

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНИЗОТРОПИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА ПРУЖИНЕНИЕ ОБШИВОК ПОСЛЕ ОБТЯЖКИ

И.Н. ПЕТРОВ, С.В. СУРУДИН, Я.А. ЕРИСОВ

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева
E-mail: ilpetrof110895@yandex.ru

Освоение новых процессов формообразования обтяжкой высокотехнологичных обшивок летательных аппаратов из алюминиевых сплавов требует надежных знаний о их механических свойствах, а также их анизотропии. Кроме того, необходимы сведения о влиянии реологических свойств деформируемых материалов на напряженно-деформированное состояние очага деформации, определяющее характер развития деформации в этих процессах и формирующее качество готового изделия. Имеются работы последних лет, посвященные решению частных технологических задач по совершенствованию процессов формообразования обтяжкой, в которых вопрос о влиянии анизотропии механических свойств затрагивается слабо, либо не затрагивается совсем [1-3].

При этом один из важнейших параметров процесса обтяжки, пружинение готовой обшивки является следствием не только кинематических параметров формообразования, но и неконтролируемых факторов, таких как, неодинаковое внешнее трение, неодинаковое реологическое поведение деформируемого материала, задаваемое анизотропией свойств листовых полуфабрикатов.

В связи с этим для изучения влияния анизотропии свойств на пружинение в данной работе проведено компьютерное моделирование процесса обтяжки в программном комплексе RAM-STAMP 2G.

Моделируемая схема обтяжки осуществляется в следующей последовательности. Заготовка предварительно растягивается и обертывается вокруг обтяжного пуансона, а затем подвергается дополнительному растяжению с целью вывода всех ее элементов за предел текучести.

Для оценки влияния анизотропии свойств на пружинение применялось центральное композиционное планирование, которое включает полный и дробный факторный эксперименты и некоторое число дополнительных опытов, зависящее от числа факторов. В качестве переменных факторов модели использовались механические свойства материала: предел прочности σ_B , предел текучести $\sigma_{0,2}$, равномерное относительное удлинение δ_p , коэффициенты поперечной деформации μ_{ij} . В качестве отклика использовалось значение перемещения кромок, центрального сечения обшивки (рис 1).

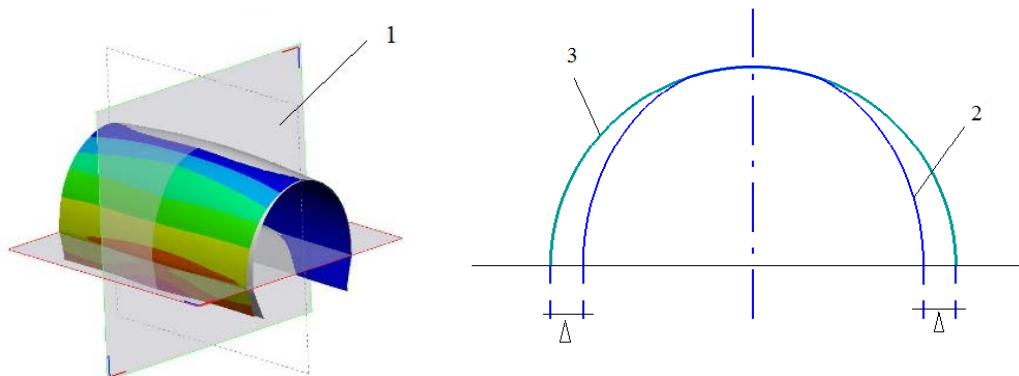


Рисунок 1 – Схема определения величины пружинения:
1 – центральное сечение, 2- обшивка до пружинения, 3 – обшивка после пружинения

Анализируя полученные зависимости можно отметить, что механические свойства влияют на значение пружинения не значительно в отличии от показателей анизотропии. Наименьшее пружинение будет в том случае, если деформирующее усилие приложено вдоль направления максимального показателя анизотропии (μ_1 и $\mu_{21} > 0,5$), а показатель анизотропии в поперечном направлении обтяжки близок к 0,5 ($\mu_{12} \approx 0,5$).

