

УДК 621.7.01

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОГРАММЕ QFORM В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Мышечкин А.А., Скрипник С.В.

МИРЭА – Российский технологический университет г. Москва, Россия, skripnik53@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрен опыт использования моделирования в программе QForm в учебном процессе и разработке технологических процессов пластической деформации. Представлены результаты моделирования технологического процесса.

Ключевые слова. Цифровое моделирование, пластическая деформация, металл, переход, температура, дефект, программа QForm.

В последнее время в связи с быстрым обновлением моделей и типов выпускаемых машин, приборов, механизмов стоит задача ускорения и повышения качества разработки различных технологических процессов. Для быстрой и качественной разработки многих процессов требуется высокая квалификация и опыт специалистов, а в ряде процессов некоторые параметры выбираются на основе интуиции специалиста. К числу таких процессов относятся процессы, основанные на пластической деформации металлов и сплавов. При использовании процессов пластической деформации их эффективность характеризуется такими показателями, как качество и точность получаемых изделий, коэффициент использования металла, сложность и стойкость применяемой оснастки, мощность требуемого оборудования. При разработке процессов пластического формоизменения для получения оптимальных результатов процесса необходимо правильно определить ряд технологических параметров процесса, значение которых выбирается в значительной степени на основе опыта специалистов. К таким параметрам при горячей штамповке относятся размеры исходной заготовки, радиусы закруглений поковки, выбор смазок, подогрев инструмента. Для снижения вероятности ошибок и выбора оптимальных параметров процесса в последнее время при разработке технологических процессов пластического формоизменения применяются методы цифрового моделирования.

На кафедре цифровых и аддитивных технологий РТУ МИРЭА в последнее время при проведении исследований процессов пластического формоизменения и подготовке специалистов (бакалавров, магистров) успешно используются программные комплексы QForm, основанные на методе конечных элементов и позволяющие моделировать формоизменение металлов с учетом действия различных факторов [1,2]. QForm позволяет наиболее полным образом использовать преимущества процессов пластического формоизменения, такие как высокая производительность, получение деталей сложной формы с малыми допусками, заданной структурой и высокими механическими характеристиками. Программа позволяет также моделировать течение металлов в сложных штампах и своевременно предсказывать возможные дефекты (незаполнение штампа, складки, прострелы, трещины)

при разработке технологии формоизменения сложного изделия специалистом. Использование цифрового моделирования в учебном процессе способствует более глубокому освоению изучаемых курсов и повышению качества обучения.

В настоящей работе цифровым моделированием в программе QForm студентами кафедры цифровых и аддитивных технологий разработан и исследован технологический процесс горячего объемного формоизменения детали «Фланец» (рисунок 1). Материал поковки – сталь 45.

В соответствии с известными методиками были определены размеры исходной заготовки: $D_3 = 60\text{мм}$, $L_3 = 120\text{мм}$. На основе конструктивно-технологического анализа установлено, что данную деталь можно получить по двум схемам:

1. Осадка заготовки до высоты 75 мм, окончательное формоизменение детали за один переход;

2. Осадка заготовки до высоты 75 мм, формоизменение за два перехода. Температура нагрева выбрана 1200 °С. Исследовалось также влияние условий трения на ход технологического процесса.

В соответствии с методикой моделирования [1] была подготовлена оснастка, введены исходные данные. Моделирование проводилось с использованием закона трения Леванова со стандартными параметрами, фактор трения $m=0.4$. В качестве смазки выбрана смесь графита с водой. Температура подогрева инструмента принята 200 °С. Сопrotивление деформации стали при заданной температуре горячей деформации в зависимости от степени и скорости деформации принимается из базы данных программы QForm. В процессе моделирования использована трехмерная задача.

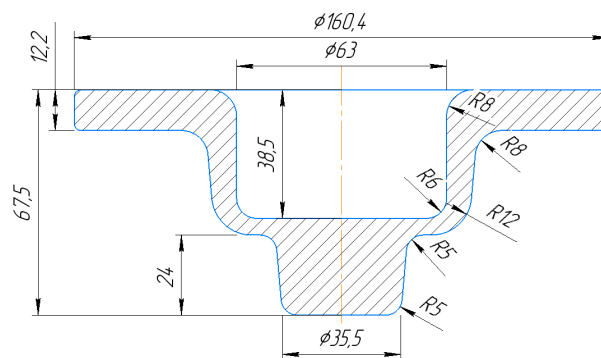


Рисунок 1 – Деталь «Фланец»

Результаты моделирования характера формоизменения заготовки в процессе штамповки детали за один переход представлены на рисунок 2.

