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.

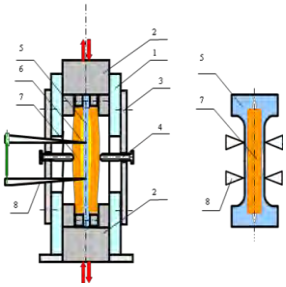

Рис.1 Схема установки для проведения испытания

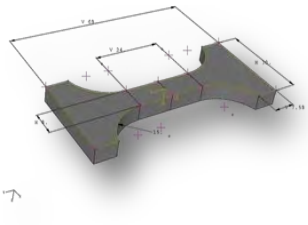

Рис.2 Модель образца

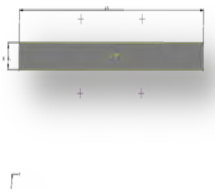

Рис.3 Модель прижима

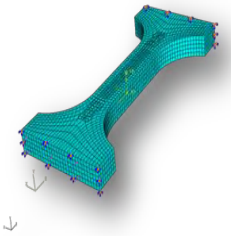

Рис.4 Модель в сборке

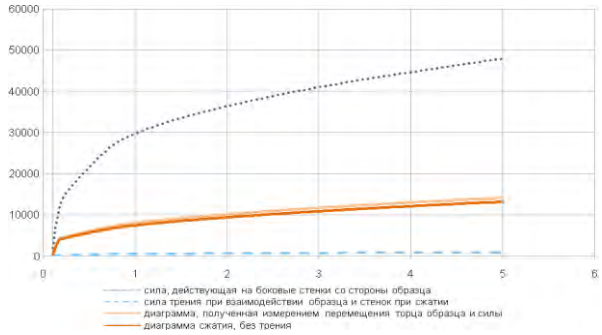

Рис. 5

Проведение испытание 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

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

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

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

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:

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

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 моделирование 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 Бакхауза 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

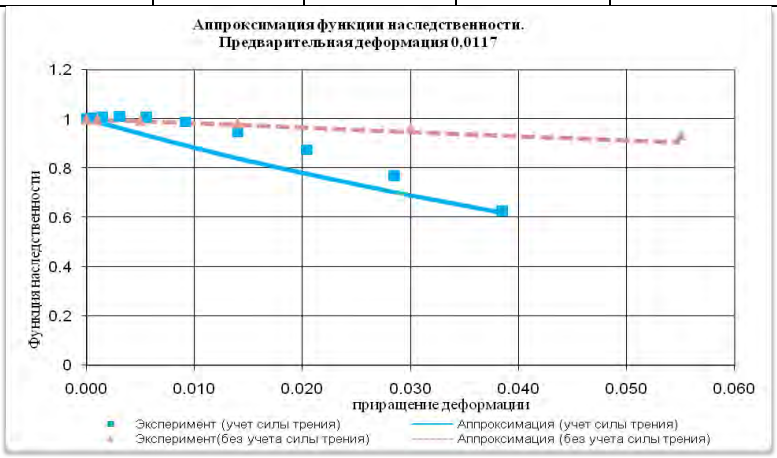

Рис. 6

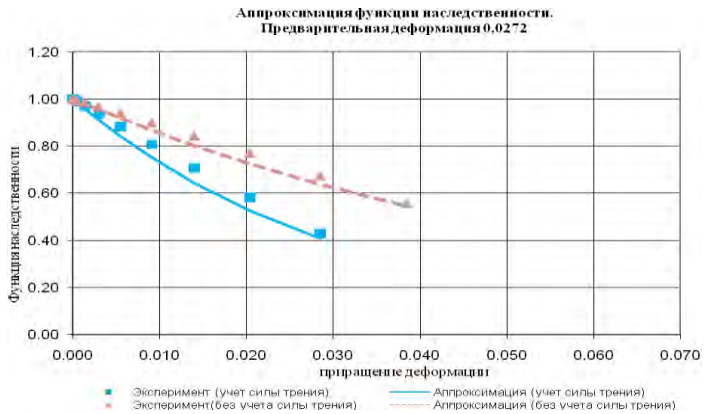

Рис. 7

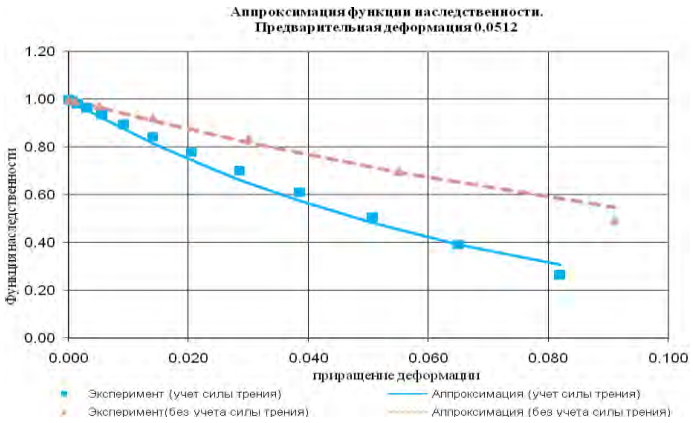

Рис. 8

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.