

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. Ульянов, Е.А. Коррозионноустойчивые стали и сплавы: Справочник. / Ульянов 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, U_X , U_Y , 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.

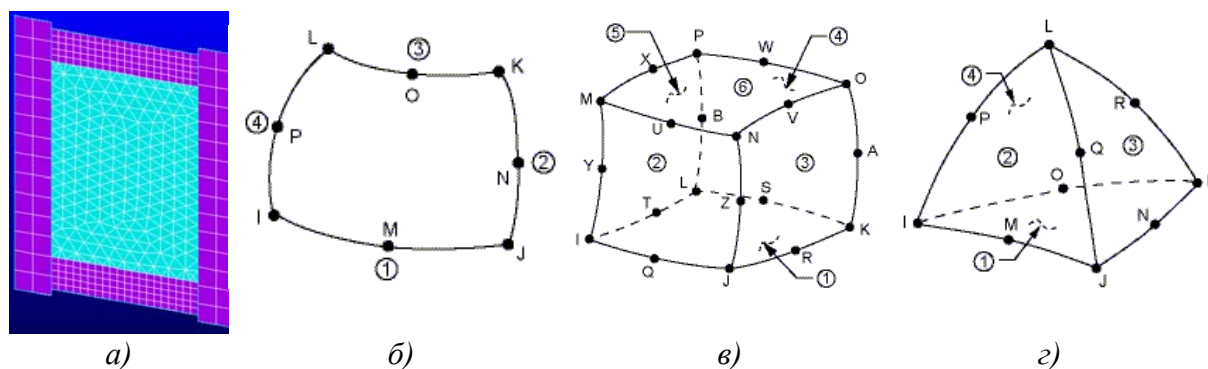


Рисунок 1 – Внешний вид геометрической модели (а) и ее конечные элементы

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-

элементного моделирования, например, в пакете ANSYS есть возможность использовать модель Друкера-Прагера, которая в сочетании с моделями «металлического» поведения позволяет получить вполне адекватные результаты. Из теплофизических свойств необходимо знание коэффициента теплопроводности, удельной теплоемкости, коэффициента термического расширения, коэффициента термических деформаций. Из электрических свойств необходима информация об удельном электросопротивлении материала.

Используя в качестве вводимых данных свойства твердого сплава ВК6, проведено численное моделирование процесса импульсного электроконтактного спекания. Основные результаты моделирования показаны на рисунке 2. Эпюры температурных полей показывают, что наибольшее температурное воздействие испытывают внутренние слои порошка. Зоны, прилегающие непосредственно к пуансонам, нагреваются меньше. Эпюра деформаций демонстрирует относительную равномерность их распределения. Меньшие значения деформаций в серединах боковых зон обусловлены силами внутреннего и граничного трения порошка. Трением о боковые поверхности формы и пуансоны можно объяснить незначительные зоны высоких деформаций в углах формы.

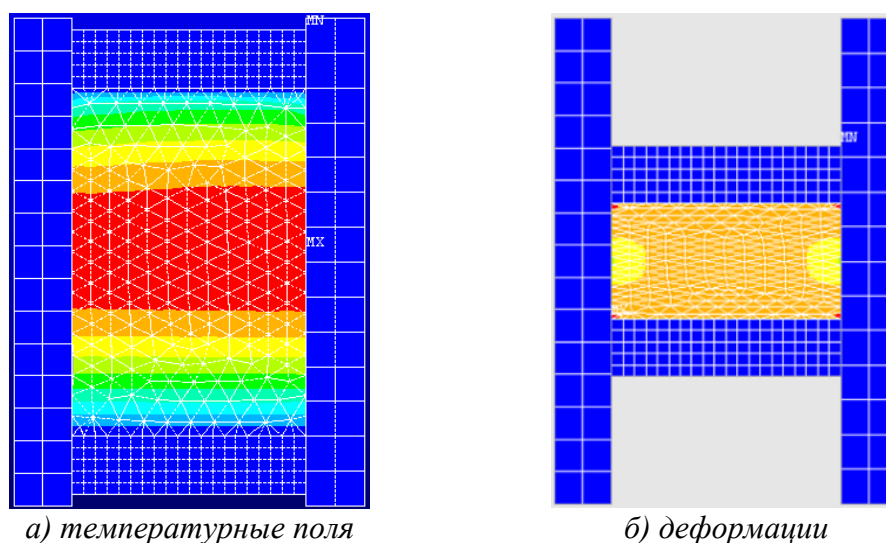


Рисунок 2 – Эпюры результатов численного моделирования

УДК 621.793.12

ИНСТРУМЕНТ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ОТХОДОВ

Горанский Г.Г.¹, Поболь А.И.²

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

²Физико-технический институт НАН Беларуси

Твёрдосплавные отходы инструментального производства, в особенности стружка, незаслуженно не находят широкого применения при вторичном использовании, к примеру, в качестве сырья для изготовления высоконагруженных изделий, подвергающихся интенсивному истиранию. Одной из основных проблем повторного использования сплавов группы ВК является укрупнение зерен кобальтовой матрицы в результате термического влияния консолидирующих операций. Применение высокоэнергетических быстропотекающих процессов компактирования и напыления, а также использование модифицирующих добавок, на физико-химическом уровне влияющих на процессы рекристаллизации, позволяет получать изделия, уровень прочностных и триботехнических свойств которых сравним или незначительно уступает изделиям, изготовленным из первичного сырья, но в то же время обладающих существенно более низкой себестоимостью. Процесс