особливості металургійних процесів у реакційній зоні. // Матеріали другої міжнародної міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 4-6 березня 2009р. с. 26-27.
5. Л.А.Жданов, Н.М.Стреленко Особливості поведінки оксидів перехідних металів в складі зварювальних матеріалів. // Матеріали другої міжнародної міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 4-6 березня 2009р. с. 14-15.
6. Л.А.Жданов, В.Л.Коваленко, Г.Л.Коваленко Аналіз існуючих методик експериментальної оцінки стабільності існування дугового розряду при зварюванні. // Матеріали другої міжнародної міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 4-6 березня 2009р. с. 28-30.
7. Л.А. Жданов, В.Л. Коваленко, Ю.М.Важкий, Д.В.Коляда. Друга модернізація Анімаційного моделювання процесів у реакційній зоні при зварюванні під флюсом. // Матеріали другої міжнародної міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 4-6 березня 2009р. с. 77-78.

8. Коваленко В.Л., Жданов Л.А.. Особливості дослідження енергетичних характеристик дугового розряду змінного струму. // Матеріали V всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених та спеціалістів „Зварювання та споріднені технології”/Київ: 27-29 травня 2009р., с.200.
9. Стреленко Н.М., Жданов Л.А. Вплив оксидів перехідних металів на процес відокремлення шлакової корки. // Матеріали V всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених та спеціалістів „Зварювання та споріднені технології”/Київ: 27-29 травня 2009р., с.212.
10. Жданов Л.А., Стреленко Н.М. Основные методы керування процесом відокремлення шлакової корки. // Материалы Международной научно-технической конференции „Проблемы сварки, родственных процессов и технологии”./ Николаев: 14-17 октября 2009г., с. 52.
11. Коваленко В.Л., Жданов Л.А. Особливості аналізу аналогового сигналу дугового розряду змінного струму у цифровій формі. // Материалы Международной научно-технической конференции „Проблемы сварки, родственных процессов и технологии”./ Николаев: 14-17 октября 2009г., с. 63.
12. Жданов Л.А., Стреленко Н.М, Сливінський О.А. Визначення впливу композицій оксидів на властивості шлаків при електродуговому наплавленні. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії №1, 2010р., С. 295-297.
13. Жданов Л.А., Стреленко Н.М, Зворикін О.К., Сливінський О.А. Фізико-хімічні особливості відділення шлакової корки з поверхні металу шва та методологічна база способів оцінки. - Технологические системы № 1, 2010 р. - С. 109-115.
14. Жданов Л.А., Стреленко Н.М., Зворикін К.О. Застосування рівноважної термодинаміки при врахуванні вірогідності утворення шпінелей Технологические системы № 2 (51), 2010 с. 83-86.
15. Стреленко Н.М., Жданов Л.А., Зворикін К.О Дослідження особливостей віддільності шлакового покриття в умовах наявності шпінелей за допомогою растрової електронної мікроскопії. Технологические системы, № 4, 2010р., с 73- 76.
16. Л.А.Жданов МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКО-ХІМІЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЕЛЕКТРОДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ // Матеріали третьої всеукраїнської міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 31 березня-2 квітня 2010р., с.19-20.
17. Л.А.Жданов, Н.М.Стреленко, І.О.Гончаров, Д.Д.Міщенко ВПЛИВ ОК-СИДУ ЦИРКОНІЮ НА СТРУКТУРУ І ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗПЛАВУ ШЛАКУ НЕЙТРАЛЬНОГО ТИПУ // Матеріали третьої всеукраїнської міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 31 березня-2 квітня 2010р., с.21-23.
18. Н.М. Стреленко, Л.А. Жданов МЕТОДИКИ ВІДДІЛЬНОСТІ ШЛАКОВОЇ КОРКИ // Матеріали третьої всеукраїнської міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 31 березня-2 квітня 2010р., с.49-51.
19. Л.А.Жданов, В.М.Мороз, І.О.Гончаров ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК РІДКОГО СКЛА НА ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЗВАРЮВАЛЬНО – ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АГЛОМЕРОВАНИХ ФЛЮСІВ // Матеріали третьої всеукраїнської міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 31 березня-2 квітня 2010р., с.92-93.
20. В.Л.Коваленко, Л.А.Жданов ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ІСНУВАННЯ ДУГОВОГО РОЗРЯДУ ПО ЙОГО

