

УДК 629.7.02.238.001.5

Ю.А. ВОРОБЬЕВ¹, В.Г. ЧИСТЯК², В.В. ВОРОНЬКО¹

¹*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

²*Харьковский национальный экономический университет, Украина*

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ИНСТРУМЕНТА ИМПУЛЬСНОГО ДОРНОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ

В статье проведен анализ существующих способов дорнования отверстий; показаны преимущества импульсного дорнования в сравнении с квазистатическим, пневмоимпульсного инструмента в сравнении с магнитно-импульсным; предложены две различные схемы пневмоимпульсных устройств дорнования отверстий.

дорнование, дорн, болтовое соединение, протяжное устройство, магнитно-импульсное устройство, пневмоимпульсное устройство

1. Постановка проблемы, анализ проведенных исследований, цель работы

Одним из наиболее важных направлений в обеспечении заданного ресурса, повышении надежности и экономической эффективности воздушного транспорта является увеличение долговечности планера. Последнюю в значительной мере определяет выносливость механических точечных соединений, среди которых основную часть (в конструкциях современных самолетов до 200 тыс. штук) составляют болтовые соединения. Для подобных соединений действенным средством повышения циклической долговечности является упрочняющая обработка отверстия под болт различными способами поверхностного пластического деформирования (ППД), среди которых дорнование обеспечивает максимальные натяг и ресурс.

В настоящее время на предприятиях отрасли процесс дорнования осуществляют преимущественно протяжными устройствами или машинами для затягивания болтов с пневмогидравлическим приводом. Основным недостатком применения подобных устройств является высокая трудоемкость выполняемого процесса дорнования, объясняемая необходимостью двухстороннего доступа к отверстию и требованиями по согласованности в работе двух исполнителей. Кроме того, к недостаткам следует отнести и наличие пневмогидравлических приводов

к устройствам (мультипликаторов), значительно затрудняющих маневренность рабочих. При этом дорнование с постоянной скоростью движения рабочего органа имеет в свою очередь также ряд существенных недостатков, проявляющихся в возникновении наплывов на торцах отверстий, искажении геометрии образующей отверстия (появление корсетности). Это требует проведения дополнительной операции – калибровки отверстия после дорнования разверткой по Н7 [1], при которой срезают наиболее наклепанный поверхностный слой более прочного материала. Тем самым снижается уровень остаточных напряжений, что существенно уменьшает эффект от дорнования.

В целом ряде работ [2, 3] показана возможность применения для выполнения операций дорнования устройств, использующих магнитно-импульсный привод, который обеспечивает возвратно-поступательное движение обрабатывающего инструмента – дорна с высокой скоростью. При этом появляется возможность упрочнения отверстий с большими натягами при одностороннем доступе к ним, без искажения образующей отверстия, торцевых поверхностей, обеспечивая в районе упрочняемого отверстия напряженно-деформированное состояние, близкое к схеме всестороннего сжатия. Примером такого устройства является магнитно-импульсная установка МИУ-П1, осуществляющая дорнование со скоростью 15 м/сек. Вместе с тем, магнитно-

импульсные устройства не лишены целого ряда недостатков: значительная масса, использование дорогостоящих и громоздких накопителей энергии и, самое главное, использование тока высокого напряжения, что значительно ухудшает условия труда.

Применение пневматических импульсных устройств дорнования, использующих принцип действия пневмоимпульсных одноударных клепальных молотков, положительно зарекомендовавших себя в сфере производства, позволяет использовать общие преимущества импульсного метода упрочнения при одновременном устранении недостатков как МИУ, так и устройств с пневмогидравлическим приводом [4, 5]. Поэтому разработка таких устройств является актуальной задачей.

Целью работы является исследование процесса высокоскоростного дорнования отверстий и создание ручных пневмоимпульсных устройств дорнования, обеспечивающих повышение надежности, снижение стоимости, улучшение условий труда.

