

Студенты гр.10402129 Апишев В.В., Стрижак И.Б.
 Научный руководитель – Белый А.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Современное машиностроение требует получения деталей высокого качества для повышения эксплуатационных свойств изделия и увеличения его долговечности, а также снижения габаритных и весовых показателей. На сегодняшний день практически во всех отраслях промышленности внедряют новые технологии получения высококачественных материалов, которые по своим свойствам превосходят более дорогостоящие аналоги. Одной из таких технологий является получение новых конструкционных металлических материалов, получаемых комбинированием порошковых материалов. Используя подобные материалы, можно добиться значительного улучшения свойств деталей, работающих при высоких температурно-силовых нагрузках и при этом экономия на дорогостоящих легирующих элементах.

В данной работе необходимо исследовать поведение двух металлических порошков, комбинированных методом продольной прокатки и смоделировать её в программе.

Для этого необходимо определиться с численно математической моделью напряженно-деформированного состояния в зоне измельчения порошка, а также разработать конечно-элементную модель напряженно-деформируемого состояния которые будут использоваться при моделировании процесса прокатки композиционного материала.

Прокатка двухслойной порошковой ленты будет производиться в открытой П-образной оболочке (рисунок 1). В данной операции прокатки будет положен подход, который основан на совместном численном рекуррентном решении условий пластичности и условий статического равновесия для металла оболочки и порошкового сердечника [1].

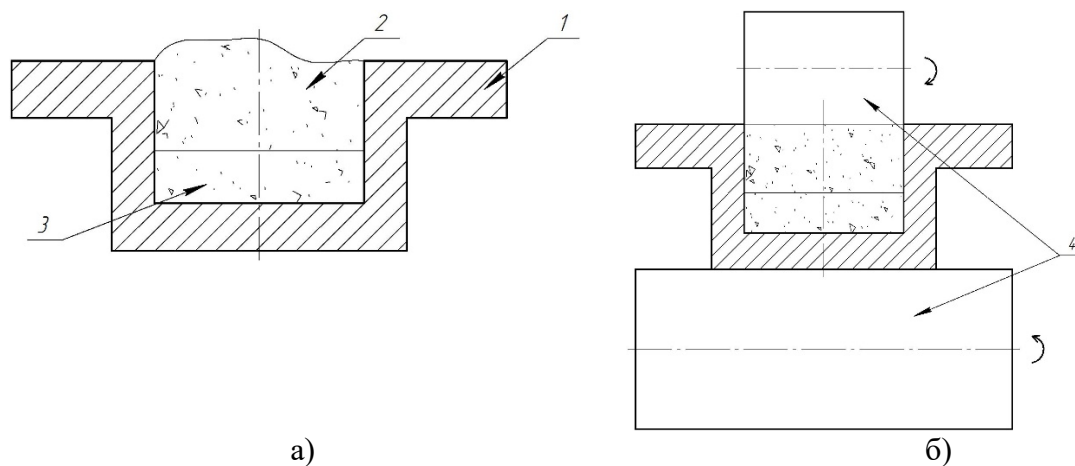


Рисунок 1 – Схема прокатки двух слоёв порошка в металлической П-образной оболочке
 а – вторичная засыпка слоя порошка; б – уплотнение порошка:

1 –металлическая оболочка; 2 – насыпной порошок;
 3 – предварительно уплотнённый порошковый слой; 3 –насыпной порошковый слой;
 4 – рабочие валки

При моделировании измельчения порошка нужно учитывать распределение удельной работы деформирования по объёму материала, охватываемому процессом прокатки. Для этого необходимо учитывать деформации в деформируемой зоне и определить распределение напряжений. Нижний слой – уплотнённый, а верхний – насыпной (это сделано условно для обозначения разных физико-механических свойств порошков) [2].

Были выполнены расчёты для железного порошка марки ПЖР3 с плотностью 0,365 и медного порошка с плотностью 0,565 прокатанных валками диаметром 260 мм со скоростью 0,03 м/с (толщина первого и второго слоя – 4 мм и 2,5 мм соответственно).

Описание физических и механических свойств необходимо для определения напряженно-деформируемого состояния в очаге деформации [3]. Моделирование методом конечных элементов было выполнено в системе AbaqusCAE. Использовалась расчётная схема показанная на рисунок 2, она включала в себя недеформируемые валки и деформируемую металлическую оболочку. Также данная схема содержит уплотнённый и насыпной материал со свойствами пористой среды. Заготовка подверглась дискретизации объёма (построение конечно-элементной сетки) на элементарные области (конечные элементы).

