

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИЛЫ ТРЕНИЯ ПРИ СЖАТИИ АЛЮМИНИЕВЫХ ЛИСТОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭФФЕКТА БАУШИНГЕРА

Шапиевская В.А. аспирант, Елисеев В.В. к.т.н., доцент, Елизаров Ю.М. к.т.н, Струкова А.В,
аспирант

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

Точность моделирования технологических операций листовой штамповки и проектирования формообразующей оснастки зависит в частности от учета пружинения заготовки. Для этого используют модели материалов, которые описывают эффект Баушингера и всю историю предшествующего нагружения.

В зависимости от вида моделируемой операции параметры эффекта Баушингера определяют испытаниями на растяжение-сжатие, сжатие-растяжение, реверсивное кручение и изгиб. Чаще всего испытания плоских образцов выполняют по программе: сжатие-растяжение. Выбор этого метода обусловлен, во-первых, равномерным распределением поля деформаций, во-вторых, надежностью определения пределов текучести материала на стадии реверсивного нагружения и, в-третьих, точностью построения кривых течения в координатах: эквивалентное напряжение – деформация. Обычно этот способ испытания используют при создании баз данных для конечно-элементного моделирования таких технологических операций, как обтяжка, вытяжка, раздача, дорнование и другие. К тому же сжатие-растяжение выполняется без промежуточных пауз, что повышает точность расчета параметров эффекта Баушингера.

На основании выше сказанного, задача исследования заключалась в повышении точности экспериментального определения параметров эффекта Баушингера. Особые сложности возникают при проведении испытания на сжатие в плоскости листа, так как потеря устойчивости зачастую происходит раньше появления пластической деформации. В этом случае требуется дополнительный боковой подпор образца, что в свою очередь снижает точность определения предела текучести материала при сжатии.

Эксперимент проводили на установке и образцах, представленных на рис.1. Механизм проведения эксперимента заключается в следующем. Образец 5 помещают в цилиндрический корпус установки 1 и фиксируют захватами 2 в трех точках. Подпор образца по всей длине осуществляется при помощи прижимных пластин 7. Контакт пластины с образцом осуществляется через тефлоновые прокладки толщиной 0.1мм. Поперечное усилие подпора образца создается винтовыми парами 4, укрепленными на планке 3. Момент завинчивания контролируется динамометрическим ключом. Схема установки штанг датчика перемещения 8 показана на рисунке. Деформирование образца осуществляется в два перехода. На первом этапе происходит сжатие до различных степеней деформации от 0,5 до 9%, затем следует растяжение до полного разрушения.

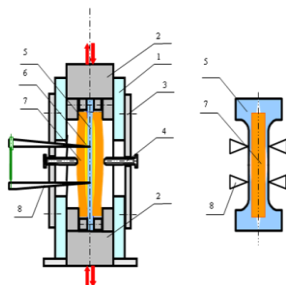


Рис.1 Схема установки для проведения испытания

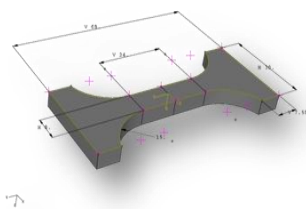


Рис.2 Модель образца

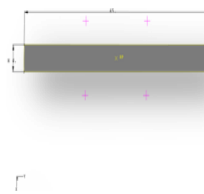


Рис.3 Модель прижима

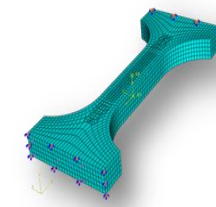


Рис.4 Модель в сборке

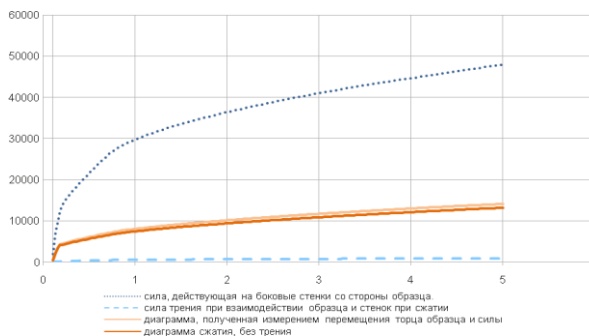


Рис.5

Проведение испытания на сжатие - растяжение позволяет определять такой параметр эффекта Баушингера, как функция наследственности, или функция Бакхауза. Для определения функции наследственности материал деформируется в два перехода по схеме: сжатие до деформации $e_{(1)}$ при напряжении $\sigma_c(e_{(1)})$ - растяжение до напряжения $\sigma_p(e)$.