2. Особенности технологического процесса импульсного дорнования отверстий

Опыт показывает, что процесс дорнования может быть реализован по двум вариантам:

1) непосредственно инструментом-дорном при осевом перемещении относительно поверхности упрочняемого отверстия за счет радиальных деформаций, вызванных формой конструкции дорна;

2) через промежуточные элементы (например, упругие, составные, разрезные, высокоэлектропроводные обоймы и втулки), обеспечивающие радиальную раздачу упрочняемых отверстий; раздачу с помощью промежуточных элементов осуществляют жестким оправкой-дорном, магнитным полем или эластичной средой (например, полиуретаном, на который воздействуют поршнем-бойком, создавая высокие удельные давления).

Исследования технологических процессов импульсного дорнования отверстий и запрессовки бол-

тов с радиальными натягами, проведенные в Куйбышевском и Харьковском авиационных институтах и опыт внедрения этих процессов показали беспспорное преимущество импульсного способа дорнования отверстий по сравнению с квазистатическим способом. Так, дорнование со скоростью 15 ... 20 м/сек обеспечивает уровень остаточных напряжений вблизи кромок отверстий на 12 ... 18% выше, чем при квазистатическом дорновании вследствие большей локализации полей напряжений. Кроме того, импульсное дорнование уменьшает взаимное влияние двух соседних отверстий, исключает появление трещин на поверхностях отверстий, уменьшает наплывы, корсетность. При этом также повышается производительность и улучшаются условия труда рабочих, сокращается вдвое число исполнительей, повышается стабильность и качество операций.

Однако, использование массивных (до 500 кг), громоздких и дорогостоящих приводов, наличие токов высокого напряжения, необходимость надежного экранирования ручного инструмента, сложность управления, низкий КПД (до 5%), низкая надежность, ограниченная и регламентируемая цикличность сдерживают внедрение магнитно-импульсных устройств.

3. Пневмоимпульсные устройства дорнования отверстий

Как показал опыт эксплуатации ручного инструмента для сборочно-монтажных работ в условиях самолетостроительных предприятий, предпочтение необходимо отдавать импульсным устройствам, работающим от сети сжатого воздуха $0,5 \pm 0,1$ МПа. Основным преимуществом таких устройств является то, что по устройству и обслуживанию они близки к широко применяемым на предприятиях пневматическим молоткам и другому пневмоинструменту, использующему дешевый и удобный энергоноситель – сжатый воздух.

Оба приведенных выше варианта дорнования могут быть реализованы как магнитно-импульсны-

ми, так и пневмоимпульсными устройствами. Исключение составляет схема с индуктором, содержащим втулку из высокоэлектропроводного материала. В этом случае используют исключительно устройства магнитно-импульсного действия (авт. св. №1060442, СССР).

В силу указанных недостатков магнитно-импульсных устройств и, отдавая предпочтение пневмоимпульсным, дальнейший анализ схем дорнования произведем применительно к пневмоимпульсным устройствам, причем сказанное в равной степени может быть отнесено как к ручным (переносным), так и к стационарным устройствам, встроенным или дополняющим стапельную оснастку сборочных цехов.

Вариант 1. Дорнование непосредственно дорном осуществляют по схеме запрессовки (прошивки) или втягивания, или комбинированием обеих схем (прошивка с реверсным выглаживанием).

Схемы прямого и обратного дорнования (прошивки и выглаживания) требуют двухстороннего подхода к местам выполнения операций. Комбинированная же схема позволяет реализовать процесс с односторонним подходом, что является существенным ее преимуществом не только с точки зрения возможностей подходов, производительности труда, сокращения численности занятых рабочих, но и с точки зрения повышения качества обрабатываемых отверстий за счет обратного (реверсного) выглаживающего действия инструмента-дорна. Вместе с тем, если схемы прямого и обратного дорнования могут быть реализованы устройствами на базе пневмоимпульсных клепальных молотков, то комбинированная схема требует принципиально новой разработки конструкции пневмоимпульсного устройства.

