

УДК 621.76.002 (075)

Корниенко А. Н.

КЛЁПАНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ – РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Современный научно-технический прогресс характеризуется значительным повышением таких параметров работы техники, как динамические нагрузки, сверх высокие и сверх низкие температуры, скорости перемещения и др. Сварка до настоящего времени является ведущим методом выполнения неразъёмных соединений, однако её применение ограничено и часто невозможно при производстве конструкций из новых материалов: композиционных, керметов, полимеров, многослойных и разнородных металлических сплавов.

Клёпанные соединения в течение нескольких тысячелетий были основным видом неразъёмных соединений, значительно превосходя по объёму применения пайку, кузнечную и литейную сварку. В Киевской Руси с помощью клёпки изготавливали украшения, инвентарь, оружие, посуда. К началу 20 ст. клёпка была наиболее распространённым процессом производства металлических конструкций. В 1905 г. О. Кельберг «объединил» клёпку и сварку – чтобы ускорить ремонт кораблей с целью уплотнения вместо чеканки заварил кромки дугой плавящимся электродом и вместо силового формирования головки заклёпки оплавил стержень с обратной стороны [1].

В течение первой половины прошлого века в промышленности разных стран шла борьба между сторонниками клёпки и сварки. В СССР в довоенный период индустриализации, в производстве вооружений и в послевоенном восстановлении народного хозяйства сварка уже занимала значительный объём по сравнению с другими видами неразъёмных соединений. Её технические возможности, экономические и другие преимущества были многократно доказаны.

В СССР, и других странах сварку уже применяли при ремонте и строительстве мостов, однако многие специалисты не хотели отказываться от клёпки и ньютования (соединения болтами), опасаясь разрушений. В 1929г. известный мостостроитель академик Евгений Оскарович Патон решает при сооружении мостов применить сварку и организует Электросварочную лабораторию. Учёный достаточно быстро разработал рациональные сварные узлы перекрытий и целые конструкции машин и котлов, методы испытаний и расчётов швов на прочность, начал консультировать проектировщиков и производственников, приступил к проектированию мостового перекрытия [2].

Целью настоящего исследования является анализ состояния клёпанных конструкций, ознакомление сварщиков с новой технологией выполнения соединений, преимуществами и областью применения. Актуальность темы подтверждается быстро увеличивающейся номенклатурой конструкционных несвариваемых материалов, композиций из разнородных материалов и широким применением их в производстве ответственных изделий. Клёпка в ряде случаев остаётся незаменимым технологическим процессом и совершенствуется в соответствии с условиями производства тех соединений и конструкций, которые невозможно изготовить с помощью других технологий (сварки, пайки и др.).

Переходный период замены клёпки на сварку отмечен рядом крупных катастроф сварных конструкций. В 1937г в Бельгии через канал Альберта было сооружено несколько цельносварных мостов. Их широко разрекламировали, как перспективные образцовые сварные конструкции (в том числе и на обложке советского журнала «Автогенное дело»). А ранним зимним утром 1938 г. пролёты мостов без нагрузки треснули и рухнули. Через 3 года

сварка была уже причиной заметных катастроф в США. Для страны, которая находилась от театра боевых действий через океан и решившей помогать Великобритании и на условиях ленд-лиза Советскому Союзу (в обмен на легирующие сталь металлы, ряд других материалов, частично в долг), понадобилось значительное количество грузового флота.

Американские судостроительные фирмы не были готовы к массовому производству крупнотонажных судов и были приняты чрезвычайные меры для переоборудования верфей с целью замены клепки на сварку [3]. Для ускорения производства государственный заказ был ограничен двумя типами сухогрузов судов (Liberty и Victory) и танкером T2. Судна типа Liberty, спроектированные в Великобритании в 1886 году, уже строили в США в Первую мировую войну.

Надёжность их клёпаной конструкции была подтверждена многолетней эксплуатацией. Благодаря переводу на цельносварную конструкцию цикл строительства сократился в три раза – до 50 суток [4]. С 1941–44 г. в США было построено 1162 судна. Но изготовленные с применением автоматической сварки под флюсом, корпуса судов трескались как правило пополам и часть судов потонула, не получив ни одной пробоины. (Тем не менее в США, соблюдая тенденцию рекламировать и превозносить американские псевдодостижения, широко отметили шестидесятилетие применения автосварки при строительстве Liberty).

