

3. Павлович Л.А., Бматов А.Н., Александров С.Л., Харкиш В.В. Расчет допусков на геометрические размеры центробежного насоса из условия обеспечения заданной точности характеристик. - Энергомашиностроение, 1976, № 7, с. 39-41.
4. Павлович Л.А. Центробежный насос. Положительное решение по заявке № 2832615/26-06 от 22.07.80 г.
5. Александров С.Л. Центробежный насос. Авторское свидетельство № 623006. Вкладыш изобретений № 33, 1976 г.
6. Александров С.Л., Павлович Л.А. Центробежный насос. Авторское свидетельство № 718627. Вкладыш изобретений № 8, 1980.
7. Тарниш М.С. Контроль гидравлических сопротивлений. М.: Машиностроение, 1966. 155с.

УДК 629.735

В.Д.Лисенко, В.В.Щербатых, В.С.Несоленый

#### ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ ДОГНОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА ПРИ СБОРКЕ АГРЕГАТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В современном самолетостроении наблюдается тенденция роста габаритов, грузоподъемности и времени эксплуатации самолетов. Последнее требование ставит задачи увеличения ресурса механических точечных соединений, среди которых значительную часть составляют болтовые соединения. Для повышения ресурса болтовых соединений в настоящее время широко применяют процессы упрочняющей обработки поверхностей пластическим деформированием (ПД) и постановку болтов с упругопластическим натягом. Проведенные исследования [1] показали, что в конструкциях из алюминиевых сплавов многократное увеличение ресурса достигается при радиальном натяге 1,2-1,5%. Реализация такого натяга при постановке болта в процессе сборки требует применения мощных и, зачастую, крупногабаритных устройств. Равный эффект по ресурсу может обеспечить постановка болта с упругим натягом по посадке  $Pr_{2a}$  или  $Pr_3$  в отверстия, подвергнутые предварительной упрочняющей обработке ПД с натягом до 3-3,5% [2].

Такой натяг может быть реализован в условиях узловой и агрегатной сборки деталей аппаратов дорнованием отверстий.

Однако, применение процессов дорнования в производстве пока еще ограничено рядом недостатков применяемого оборудования к технологическому процессу, к которым можно отнести: подготовку отверстий под дорнование по  $H_{II}$  качеству, вызывающую снижение натяга при дорновании до 30% от заданной величины; необходимость калибрующего развертывания отверстий после дорнования.

Известно, что дорнование с постоянной скоростью движения инструмента, применяемое в настоящее время в промышленности, наряду с положительным влиянием на качественные параметры обработанного отверстия, т.е. уменьшением шероховатости поверхности, упрочнением материала стенок отверстия и т.д., оказывает отрицательное воздействие: создает наплывы на торцах отверстий по сопрягаемым поверхностям; искажает геометрию образующей отверстия, делая ее криволинейной (корсетной) и ступенчатой в случае дорнования сварных пакетов из металлов с различными механическими свойствами, что обуславливает необходимость введения дополнительной операции - калибровки отверстий после дорнования разверткой по  $H_7$  [2].

В процессе развертывания дорнованного отверстия в пакете деталей, например из материалов Д16АТ + В95АТ + Д16АТ, снятие поверхностного слоя металла происходит только в деталях из наиболее прочного материала, т.е. В95АТ.

Очевидно, что в результате такой обработки снижается выглаживающее влияние дорнования на стенки отверстия, создается наиболее наклепанный поверхностный слой более прочного металла, обладающего повышенной чувствительностью к усталости, и снижается уровень остаточных напряжений вследствие разгрузки, вызванной удалением поверхностных слоев металла.

К недостаткам оборудования и инструмента, применяемых на узловой и агрегатной сборке, можно отнести:

ограниченный доступ с пневмогидравлическим инструментом к отверстиям в конструкциях с закрытыми профилями;

большие габариты дорнов на жесткой связке, используемых при дорновании протяжными устройствами;

необходимость участия в процессе дорнования двух исполнителей в связи с требованием двухстороннего подхода с таким инструментом к обрабатываемому отверстию;

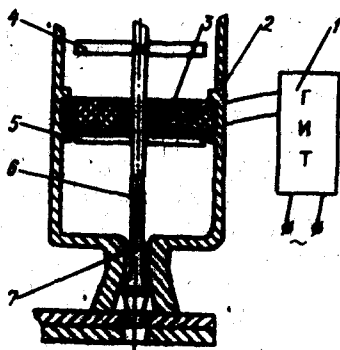
малая мощность дорнующих устройств, ограниченная конструкцией дорнов (сечением переходного стержня).

Куйбышевским авиационным институтом разрабатывается технология высокоскоростного дорнования и запрессовки болтов с использованием устройства, схема которого показана на рис. 1. 3. Оно может быть выполнено как в стационарном варианте, встроенным в оборотное приспособление, так и в переносном исполнении в виде ручного инструмента.