Вариант 2. Дорнование через промежуточные элементы типа втулок имеет существенное преимущество, заключающееся в том, что процесс может быть реализован с применением пневмоимпульсных клепальных молотков, обеспечивающих выполнение операций с односторонним подходом к местам уп-

рочнения отверстий. Вместе с тем, дорнование, например, жестким дорном вызывает чрезмерный износ последнего и самой втулки, усложняет изготовление дорна.

Дорнование с применением эластичной среды типа полиуретана, хотя и привлекает своей простотой и универсальностью, все же не гарантирует равномерности распределения радиальной раздачи отверстия по толщине пакета из-за неравномерности раздачи промежуточной втулки вследствие трения эластичной среды о стенки втулки.

При сравнении варианты 1 и 2 выполнения процессов импульсного дорнования отверстий, очевидно, что предпочтение необходимо отдать дорнованию непосредственно дорном, т.е. варианту 1, в частности, схеме с реверсным выглаживанием.

4. Описание вариантов конструктивных схем пневмоимпульсных устройств дорнования

Используя опыт разработки пневмоимпульсных клепальных молотков, накопленный в Харьковском авиационном институте, в конструктивные схемы пневмоимпульсных устройств дорнования отверстий был заложен принцип накопления энергии сжатого воздуха в ресивере с последующим ее высвобождением для разгона бойка.

Обеспечение реверсного (выглаживающего) хода инструмента (дорна) в пневмоимпульсных устройствах реализовано в двух вариантах.

Вариант 1. Возврат (реверс) инструмента 22 с дорнодержателем 21 осуществляют с помощью штока 19 длиной, равной длине участка разгона (хода) бойка 5. При этом шток связан с дорнодержателем. При обратном ходе (реверсе) бойком наносят удары по консольной части 20 штока (рис. 1).

Вариант 2. Реверс дорна осуществляют с помощью подвижного ствола 6, по которому с конца, противоположного дорнодержателю 21, наносятся удары бойком 10 (рис. 2).

