

сдвига и показателя напряженного состояния, производится построение программы нагружения  $\Lambda(I\Gamma)$ . Далее в зависимости от параметров полученной программы нагружения производится описание структурного состояния металла.

Полученные результаты могут быть положены в основу методики проектирования технологических процессов деформационного наноструктурирования и разработки новых технологических методов интенсивного пластического деформирования.

### Литература

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные материалы: получение, структура и свойства. – М.: Наука, 2007. – 397 с.

2. Блюменштейн В.Ю., Смелянский В. М. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин. – М.: Машиностроение–1, 2007. – 400 с.

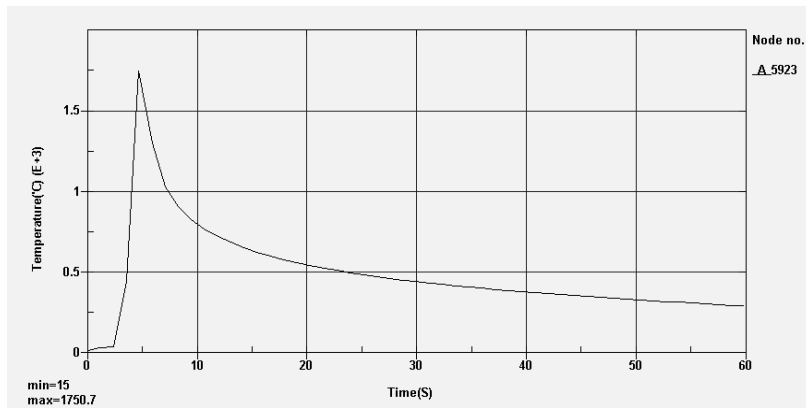
**UDK 621.793**

## NUMERICAL SIMULATION OF WELDING DISTORTION IN THIN PLATES

Panteleenko Fedor Ivanovich, Afshin Heidari Monfared  
Belarusian national technical university  
(Minsk, Republic of Belarus)

**Abstract.** This work describes a three-dimensional thermo-mechanical finite element analysis of a single weld bead-on-plate of austenitic stainless steel. The overall aim is to validate the use of finite element (FEM) weld simulations to accurately predict distortion states for use in the assessment of welded components [1, 2, 4, 6].

The study uses the example of butt welding thin rectangular plates, the results of main interest being the out-of plane distortion and longitudinal residual stresses. Melten puddle motion (speed of welding) is modeled by using time dependent birth and death element method [3, 7]. Three dimensional nonlinear-transient heat flow analysis has been used to obtain the temperature distribution, and then by applying thermal results, stress and deformation distributions are obtained during welding and after cooling. The FEM model results are compared to experimental data and control of welding distortion in thin welded structures.



**Temperature histories in the fusion zone**

### **Thermal physical properties and mechanical properties of SUS304**

Temperature (°C)	Specific heat(J/Kg °C)	Conductivity (J/MCS)	Yield Stress (MPa)	Thermal expansion coefficient (C <sup>-1</sup> )	Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio
0	462	14.6	265	1.70E-05	198.5	0.294
100	496	15.1	218	1.74E-05	193	0.295
200	512	16.1	186	1.80E-05	185	0.301
300	525	17.9	170	1.86E-05	176	0.31
400	540	18	155	1.91E-05	167	0.318
600	577	20.8	149	1.96E-05	159	0.326
800	604	23.9	91	2.02E-05	151	0.333
1200	676	32.2	25	2.07E-05	60	0.339
1300	692	33.7	21	2.11E-05	20	0.342
1500	700	120	10	2.16E-05	10	0.388

### **References**

- 1.Simplifying methods for analysis of transient and residual stresses and deformations due to multipass welding: Y. Ueda, K. Nakacho.–Osaka: Trans. JWRI 11 (1),1982.– 95c.
- 2.Combined 3–D and shell element modelling of welding: M. Nasstrom, L. Wikander, L. Karlsson, L.E. Lindgren, J. Goldak.– Lulea: Symposium on the Mechanical Effects of Welding, 1991.–c10,c197.
- 3.Numerical simulation of temperature and residual stress in multi–pass welds in stainless steel pipe and comparison with experimental measurement: D. Deng, H. Murakawa. Journal of computational material science37, 2006.c269.
- 4.Effects of welding speed, energy input and heat source distribution on temperature variations in butt joint welding: D. Gery, H. Long.Journal of Materials Processing 167,2005.c393.
- 5.A study on the influence of clamping on welding distortion: T. Schenk, I.M. Richardson. Journal of Computational Materials Science,2009. [www.elsevier.com/locate/commatsci](http://www.elsevier.com/locate/commatsci).
- 6.Welding process simulation under varying temperatures and constraints: P. Zeng,Y. Cao. Journal of Materials Science and Engineering A 499,2009.c287.

УДК 621.791

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ И ЭЛЕКТРОННО–ЛУЧЕВОЙ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ

И.Л. Поболь<sup>1</sup>, д-р техн. наук, Д.В. Юшкевич<sup>1</sup>, А.Е. Колесникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Физико-технический институт НАН Беларуси,

<sup>2</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,  
(г. Минск, Республика Беларусь)

**Введение.** Основным видом сварки в настоящее время является электродуговая (ЭДС). Структурные превращения, проходящие при ЭДС в шве и околошовной зоне, зачастую оказывают негативное влияние на показатели конструктивной прочности соединений. Перспективный способ получения неразъемных соединений – электронно-лучевая сварка (ЭЛС), при которой нагрев осуществляется энергией пучка ускоренных электронов, крайне недостаточно применяется в Беларуси. ЭЛС вследствие локализованного воздействия сопровождается менее интенсивным разогревом околошовной зоны. В работе проведены сравнительные исследования механических свойств сварных соединений, полученных методами ЭДС и ЭЛС.

**Методики исследований.** Объект исследования – деталь «поворотный кулак–суппорт», применяемая в автобусном производстве на Минском автомобильном заводе, выполнена из сталей 10ХСНД и 40Х. Размеры экспериментальных образцов 120x120 мм, толщина 8 мм. ЭДС проводилась в среде аргона с использованием сварочного полуавтомата VarioStar L50 за несколько проходов. ЭЛС выполняли на аппаратуре ЭЛА–15 со сквозным проплавлением за проход по двум схемам: на холодных заготовках (ЭЛС–ХЗ), а также с предварительным нагревом зоны соединения расфокусированным лучом (ЭЛС–ПН).

Испытания на растяжение образцов проводились на испытательной гидравлической машине INSTRON Sattec 300LX. Твердость материала измерялась методом Виккерса. Напряжения в сварных узлах определялись методом рентгеновской тензометрии с использованием наклонной съемки.

**Результаты исследований.** Результаты проведенных исследований свойств сварных соединений, выполненных по различным технологиям, свидетельствуют о существенном их различии. Из распределения микротвердости по сечению сварного соединения видно, что в узле, полученном ЭЛС–ПН, по сравнению с остальными образцами, практически отсутствует повышение твердости со стороны стали 40Х.