Под действием электродинамических сил шток с дорном и дисками разгоняется и запасенная им энергия расходуется при дорновании отверстия. Отличительной особенностью устройства для высокоскоростного дорнования является его высокая удельная мощность и высокая — десятки метров в секунду — скорость входа дорна в пакет. Скоростные и силовые параметры процесса регулируются путем изменения уровня энергии, запасаемой в энергоблоке установки.

Энергетический блок установки, обеспечивающий питание дорнующего устройства, может быть применен для операций клепки и других, что позволяет унифицировать оборудование, сократить его номенклатуру и т.д. Однако для внедрения таких устройств необходимы обоснованные рекомендации по применению высоких скоростей дорнования и данные по их влиянию на эксплуатационные характеристики соединения.

Как упоминалось ранее, процесс дорнования сопровождается образованием напыления на торцах отверстия. Известно, что площадь контакта сопрягаемых поверхностей, ее ширина и твердость в значительной мере влияют на долговечность конструкции и продолжительность сохранения первоначального уровня затяжки болтовой пары. Очевидно, что возникновение в процессе высокоскоростного дорнования значи-



Р и с. 1. Принципиальная схема магнитно-импульсного устройства для динамического дорнования: 1-генератор импульсных токов; 2-корпус устройства; 3-индуктор; 4,5-диски из материала с высокой электропроводностью; 6-шток; 7-дорн

тельных инерционных сил должно повлиять на геометрию наплывов и, следовательно, на работоспособность соединения.

На первом этапе исследования, которому посвящена данная работа, предстояло решить следующие задачи по оценке влияния скорости деформирования:

- 1 - на величину и область распределения остаточных сжимающих напряжений;
- 2 - на точность отверстия и шероховатость поверхности его стенок;
- 3 - на формирование наплыва;
- 4 - на ресурс болтового соединения, выполненного по упрочненному отверстию.

Кроме того, необходимо было произвести оценку силовых параметров процесса дорнования с высокими скоростями. Исследования проводились на образцах (рис. 2) из материалов Д16АТ + В95АТ + Д16АТ толщиной 6+6+6 мм. В образцах по серийной технологии были подготовлены отверстия  $\varnothing$  7,8 мм, которые затем дорновались со скоростями  $V = 0,5$  м/мин на прессе "Amsler" и  $V = 1200$  м/мин на магнитно-импульсной установке. Дорнование выполнялось дорном, геометрия которого соответствовала инструкции [2] и показана на рис. 3.

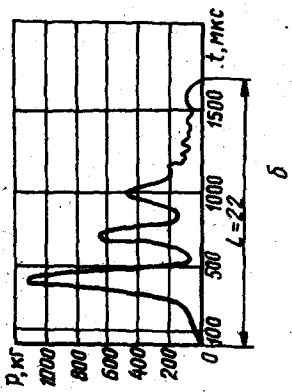
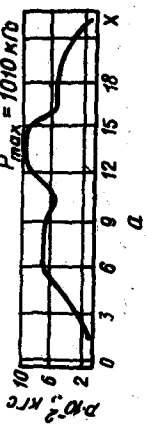
Диаграммы изменения нагрузки на дорн при дорновании на прессе и высокоскоростном дорновании приведены на рис. 4, из которого видно, что величина и характер нагрузки на дорн различны. Если в первом случае наибольшие нагрузки возникают при прохождении дорна через отверстие в детали из более прочного материала, то во втором максимальное усилие развивается при прохождении первого листа пакета, что может быть объяснено влиянием инерционных сил.

Проверка дорнованных образцов методом красок показала, что трещины вокруг отверстий отсутствуют.

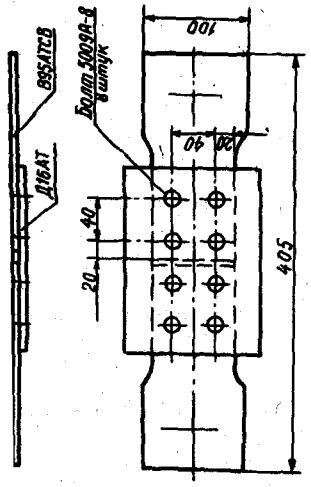
Обмер отверстий по диаметру производился индикаторным нутромером с ценой деления 0,002 мм. Обработка результатов измерений показала, что в обоих случаях точность отверстий соответствует Н<sub>9</sub> качеству.

Чистота поверхности стенок отверстий, определенная по этапам визуально и с помощью профилографа-профилометра, также не имеет существенных отличий для обоих сравниваемых режимов дорнования и находится в пределах восьмого класса.

