

Таким образом, численное моделирование процессов пластического деформирования является актуальным направлением развития промышленного производства изделий из металлов.

Л и т е р а т у р а

1. Губкин, С. И. Теория обработки металлов давлением : учебник / С. И. Губкин. – М. : Металлургиздат, 1947. – 532 с.
2. Мартьянов, Ю. В. Моделирование процессов сложной деформации металлов / Ю. В. Мартьянов, Ю. Л. Бобарикин // IV Республиканский форум молодых ученых учреждений высшего образования с международным участием : сб. материалов форума, Гомель, 18–20 мая 2025 г. / Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель, 2025. – С. 40–41.

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Н. Н. Мельников

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. В. Мартьянов

Отражено современное состояние, прикладные возможности и перспективные направления применения численного моделирования в металлургии и машиностроении.

Ключевые слова: метод конечных элементов, моделирование, выявление дефектов металла.

Подготовка технологии производства является важным этапом в процессе разработки новой продукции. Помимо проектирования детали согласно требованиям и стандартам инженеры должны убедиться, что деталь может быть изготовлена с заданной точностью с использованием существующего оборудования. Недостаточно спроектировать деталь и просчитать ее работоспособность в процессе жизненного цикла. Следует удостовериться, что эта деталь может быть с заданной точностью создана на существующем оборудовании – например, учесть эффекты обратного пружинения, остаточных деформаций, коробления детали. Требуется правильно спроектировать оснастку: матрицы, пуансоны, крепежный инструмент – и подобрать оптимальные режимы его работы, разработать техническую документацию на процессы.

Изучение изменений различных технологических процессов на реальных устройствах имеет множество недостатков (например, невозможность масштабного изменения параметров устройства, возможность ошибок устройства при отладке и т. д.). В связи с этим оптимизация существующих производственных процессов и внедрение в производство новой продукции требует значительных вложений времени, материалов.

В настоящее время существует множество методов имитационного моделирования. Из них метод конечных элементов (МКЭ) является наиболее популярным методом моделирования и решения инженерных задач. В математическом плане метод относится к группе вариационно-разностных. Строгое доказательство таких важных свойств как устойчивость, сходимости и точности метода осуществляется в соответствующих разделах математики и часто является сложной задачей.

В общем случае алгоритм МКЭ состоит из следующих трех стадий [1]. Процедура метода конечных элементов состоит в следующей последовательности шагов:

1. Препроцессорная стадия (подготовка данных), которая включает:
 - анализ исходных данных и выбор расчетной схемы;
 - задание геометрических форм и размеров объекта в соответствии с выбранной расчетной схемой;
 - задание физических свойств среды;
 - выбор типов используемых конечных элементов;
 - дискретизация объекта на конечные элементы (рис. 1);
 - задание граничных условий.
2. Процессорная стадия (решение), включающая:
 - определение компонент глобальной матрицы и глобального вектора по параметрам конечных элементов и известным внешним воздействиям;
 - преобразование системы уравнений с учетом граничных условий;
 - решение системы уравнений относительно вектора неизвестных узловых переменных.
3. Постпроцессорная стадия (анализ решения):
 - вычисление предусмотренных постановкой задачи выходных параметров (деформаций, скоростей деформаций, напряжений, сил, работы деформирования) по полученным значениям неизвестных узловых переменных.

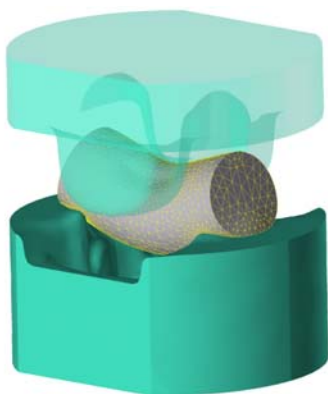


Рис. 1. Дискретизация объекта на конечные элементы

Приведенная последовательность характерна для решения линейных задач. В том случае, если в задаче есть существенные нелинейности (например, наличие контактов – геометрическая нелинейность, пластичность – физическая нелинейность), то процесс решения осуществляется за несколько шагов, на каждом из которых выполняется итерационное решение.

При моделировании технологических процессов можно учитывать реальную кинематику оборудования любой сложности и типа, различные модели материала (упругие, пластичные, с учетом упрочнения и т. д.), трение и контакт между инструментами и деталями, а также самоконтакт в формирующейся детали для прогнозирования образования складок, утяжин металла (рис. 2), термодинамику процесса и др. [2].

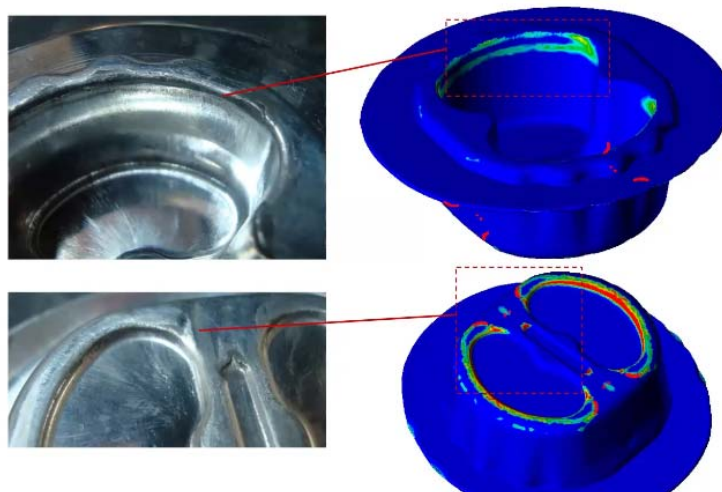


Рис. 2. Выявление возможных дефектов
в процессе моделирования

Использование численного моделирования технологических процессов может привести к значительной экономии средств, поскольку моделирование процесса и выбор оптимальных параметров работы оборудования необходимы до принятия окончательного решения по технологическому оборудованию и организации производства.

Наиболее перспективные разработки и примеры их применения в области численного моделирования технологических процессов дают основу для увеличения доли информационной составляющей систем инженерного анализа и математического моделирования в структуре программ подготовки специалистов инженерного профиля.

Ожидается, что в ближайшем будущем резко возрастут масштабы и эффективность прикладного использования численных методов и моделей в металлургии, машиностроении и смежных отраслях. Не исключается интеграция с ИИ и машинным обучением. Нейросети обучаются на результатах тысяч готовых расчетов и затем мгновенно выдают близкий к точному результат для новых параметров. По сравнению с традиционным методом это значительно уменьшит время расчетов, что в условиях быстро меняющегося производства является ключевым фактором.

Таким образом, численное моделирование – это мощный инструмент для проектирования процессов формоизменения, который позволяет увидеть ошибку на этапе проектирования. Такие особенности дают современным инженерам возможности быстро адаптировать оснастку под технологические процессы деформации.

Л и т е р а т у р а

1. Одарченко, И. Б. Математическое моделирование металлургических и литейных процессов : учеб. пособие / И. Б. Одарченко, В. А. Жаранов, И. Н. Прусенко ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – 272 с.
2. Губкин, С. И. Теория обработки металлов давлением : учебник / С. И. Губкин. – М. : Металлургиздат, 1947. – 532 с.