

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРАВЕРСЫ ПЕРЕДНЕЙ ОПОРЫ САМОЛЁТА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ РАБОЧЕГО РЕСУРСА ВПУ

Евдокимов Д.В., Алексенцев А.А., Ахтамьянов Р.М., Санхинес Лесама Ф., Лунин В.В.  
Самарский университет, г. Самара, dmitry.evd.ssau@gmail.com

*Ключевые слова: механическая обработка, резание, остаточные напряжения, прочность, деформация, геометрическая точность, конечно-элементный анализ, трещинообразование.*

С техническим развитием изделий машиностроения возрастает количество сложнопрофильных и труднообрабатываемых заготовок. Как правило, данная тенденция связана с конструктивным усложнением узлов и агрегатов, особенно ярко заметным в авиационной промышленности. Чаще всего, детали из данного производственного сегмента отличаются не только высокой трудностью их изготовления, но и трудностью обеспечения заданного ресурса работы.

Известно, что на ресурс детали будет влиять не только её конструктивная продуманность, но и качество её поверхностного слоя, сформированного на этапах технологического процесса. Исходя из этого, востребованными на производстве являются такие методики, которые позволяют определять на этапах проектирования детали величины параметров, с помощью которых возможно оценивать её ресурс. При этом, особенно важно, если методика дополнительно позволяет учитывать влияние технологических факторов, что, несомненно, оказывает положительное влияние на точность получаемых с помощью такой методики результатов.

В данной работе разрабатывалась методика, позволяющая оценивать напряжённо-деформированное состояние изделий от действия технологических остаточных напряжений. В качестве примера была рассмотрена траверса, представленная на рис. 1.

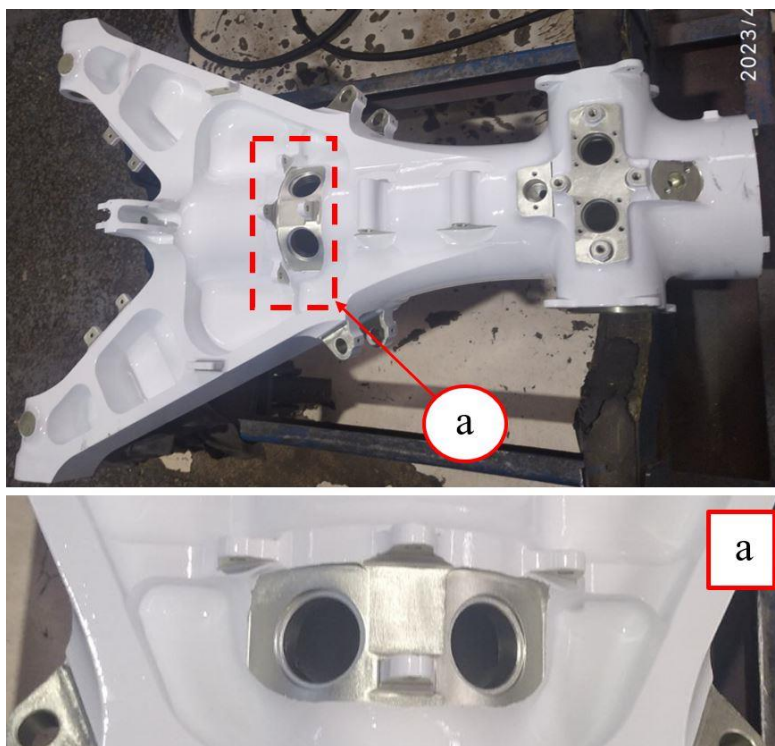


Рисунок 1 – Общий вид траверсы передней опоры отечественного перспективного самолёта и увеличенного изображения проблемного участка (а)

Рассмотренная траверса является деталью взлётно-посадочного устройства отечественного перспективного самолета и изготавливается она из ковочного алюминиевого сплава марки 1933.

Основной проблемой, связанной с эксплуатацией данной детали являлось возникновение трещин в месте установки кронштейнов, которое представлено в увеличенном виде на рисунке 1, а. Стоит отметить, что прочностной численный анализ статического и динамического нагружения траверсы показал достаточный коэффициент запаса по прочности для разрушающегося участка. Исходя из этого было принято решение уделить повышенное внимание технологическим операциям, применяемым при изготовлении траверсы. Анализ операций механической обработки разрушающейся зоны показал, что в поверхностном слое посадочных поясков отверстий (рис. 1, а) возникают растягивающие остаточные напряжения, что, несомненно, способствует процессу трещинообразования, тем самым снижая ресурс детали [1, 2].