- РОЗРИВНІЙ ДОВЖИНІ // Матеріали третьої всеукраїнської міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 31 березня-2 квітня 2010 р., с.94-95.
21. Жданов Л.А., Коваленко В.Л. Мобильная установка исследования эластичности и стабильности дугового разряда при электродуговой сварке. Оборудование и инструмент, 2010, № 5(129), с. 36-37.
 22. Жданов Л.А., Коваленко В.Л. Шляхи виключення суб'єктивних факторів та новий комплексний критерій оцінки стабільності існування дугового розряду при випробуванні зварювальних матеріалів // Вісник Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут” серія Машинобудування, №61 том 2, 2011 р., с. 52-56.
 23. Жданов Л.А., Стреленко Н.М. Термодинамічна модель прогнозування утворення шпінелей на міжфазній границі шлак – метал при електродуговому зварюванні та наплавленні // Вісник Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут” серія Машинобудування, №61 том 2, 2011 р., с. 123-126.
 24. Дученко А.М., Жданов Л.А., Гончаров І.А. Особливості застосування рівноважної термодинаміки для аналізу процесів при виготовленні зварювальних плавлених флюсів // Матеріали шостої науково-технічної конференції молодих учених та спеціалістів “Зварювання та споріднені технології” /Київ: 25-27 травня 2011р., с. 183.
 25. Жданов Л.А., Дученко А.М., Гончаров І.А., Зворикін К.О. Термодинамічний аналіз процесів у флюсоплавильному просторі при виготовленні флюсів на основі оксидних шлакових систем. // Технологические системы, №1, 2011 р., с. 54-59.
 26. Гончаров І.О., Жданов Л.А., Дученко А.М., Сливінський О.А.. Особливості застосування рівноважної термодинаміки при виготовленні плавлених флюсів. // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії №1(22), 2011р., с. 57-61.
 27. В.Л.Коваленко, Л.А.Жданов Установка для комплексного дослідження стабільності існування дугового розряду та випробування зварювальних матеріалів // Матеріали четвертої всеукраїнської міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 20-22 квітня 2011р., с.19-22.
 28. А.М.Дученко, Л.А.Жданов, І.О. Гончаров ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ФЛЮСОПЛАВИЛЬНИХ ПЕЧАХ // Матеріали четвертої всеукраїнської міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 20-22 квітня 2011р., с.13-14.
 29. Л.А.Жданов Експериментальне та теоретичне дослідження впливу стадії краплі на металургійні процеси при зварюванні та наплавленні під флюсом // Матеріали четвертої всеукраїнської міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 20-22 квітня 2011р., с.15-16.
 30. Л.А.Жданов, Н.М.Стреленко, І.В.Тарасенко Особливості відновлюваного ремонту екструдерів // Матеріали четвертої всеукраїнської міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 20-22 квітня 2011р., с.17-18.
 31. Н.М.Стреленко, Л.А.Жданов, І.І.Рябцев Аналіз ВПЛИВУ ДИОКСИДУ ЦИРКОНІЯ У ШИХТІ ПОРОШКОВОГО ДРОТУ ПП-Нп-20ХГСМП НА ВІДДІЛЬНІСТЬ ШЛАКОВОЇ КОРКИ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ ПІД ФЛЮСОМ АН-348А // Матеріали четвертої всеукраїнської міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників „Зварювання та споріднені технології і процеси”./ Київ: 20-22 квітня 2011р., с.46-47.

32. Жданов Л.А., Коваленко В.Л.. Новый критерий оценки стабильности существования дугового разряда при испытании сварочных материалов. Оборудование и инструмент, 2011, №5(140), с. 26-28.

33. Матеріали дисертації асистента кафедри зварювального виробництва Стреленко Наталії Михайлівни на тему «Покращення високотемпературної віддільності шлакової корки при наплавленні під флюсом на основі металургійних та теплофізичних методів», науковий керівник доцент, к.т.н. Жданов Леонід Альбертович.

12. Фото/схема, слайди презентації розробки в електронному вигляді (рекламного характеру). Бажано використовувати формат JPEG, якщо фото надається окремим файлом.

