

УДК 621.7.044

В.В. ТРЕТЬЯК, И.В. КЛЫГИНА, А.Ю. КОМАРОВ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского "ХАИ", Украина

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИЕМОМ

Рассматриваются вопросы математического моделирования импульсных процессов с использованием специальных приемов. Предложен алгоритм расчета деформационных полей листовых деталей при импульсном деформировании с использованием специальных приемов. Произведено сравнение теоретических и практических результатов расчета. Предложены технологические рекомендации при проектировании технологических процессов.

импульсные технологии, специальные приемы, деформационная модель, этапы деформирования, математическое моделирование, конструкторско-технологические признаки

В настоящее время накоплен значительный практический опыт использования импульсной штамповки для изготовления различных деталей авиационной и других отраслей. Ряд предприятий авиационной промышленности штампуют детали различной конфигурации. К ним можно отнести днища, обечайки, кожуха, панели и др.

В настоящее время предложено немало приемов (рис. 1), расширяющих возможности новых процессов, проводятся исследования поведения металла при импульсной штамповке [1, 2].

В определении возможностей процессов данные зачастую противоречивы, не учитывают влияния конструкторско-технологических признаков на максимальные деформации деталей из различных металлов, вследствие чего в настоящее время не существует однозначного подхода к расчету деформированного поля для раннего этапа проектирования конструкции детали.

Значительная доля авиационных деталей имеет следующие параметры:

- относительная высота $0 < \bar{H} = H/B \leq 0,5$;
- угол наклона стенки $0 \leq \alpha \leq 45^\circ$;
- относительный радиус сопряжения дна со стенкой $0 \leq \bar{r} = r/H \leq 1$;

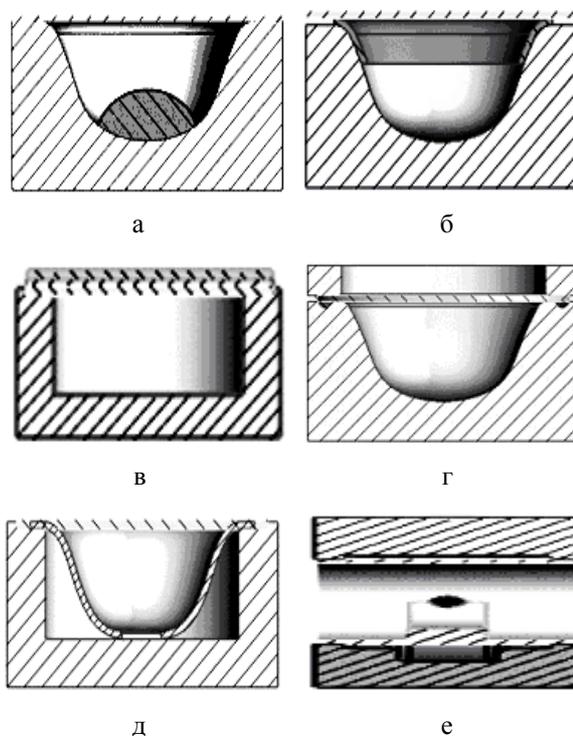


Рис. 1. Специальные приемы:
а – набор материала;
б – совмещение операций;
в – обкладка;
г – перетяжные ребра;
д – технологические окна;
е – кумулятивная выемка

- радиус сопряжения в плане $H < R < 5H$.

Для определения значимости каждого из признаков в общей картине деформирования используются упрощенные деформационные модели, связываю-

щие максимальные деформации с технологическими признаками.

Экспериментальные данные подтверждают, что процесс деформирования рационально можно разделить на 3 этапа и рассматривать их изолированно, не учитывая влияния предистории деформирования.

Максимальную деформацию можно определить интегрально, как результат наложения деформаций на трех этапах деформирования.

1 этап. Деформирование свободно провисающего участка материала до касания куполом дна матрицы (рис. 2, а).

2 этап. Растекание купола по дну матрицы. Этот

этап заканчивается в момент образования пространственного равностороннего угла (рис. 2, б).

3 этап. Вытяжка и калибровка угловой зоны (рис. 2, в).

Исходя из геометрического анализа элементов листовой детали, можно отметить, что практически для всех элементов листовой детали можно выделить наличие хотя бы одного из трех этапов деформирования.

