

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СВАРИВАЕМОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

**А.Б. Сычков, А.Н. Емелюшин, С.И. Платов,
С.В. Михайлицын, Д.В. Терентьев, М.А. Шекшеев**

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск*

Рассмотрена возможность исследования свариваемости сталей методом физического моделирования.

Свариваемость является важной технологической характеристикой материала, определяющей его пригодность для производства тех или иных типов конструкций. Чаще всего данный параметр оценивают аналитическим методом, что дает лишь ориентировочные данные.

На сегодняшний день наиболее прогрессивным и перспективным методом исследования свариваемости является метод физического моделирования, который заключается в полном и частичном воспроизведении исследуемого процесса.

Важными факторами при оценке свариваемости являются: исходный химический состав стали, структура и термомеханические циклы сварки.

Оценка свариваемости производится на основе исследования металла участков зоны термического влияния сварных соединений. Из исследуемого металла изготавливаются образцы для испытаний в установке физического моделирования Gleeble 3500. Данная установка позволяет имитировать термомеханические циклы различных участков зоны термического влияния. Затем полученные образцы подвергают различным видам испытаний: сопротивление разрыву, ударный изгиб, металлографические исследования, измерения твердости, микротвердости и др.

Качественный и количественный состав структуры металла зоны термического влияния фактически определяет надежность и работоспособность сварного соединения.

Полученные данные сравнивают с требованиями нормативной документации, на основании чего делается вывод о пригодности металла для изготовления конструкции, разрабатывается рациональная технология его сварки, обеспечивающая формирование эффективной структуры металла сварного соединения.

Метод физического моделирования является мощным инструментом при разработке новых сталей с хорошими физическими и технологическими свойствами, а также при разработке оптимальной технологии их сварки.

Ключевые слова: свариваемость, сталь, зона термического влияния, микроструктура, механические свойства, физическое моделирование, Термомехформ-МГТУ, Gleeble 3500.

Эффективность применения сталей для производства различных типов конструкций определяется рациональными технологическими процессами их сварки, обеспечивающими требуемый уровень механических свойств и сопротивления хрупкому разрушению сварных соединений. Разработка оптимальной технологии сварки должна базироваться на современных методах и подходах к оценке свариваемости сталей [1].

Под свариваемостью понимается комплексная технологическая характеристика металла, которая зависит от технологии его производства и технологии сварки, отражает реакцию данного металла на процесс сварки и определяет пригодность металла для изготовления конструкций, удовлетворяющих условиям их эксплуатации [2].

В практике сварки наиболее широкое применение нашел аналитический метод оценки свариваемости сталей на основе решения ряда параметрических уравнений, характеризующих склонность сталей к образованию «горячих» и «холодных» трещин [3]. Однако данный метод дает лишь ориентировочные данные.

На сегодняшний день наиболее прогрессивным и перспективным методом оценки свариваемости сталей является метод физического моделирования [4]. Сущность физического моделирования заключается в воспроизведении исследуемого процесса фрагментарно или целиком, комплексно [5].

Важными факторами при контроле свариваемости сталей являются их химический состав, исходная структура, параметры термомеханического цикла сварки.

В условиях МГТУ им. Г.И. Носова исследование влияния вышеперечисленных факторов на показатели свариваемости позволяют осуществлять комплексы физического моделирования «Термомехформ-МГТУ» и Gleeble 3500.

«Термомехформ-МГТУ» позволяет моделировать основные технологические операции толстолистовой прокатки [5], в том числе выплавку стали заданного химического состава с последующим получением заготовки массой до 30 кг; прокатку на реверсивном стане для достижения конечной толщины; ускоренное охлаждение раската по заданному режиму и получение требуемой структуры.

Из полученных заготовок изготавливают образцы цилиндрической формы для дальнейших испытаний на установке Gleeble 3500, которая представляет собой высокоскоростной пластометр с возможностью программирования неограниченного числа стадий обработки металлов с постоянной или переменной по ходу обработки температурой или скоростью деформации [6].

