

УПРОЧНЕНИЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ МАЛОЖЁСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ШАССИ ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Обеспечение выносливости и геометрической точности деталей является одной из основных задач в производстве шасси. Актуальность темы обусловлена высокой степенью влияния масштабного фактора. Большое количество наиболее ответственных деталей шасси являются крупногабаритными, при этом изготавливаются из титановых сплавов, в которых процессы релаксации остаточных напряжений протекают более интенсивно, чем в деталях из сталей. Таким образом, остаточные напряжения, образуемые в поверхностном слое деталей после операций механической обработки и упрочнения, не только определяют сопротивление деталей усталости, но и оказывают значительное влияние на изменение геометрических размеров и формы деталей.

На авиационных предприятиях наибольшее распространение получили методы повышения долговечности деталей путём упрочнения поверхностным пластическим деформированием. Дробеструйная обработка применяется на 90% деталей шасси, большинство из которых обладают сложной геометрической формой. Для повышения эффективности упрочнения деталей в концентраторах напряжений в качестве упрочняющей среды применяются микрошарики диаметром 300-600 мкм, а сам процесс упрочнения выполняется с помощью роботизированного оборудования (рис. 1). Это позволяет с высокой точностью позиционировать сопла, обеспечивать стабильность и воспроизводимость режимов упрочняющей обработки, однако в полной мере не решает проблему назначения оптимальных режимов упрочнения для крупногабаритных деталей шасси. Наиболее характерным представителем этого класса деталей является траверса (рис. 1). К этим деталям предъявляются высокие требования по геометрической точности и выносливости. Высокая стоимость деталей не позволяет проводить опытные работы, в результате которых деформации детали могут превысить технологические допуски, поэтому для назначения режимов упрочнения траверсы необходимо применение методик назначения режимов упрочнения с применением расчётных методов моделирования напряжённо-деформированного состояния деталей после упрочняющей обработки [1].

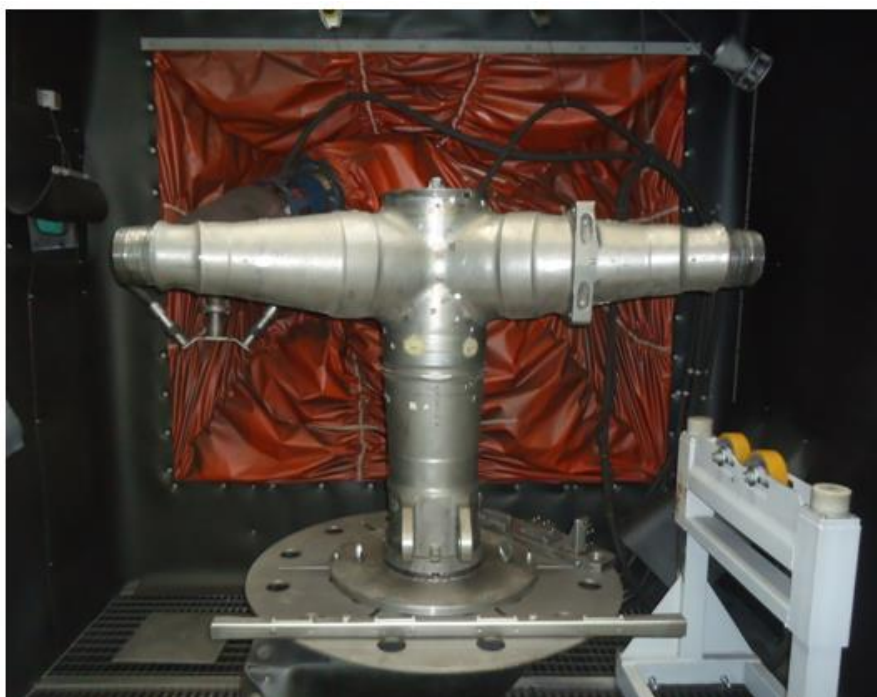


Рис. 1. Упрочняющая обработка траверсы на роботизированной установке

Обеспечение отклонений размеров и формы траверсы в пределах технологического допуска является одной из основных задач назначения режимов упрочняющей обработки. Для решения этой задачи на основе предварительных исследований проводится расчётное прогнозирование технологических остаточных деформаций (ТОД). По результатам расчётов производится назначение оптимальных режимов дробеструйной обработки на стадии проектирования технологического процесса упрочнения деталей. После этого с применением роботизированного упрочняющего оборудования создаются программы упрочнения различных зон детали на оптимально подобранных режимах. В качестве критерия оптимальности выбирается соответствие детали технологическим допускам, при этом задача расчётного прогнозирования остаточных деформаций и выбора режимов упрочнения состоит в том, чтобы опасные зоны детали упрочнялись на наиболее интенсивных режимах, обеспечивающих наибольшее повышение сопротивления усталости.

Расчётно-экспериментальные работы проводились для крупногабаритной детали шасси – «траверса», изготовленной из материала ВТ-22. Тело траверсы выполнено в виде полых цилиндров с толщиной стенки до 10 мм. Траверса подвергается упрочняющей пневмодробеструйной обработке по наружной поверхности. Влияние остаточных напряжений в поверхностном слое на большой измерительной базе (габаритные размеры траверсы превышают 1000 мм) приводит к появлению остаточных деформаций, выраженных в изменении взаимного расположения элементов траверсы. Помимо этого, упрочнение траверсы по типовому

технологическому процессу не обеспечивало необходимое повышение сопротивления усталости. В процессе испытаний опытные детали были подвержены разрушениям, в связи с чем целью работ являлось упрочнение детали с применением интенсивных режимов в наиболее нагруженных зонах.