Исследования подтверждают, что максимальные деформации находятся в угловой зоне контакта и в зависимости от нагрузки могут значительно уменьшать свое значение при использовании различных технологических приемов.

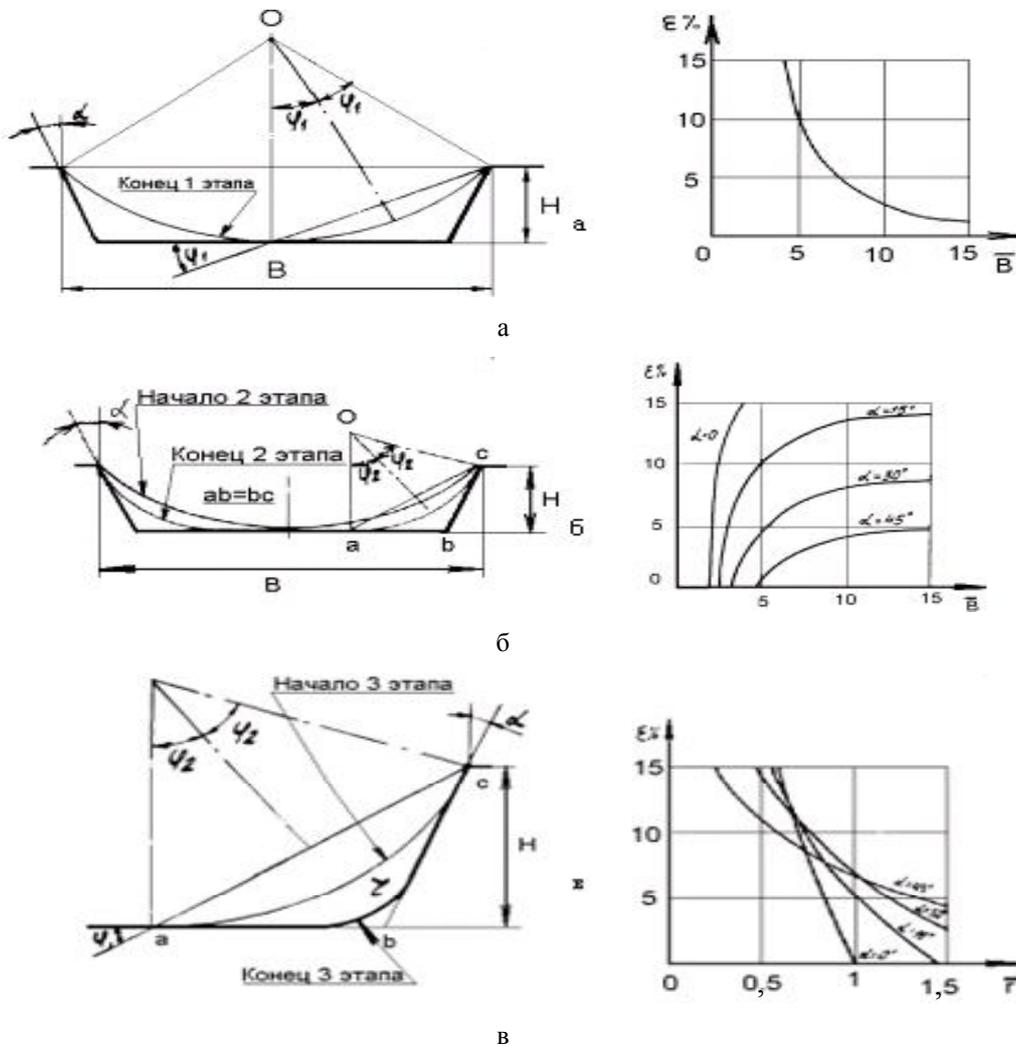


Рис. 2. Этапы деформирования и накапливаемые деформации

Технологические приемы решают задачу изменения критических параметров деформированного состояния деталей, полученных при формообразовании по соответствующим схемам штамповки.

Использование этих приемов обеспечивает более равномерные поле деформации детали, при этом снижается величина критических деформаций на опасных участках заготовки.

Экспериментальными исследованиями подтверждена данная математическая модель для расчета деформаций и распределение деформаций на дне ячеек по различным признакам детали.

В экспериментах использовались многозарядная и много переходная схемы штамповки, вырез технологических окон, использовались различные варианты обкладок.

