Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический университет»

Научно-исследовательская работа:

Исследование процесса дробеструйной обработки с применением DEM-FEM подхода

Люшня Д. А.

Самарский государственный технический университет

г. Самара, Россия

Самара 2022

Аннотация

Предложена новая расчетная методика применения последовательно связанных моделей дискретных элементов и конечных элементов, которая может быть востребована для прогнозирования отпечатка и режимов обработки в зависимости от положения сопла и возникающих напряжений в поверхности. В процессе исследования применялся подход моделирования дробеструйного потока из массива частиц и его воздействия на локальную область.

Данная работа представляет собой попытку перейти к полноформатной обработке поверхности с помощью визуализации и упрощения обрабатывающего потока методом дискретных и конечных элементов.

A new computational technique is proposed for applying sequentially connected models of discrete elements and finite elements, which can be used to predict the indentation and processing modes depending on the position of the nozzle and the resulting stresses in the surface. In the course of the study, the approach of modeling a shot-blasting flow from an array of particles and its impact on a local area was used.

This work is a transition to full-scale surface processing using a fast and simplified method for processing a stream of discrete and finite elements.

Результаты и обсуждение

В исследовании [1] путем моделирования обрабатывающего потока в программном обеспечении EDEM и Ansys Workbench (модуль Fluent) были получены следующие изображения:

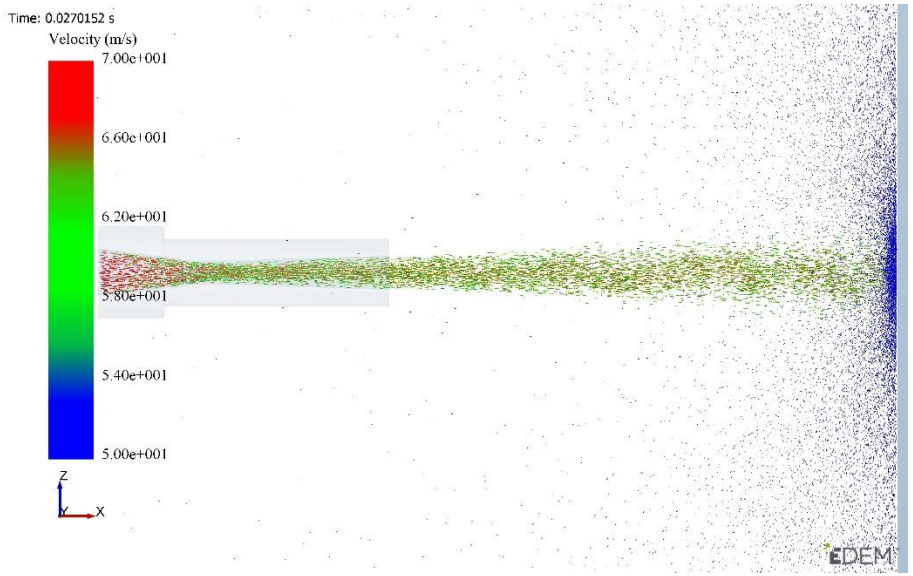

Рис. 1. Модель движения смеси воздуха с микрочастицами

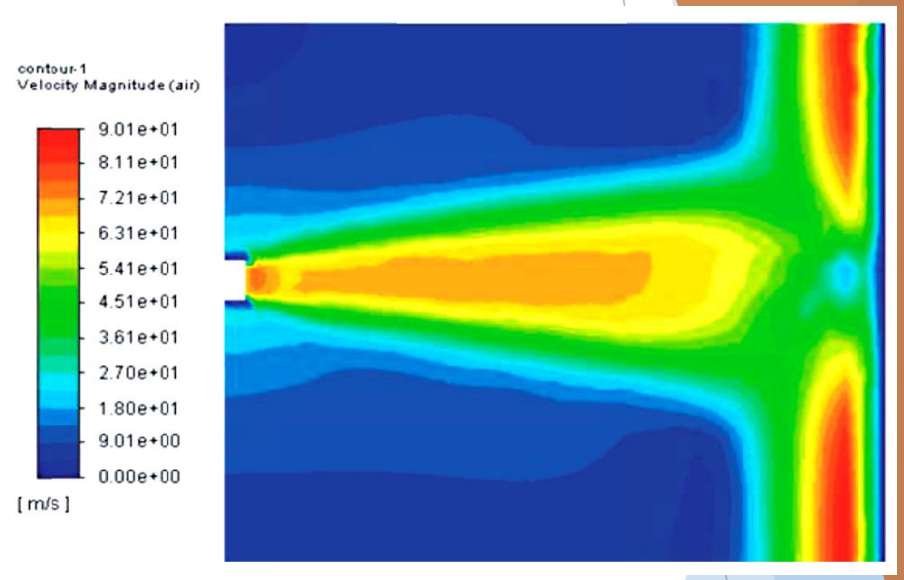

Рис. 2. Скоростная модель движения воздуха в зоне обработки

На их основании была смоделирована обрабатывающая струя, заполняющая объем микрочастицами с учетом разрежения плотности потока в пограничном слое смесь-воздух. Для оптимизации решения количество элементов сокращено до 400, после чего они были выровнены вдоль поверхности в одну линию, при этом присутствует пересечение элементов как при множественном ударе в потоке [4].

Результаты и обсуждение

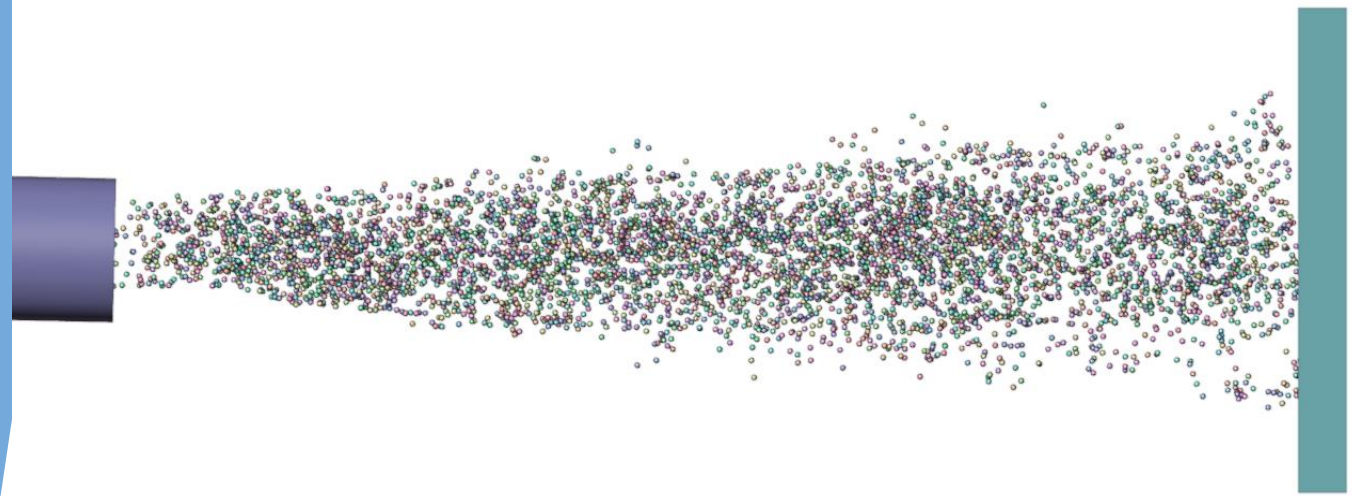

Рис. 3. Модель обрабатывающего потока (включает 2000 частиц)

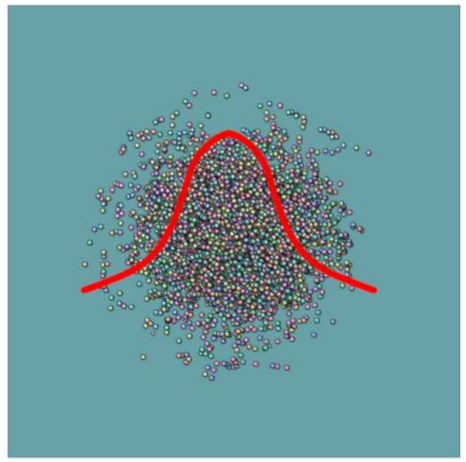

Рис. 4. Распределение основной массы дроби в потоке (ядро и пограничный слой)