Данный комплекс позволяет имитировать термомодеформационные циклы участков зоны термического влияния (ЗТВ) сварных соединений. Считается, что именно в металле ЗТВ наблюдается наиболее неблагоприятный уровень механических свойств вследствие ухудшения структуры [7].

Полученные образцы подвергают различным видам испытаний: сопротивление разрыву, ударный изгиб, металлографические исследования, измерение твердости, микротвердости и т. д. На основе сравнительного анализа полученных данных и требований нормативной документации делаются выводы о склонности исследуемой стали к образованию закалочных структур и трещин в металле сварных соединений.

Вывод

Таким образом, метод физического моделирования является мощным инструментом при разработке новых сталей с хорошими физическими и технологическими свойствами, а также при разработке оптимальной технологии их сварки.

Литература

1. Емелюшин, А.Н. Исследование свариваемости высокопрочной трубной стали класса прочно-

сти К56 / А.Н. Емелюшин, А.Б. Сычков, М.А. Шекшеев // Вестник Магнитогор. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2012. – № 3. – С. 26–30.

2. Шоршоров, М.Х. Испытания металлов на свариваемость / М.Х. Шоршоров, Т.А. Чернышова, А.И. Красовский. – М.: Металлургия, 1972. – 240 с.

3. Ефименко, Л.А. Особенности подхода к оценке свариваемости низкоуглеродистых высокопрочных трубных сталей / Л.А. Ефименко, О.Ю. Елагина, Е.М. Вышемирский // Сварочное производство. – 2010. – № 5. – С. 5–11.

4. Григоренко, Г.М. Современные возможности моделирования превращений аустенита в сварных швах низколегированных сталей / Г.М. Григоренко, В.А. Костин, В.Ю. Орловский // Автоматическая сварка. – 2008. – № 3. – С. 31–34.

5. Физическое моделирование процессов производства горячекатаного листа с уникальным комплексом свойств / В.М. Салганик, С.В. Денисов, П.П. Полецков и др. // Вестник Магнитогор. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2014. – № 3. – С. 37–39.

6. Использование комплекса Gleeble 3500 для определения критических точек микролегированной стали 80P / Д.М. Чукин, А.И. Мешкова, А.С. Ишимов, М.С. Жеребцов // Междунар. науч.-исследоват. журн. – 2012. – № 5–2 (5). – С. 131–133.

7. Исследование структуры и механических свойств сварных соединений стали класса прочности К56 при различных параметрах режима сварки / А.Н. Емелюшин, А.Б. Сычков, В.П. Манин, М.А. Шекшеев // Сварочное производство. – 2013. – № 1. – С. 3–7.

Сычков Александр Борисович, д-р техн. наук, профессор кафедры литейного производства и материаловедения, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; shecsheev@yandex.ru.

Емелюшин Алексей Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры литейного производства и материаловедения, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; shecsheev@yandex.ru.

Платов Сергей Иосифович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой машин и технологий обработки давлением, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; psipsi@mail.ru.

Михайлицын Сергей Васильевич, канд. техн. наук, доцент кафедры машин и технологий обработки давлением, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; svmikhaylitsyn@mail.ru.

Терентьев Дмитрий Вячеславович, канд. техн. наук, доцент кафедры машин и технологий обработки давлением, директор Института заочного обучения, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; shecsheev@yandex.ru.

Шекшеев Максим Александрович, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры машин и технологий обработки давлением, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; shecsheev@yandex.ru.

Поступила в редакцию 13 января 2015 г.

PHYSICAL MODELING IN THE ANALYSIS OF STRUCTURAL STEELS WELDABILITY

A.B. Sychkov, *Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, shecsheev@yandex.ru,*

A.N. Emelyushin, *Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, shecsheev@yandex.ru,*

S.I. Platov, *Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, psipsi@mail.ru,*

S.V. Mikhaylitsyn, *Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, svmikhaylitsyn@mail.ru,*

D.V. Terent'ev, *Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, shecsheev@yandex.ru,*

M.A. Sheksheev, *Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, shecsheev@yandex.ru*

The possibility to study weldability of steels by physical modeling is considered.