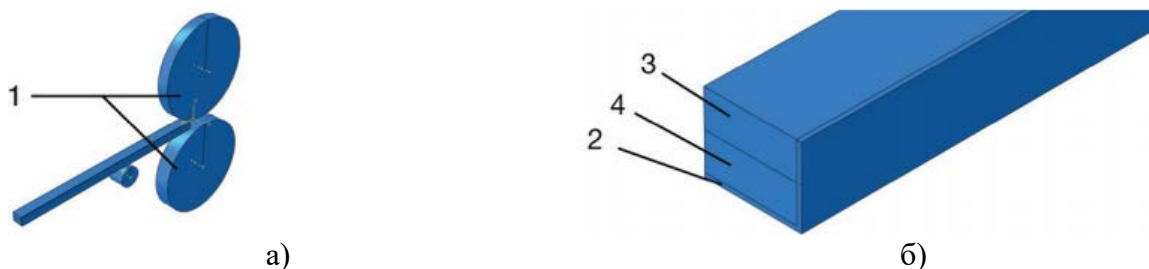


Рисунок 2 – Конечно-элементная модель процесса прокатки двухслойной порошковой ленты а – расчётная схема; б – заготовка:
1 – рабочие валки; 2 – металлическая оболочка; 3 – насыпной порошковый слой;
4 – уплотнённый порошковый слой;

Контакт между валками и заготовкой вводился при помощи модели «Поверхность к поверхности» – коэффициент трения 0,2.

Анализ расчёта деформации, пористости и напряжений по сечениям слоёв прокатываемой ленты (рисунок 3) показал неравномерность распределения эквивалентных напряжений не превысила 17,7 %. Эквивалентные деформации не превышают 18,6 %. Пористость для насыпного слоя составляет 8,9%, а для уплотнённого слоя – 3,7 %.

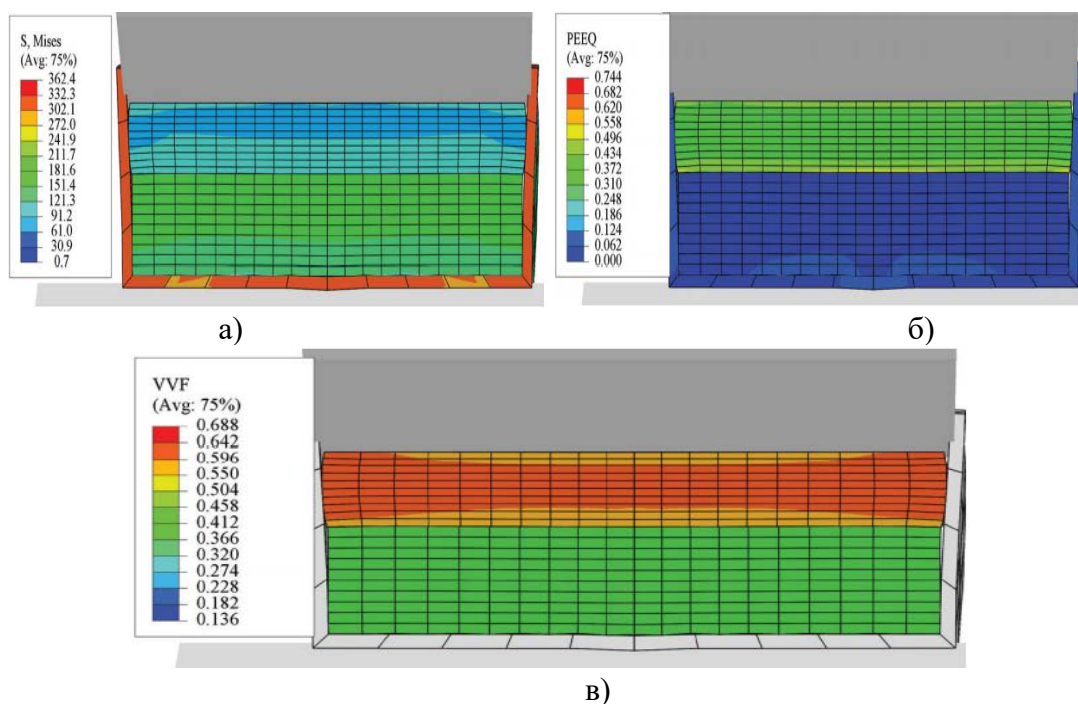


Рисунок 3 – Распределение при прокатке двухслойной порошковой ленты в металлической оболочке полей: а – эквивалентных напряжений; б – деформаций; в – пористости

Изменение деформаций и напряжений аналогичен прокатке однослойной порошковой-ленты – повышение значение наблюдалось в приконтактных областях. По боковым кромкам порошкового сердечника наблюдалась меньшая плотность. Результаты трёхмерного моделирования подтвердили допущения о равномерном распределении параметров по ширине ленты и принятой гипотезе плоских сечений. При прокатке двухслойных порошковых композиций, происходит деформация только насыпного слоя порошка, при увеличении обжатия в сечениях, близких к выходу из очага деформации, происходит деформация уплотнённого слоя.

Список использованных источников

1. Manufacturing of High-Performance Al356/SiCp Composite by CAR Process / Amirkhanlou S., Jamaati R., Niroumand B., Toroghinejad M. R. // *Materials and Manufacturing Processes*. 2011. Vol. 26, Issue 7. P. 902–907. doi: <https://doi.org/10.1080/10426914.2011.577879>.
2. Gribkov E. P., Perig A. V., Danilyuk V. A. Research into the process of producing powder tapes // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2014. Vol. 77, Issue 5-8. P. 1087–1104. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-014-6496-x>.
3. Zheng Z.-X., Xia W., Zhou Z. Y. Experimental and numerical modeling for powder rolling // *Review of Advanced Material Science*. 2013. Issue 33. P. 330–336. URL: http://www.ipme.ru/e-journals/RAMS/no_43313/05_433_zheng.pdf.