Функция наследственности записывается в виде

$$\varphi(e - e_{(1)}) = \frac{\sigma_c(e) - \sigma_p(e)}{(1 - \beta(e_{(1)}))\sigma_c(e_{(1)})}; \quad (2)$$

где $\beta(e_{(1)})$ - зависимость параметра эффекта Баушингера от деформации первого перехода, которая хорошо описывается функцией аппроксимации

$$\beta(e_{(1)}) = \beta_m + (\beta_0 - \beta_m) \exp(-C_\beta e_{(1)}) \quad (3)$$

где $\beta_m, \beta_0, C_\beta$ - постоянные материала, которые определяются испытанием на сжатие - растяжение по методике, предложенной Г.Д.Делем[1]. Функция наследственности аппроксимируют уравнением:

$$\varphi = \exp(-\kappa(e - e_{(1)})) \quad (4)$$

где κ - параметр аппроксимации.

Моделирование процесса сжатия образца из алюминиевого сплава было произведено при помощи конечно-элементного пакета [Abaqus](#) для определения значения силы трения, с целью корректировки полученной зависимости кривой сжатия, и как следствие уточнение функции наследственности.

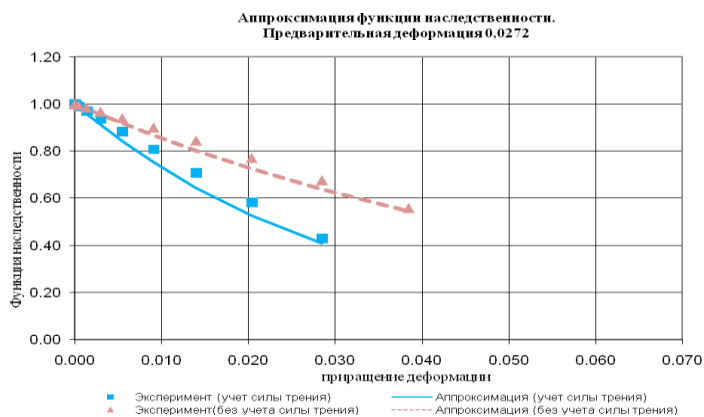
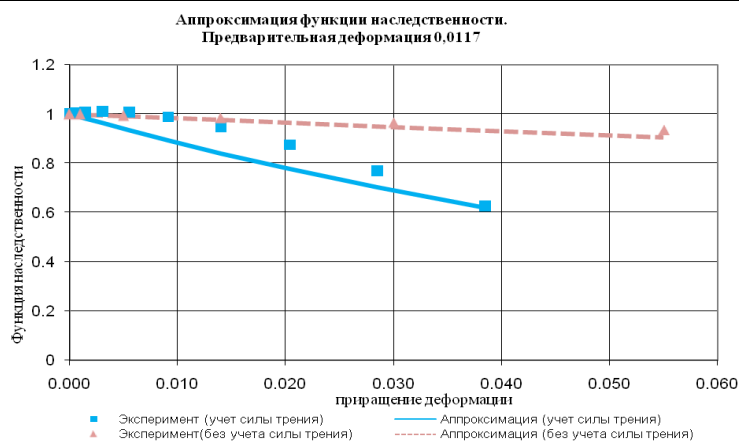
Для проведения моделирования были заданы граничные условия, геометрия образца и механические характеристики материала.

По результатам моделирования получены значения силы трения, влияющей на диаграмму сжатия. Для подтверждения предположения влияния трения на точность определения функции Баухауза были построены эти зависимости, используя кривые течения с учетом силы трения и без, рис. 6,7,8.

В таблице 1 представлены значения параметра аппроксимации для функции наследственности.

Таблица 1 Параметр аппроксимации функции наследственности

Предварительная деформация сжатия, e_1	0,0117		0,0272		0,0512	
Параметр аппроксимации k с учетом силы трения/без учета силы трения	12,418441	18,047930	31,375127	15,694427	14,442537	66,355061



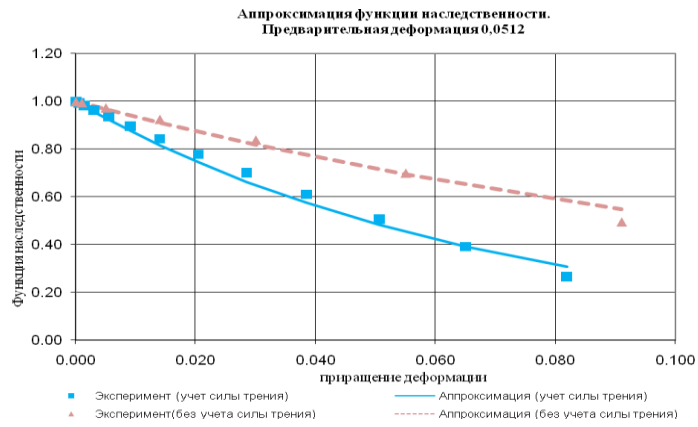


Рис. 8

Предложенная методика используется для определения параметров модели материалов и формирования баз данных в конечно-элементных расчетах технологий листовой штамповки. В результате, повышается точность определения параметров эффекта Баушингера, а значит, точность и надежность моделирования технологических операций и проектирования формообразующей оснастки.

Литература

1. Дель Г.Д. Технологическая механика.-М.:Машиностроение.-1978.-174с.