На I этапе деформирования характерно незначительное значение деформации, поэтому даже при использовании различных специальных приемов деформации практически мало изменяются и близки к расчетным (рис 3, а).

По мере растекания пятна контакта максимальные деформации наблюдаются на границе пятна контакта (рис.3, б).

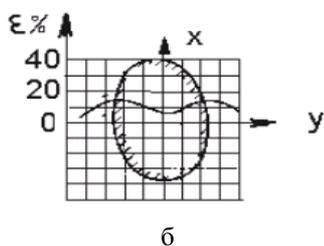
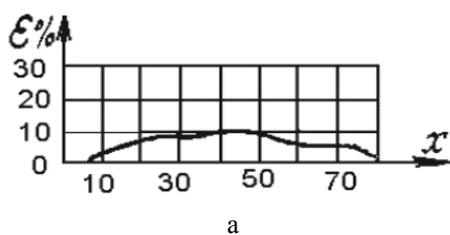


Рис. 3. Распределение деформаций по мере растекания купола:
а – распределение деформаций по заготовке в конце I этапа;
б – деформации в пятне контакта

В зоне, приближенной к периферийной части ячейки, характерно уменьшение деформации за счет подачи материала для данных типоразмеров матрицы и материала.

Установлено, что при многократном нагружении зоны контакта заготовки с матрицей происходит практически равномерное увеличение деформаций в пятне контакта.

Увеличение числа переходов способствует более интенсивной деформации в пятне контакта и соответственно снижает максимальную деформацию угловой зоны.

При многократном нагружении на заготовке остаются линии деформаций с четко выраженной границей пятна контакта на каждом переходе. Использование технологических окон позволяет фактически либо ликвидировать, либо свести к минимуму деформации третьего этапа, как наиболее интенсивных и опасных.

Аналогичную картину можно наблюдать и для использования обкладки.

На рис. 4, а, б, в показано расчетное максимальное и сниженное значение деформаций за счет использования специальных приемов.

При штамповке деталей импульсными методами возможны случаи:

- ограничение по пластичности;
- ограничение по утонениям.

Исходя из этого можно выделить критерии степени технологичности:

$$T_1 = \frac{\varepsilon_{im}}{[\varepsilon]} ; T_2 = \frac{\varepsilon_{3m}}{[\varepsilon]} ,$$

где ε_{im} – максимальная интенсивность деформации детали; $[\varepsilon]$ – предельная равномерная деформация при линейном растяжении материала заготовки; ε_{3m} – максимальная деформация утонения материала; ε_3 – допустимые технические условия на утонение материала.



Рис. 4. Выравнивание поля деформаций специальными приемами:
 а – за счет использования технологических окон 1-3;
 б – за счет увеличения числа переходов;
 в – за счет использования подкладки

Первый критерий T_1 показывает число промежуточных термообработок и минимальное число штамповочных переходов, равное ближайшему целому числу.

Второй критерий T_2 определяет возможность получения детали рассматриваемым методом с заданной разнотолщиной.

Введение критериев технологичности позволяет объединить огромное количество комбинаций конструкторско-технологических признаков в меньшее число типовых групп по их величине либо по числу переходов и термообработок.

Разработаны алгоритм и программа для расчета деформационных полей, определения числа переходов и термообработок детали типа панель жесткости.

Разработаны рекомендации для выравнивания деформационного поля и снижения максимальных деформаций для листовых деталей.

Данная методика использовалась в учебном процессе.

Метод расчета может быть использован на стадии конструкторского проектирования для оценки технологичности детали.

Поскольку в расчетах не участвуют данные, связанные с нагрузкой (а они могут оказывать существенное влияние на картину деформационного поля) данные расчеты являются прикидочными для самых неблагоприятных условий.

Использование специальных приемов позволяет снизить максимальные деформации до 30%, что существенно при выполнении технических требований на деталь.

Литература

1. Борисевич В.К. Тенденции и проблемы развития импульсных технологий // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і літакобудуванні: Темат. зб. наук. праць. – Краматорськ: ДДМА, 2002. – С. 16-20.
2. Борисевич В.К., Зорик В.Я. Совмещение методов импульсной обработки при закреплении труб в трубных досках // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. научн. тр. – Х.: ХАИ, 2000. – Вып. 22 (5). – С. 94-102.

Поступила в редакцию 1.06.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Я Мовшович. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».