

**Конкурсная работа**  
**в номинации «За создание новой технологии»**  
**на конкурс «Авиастроитель года»**

*Г.А. Губанов, К.А. Деев, А.В. Шиняев, А.А. Бамбуляк (ФГУП «ЦАГИ»)*

**Разработка технологии фрезерования маложестких деталей,  
обеспечивающая существенное снижение их коробления**

При изготовлении фрезерованием маложестких деталей авиакосмической промышленности распространённой проблемой является коробление изготавливаемой детали. В процессе обработки по мере удаления материала заготовки перераспределение присутствующих в ней внутренних напряжений не может происходить свободно из-за жесткой фиксации детали в приспособлении. В результате окончательное перераспределение внутренних напряжений детали происходит уже после освобождения изготовленной детали из фиксирующего приспособления, что сопровождается изменением её формы, короблением. Коробление приводит к значительным, до нескольких миллиметров, отклонением полученной формы детали от заданной. Коробление авиационных силовых панелей приводит к появлению дополнительных напряжений в конструкции после её сборки и снижению её ресурса.

Для снижения коробления, как правило, удаление материала заготовки выполняется постепенно со множеством технологических переворотов детали и промежуточных термообработок, что существенно увеличивает вспомогательное время обработки.

Технология изготовления лопаток турбины, разработанная Г.А. Губановым, К.А. Деевым и А.В. Шиняевым, позволяет радикально снизить коробление лопаток при изготовлении пера лопатки в одном установе без промежуточных термообработок. Согласно этой технологии, лопатки устанавливаются в приспособлении вертикально с закреплением только за один край (замок), рисунок 1. Выполняется послойная пяти-координатная фрезерная обработка пера лопатки, попеременно то одной, то другой её стороны. Материал лопаток: АК4. При закреплении детали только за один край она может свободно менять свою форму в процессе обработки, что позволяет внутренним напряжениям детали свободно перераспределяться. В результате изменения формы детали после освобождения из приспособления практически отсутствуют. Закрепление лопатки только за замок естественно сопровождается радикальным (приблизительно в 30 раз) снижением жесткости обрабатываемой детали. Для данной лопатки её жесткость на свободном конце перед чистовой обработкой составляла около 2 кг/мм. Чтобы обеспечить успешную обработку детали со столь низкой жесткостью, авторы использовали разработанный ими гаситель вибраций, устанавливаемый на свободный конец лопатки с помощью вакуумной присоски. Гаситель вибраций обеспечивает существенное повышение динамической жесткости детали за счёт рассеивания энергии её колебаний.

При смене стороны обработки требуется перестановка гасителя на противоположную сторону лопатки. Благодаря вакуумному закреплению гасителя его перестановка занимает менее 1 минуты.

Благодаря реализации данной технологии были достигнуты следующие показатели: время обработки пера лопатки (черная и чистовая обработка) 3.5 часа, перо обрабатывалось в одном установе без промежуточных термообработок, точность изготовления лопатки 0.05 мм, чистота обработанной поверхности Ra 0.8. Изготовленные лопатки не требовали ручной слесарной доработки. Данная технология также позволила упростить крепёжное приспособление, открыть зону обработки, дополнительно снизить вспомогательное время обработки за счёт реализации групповой обработки лопаток (рисунок 2).

Разработанная технология также применима при изготовлении других мало жестких деталей, например, силовых панелей (рисунок 3). Вертикальное расположение детали с закреплением только за один край и установкой гасителей вибраций на свободные края позволяет выполнять обработку обеих сторон детали в одном установе без промежуточных термообработок при существенном снижении коробления детали и обеспечении высокой точности её изготовления.