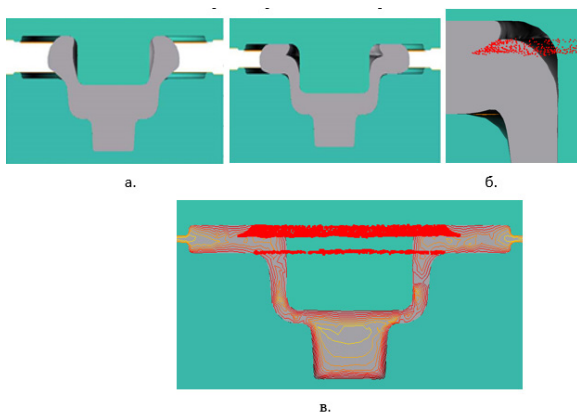


Рисунок 2 – Формоизменение заготовки и образование дефекта при штамповке детали за один штамповочный переход

Анализ результатов показывает, что при заполнении полости штампа при формообразовании детали за один переход происходит образование складок на поверхности контакта детали с верхним штампом. Причиной образования складок является характер формоизменения в процессе штамповки. В начальной стадии процесса (рисунок 2а) происходит открытая прошивка отверстия и подъем металла со значительным искажением боковой поверхности и отходом его от пуансона. На следующих стадиях (рисунок 2а, б), одновременно происходит дальнейшее выдавливание металла из полости нижнего штампа и формообразование фланца поковки свободной осадкой образовавшейся кольцевой заготовки. В процессе осадки кольцевой заготовки, вследствие разного направления вектора скорости в стенке и фланце детали, происходит изгиб боковой стенки и потеря устойчивости заготовки и, в начале, зарождение, а затем – образование значительной складки (рисунок 2б). При этом вследствие течения металла в верхний угол штампа и разного направления вектора скорости в стенке и фланце наблюдается также отход металла от поверхности штампа и в нижнем углу штампа с образованием складок (рисунок 2б). Деталь с выделенными дефектами и тепловыми полями показана на рисунке 2в.

Анализ течения металла показывает, что для исключения складкообразования необходимо предварительной деформацией оформить отверстие, чтобы исключить свободное течение металла и его отход от поверхности штампа и потерю устойчивости

THE EXPERIENCE OF USING MATHEMATICAL MODELING METHODS IN THE QFORM PROGRAM IN THE EDUCATIONAL PROCESS

A.A. Myshechkin, S.V. Skripnik

MIREA – Russian University of Technology, Moscow, Russia, Skripnik53@yandex.ru

Abstract. The experience of using digital modeling in the educational process and the development of technological processes of plastic deformation is considered. The results of modeling the technological process of hot stamping are presented.

Keywords. Digital modeling, plastic deformation, stamping, metal, temperature, defect, QForm program.

заготовки. На рисунке 3 показаны деталь после первого и второго переходов (а) и график изменения усилия на втором переходе (б).

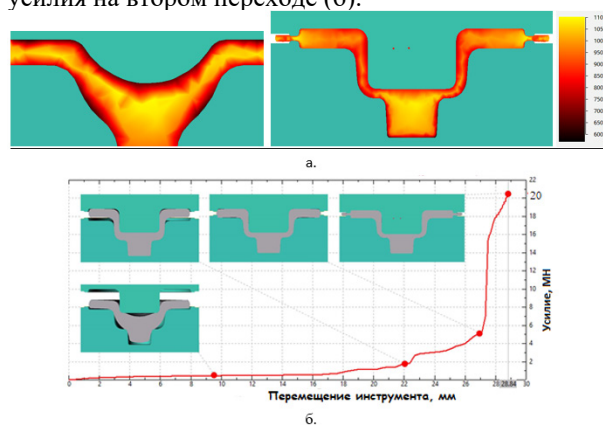


Рисунок 3 – Деталь после первого и второго перехода (а) и график изменения усилия на втором переходе

Анализ течения металла по стадиям процесса окончательного формоизменения детали на втором переходе (рисунок 3б) показал, что в этом случае складкообразования и других дефектов в получаемой детали не происходит. Технологическое усилие на втором переходе составляет 20,2 МН. Температура по сечению поковки на втором переходе (рисунок 3а) колеблется от 1100 до 750 °С, т. е. соответствует диапазону температуры горячей деформации, данной стали. Экспериментальное исследование разработанного технологического процесса подтвердило результаты цифрового моделирования.

Анализ полученных результатов показывает, что использование цифрового моделирования в учебном процессе и на практике способствует повышению качества обучения и дает возможность ускорить освоение изучаемого материала и освоить компетенции, позволяющие разрабатывать качественные технологические процессы на практике. Программа позволяет своевременно выявлять возможные дефекты.

Литература

1. Конечно-элементное моделирование технологических процессовковки и объемной штамповки: учебное пособие под ред. А.В. Власова /А.В. Власов, С.А. Стебунов, С.А. Евсюков, Н.В. Биба, А.А. Шитиков. –М.: изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. –383с.
2. Мышечкин А.А., Юсупов В.С., Преображенская Е.В., Скрипник С.В. Моделирование процесса горячей штамповки оправки прошивного стана. – Ж. Сталь, №10, 2022г., с.30–34.