

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения  
Российской академии наук

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**Перспективные материалы  
с иерархической структурой  
для новых технологий  
и надежных конструкций**

**21 - 25 сентября 2015 г.**

**Томск, Россия**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ВИХРЕВЫХ СМЕЩЕНИЙ  
ПРИ КОНТАКТНОМ НАГРУЖЕНИИ УПРОЧНЯЮЩИХ  
ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТОДОМ  
ПОДВИЖНЫХ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ**

Смолин А.Ю., Еремина Г.М., Шилько Е.В., Псахье С.Г.

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,  
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
asmolin@ispms.tsc.ru*

При динамическом нагружении твердых тел вблизи их поверхности формируются и распространяются поверхностные волны Рэлея и Лява, которые имеют эллиптическую поляризацию и проявляются как вихревые структуры в поле скоростей точек тела. В тонких пластинах вихревыми структурами в поле скоростей характеризуются также волны Лэмба. При деформировании гетерогенного материала коллективные перемещения вихревого типа возникают также вблизи внутренних границы раздела. Отличительной чертой упругих вихревых движений является их динамический характер. Они не просто обуславливают совместность деформаций, но служат механизмом переноса и перераспределения упругой энергии в объеме материала и определяют многие особенности процесса деформирования. При движении по поверхности материала контртела такие вихреобразные движения порождаются в результате контактного нагружения части поверхности, распространяются вдоль внешней и внутренних поверхностей материала, взаимодействуют с неоднородными элементами его структуры, и в конечном итоге определяют само взаимодействие поверхности с контртелом.

Целью работы является определение роли упругих вихревых смещений в процессе контактного взаимодействия упрочняющего покрытия с жестким контртелом на основе компьютерного моделирования методом подвижных клеточных автоматов в трехмерной постановке. В данном методе неоднородный материал представляется ансамблем частиц конечного размера (подвижных автоматов) различных сортов, взаимодействующих по определенным правилам, обеспечивающим возможность описывать как деформационные процессы, так и процессы разрушения. Автоматы обладают трансляционными и вращательными степенями свободы. Силы взаимодействия определяются так называемыми функциями отклика. Функция отклика используемых в данной работе автоматов соответствовала линейно-упругой среде со свойствами упрочняющего наноструктурного биоактивного покрытия.

Рассматривались образцы покрытия в форме параллелепипеда, по верхней поверхности которого двигалось контртело в форме усеченного конуса, а его нижняя поверхность была жестко закреплена к подложке. Анализировалось поле скоростей автоматов покрытия и сила

взаимодействия контртела с покрытием. Для выявления вихревых структур в векторном поле скоростей строились линии тока этого поля в различные моменты времени. Отметим, что такие линии тока отражали не само движение элементов материала, а тенденцию этого движения. Однако такой подход является обоснованным для идентификации положения и «мощности» вихревых структур в трехмерном векторном поле.

Практическим приложением данных исследований является выявление вклада вихревых смещений в процесс идентификации дефектов поверхностных слоев методом трибоспектроскопии. С этой целью рассмотрены особенности формирования и развития вихревых смещений в случае наличия в покрытии нанотрещин.

### **THE EFFECT OF FRICTION STIR WELDING PARAMETERS ON DEFECT FORMATION**

Tarasov S.Yu.<sup>1,2</sup>, Rubtsov V.E.<sup>1,2</sup>, Eliseev A.A.<sup>1</sup>,  
Kolubaev E.A.<sup>1,2</sup>, Filippov A.V.<sup>1,2</sup>, Ivanov A.N.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*National Research Tomsk Polytechnic University, Russia,*

<sup>2</sup>*Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, Russia*

*tsy@ispms.ru, rvy@ispms.ru, eak@ispms.ru*

Both type and size of an allowable welding joint flaw is determined by corresponding international and national standards. At the same time the wide use of friction stir welding (FSW) in space and aviation industries involves specificity of defects generated by this type of welding and there is a requirement of defining their effect on the welded joint strength. One of the most frequent defect found in the FSW joints is a void on the advancing side of the weld or the so-called wormhole. Another type of defect which is very hard to detect is the remnant joint line or Lazy S on the retreating side of the weld. Each of these defects determines its own type of the FSW joint fracture. The objective of this paper is to study the effect that these defect have on the strength, microstructure and fracture of the FSW joints formed on AMg5M aluminum alloy.

The FSW joint have been obtained on 8 mm thickness aluminum alloy sheets with process parameters such as plunge force, rotation rate and feed rate that allowed forming the wormholes of different size as well as remnant joint line defect. The wormhole defects have been detected using radiosopic and phase array ultrasonics non-destructive control methods. The wormhole size has been diminished with the plunge force until transforming into a chain of isolated voids and finally disappeared completely thus leaving only the remnant joint line.

The character of tensile test fracture corresponded to the above described changes so that fracture was developed by the wormhole defect on the advancing side of the weld. The strength of these joints was dependent on the