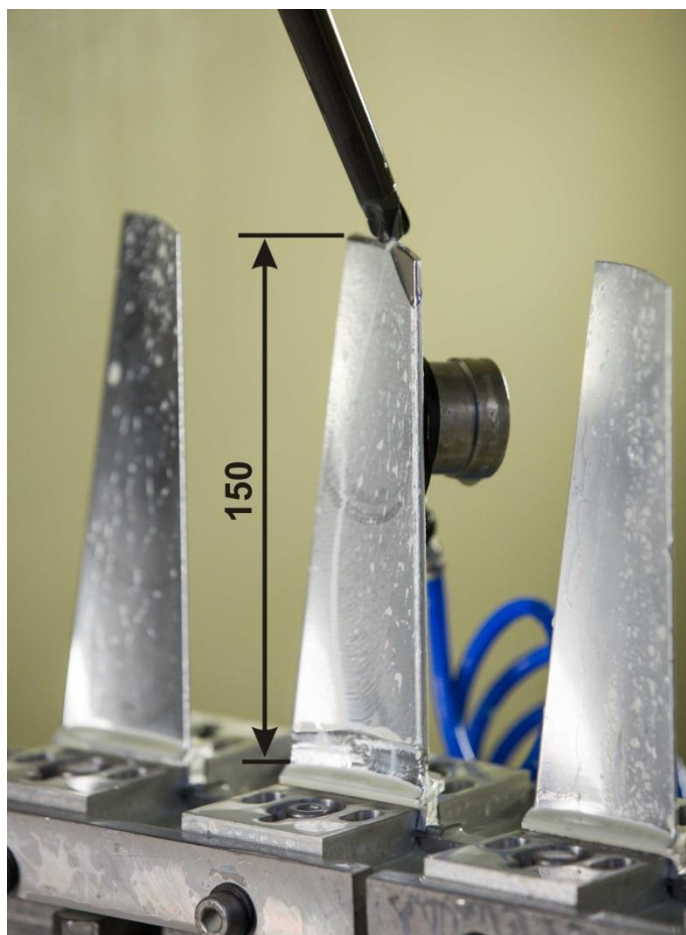


Рисунок 1 – Обработка лопатки с закреплением только за один край (замок) и установкой гасителя вибраций на свободный конец лопатки



Рисунок 2 – Групповая обработки лопаток

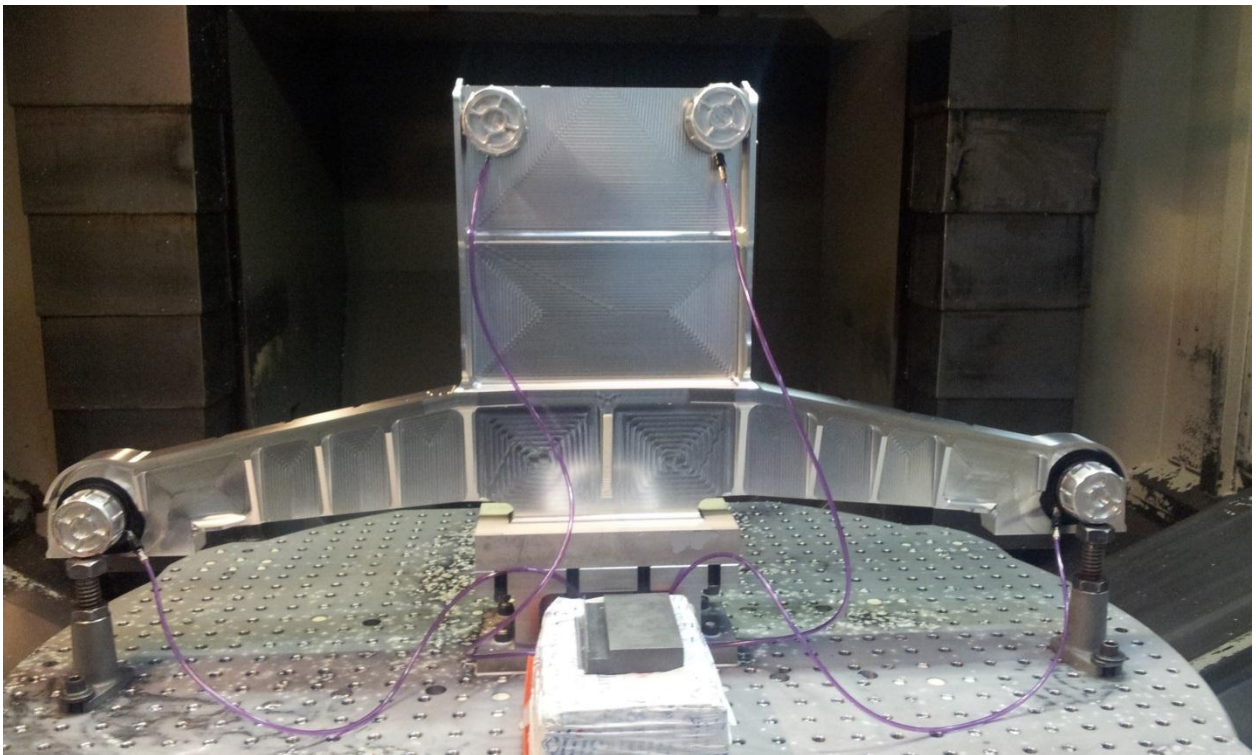


Рисунок 3 – Обработка силовой панели. Панель располагается вертикально с закреплением только за нижний край и установкой гасителей ивбраций на свободные края