

ных моторах, а также труб печей и установок, нагреваемых до температуры 650-720°C. Это связано с достаточно высокой жаростойкостью и окислительной стойкостью таких сталей (до 1000°C) [1].

В медицине аустенитные хромоникелевые стали используются при изготовлении деталей диагностической и лечебной аппаратуры, некоторых видов инструмента, а также в ортопедической стоматологии для изготовления зубных коронок и протезов [3].

Аустенитные хромоникелевые стали применяются для изготовления ответственных деталей вакуумной аппаратуры (вакуумные камеры, трубопроводы, корпусные детали и т.д.), предназначенной для получения давлений до $1,33 \times 10^{-5}$ Па и ниже [1]. Однако использование аустенитных хромоникелевых сталей ограничивается из-за низкой износостойкости, особенно в условиях сухого и граничного трения. Это объясняется тем, что пассивирующая пленка окислов, представляющая собой окислы железа, хрома и никеля, обладает значительно более высокой твердостью по сравнению с твердостью металла основы. Согласно принципу положительного градиента механических свойств [2], трение металлов сопровождается низкими скоростями износа в том случае, если механические свойства поверхностного слоя возрастают в направлении с поверхности в глубь металла. Если наблюдается обратное явление, образующиеся поверхностные связи оказываются прочнее глубинных и происходит схватывание поверхностей трения. Кроме того, низкая твердость аустенитных сталей не позволяет получить высокое качество рабочих поверхностей деталей из таких материалов.

Согласно исследованиям Н.Л. Голего, трение стали X18H10T в диапазоне скоростей скольжения поверхностей 0...50 м/с происходит в режиме схватывания и сопровождается быстрым износом. В результате проведенных экспериментов, сделан вывод о непригодности для практического использования пары трения из аустенитной стали X18H9T ввиду ее низкой износостойкости [5].

Список использованных источников

1. Ульянин, Е.А. Коррозионностойкие стали и сплавы: Справочник. / Ульянин Е.А. – М.: Металлургия, 2001. – 208 с.
2. Крагельский, И.В. Трение и износ. / Крагельский И.В. – М.: Машиностроение, 2008. – 480 с.
3. Котляр, А.М. О коррозионной стойкости деталей с покрытием из TiN / А.М. Котляр, Е.К. Севидова, Б.Ф. Лещенко и др. // Резание и инструмент. – Харьков, 1989. – № 41. – С. 112-115.
4. Иващенко С.А. Исследование износостойкости упрочняющих покрытий на изделиях из сплава Д16Т // Вестник БНТУ. – 2008. – № 6. – С. 30-33.
5. Иващенко С.А. Исследование износостойкости образцов из стали 12Х18Н10Т с упрочняющими покрытиями // Машиностроение. – 2001. – № 17. – С. 310-315.

УДК 621.793.12

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ WC

Горанский Г.Г.¹, Кункевич Д.П.², Поболь А.И.²

¹Государственное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

²Белорусский национальный технический университет

Большим достоинством процесса электроконтактного спекания (ЭКС) является кратковременность воздействия высоких температур на компактируемый порошок, что значительно уменьшает возможность роста зерна, позволяя формировать субдисперсные структуры с высокими эксплуатационными свойствами. Для минимизации затрат

при оценке основных определяющих параметров ЭКС и оптимизации процесса предприняты работы по его численному моделированию.

Цель работы: создание адекватной численной модели процесса электроконтактно-го спекания твердосплавной композиции, раскрывающей закономерности консолидации дисперсного материала и позволяющей, изменяя циклограммы тока и давления, управлять такими параметрами композита, как его плотность, пористость, структура, напряженно-деформированное состояние и, в конечном итоге, его эксплуатационными характеристиками.

Технология ЭКС порошковых композитов является суперпозицией электрических, термических и деформационных процессов, поэтому она сложна для численного моделирования. Нами использован метод конечно-элементного моделирования, причем на данном этапе было решено ограничиться плоской постановкой задачи, а геометрия модели принята предельно простой – прямоугольный массив прессуемого порошка, ограниченный стенками по бокам и пуансонами сверху и снизу (рисунок 1а).

Важный элемент расчетной модели - конечно-элементная аппроксимация. Для решения поставленной задачи использовался элемент **PLANE223**. Элемент плоский, включает 8 узлов (рисунок 1б). Для каждого узла допустимы четыре степени свободы: два перемещения вдоль взаимно перпендикулярных направлений, UX, UY, одна температурная степень свободы, TEMP, и одна электрическая, VOLT. Элемент позволяет выполнять анализ изменения электропроводности объекта в процессе уплотнения, определять характер распределения температур в материале в процессе спекания, а также анализировать структуру (деформацию) частиц порошка. Допускается решение комплексных задач, в частности оценка сразу всех указанных выше факторов (электропроводность, температура, деформация).

Предусмотрен треугольный вариант данного элемента, в котором часть узлов сливаются. Для моделирования процессов в трехмерной постановке можно использовать узловый элемент **Solid226** с 20 узлами (рисунок 1в). Если же ресурсы вычислительной системы ограничены, применяется элемент **Solid227** (рисунок 1г). Очевидно, что точность аппроксимации при этом теряется.

Важнейшая часть расчетной модели – модель материала, т.е. совокупность его свойств, выраженных численно в виде расчетных или экспериментальных зависимостей, а также известных физических констант и коэффициентов. Исходя из специфики моделируемого процесса, модель материала должна учитывать целую гамму механических, теплофизических и электрических свойств.

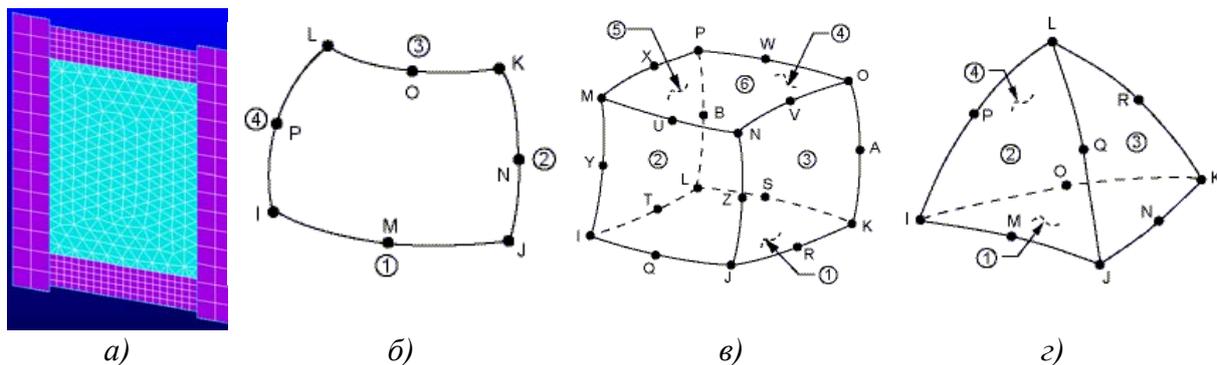


Рисунок 1 – Внешний вид геометрической модели (а) и ее конечные элементы

Для описания поведения сыпучих сред подходит модель непрерывной пластичной среды. Один из основных параметров этой модели – критерий текучести, определяемый как функция главных напряжений, возникающих в среде. В системах конечно-

