

Краткое описание выполненных работ, технологий

К высоким технологиям, используемым в созданном производстве относятся:

- сверхпластическое формование с последующей диффузионной сваркой (СПФ-ДС);
- линейная сварка трением (ЛСТ);
- изотермическая штамповка (ИЗШ).

Технология СПФ-ДС необходима для производства полых широкохордных рабочих лопаток без антивибрационных полок. Перо выполнено пустотелым, причем в полости пера размещен листовой наполнитель, который имеет твердофазное соединение в местах контакта с обшивками корыта и спинки лопатки.

Прокаткой или штамповкой изготавливаются заготовки с микрозернистой структурой с размером зерна от 1 до 30 мкм. Такой материал обладает свойством сверхпластичности, т. е. в определенном интервале температур может обрабатываться давлением с очень высокими степенями деформации до сотен процентов.

Выкроенные по контуру и предварительно обработанные заготовки собираются под сварку в 3-слойный пакет: заготовки спинки и корыта и между ними лист-наполнитель толщиной 1-2 мм. На места, которые не должны подвергаться сварке, наносится специальное разделительное покрытие.

Пакет подвергается диффузионной сварке давлением при температуре 900-950С. Давление до 4 МПа обеспечивается подачей сжатого аргона в герметичный сосуд-газостат, куда помещены заготовки.

В специальном прессе в состоянии сверхпластичности выполняется гибка замка и закрутка пера лопатки.

В другом прессе выполняется калибровка замка и пера для придания им нужной формы.

Заготовка лопатки помещается в пресс сверхпластического формования, в котором установлена штамповая оснастка, повторяющая окончательный профиль лопатки. Через приваренную трубку внутрь заготовки нагнетается аргон под давлением 4 МПа. В режиме сверхпластичности происходит раздувка пера и формирование профиля.

Лист-заполнитель формирует внутри лопатки ферменную структуру, форма которой определяется тем, в каких местах заполнитель приварен к спинке и корыту. Обычно структура представляет собой гофры, расположенные вдоль оси лопатки, но возможно формирование ячеистых и других структур. Такая структура обеспечивает высокую жесткость лопатки при сравнительно низкой массе.

Замок и кромки пера обрабатываются механически на 5-координатном станке. Поверхность пера подвергается только незначительной полировке.

Технология ЛСТ представляет собой процесс соединения деталей без расплавления. Свариваемые поверхности приводятся в соприкосновение под давлением. Затем одной из соединяемых деталей придается возвратно-поступательное движение параллельно плоскости стыка с заданной частотой и амплитудой. Свариваемые поверхности разогреваются за счет трения до высокой температуры, при которой материал становится пластичным и начинает течь. Под давлением часть материала выдавливается из стыка, образуя грат. Вместе с этим материалом удаляются окислы и загрязнения. Чистые поверхности контактируют между собой и после прекращения возвратно-поступательного движения образуется прочное соединение. В процессе ЛСТ происходит контролируемая усадка свариваемого пакета на незначительную величину 1-5 мм. ЛСТ обеспечивает получение сварного соединения равнопрочного с основным материалом с минимальными деформациями и остаточными напряжениями. Возможна сварка разнородных материалов. Хорошая воспроизводимость параметров режима и автоматизация процесса обеспечивают стабильно высокое качество. ЛСТ предлагается использовать для приварки рабочих лопаток к телу блисков в ходе их изготовления и ремонта.

Изотермическая штамповка лопаток, полученных из полуфабрикатов с регламентированной структурой представляет из себя двухстадийный процесс, на первом этапе которого получается полуфабрикат с измельченной УМЗ структурой.

Наиболее эффективным направлением создания наноструктур в металлах и сплавах явилась разработка и использование специальных механических схем деформирования, позволяющих существенно измельчить в них микроструктуру путем приложения больших пластических деформаций. В настоящее время реализованы на практике для титановых

сплавов схемы обработки, в частности, такие методы, как всесторонняя ковка, всесторонняя ковка в сочетании с прокаткой, в результате чего изготовлены полуфабрикаты промышленных размеров в виде биллетов (диаметром 150 мм и длиной 230 мм), прутков (диаметром 80 мм и длиной 300 мм), колец (диаметром 340 мм и толщиной 80 мм), листов (толщиной 2 мм, шириной 500 мм и длиной 1000 мм). Эти методы обеспечивают успешное решение задачи создания современного производства уникальных высокопрочных изделий с наноструктурной структурой.

Исследования комплекса механических свойств титановых сплавов с наноструктурной структурой выявили кардинальное повышение их прочностных свойств, предела выносливости, износостойкости. Были проведены опытные работы по оценке технологической деформируемости таких материалов, которые показали возможность существенного снижения температуры деформации (на 200-300°C) в таких процессах обработки давлением, как штамповка и формовка.

На втором этапе, осуществляется формообразование лопатки при пониженных (на 200-300°C) температурах. При этом становится возможным применение более дешевых по сравнению с никелесодержащими штамповых материалов.

В рамках проекта было создано на базе УМПО специализированное промышленное производство обеспечивающее изготовление важнейших деталей и узлов ГТД 5-го поколения на основе разработки и применения новейших деталей и узлов ГТД:

- Лопатки пустотелой вентиляторной (вентилятор ГТД ПД-14);
- Специализированных лопаток для комплектации и ремонта блисков (блиски 1,2 ступени КВД ГТД ПД-14);
- Лопатки с повышенным комплексом свойств для использования в компрессорах ГТД (1-4 ступени КНД; 1,2 ступени КВД изделия 117, 117с).

В проекте в качестве базового материала для производства деталей и узлов применяется титановый сплав. Диапазон рабочих температур компрессора как правило ниже 400°C, что соответствует стабильной работе деталей из титановых сплавов (в частности типа сплава Ti-6Al-4V) с регламентированной структурой.

В результате выполнения проекта была создана принципиально новая интеллектуальная собственность – патентование результатов исследований:

- способов и режимов обработки титановых сплавов с целью создания в них заданного комплекса физико – механических свойств;
- способов сложнопрофильного формообразования на каждом из этапов получения пустотелых лопаток, блисков с использованием методов СПФ-ДС и ЛСТ;
- модернизация существующих и создание программ математического моделирования процессов СПФ-ДС и ЛСТ;
- разработаны и реализованы конструкции перспективных прототипов изделий для реализации в рамках проекта;
- разработаны и освоены комплексные технологии производства новых деталей и узлов ГТД;
- впервые в стране создано наукоемкое промышленное производство на основе кооперации усилий ученых и специалистов УГАТУ и УМПО по производству пустотелых лопаток и блисков для новейших ГТД.