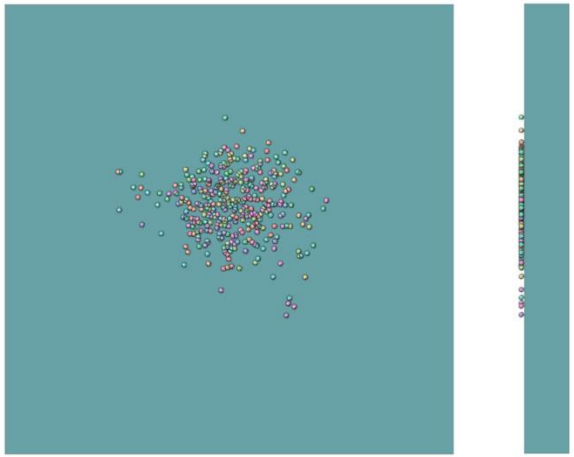

Рис. 5. Результирующая модель

Параметр	Сталь конструкционная	Сплав титановый ВТ22
Плотность, кг/м^3	7850	4620
Модуль Юнга, Па	2E+11	9,6E+10
Коэффициент Пуассона	0,3	0,36
Предел текучести, Па	-	9,3E+8
Скорость потока, м/с	70	
Угол потока, град	90	

Табл. 1. Свойства материалов для решателя