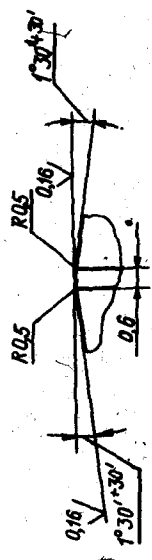
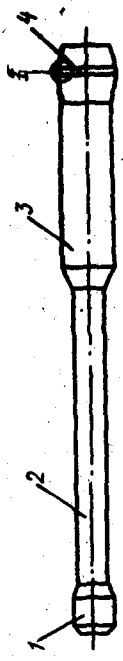
По сопрягаемым поверхностям деталей пакета в зоне отверстия были записаны профилограммы наплывов (рис. 5). Из них видно, что в



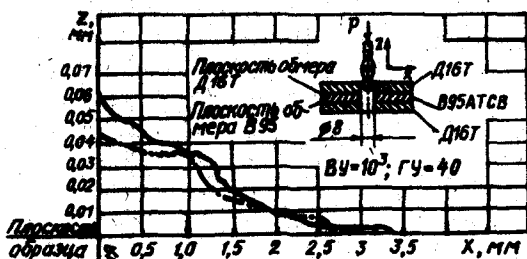
Р и с. 4. Диаграммы изменения усилия при дорожке на прессе со  $V = 0,5$  м/мин (а) и на МДУ со  $V = 1200$  м/мин (б)



Р и с. 2. Конструкция образца для проведения экспериментов



Р и с. 3. Конструкция дорна: 1-упор для захвата; 2-переходный стержень; 3-направляющая; 4-рабочий зуб



Р и с. 5. Профиль напылов на плоскости образца из материала В95АТ в зоне дорнованного отверстия: а — отверстие, дорнованное со скоростью 0,5 м/мин; б — отверстие, дорнованное со скоростью 1200 м/мин

зоне контакта листов при высокоскоростном дорновании образуется достаточно плоская кольцевая площадка шириной 1,2-1,6 мм, что отвечает требованиям производственных инструкций на площадь контакта, в отличие от явных пиков, возникающих при дорнова-

нии на прессе и протяжными устройствами.

Высота напылов соответственно отличается в 1,5 - 2 раза. Отмеченное явление, очевидно, позволит при внедрении новой технологии дорнования отказаться от разборки пакетов для удаления напылов.

Это подтверждается и результатами предварительных сравнительных испытаний образцов под воздействием повторно-статических циклических нагрузок, которые показали, что высокая скорость дорнования не влечет за собой снижения эксплуатационных характеристик болтового соединения.

Оценка влияния скорости дорнования на величину и распределение остаточных напряжений вокруг отверстия производилась на специальных моделях с использованием эффекта фотоупругости. Обработка экспериментальных данных показала возрастание уровня остаточных напряжений вблизи кромки отверстия с ростом скорости дорнования.

### В ы в о д ы

По исследованным параметрам процесс динамического дорнования:

- 1 - не снижает усталостные характеристики образцов болтовых соединений с упрочненными отверстиями;
- 2 - снижает высоту напыла и увеличивает поверхность контакта сопрягаемых деталей вследствие преодоления инерционных сил;

3 - позволяет реализовать процесс в условиях одностороннего доступа к упрочняемому отверстию.

### Л и т е р а т у р а

1. В о р о н о в В.Ф. Исследование влияния посадок болта на выносливость болтовых соединений. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н., МАИ, 1974.
2. Производственная инструкция ПМ-6843, 1978.
3. Д м с е н к о В.Д. и др. А.С. № 730481 (СССР) от 30.04.80. Устройство для обработки отверстий. Бюл. изобретений, 1980 № 16.

УДК 621.791.72:75

Г.Л.Зубриенко, Ф.З.Таненбаум, В.М.Петрованов  
В.И.Бобринский, В.С.Вешпер

ОПЫТ СВАРКИ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ТЕРМОУПРОЧНЯЕМОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1201 В РАЗЛИЧНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ

Эффективность применения в сварных конструкциях термоупрочняемого алюминиевого сплава 1201 в значительной степени определяется такими показателями, как прочность сварных соединений, плотность, ширина зоны разупрочнения. От правильного выбора способа сварки и технологической схемы его осуществления зависят не только эксплуатационные показатели изделий, но и объемы капиталовложений на подготовку производства.

Сравнение потенциальных возможностей известных методов сварки и экспериментальная проверка показали, что наиболее перспективным является метод галвено-дуговой сварки постоянным током прямой полярности и электродно-дуговая сварка.

Технико-экономический анализ различных вариантов показал, что традиционное для сварки "нижнее положение" не всегда является оптимальным с точки зрения рационального построения общей технологии изготовления сборки из алюминиевых сплавов.

В связи с этим в нашей работе были изучены аспекты применения процессов дуговой и электродно-дуговой сварки не только в нижнем, но, в основном, в произвольных пространственных положениях, - "на подъем", горизонтальным швом на вертикальной поверхности и т.п.