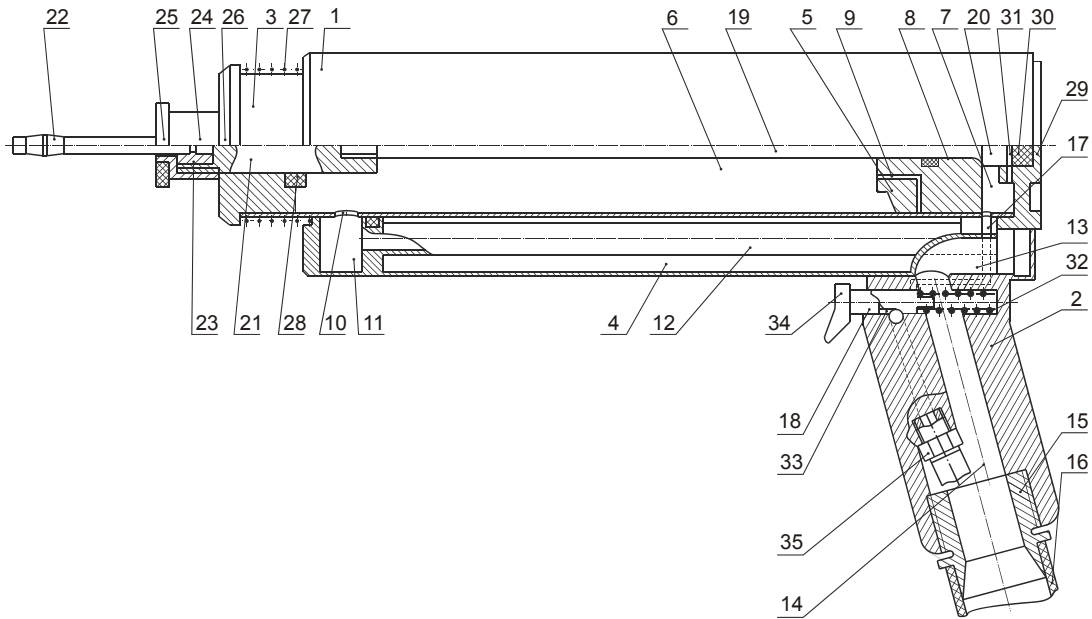


Рис. 1. Устройство дорнования отверстий со штоком: 1 – корпус; 2 – рукоятка; 3 – ствол; 4 – ресивер; 5 – боек; 6 – предбойковая полость; 7 – забойковая полость; 8 – уплотнение; 9 – дроссельное отверстие; 10 – выхлопное окно; 11 – передняя выхлопная камера; 12 – выхлопная трубка; 13 – задняя камера; 14 – выхлопной канал; 15 – выхлопной штуцер; 16 – выхлопной рукав; 17 – подводной канал; 18 – курковой золотник; 19 – шток; 20 – консольная часть штока; 21 – дорнодержатель; 22 – дорн; 23 – сухари; 24 – носовая гайка; 25 – демпфер; 26 – буска носовая; 27, 32 – пружина; 28 – передний демпфер; 29 – задняя гайка; 30 – задний демпфер; 31 – дроссельное отверстие; 33 – проточка; 34 – курок; 35 – подводной штуцер

