

## УДК 621.7.043

### Оптимизация процесса листовой штамповки детали «Щиток»

Сабирзянова Ирина Тимуровна

*Студент 5 курса,*

*кафедра «Технологии обработки давлением»*

*Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Ю.В. Майстров,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки давлением»*

Листовая штамповка широко используется в различных отраслях промышленности, особенно автомобилестроении, самолетостроении, ракетостроении и т.д. В работе рассматривается процесс изготовления детали «Щиток», использующейся в ракетостроении. Существующая технология включает в себя 11 основных операций, в том числе два перехода вытяжки и отбортовку на гидравлическом прессе с нагревом заготовки и раздачу на магнитно-импульсной установке. Данный процесс трудо- и времязатратный, поэтому целью работы стала оптимизация технологии.

Сплав, из которого изготавливается деталь является нестандартным, поэтому для математического моделирования необходимо создать реологию материала. Задание реологии определяется следующими экспериментальными исследованиями: построение кривой упрочнения, определение коэффициентов анизотропии, упругих свойств, коэффициентов трения и критерия разрушения – диаграммы предельного деформирования (FLD, ISO 12004).

Построение кривых упрочнения, а также определение упругих свойств материала осуществлялось на основе опытов на растяжение с разной скоростью деформирования образцов, вырезанных из листа под  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $90^\circ$  к направлению проката. На основе этих данных были выявлены участки монотонной деформации и проведены опыты на растяжение для определения коэффициентов анизотропии для построения модели условия пластичности Hill-48.

Диаграмма предельных деформаций определяет пределы формоизменения материала до разрушения для различных деформированных состояний (различные соотношения между  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ ). Деформированные состояния варьируются от одноосного растяжения до двухосного растяжения (формовка). Совокупность значений предельных деформаций при различных состояниях, полученных по результатам экспериментов, представлена в виде кривой предельных деформаций (forming-limit curve, FLC). Для построения FLC-диаграммы, согласно EN ISO 12004-2:2021, существуют 2 основных метода проведения испытаний: метод Наказимы (Nakajima) и метод Марчиньяка (Marciniak), в данной работе использовался второй, основанный на проведении процесса формовки (двухосное растяжение) образца пуансоном с плоским торцом до появления разрушения в исследуемой области, фланец при этом жестко зафиксирован. Во время опыта чтобы исключить трение между образцом и пуансоном кладут подкладку из более пластичного материала с отверстием в центре. Для построения диаграммы требуется получение значений предельных главных деформаций минимум для 6 различных деформированных состояний, включая плоское деформированное состояние (ПДС), при котором одна из главных деформаций равна нулю. Различные комбинации деформаций достигаются за счет испытаний образцов отличающихся по форме предварительно изготовленного выреза. С помощью предварительно нанесенной маркировочной сетки и оптической системы фиксировались перемещения и после с помощью программы рассчитывались деформации.

Определение коэффициентов трения выполнялось при помощи специальной оснастки, закрепленной в испытательной машине, в которую помещали плоскую прямоугольную заготовку, обезжиренную или с нанесенным смазочным материалом. Образец зажимался между двумя стальными прокладками с определенным давлением и протягивался через них, после чего расчетным путем был определен коэффициент трения.

Технологический процесс, разработанный с применением математического моделирования в программном комплексе QForm, содержит необходимое (меньшее) количество технологических переходов и обеспечивает получение качественных деталей.

### **Литература**

1. Хилл Р. Математическая теория пластичности: пер. с англ. Э.И. Григолюка – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1956. – 407 с.
  2. EN ISO 12004-2.2021
-