

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЛИСТОВОЙ ДЕТАЛИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ КОНСТРУКЦИИ С УЧЁТОМ ИНСТРУМЕНТОВ AUTODESK INVENTOR

Суходолов И.А., Павлюченко З.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Гиль С.В. – к.т.н., доцент, доцент кафедры ИКГ

Аннотация. Работа посвящена анализу влияния параметров сгиба на технологичность листовой детали и возможностям инструментов Autodesk Inventor, применяемых при моделировании таких изделий. Рассматриваются два варианта конструкции – с минимальными и увеличенными радиусамигиба. Особое внимание уделено тому, как выбор команд и настроек Inventor влияет на корректность развертки, качество формообразования и удобство дальнейшего производства.

Ключевые слова: технологичность конструкции, Autodesk Inventor, листовая деталь, развертка, гибка

Введение. В последние годы наблюдается рост интереса к трехмерному моделированию изделий из листового металла, таких как корпуса, панели и кожухи, что связано с необходимостью повышения эффективности производственных процессов. Технологичность конструкции является одним из ключевых свойств изделия, определяющих возможность его изготовления с минимальными затратами при сохранении требуемого качества. В соответствии с ГОСТ 14.205-83 технологичность определяется как «совокупность свойств конструкции изделия, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте» [1].

Таким образом, результаты данного исследования могут быть использованы для улучшения процессов проектирования и производства изделий из листового металла, что, в свою очередь, будет способствовать повышению конкурентоспособности предприятий в данной области.

Основная часть. В данной работе рассматриваются два варианта одной и той же листовой детали, отличающиеся величиной радиусовгиба:

- 1 Вариант А – минимально допустимые радиусыгиба (Равные толщине детали).
- 2 Вариант Б – увеличенные радиусыгиба. (Увеличены в 3 раза).

Вариант А: Минимальные радиусы



Рисунок 1 – Вариант А – развертка с минимально допустимыми радиусамигиба

Вариант Б: Увеличенные радиусы



Рисунок 2 – Вариант Б – развертка с увеличенными радиусамигиба

Листовые детали формируются из плоской заготовки путём гибки по заданным линиям. Основные параметры, влияющие на технологичность: толщина материала, минимально допустимый радиусгиба, количество гибов и их взаимное расположение, точность развертки, необходимость компенсации пружинения, доступность инструмента при гибке.

Autodesk Inventor предоставляет специализированный набор команд для создания и редактирования листовых деталей. Каждая команда имеет диалоговое окно, где можно задать параметры сгиба, тип расчёта развертки и метод компенсации пружинения. Это критически важно для оценки технологичности.

Среди основных команд: Flange (Фланец) – создание базового изгиба от кромки, Contour Flange (Фланец по контуру) – построение сложного профиля по эскизу, Edge Flange (Отбортовка) – усиление кромок, Bend (Сгиб) – добавлениегиба между участками, Lofted Flange (Лофтированный фланец) – переход между разными профилями [2]. В каждой из них задаются радиус, угол, направление, а также тип сгиба: от внутренней поверхности, от наружной или двунаправленный. Дополнительно можно задать коэффициент K-factor, метод расчёта развертки (по таблице, по формуле, по умолчанию), а также параметры компенсации пружинения и тип инструмента.

Для данного исследования наиболее важным является диалоговое окно настройки фланца, а именно параметр «Положение сгиба». Он определяет, как материал будет деформироваться:

- от внутренней поверхности: внутренний радиус сохраняется, внешний растягивается;
- от наружной поверхности: наружный радиус сохраняется, внутренний сжимается;
- двунаправленное (относительно базовой кромки): сгиб формируется симметрично.

Выбор этого параметра напрямую влияет на итоговую длину развертки и, как следствие, на точность раскроя заготовки.

Таблица 1 – сравнение вариантов сгиба

Показатель	Вариант А (минимальные радиусы)	Вариант Б (увеличенные радиусы)
Стабильность геометрии развертки	Высокая чувствительность к параметру «Положение сгиба». Смена положения (внутри/наружу) даёт значительное изменение площади развертки.	Низкая чувствительность к положению сгиба. Изменение положения слабо влияет на итоговые габариты развертки, что упрощает подбор заготовки.
Учет пружинения	Компенсацию пружинения (угла отскока материала) сложно заложить в модель, требуются отдельные расчеты и корректировка угла вручную.	Меньшая упругая деформация. Угол после гибки ближе к заданному в модели, что снижает необходимость корректировки.

Продолжение таблицы 1

Визуальный контроль дефектов	Инструмент «Анализ углов» и «Эпюры напряжений» (при наличии соответствующих модулей) покажет зоны экстремального растяжения/сжатия на внешней сторонегиба.	Зоны деформации визуально более гладкие, эпюры напряжений показывают равномерное распределение нагрузки по зонегиба.
Сложность инструмента	Модель требует применения в производстве специальных пуансонов с малым радиусом, что усложняет подбор оснастки по каталогам стандартных инструментов [5].	Модель совместима с большинством стандартных радиусов пуансонов, что ускоряет переход от проектирования к производству [5].

Вариант А – минимальные радиусыгиба ($R = t$). Минимальный радиусгиба выбирается исходя из толщины материала и его пластичности [4]. Такой вариант обеспечивает компактность детали, но вызывает ряд технологических ограничений: требуется более точное оборудование, повышается риск появления трещин на внешнем слое, возрастает чувствительность к погрешностям развертки, возможна необходимость применения специальных пуансонов.

Вариант Б – увеличенные радиусыгиба ($R = 3t$). Увеличение радиусагиба приводит к: снижению напряжений в зоне деформации, уменьшению вероятности дефектов, повышению стабильности размеров, упрощению развертки [4]. Однако увеличенные радиусы могут ухудшить компоновку изделия и увеличить габариты.

Заключение. Проведённое моделирование показало, что увеличенные радиусыгиба значительно повышают технологичность детали. Вариант с минимальными радиусами требует наличия специальных инструментов, чувствителен к погрешностям развертки и даёт высокий риск брака из-за пружинения. Вариант с увеличенными радиусами, напротив, обеспечивает стабильность геометрии, позволяет использовать стандартное оборудование и снижает число производственных корректировок. Таким образом, при отсутствии жестких компоновочных ограничений предпочтительно применять увеличенные радиусыгиба – это оптимальное сочетание качества и производственной эффективности [3].

Список литературы

1. ГОСТ 14.205–83. Система технологической подготовки производства. Технологичность конструкции изделия. Термины и определения.
2. Autodesk Inventor Help – Sheet Metal Design
3. Кузнецов В. Е., Левин И. М. Технологичность конструкций машин. – М.: Машиностроение, 2005.
4. Горячев А. М. Технология обработки листового металла: гибка, штамповка, резка. – СПб.: Питер, 2016.
5. Шепелев В. П. Проектирование технологических процессов изготовления деталей. – М.: Форум, 2017.

UDC 004.94 + 621.98

EVALUATION OF THE PROCESSABILITY OF A SHEET PART IN VARIOUS DESIGN OPTIONS USING AUTODESK INVENTOR TOOLS

Suhodolov I.A., Pavlyuchenko Z.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Gil S.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ECG

Annotation. This work is devoted to the analysis of the influence of the bending parameters on the processability of a sheet part and the capabilities of the Autodesk Inventor tools used in the modeling of such products. Two design options are considered: with minimal and increased bending radii. Special attention is paid to how the choice of Inventor commands and settings affects the correctness of the unfolding, the quality of shaping, and the convenience of further production.

Keywords: design technology, Autodesk Inventor, sheet part, unfolding, bending