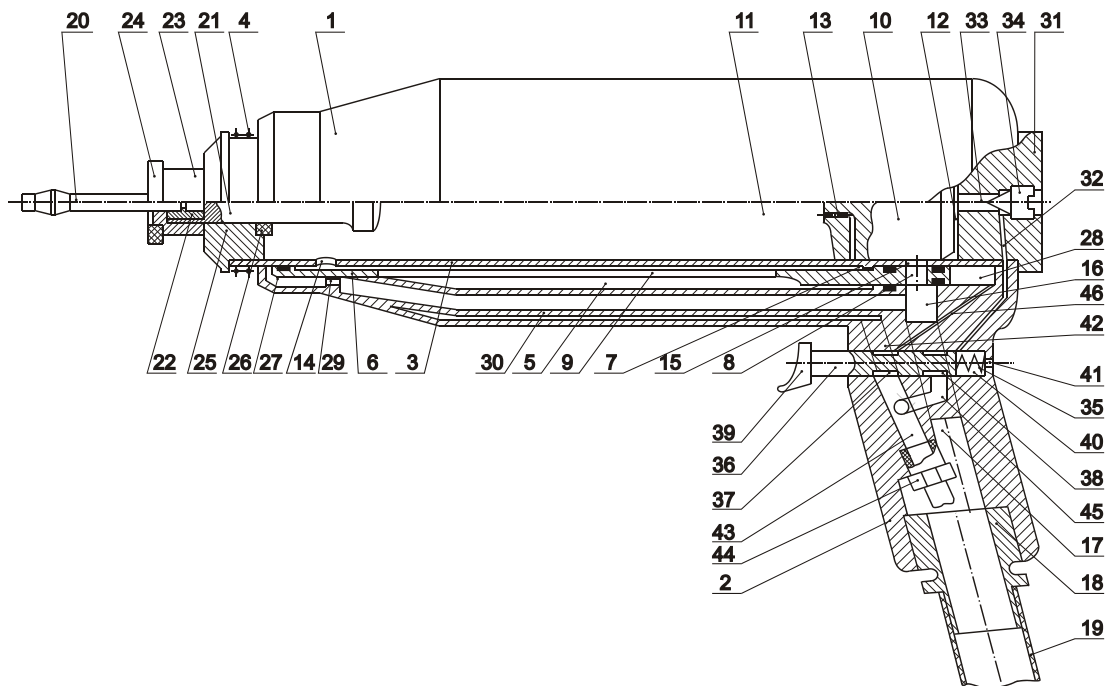


Рис. 2. Устройство дорнования отверстий без штока: 1 – корпус; 2 – рукоятка; 3 – ствол; 4 – пружина; 5 – ресивер; 6 – подвижный ствол; 7 – бурт; 8 – заднее окно подвижного ствола; 9 – переднее окно подвижного ствола; 10 – боек; 11 – предбойковая полость; 12 – забойковая полость; 13 – дроссельное отверстие; 14 – переднее окно ствола; 15 – заднее окно ствола; 16 – канал; 17 – воздуховод; 18 – выхлопной штуцер; 19 – рукав; 20 – дорн; 21 – дорнодержатель; 22 – сухари; 23 – упорная гайка; 24 – демпфер; 25 – передняя крышка; 26 – демпфер; 27 – выхлопной канал; 28 – задняя полость; 29 – выхлопные окна; 30 – выхлопная камера; 31 – задняя крышка; 32 – дроссельный канал; 33 – канал; 34 – дроссель; 35 – курковая пружина; 36 – курковой золотник; 37, 38 – проточки куркового золотника; 39 – курок; 40 – задняя полость золотника; 41 – дренажное отверстие; 42, 43 – подводной канал; 44 – подводной штуцер; 45, 46 – каналы

Вариант 1 несколько сложнее в конструктивной реализации, требует четкой взаимосвязки ходов бойка и дорна с дорнодержателем и штоком. Кроме того, шток при импульсном нагружении на дорнодержатель из-за консоли большой протяженности будет подвержен усталостному разрушению в месте заделки (в месте соединения с дорнодержателем). Для устранения поперечных колебаний консоли штока необходимо обеспечить ее направляющей в задней крышке, что усложняет конструкцию устройства. Кроме того, пневмоимпульсное устройство по варианту 1 при его эксплуатации требует дополнительного приложения мышечных усилий исполнителем для его управления. Это усложняет процесс и требует дополнительных физических затрат.

Вариант 2 конструктивно проще, однако требует повышения прочности конструкции в местах соединения ствола с задней и передней крышками, так как при реверсном ходе импульсная нагрузка бойка воспринимается исключительно этими соединениями.

Заключение

1. Установлено, что наиболее эффективным является вариант дорнования непосредственно инструментом-дорном с реверсным (выглаживающим) действием.

2. Для углубленной и детальной проработки предложены две конструктивные схемы пневмоимпульсных устройств дорнования, обеспечивающие импульсное нагружение инструмента-дорна как при прямом, так и при реверсном (выглаживающем) действии.

3. При разработке конструктивных схем устройств были учтены следующие требования технических условий заказчика:

– обеспечен отвод выхлопа сжатого воздуха из рабочей зоны и зоны дыхания, исключен обдув рук рабочих, чем улучшены условия труда;

– снижена до минимума отдача за счет обеспе-

чения самоотката ствола относительно корпуса с рукояткой;

– снижены до минимума усилия нажатия на курок пускового механизма;

– обеспечены быстрость и надежность крепления дорна;

– улучшены условия подхода к местам упрочнения за счет эксцентричного расположения ствола относительно корпуса ресивера.

Литература

1. Упрочнение отверстий болтовых соединений в конструкциях из алюминиевых сплавов. Произв. инструкция ПИ-6843. Изд. 4. – 1987. – 16 с.

2. Щербатых В.В., Лысенко Ю.Д. Применение магнитно-импульсного привода для упрочняющего дорнования отверстий с односторонним доступом // *Авиационная промышленность*. – 1983. – № 7. – С. 5 – 9.

3. Щербатых В.В., Лысенко Ю.Д., Пешков Б.П. Исследование силовых и кинематических параметров процесса импульсного дорнования // *Совершенство технологических процессов пластического деформирования при изготовлении конструкций ЛА*. – Куйбышев: КуАИ. – 1984. – С. 36 – 42.

4. Воробьев Ю.А. Разработка схем и конструкций пневмоимпульсных клепальных молотков // *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні*. – Краматорськ – Слов'янськ: Донбаська державна машинобудівна академія. – 2003. – С. 363 – 367.

5. Воробьев Ю.А., Воронько В.В. Перспективные устройства для реализации процессов дорнования отверстий // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2004. – Вып. 3 (11). – С. 28 – 32.

Поступила в редакцию 04.06.2004

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.П. Божко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.