Причину катастроф разгадал Е. О. Патон. Зарубежные специалисты, имевшие намного больший чем он «сварочный» стаж: во-первых не учли особенностей проектирования сварных конструкций; во-вторых, то, что при сварке протекают металлургические процессы, и сталь должна быть без сульфидных и других включений. Афоризмы Е. О. Патона; «Сварка портит металл» и «Помните о Либерти» сопровождали и до сих пор сопровождают разработку сталей и сплавов других металлов, предназначенных для сварных конструкций. Кроме того, в ИЭС им. Е. О. Патона было создано новое направление – специальная электрометаллургия.

Что касается заклёпочных соединений, следует в первую очередь отметить отсутствие термомеханического влияния на материал в зоне соединения, а, следовательно, и намного большие возможности использования материалов с необходимыми свойствами. По количеству технологических операций клёпка превосходит сварку, однако при серийном производстве с применением специальных инструментов и станков не представляет не намного сложнее.

Обычно выполняются следующие операций: сверление или пробивание отверстия под заклепку; зенкование или штамповка гнезда под потайную головку заклепки (если есть потребность) (рис. 1, А); вставка заклепки, (рис. 1, Б); образование замыкающей головки обжимкой и поддержкой (рис. 1, В). Замыкающая головка может быть образована прессованиями клепальными машинами (прессами и автоматами), или ударами – клепальными молотками [5, 6].

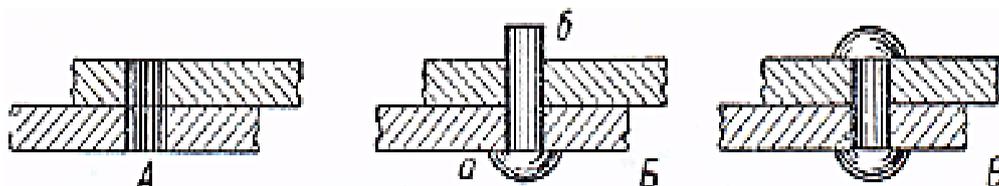


Рис. 1. Схема процесса клепки

Заклёпочные соединения применяют при изготовлении ответственных конструкций, испытывающих знакопеременные динамические нагрузки. Примером, в частности, может служить производство шахтных клетей и некоторого другого горно-шахтного и подъёмно-транспортного оборудования на Узловском машиностроительном заводе им. И. И. Федулова (Тульская область).

Сотрудники Лаборатории технической диагностики Донбасской государственной машиностроительной академии (Краматорск) проводящие с 1978 г. поиск исследования с целью создания рациональных сварных конструкций грузоподъемных сооружений, в частности установили, что пришли к выводу, что в отличие от сварных конструкций, в клепанных крановых мостах трещины могут появиться только после длительного срока эксплуатации.

Например, на ПАО «Новокраматорский машиностроительный завод» до сих пор работают 150 кранов фирмы «Шкода» с клепаными мостами 1933–1935 гг. изготовления, на которых в процессе эксплуатации заменяли ходовые колеса, подшипниковые узлы, зубчатые передачи в редукторах приводов и различные узлы электрооборудования, но не было повреждений металлоконструкций мостов. В отличие от клёпки при сварке появляются усталостные трещины, снижающие циклическую долговечность сварных соединений [7].

Такие преимущества клепки, как возможность соединять любые металлические сплавы независимо от их свариваемости и многие неметаллические материалы в любом сочетании, отсутствие деформаций, обусловили широкое использование в авиакосмической отрасли, судостроении, радиоэлектронике. Этот вид соединения развивался со второй половины XX века.

На Киевском авиационном заводе и в Киевском институте гражданской авиации в 1970-х гг. была разработана технология выполнения клёпано-сварных соединений [8–10]. Несмотря на более высокую трудоёмкость по сравнению со сварными выигрыш в весе клёпанных отсеков ракет достигается благодаря применению высокопрочных материалов на основе алюминия, магния, композитов, удельная прочность которых в 2–2,5 раза выше, чем сваривающихся алюминиевых сплавов [10, 11].