Для решения данной проблемы стало обоснованным применение дробеструйного упрочнения проблемного участка с целью наведения в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений. На данном этапе важным было не только назначение оптимальных режимов упрочнения поверхностного слоя, но и отслеживание технологических деформаций изделия, чтобы деталь находилась в своих контролируемых размерах внутри допускаемых значений согласно конструкторской документации.

Для более детального анализа полей растягивающих остаточных напряжений, а также деформаций детали, которые они вызывают на этапах механической обработки, была разработана виртуальная конечно-элементная модель. Её особенностью является возможность оценки напряжённо-деформированного состояния изделия в зависимости от каждой применённой технологической операции для его изготовления в отдельности. При помощи разработанной модели был проведен численный эксперимент, в начале которого было получено напряжённо-деформированное состояние траверсы от действия растягивающих остаточных напряжений, сформированных в результате технологических операций лезвийной обработки. Была получена зависимость между величинами эквивалентных напряжений и деформации контрольных точек разрушающейся зоны траверсы от величины растягивающих остаточных напряжений, загружаемых в поверхностный слой посадочных поясков монтажных отверстий кронштейнов. Следующим шагом была загрузка полей сжимающих остаточных напряжений, которые формируются при дробеструйном упрочнении для различных режимов обработки [1, 2]. По его результату была также получена зависимость между величинами эквивалентных напряжений и деформации контрольных точек разрушающейся зоны траверсы от величины сжимающих остаточных напряжений, загружаемых в поверхностный слой посадочных поясков монтажных отверстий кронштейнов.

Таким образом, при помощи разработанной модели анализировались напряжённо-деформированные состояния траверсы, сформированные действием варьирующихся в зависимости от режимов обработки полей технологических остаточных напряжений. По результату исследования был выбран оптимальный режим упрочнения, который позволил увеличить рабочий ресурс траверсы взлётно-посадочного устройства.

### **Список литературы**

1. Yong L., Wann G., Wenbin Z., Dongsheng L. Review on residual stress and its effects on manufacturing of aluminium alloy structural panels with typical multi-process // Chinese Journal of Aeronautics, Chinese Society of Aeronautics and Astronautics & Beihang University. 2023. V. 36, № 4. PP. 324-327.
2. Cerutti X, Mocellin K. Influence of the machining sequence on the residual stress redistribution and machining quality: analysis and improvement using numerical simulations // Int J Adv Manuf Technol. 2016. V. 83. № 1. PP. 489-503.

### **Сведения об авторах**

Евдокимов Дмитрий Викторович, к.т.н., доцент кафедры технологий производства двигателей, доцент кафедры сопротивлений материалов, ведущий инженер АО «Авиаагрегат». Область научных интересов: процессы механической обработки, исследование функциональных параметров резания.

Алексенцев Артём Алексеевич, студент гр. 2410, инженер АО «Авиаагрегат». Область научных интересов: исследование влияния различных факторов на прочностные характеристики изделий.

Ахтамьянов Рамиль Маратович, аспирант кафедры сопротивления материалов Самарского университета, начальник отдела гидроагрегатов ОКБ АО «Авиаагрегат». Область научных интересов: прочностной анализ конструкций, методы поверхностного пластического деформирования. Оптимизация режимов ППД.

Санхинес Лесам Фидель, аспирант кафедры сопротивления материалов Самарского университета. Область научных интересов: прочностной анализ конструкций, методы поверхностного пластического деформирования. Оптимизация режимов ППД.

Лунин Валентин Валериевич, к.т.н., доцент кафедры сопротивления материалов, ведущий инженер АО «Авиаагрегат». Область научных интересов: исследование прочностных характеристик изделий в зависимости от параметров, характеризующих переменную нагрузку.

## **RESEARCH OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE AIRCRAFT FRONT SUPPORT TRAVERSE TO INCREASE THE WORKING LIFE OF THE TAKE-OFF AND LANDING DEVICE**

Evdokimov D.V., Aleksencev A.A., Ahtamjanov R.M., Sangines Lezama F., Lunin V.V.  
Samara University, Samara, Russia, dmitry.evd.ssau@gmail.com

*Keywords: machining, cutting, residual stresses, strength, deformation, geometric accuracy, finite element analysis, crack formation.*

The article presents a technique that allows assessing the stress-strain state of products both at the stages of technological operations and upon completion of the manufacturing process. The technique is based on a finite element model, which makes it possible to obtain stress and strain fields depending on the loaded diagrams of residual stresses that are formed during the process of the technological operation under study. Thus, the developed technique can serve as an effective tool for optimizing technological operations, and hence the technological process as a whole. As an example, the paper considers the optimization of the technological process of the front support traverse of a domestic advanced aircraft. As a result of using the presented methodology, it turns out to determine the most advantageous modes of processing the problem area of the traverse, which made it possible to increase the working life of the part to the required value.