Работы по назначению режимов упрочняющей обработки траверсы проводились на основе подходов [1, 2]. Первичная отладка режима упрочняющей обработки проводилась на контрольных образцах – пластинах по типовому технологическому процессу. В соответствии с базовым технологическим процессом прогиб контрольных образцов должен составлять 1,2 – 1,6 мм. В указанном диапазоне были выбраны режимы минимальной и максимальной интенсивности, обеспечивающие требуемый прогиб. Получена оптимальная скорость перемещения сопел 60 мм/с. По результатам обработки упрочнения контрольных пластин и построения кривой насыщения для основных поверхностей детали были установлены параметры режима упрочняющей обработки: скорость перемещения сопел – 60 мм/с; давление воздуха – 0,2 МПа; расход дробы – 4,5 кг/мин (для каждого сопла).

После первичной отладки процесса упрочнения проводилось расчётное прогнозирование остаточных деформаций траверсы после упрочнения на выбранных режимах. Основным элементом, оказывающим наибольшее влияние на изменение геометрических размеров и формы исследуемой детали – центральная часть траверсы. Расчётное прогнозирование остаточных деформаций проводилось с применением метода конечных элементов по методике [3]. Модель центральной части траверсы выполнялась в виде объёма, размеченного элементами solid45. Упрочнённый поверхностный слой (рис. 2) выполнен в виде отдельно выделенного объёма, толщина которого равна глубине залегания сжимающих остаточных напряжений. Разбиение поверхностного слоя выполнено элементами Solid-shell 186.

Результаты расчётов показали, что наиболее нагруженные зоны детали – концентраторы напряжений – можно упрочнять на более интенсивных режимах упрочнения (повышение давления воздуха до 0,28 МПа, расход дробы до 5 кг), однако, для обеспечения геометрической точности детали основные поверхности траверсы необходимо упрочнять, обеспечивая минимальную интенсивность упрочняющей обработки из диапазона, предусмотренного технологическим процессом (давление воздуха – 0,2 МПа; расход дробы – 4,5 кг/мин).

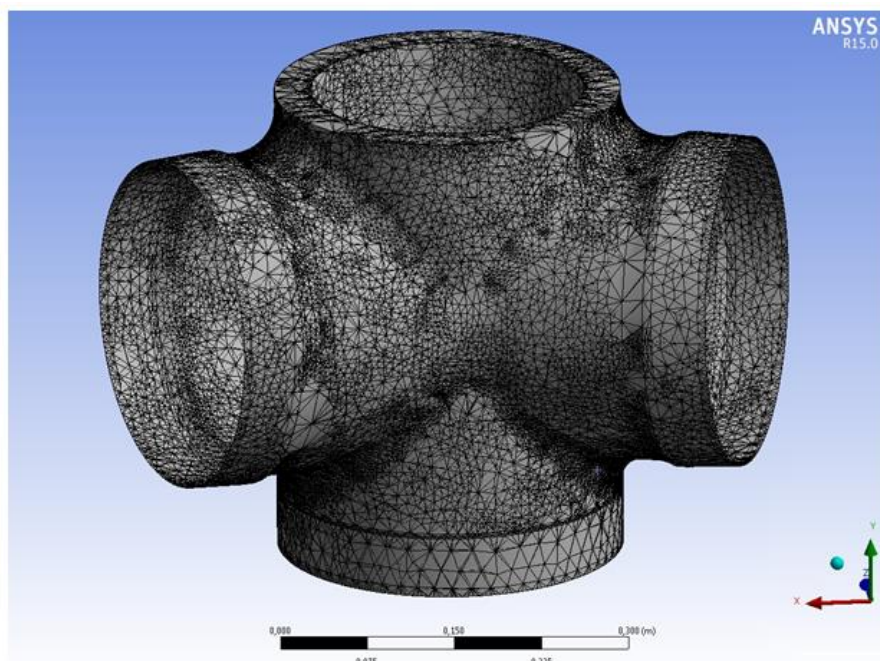


Рис. 2. Конечно-элементная модель поверхностного слоя траверсы

Упрочнение осуществлялось с применением роботизированного упрочняющего оборудования на базе робота АBB стальными микрошариками Ø600 мкм. Варьирование параметров режимов для различных зон детали позволило обеспечить геометрические размеры и форму детали в пределах технологических допусков, при этом упрочнение наиболее нагруженных зон детали было выполнено с применением более интенсивных режимов упрочняющей обработки относительно режимов, применяемых на основных поверхностях траверсы.

Библиографический список

1. Букатый, С. А. Коробление и размерная стабильность маложёстких тонкостенных деталей в производстве газотурбинных двигателей / С. А. Букатый, И. В. Семенченко // Вестник машиностроения – 1994. – № 10. – С. 32-37.
2. Букатый, С. А. Прогнозирование коробления деталей ГТД после обработки поверхности на основе исследования остаточного напряжённого состояния материала: автореф. ... докт. техн. наук : 05.07.05, 01.02.06 / С.А. Букатый. – Рыбинск, 1996. – 28 с.
3. Букатый, А.С. Назначение оптимальных режимов упрочнения деталей ГТД с учетом геометрии упрочняемых деталей / А. С. Букатый // Авиация и космонавтика 2008: Тезисы седьмой международной конференции. Тезисы докладов – Москва: МАИ, 2008. – 236 с.