



## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ КЛЕПАННЫХ И БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

УДК 621.7.044

*Чистяк В.Г.*

Клепанные и болтовые соединения, выполняемые в процессе сборки конструкций, являются одними из самых распространенных. Особенно характерно применение таких соединений в самолето- и ракетостроении. Так, количество болтов и заклепок в конструкциях современных самолетов среднего класса достигает 400-800 тыс. шт., а в тяжелых и сверхтяжелых — до 1,5-2 млн. шт. Это составляет до 90% общего количества крепежных точек. Соединения с помощью болтов и заклепок находят также широкое применение в технологических процессах сборки машино- и транспортостроения, при изготовлении сооружений ферменных конструкций из профилей различного сортамента. Такие соединения зачастую являются альтернативными сварочным.

Сравнительный анализ тенденций развития машиностроения и самолетостроения, в частности результаты прогноза применения перспективных материалов и способов их соединений, показывает, что на ближайшие десятилетия клепанные и болтовые соединения останутся на ряду с основными.

Всегда актуальные показатели конкурентоспособности конструкций (их ресурс, быстротходность, надежность, прочность и др.) предполагают постоянное повышение требований к соединениям. Это объясняется и тем, что, как показывает многолетняя практика эксплуатации машин и конструкций, разрушения, особенно усталостные, в 80-85% случаев приходится на соединения.

Технологические процессы сборки (предварительной, узловой, агрегатной, окончательной) включают разнообразные типовые и специфические технологические операции и переходы, среди которых сборочные и подготовительно-пригоночные являются наиболее трудоемкими (до 70% и более общей трудоемкости сборки). При образовании болтовых и заклепочных соединений, в частности, к таким операциям относятся: сверление, зенкерование, протягивание, развертывание, упрочнение отверстий под крепеж (подготовительно-пригоночные операции); запрессовка крепежа, свинчивание, клепка (непосредственно соединительные операции).

Известно, что одним из наиболее эффективных технологических методов повышения ресурса болтовых и заклепочных соединений является создание определенного радиального натяга в отверстии под крепеж. При этом ресурс повышается за счет создания остаточных сжимающих напряжений у стенок отверстия, уменьшения асимметрии цикла при знакопеременных нагрузках (уменьшение амплитуды напряжений), образования наклепа (повышение поверхностной твердости), снижения удельных давлений крепежного элемента на стенку отверстия из-за увеличения площади контакта сопрягаемых поверхностей крепежа и отверстия конструкции.

Применительно к болтовым соединениям оправдывает себя упрочняющая обработка отверстия пластическим деформированием, например: дорнованием, подпрессовкой, раскатыванием, дробью и другое в сочетании с последующей постановкой болта с натягом. Так, в самолетостроении для соединений конструкций из алюминиевых сплавов (типа Д16, В95 и др.) с помощью болтов  $\varnothing 5...20$  мм величина натяга составляет:  $\Delta=0,8...3\%$  — при упрочняющем дорновании и  $\Delta=0,8...1,5\%$  — при последующей постановке (запрессовке или затягивании) болта.

Накоплен опыт отечественного и зарубежного самолетостроения в области повышения надежности, долговечности, герметичности за-



клепочных соединений. Основными направлениями считаются: применение новых технологий клепки (клепка стержнями, клепка с образованием потайной замыкающей головки, клепка повышенным давлением, клепка в замкнутом объеме, импульсная, автоматическая клепка и др.) и совершенствование конструкций заклепок — применение заклепок с различными пластически деформируемыми компенсаторами на закладных головках заклепок. Оба направления объединяет стремление различными средствами и приемами обеспечить в заклепочном соединении оптимальный и равномерный радиальный натяг (в пределах  $\Delta=0,8...1,5$ , до 2%) при минимальных деформациях соединяемых деталей (пакетов).

В этой связи особый интерес для осуществления клепально-сборочных работ представляет применение импульсного инструмента и технологий. Импульсная технология до последнего времени считалась направлением технического прогресса, интенсифицирующим технологические процессы.

Сущность работы импульсного инструмента заключается в преобразовании потенциальной энергии энергоносителя (пороховых зарядов, электрической и магнитной энергии, сжатого газа высокого давления, сжатого воздуха и др.) в кинетическую энергию инструмента, осуществляющего полезную работу.

Импульсные процессы характеризуются большими скоростями деформирования (20 м/с и более), чрезвычайной быстротечностью (до  $10^{-4}$  с и менее). Это стало предпосылками для разработки компактного, с малой массой высокоэнерговооруженного ручного инструмента. Такой инструмент, например, при выполнении клепальных операций, по сравнению с традиционными многударными клепальными молотками, способствует улучшению условий труда, профилактике профессиональных заболеваний за счет снижения уровня шума и вибрации, уменьшения продолжительности их воздействия на организм

клепальщиков и радикального снижения мышечных усилий.