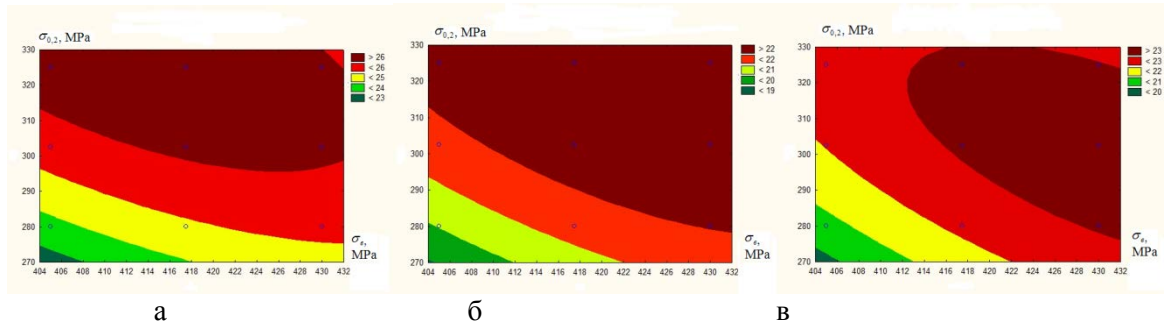


Рисунок 2 - Распределения величины пружинения в зависимости от механических свойств при постоянных показателях анизотропии ($\mu_{ij} = 0,5$): а - $\delta_p = 14\%$; б - $\delta_p = 16\%$; в - $\delta_p = 18\%$.

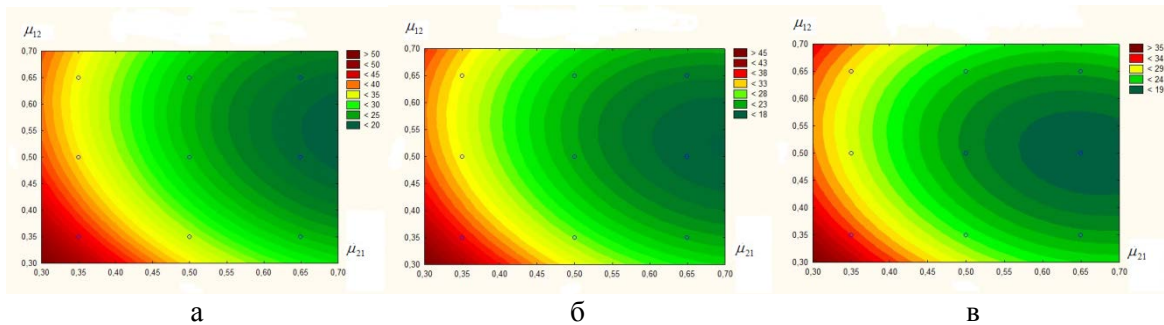


Рисунок 3 – Распределения величины пружинения в зависимости от уровня показателей анизотропии при постоянных механических свойствах ($\sigma_B = 417,5$ МПа, $\sigma_{0,2} = 302,5$ МПа, $\delta_p = 16\%$): а - $\mu_{21} = 0,35$; б - $\mu_1 = 0,5$; в - $\mu_{12} = 0,65$

Используя известные методы поиска глобального минимума [5], была определена оптимальная анизотропия механических свойств, обеспечивающая минимальное пружинение $\Delta = 14,53$ мм для данной схемы обтяжки обшивок из алюминий-литиевого сплава 1441: $\delta_p = 18\%$, $\mu_{21} = \mu_1 = 0,65$, $\mu_{12} = 0,47$ (σ_B и $\sigma_{0,2}$ не являются статистически значимыми факторами и не оправдывают влияния на величину пружинения).

Список литературы

1. Seo, Y.-H. Study on relationship between design parameters and formability in flexible stretch forming process / Y.-H. Seo, B.-S. Kang, J. Kim. // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. – 2012 – 13(10). – pp. 1797–1804.
2. Liu, W. Numerical simulation of multi-point stretch forming and controlling on accuracy of formed workpiece / Y.-Y. Yang, M.-Z. Li // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2010. – 50 (1–4). – pp. 61–66.
3. Малащенко, А.Ю. Конечно-элементное моделирование процесса изготовления гибридных листовых деталей / А.Ю. Малащенко // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – №4. – С. 40–43.
4. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. М.: Наука, 1989. – 432 с.