Результаты и обсуждение

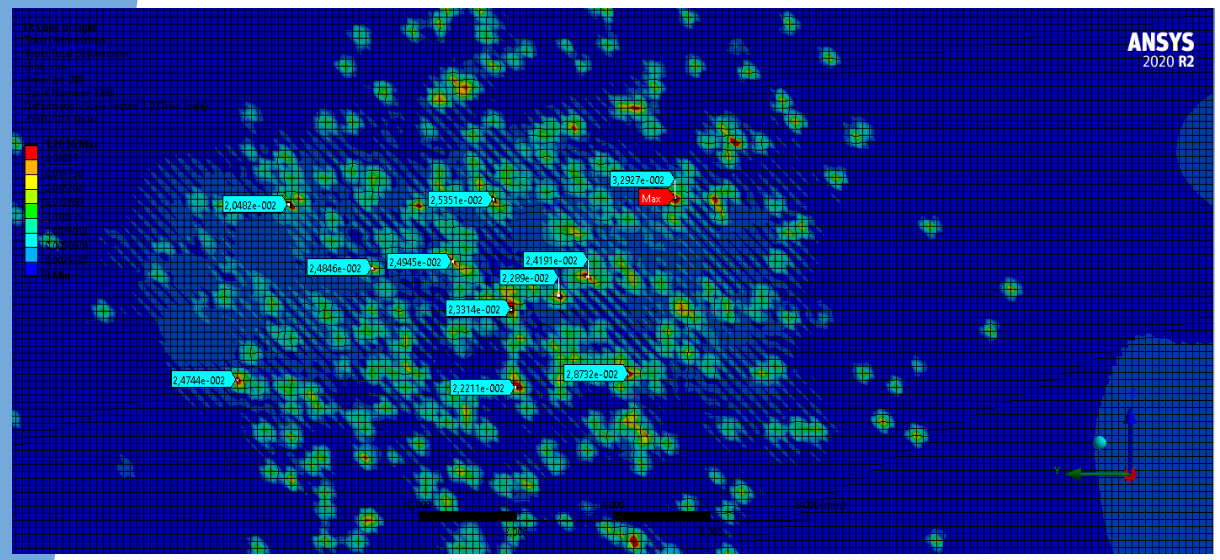

Рис.6. Общая деформация после обработки

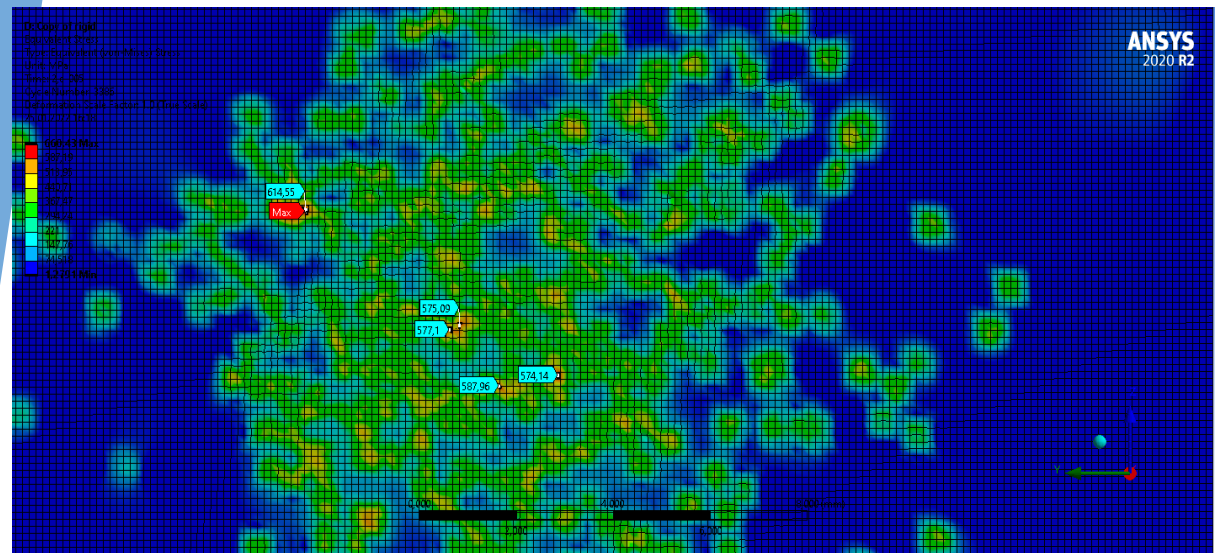

Рис.7. Напряжения, внесенные в обрабатываемую поверхность

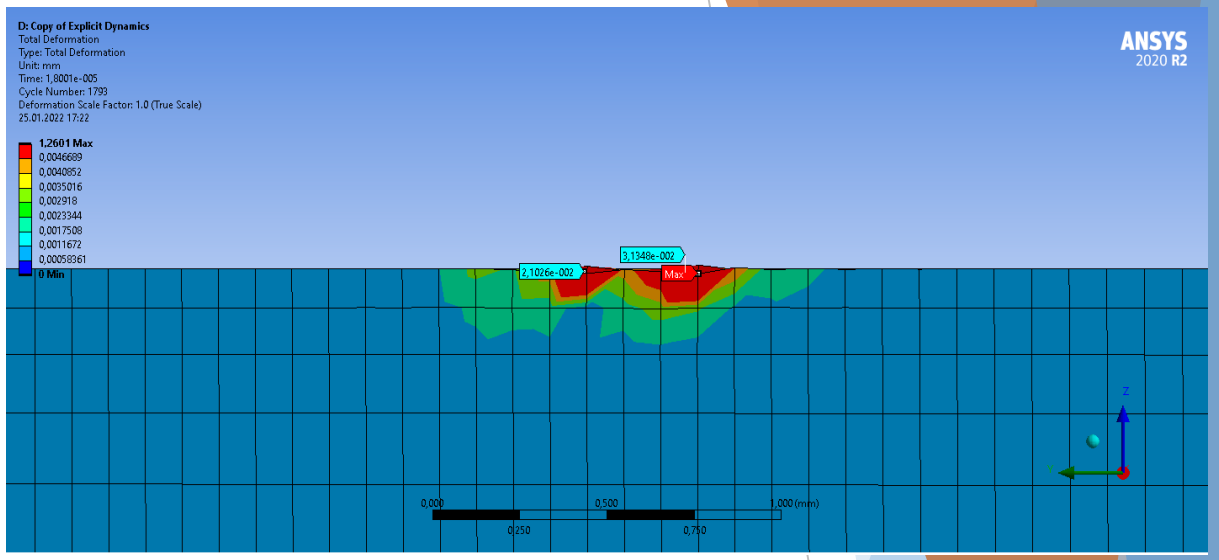

Рис.8. Общая деформация после обработки (5 шариков)