Клёпанные соединения достаточно надежны в условиях статических и динамических нагрузок клёпанные конструкции имеют прочность, равную прочности конструкций со сварными соединениями. К клёпанным изделиям относится достаточно большое количество узлов, в том числе, сухие отсеки: приборные, переходные, хвостовые, с термоядерными зарядами, а также обтекатели, сбрасываемые с головной части после прохождения стартовавшей ракетой атмосферы». Сложные конструкции узлов ракетно-космической техники обусловили создания принципиально новой техники выполнения заклёпочных соединений.

Были разработаны новые конструкции заклёпок, технологические процессы сборки, фиксации, вставки, образования замыкающих головок, контроль качества, соответствующие инструменты и оборудование. По способу образования замыкающих головок применяется клёпка раскаткой, прессовая или ударная клёпка. Наряду с обычными заклёпками применяют болт-заклёпки и заклёпки с сердечниками и кольцами из различных материалов (рис. 2) [12].



Рис. 2. Клепанные конструкции (1930 г.)

Заклёпки с сердечниками незаменимы там, где имеется лишь односторонний доступ к месту клёпки. Они нашли широкое применение и в строительстве, быту, в частности при монтаже листовых конструкций (заборов, крыш и т. п.). Их вставляют в отверстие склепываемого соединения и тянут на себя стальной сердечник специальным инструментом, упирающимся в закладную головку. Сердечник раздаёт трубчатую часть заклёпки, образуя замыкающую головку.

На ракетостроительных заводах разработаны различные способы малодеформационной клепки, обеспечивающие локализацию пластических деформаций; внутреннюю или поверхностную герметизацию швов (при необходимости).

ВЫВОДЫ

Клепка в течение длительного периода была самой распространённой технологией неразъёмных соединений и её замена на сварку при производстве металлических конструкций без учёта особенностей новой технологии была причиной ряда катастрофических разрушений.

Во второй половине прошлого века потребность в клёпке возросла из-за быстро увеличивающейся номенклатуры конструкционных несвариваемых материалов, композиций из разнородных материалов и широким применением их в производстве ответственных изделий.

Клёпка в ряде случаев остаётся незаменимым технологическим процессом и совершенствуется в соответствии с условиями производства тех соединений и конструкций, которые невозможно изготовить с помощью других технологий (сварки, пайки и др.).

Сложные конструкции узлов авиационной, ракетно-космической и других отраслей промышленности обусловили создание принципиально новой техники выполнения заклёпочных соединений. Были разработаны новые конструкции заклёпок и технологические процессы сборки, фиксации, вставки, образования замыкающих головок, соответствующий контроль качества, соответствующие инструменты и оборудование.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kjellberg O. Elektrisches schweissen / O. Kjellberg // ESAB-Schriften. – 1967. – N 53. – S. 2–4.
2. Патон Е. О. Изыскание рационального типа электросварных ферм. Опыт. исслед. / Е. О. Патон, М. В. Петров. – К. : Госстройиздат, 1931. – 36 с.
3. Building Liberty ships // Welding Engineer. – 1942. – № 3. – P. 85–87.
4. Welding did it faster // Welding Engineer. – 1966. – № 10. – P. 57.
5. Стальные конструкции. – М. : Машиностроение, 1948. – 480 с.
6. Добровольский В. А. Детали машин / В. А. Добровольский. – [6 изд.]. – К. : Машиностроение, 1951. – 425 с.
7. Усталостные повреждения сварки крановых мостов / О. А. Емельянов, В. П. Шепотько, Ю. В. Нихота, С. В. Лубенец, А. Г. Буренко // Автоматическая сварка. – 2004. – № 5. – С. 33–39.
8. Григорьев В. П. Сборка клепальных агрегатов самолётов и вертолётов / В. П. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1975. – 344 с.
9. Горбунов М. Н. Основы технологии производства самолётов / М. Н. Горбунов. – М. : Машиностроение, 1976. – 260 с.
10. Технология самолётостроения / под ред. А. Л. Абибова. – М. : Машиностроение, 1982. – 551 с.
11. Камалов В. С. Производство космических аппаратов / В. С. Камалов. – М. : Машиностроение, 1981. – 275 с.
12. Технология производства космических ракет / Джур Е. А., Вдовин С. И., Кучма П. Д., Найдёнов В. А., Николенко Е. Ю., Ухов Е. И. – Днепропетровск : ДГУ, 1992. – 184 с.