Weldability is an important technological characteristics of the material, which determines its suitability for the production of various types of structures. Most often this option is evaluated by the analytical method that gives only approximate data.

To date, the most progressive and promising method for studying the weldability is the method of physical modeling, which is the complete and partial reproduction of the test process.

Important factors in evaluating weldability are the original chemical composition of steel, the structure and thermal deformation of welding cycles.

Weldability assessment is based on studies of metal sites HAZ of welded joints. Specimens are made from the investigated metal for testing in the installation of physical modeling Gleeble 3500. This installation allows to simulate the thermal deformation cycles of different parts of the heat affected zone. After testing, the samples are subjected to such tests as tensile strength, impact strength, metallographic examination, measurement of hardness, microhardness and others.

Qualitative and quantitative composition of the metal structure HAZ actually determines the reliability and efficiency of the welded joint.

The data obtained are compared with the requirements of regulatory documents, based on which the conclusion is made about metal suitability for the production of metal structures, efficient technology of its welding is developed to produce an efficient structure of the weld joint metal.

Method of physical modeling is a powerful tool in the development of new steels with good physical and technological properties, as well as the development of optimum technology of welding.

Keywords: weldability, steel, heat affected zone, microstructure, mechanical properties, physical modeling, Thermoderform-MSTU, Gleeble 3500.

References

1. Emeljushin A.N., Sychkov A.B., Shecsheev M.A. [Investigation of Weldability of High-Strength Pipe Steel Grade K56]. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2012, no. 3, pp. 26–30. (in Russ.)
2. Shorshorov M.Kh., Chernyshova T.A., Krasovskiy A.I. *Ispytaniya metallov na svarivaemost'* [Testing of Metals Weldability]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1972. 240 p. (in Russ.)
3. Efimenko L.A., Elagina O.Yu., Vyshemirskiy E.M. [Special Features of the Evaluation of the Weldability of Low-Carbon High-Strength Pipe Steels]. *Svarochnoe proizvodstvo*, 2011, no. 5, pp. 5–11. (in Russ.)
4. Grigorenko G.M., Kostin V.A., Orlovsky V.Yu. [Current Capabilities of Simulation of Austenite Transformations in Low-Alloyed Steel Welds]. *The Paton Welding Journal*, 2008, no. 3, pp. 22–24.
5. Salganik V.M., Denisov S.V., Poletskov P.P., Stekanov P.A., Berezhnaya G.A., Alekseev D.Yu. [Physical Modeling of Production Processes of Hot-Rolled Plates with a Unique Set of Properties]. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2014, no. 3, pp. 37–39. (in Russ.)
6. Chukin D.M., Meshkov A.I., Ishimov A.S., Stallions M.S. [Using the Complex Gleeble 3500 to Determine the Critical Points of Micro-Alloyed Steel 80R]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2012, no. 5 (5), pp. 131–133, available at: <http://research-journal.org/featured/technical/ispolzovanie-kompleksa-gleeble-3500-dlya-opredeleniya-kriticheskix-tochek-mikrolegirovannoj-stali-80r/>.

7. Emelyushin A.N., Sychkov A.B., Manin V.P., Sheksheev M.A. [Investigation of the Structure and Mechanical Properties of Welded Joints in Steels of the K56 Strength Grade in Different Welding Conditions]. *Svarochnoe proizvodstvo*, 2013, no. 1, pp. 3–7. (in Russ.)

Received 13 January 2015

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Физическое моделирование при исследовании свариваемости конструкционных сталей / А.Б. Сычков, А.Н. Емельюшин, С.И. Платов и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2015. – Т. 15, № 1. – С. 38–41.

REFERENCE TO ARTICLE

Sychkov A.B., Emelyushin A.N., Platov S.I., Mikhailitsyn S.V., Terent'ev D.V., Sheksheev M.A. Physical Modeling in the Analysis of Structural Steels Weldability. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2015, vol. 15, no. 1, pp. 38–41. (in Russ.)