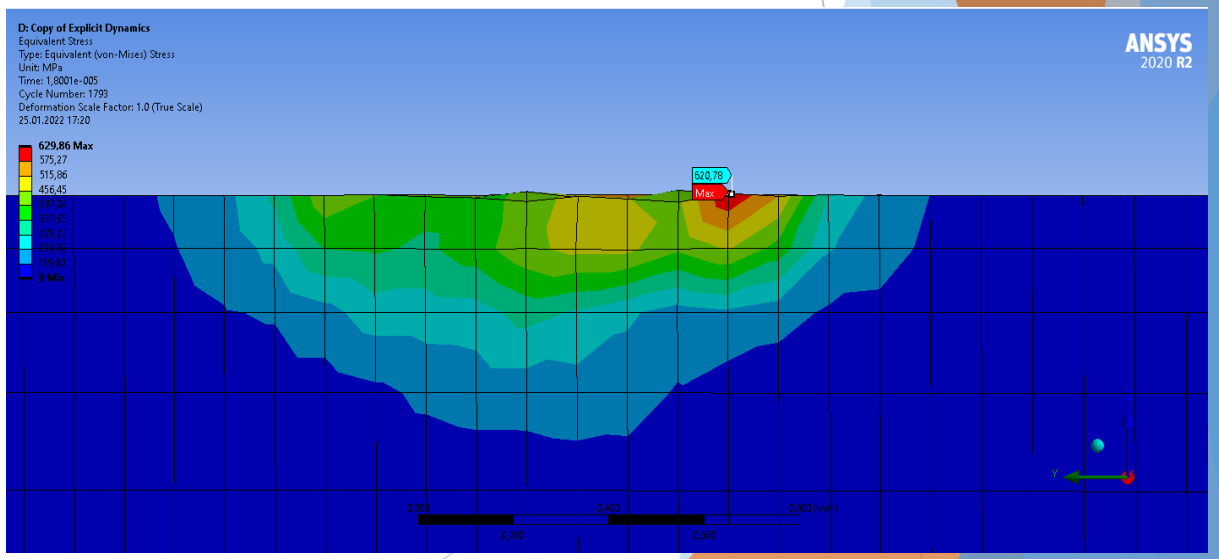

Рис.9. Напряжения, внесенные в обрабатываемую поверхность (5 шариков)

Общие выводы

	Модель 1 (400 микрошариков ударяющих по поверхности)	Модель 2 (5 микрошариков ударяющих в малую область)
Максимальная деформация, мм	$3{,}29 \cdot 10^{-2}$	$3{,}13 \cdot 10^{-2}$
Максимальные вносимые напряжения, МПа	614,55	620,78

Табл. 2. Сравнительный результат расчета

В результате расчета наблюдается совпадение значений при постановке удара единичными шариками в точку и при многократном ударе по плоскости. Опираясь на эти данные, можно сделать следующий вывод: сходимость решения для обработки поверхности массированным обдувом микрочастицами соответствует результату полученному при расчете удара единичными микрошариками. Следовательно, применяя методы DEM-симуляции или фотограмметрии и моделируя поток необходимой геометрии и требуемых параметров, при необходимости регулируя его плотность для оптимизации расчета, проецирование микрочастиц с заданным вектором скорости на поверхность детали дает быстрый и наглядный результат обработки, что, изменяя вектор обдува, позволяет подобрать оптимальные положения сопла, скорости подачи смеси и величины вносимых напряжений.

Литературные источники

- 1. Ю.И. Кургузов, Д.А. Люшня Движение микрочастиц в воздушной среде при пневмодробеструйной обработке // Известия Самарского научного центра РАН. 2020. №3.
- 2. Д. В. Хаммонд, С. А. Мегид, Остаточные напряжения при дробеструйной обработке при распространении трещин, Eng. Фракт. мех. 37 (1990) 373–387.
- 3. С. Багерифард, С. Славик, И. Фернандес-Париенте, К. Паули, Ф. Мюклих, М. Гуальяно, Наноразмерная модификация поверхности нержавеющей стали AISI 316L путем жесткой дробеструйной обработки, Mater. Дес. (2016).
- 4. M. Marini, F. Piona, V. Fontanari, M. Bandini, M. Benedetti, A new challenge in the DEM/FEM simulation of the shot peening process: The residual stress field at a sharp edge, International Journal of Mechanical Sciences, Volume 169, 2020.