Высокие скорости радиального течения материала заклепки при импульсной клепке способствуют локализации пластических деформаций в пакете вблизи отверстия, создавая условия для повышения ресурса соединений более чем в 2 раза.

Технология импульсной клепки и применяемый при этом инструмент обладают рядом других преимуществ. Импульсный клепальный инструмент (например, пневмоимпульсные клепальные молотки типа МПИ-90, МПИ-90М, МП-4, МП-4Д, МП-80 и др.) обладает высокой производительностью (до 60-70 циклов в минуту), стабильностью энергии единичных ударов, плавностью ее регулирования. Это позволяет выполнять заклепочные соединения с гарантированными стабильными параметрами качества независимо от опыта и квалификации клепальщиков.

Перспективным является применение импульсной технологии и инструмента при образовании болтовых соединений. Импульсными пневматическими устройствами для дорнования (типа ПИУД-100) осуществляют, например, упрочняющую обработку отверстий под болты. Эффективность применения такого инструмента по сравнению с традиционной технологией, согласно которой дорнование осуществлялось с помощью пневмогидравлических протяжных устройств или устройств для затягивания болтов, заключается в следующем. Импульсное дорнование происходит в два перехода при возвратно-поступательном движении дорна (обратное движение — выравнивающее). Это позволило осуществлять процесс дорнования при одностороннем подходе к конструкции, исключить потребность в подручном рабочем и не вызывает затруднений в подходах, вызванных конструктивными особенностями. При импульсном дорновании характерно минимальное искажение формы и профиля упрочняемого отверстия, не требуется дополнительная, как при традиционной

технологии, калибровка (развертывание по Н7). Калибровка существенно снижает эффективность упрочнения, так как удаляет поверхностный наклеп.

Постановка болтов с натягом импульсным методом также обладает преимуществами по сравнению с применяемой технологией затягивания с помощью упоминаемых выше пневмогидравлических устройств. При затягивании применяются специальные по конструкции болты, содержащие технологические хвостовики, которые обрываются при достижении определенного усилия затягивания. Такие болты сложнее обычных и существенно дороже, а процесс затягивания не стабилен из-за разброса усилия. Кроме того, технологический процесс затягивания аналогично традиционному процессу дорнования предусматривает двухсторонний доступ к конструкции. Процесс импульсной постановки болтов лишен этих недостатков. При этом болт запрессовывается ударом по его головке. Конструкция болта обычная (без технологического хвостовика).

Импульсный инструмент для дорнования и постановки крепежа, обладая стабильностью единичных ударов и плавностью ее регулирования, способствуют эффективности выполнения соответствующих технологических процессов. При настройке энергии удара в зависимости от конкретных условий и исходных данных учитываются материалы и толщины соединяемых пакетов (деталей), геометрические параметры и диаметр дорна (или болта), прогнозируемый радиальный натяг, применяемая смазка и другие факторы.

Следует отметить, что возможности импульсных технологий и инструмента не ограничиваются приведенными выше технологическими процессами. Они с успехом могут применяться и будут целесообразны для таких операций, как чеканка, клеймение, кернение, рубка, пробивка листового материала и других операций технологических процессов сборочного производства.

## **ИМПУЛЬСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОЕМКИХ ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ**

*УДК 621.7.044*

*Савченко Н. Ф.*

Рыночное развитие экономики обуславливает необходимость создания новых или совершенствования существующих методов обработки материалов, преобразования энергии и информации. Это обусловлено непрерывным совершенствованием производительных сил цивилизации, с одной стороны, ограничениями в ресурсах и ухудшением экологической безопасности, с другой.

Выявление направлений повышения эффективности производственной деятельности человека требует не просто анализа имеющихся методов воздействия на предметы труда. Все большее значение приобретает учет постоянно увеличивающихся факторов, обусловленных деятельностью человека как элемента техногенной системы. Примерами таких систем могут быть объекты нефте- и газодобывающей промышленности, атомной энергетики, химической промышленности и других отраслей экономики, функционирование которых должно прогнозироваться с учетом таких критериев, как энергоемкость, металлоемкость, длительность "жизненного цикла", совместимость с эко-системами.

Например, развитие нефте- и газодобывающей промышленности существенно зависит от безаварийности и отсутствия осложнений при бурении и эксплуатации скважин. До 10-12% времени, задерживаемого на бурение скважины, приходится на ремонтные работы, а часть скважин Северо-Востока Украины безвозвратно потеряны из-за смятия обсадных колонн. Большую экологическую опасность представляют пожары и разрушения нефте- и газопроводов, негерметичность обсадных колонн, усталостные разрушения соединений и др. Потери времени по