

Снижение производительности, выраженное уменьшением съема металла с контрольных образцов при увеличении количества рабочей жидкости, так же как при увеличении суммарной массы обрабатываемых деталей, объясняется уменьшением удельных затрат энергии струй сжатого воздуха в массе загрузки. Слабое влияние зернистости абразивного материала на съем металла и шероховатость поверхности объясняется тем, что абразивные зерна меньшей зернистости, инжектируясь в струи, быстрее набирают скорость, чем более крупные зерна. Поэтому запас кинетической энергии крупных зерен, имеющих большую массу, но малую среднюю скорость перед столкновением с деталью, равен запасу кинетической энергии мелких зерен, имеющих малую массу, но большую скорость.

Список литературы: 1. Проволоцкий А.Е. Механизация отделки деталей с использованием струйно-абразивной обработки // Механизация и автоматизация пр-ва.– 1990.– № 5. – С. 7-10. 2. Проволоцкий А.Е., Гришин В.С. Акустический контроль технологических параметров струйно-абразивной обработки // Прогресс. технол. процессы в машиностр. и стимул. их внедрения в про-во, 18-20 сент., 1990: Тез. докл. обл. науч.-практ. конф. – Харьков, 1990. – С. 126. 3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с. 4. Сергиев А.П., Андилахай А.А. Струйно-абразивная обработка мелких деталей во вращающемся потоке. – Станки и инструмент. – 1981. – №11. – С. 18-20. 5. Патент 4922664 США. МКИ⁵ В 24 С 5/04. Гидропескоструйная установка. 6. Патент 4936059 США. МКИ⁵ В 24 С 5/04. Способ и устройство для гидроабразивной струйной обработки. 7. Заявка 3702675 ФРГ. МКИ⁴ В 08 В 3/02. Устройство для гидроструйной очистки. 8. Заявка 3817641 ФРГ. МКИ⁴ В 08 В 3/02. Устройство для гидроструйной очистки поверхности.

Поступила в редколлегию 11.12.08

УДК 621.922.04

И.Е. ИВАНОВ

СТРУКТУРНО–ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБОВЫХ ОТВЕРСТИЙ В ГОРЛОВИНАХ БАЛЛОНОВ

Приведены результаты экспериментальных исследований параметров точности обработки отверстий в горловинах баллонов и качества нарезания в них герметичной конической резьбы и предложены новые решения по созданию эффективного технологического процесса механической обработки резьбовых отверстий в горловинах баллонов

При изготовлении баллонов в условиях массового производства на автоматических линиях возникают сложные задачи по обеспечению качественного нарезания герметичной конической резьбы в отверстиях горловины баллона под вентиль. Практикой установлено, что до 16% изготавливаемых баллонов из стали 30ХМА не соответствуют требованиям по качеству нарезания резьбы вследствие образования тугой или прослабленной резьбы [1–3]. Это

обусловлено особенностями обработки отверстия с заведомо неравномерным снимаемым припуском (после закатки горловины баллона) и возникающими погрешностями обработки отверстия на переходах, предшествующих нарезанию резьбы (рассверливания и зенкерования отверстия). В связи с этим целью работы является проведение экспериментальных исследований параметров точности обработки резьбовых отверстий в горловинах баллонов и на их основе выработать решения по совершенствованию базового технологического процесса обработки.

Были проведены экспериментальные исследования погрешностей базирования заготовок баллонов на станке с помощью специально разработанных контрольных приспособлений для измерения радиального отклонения цилиндрической и сферической частей горловины $\varnothing 70$ мм относительно цилиндрической части баллона. Первоначально была выполнена оценка точности заготовки баллона по отклонению оси горловины от оси цилиндрической части баллона X (т.е. несоосности горловины баллона и его цилиндрической части). Измерения проводились для 50-ти баллонов методом математической статистики. Установлено, что разброс значений X находится в пределах 0,25...0,85 мм (рис. 1,а). При этом основная часть значений X сосредоточена в интервале 0,35...0,45 мм.

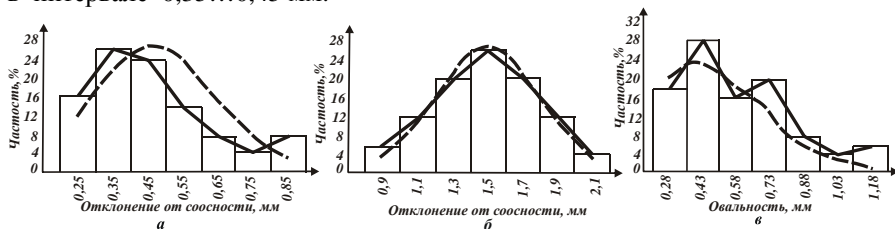


Рис. 1. Гистограмма и кривые распределения отклонения оси горловины от оси цилиндрической части баллона X (а), отклонения оси пояска горловины от оси цилиндрической части баллона X_1 (б) и величины овальности сферической части горловины баллона на диаметре 70 мм (в).

Далее была произведена оценка несоосности пояска горловины (после точения) и цилиндрической части баллона, по сути, несоосности цилиндрической части баллона и шпинделя инструментальной головки. Из рис. 1,б следует, что разброс значений X_1 находится в пределах 0,8...2,2 мм. Это значительно больше, чем разброс значений величины X . Следовательно, при обработке отверстий в горловинах баллонов имеет место значительная несоосность цилиндрической части баллона и шпинделя инструментальной головки. Очевидно, это приводит к несоосности обрабатываемого отверстия и сверла, что выражается в неравномерности снимаемого припуска при рассверливании начального отверстия в горловине баллона и возникновению в технологической системе упругого перемещения. По сути, производится рассверливание отверстия с начальной значительной некруглостью. Для анализа

причин возникновения погрешностей базирования заготовок баллонов были проведены экспериментальные исследования погрешности формы сферической части горловин баллонов, являющейся технологической базой на первых трех переходах базового технологического процесса [1]. На основании полученных данных построены эмпирическая и теоретическая кривые распределения величины овальности сферической части горловины на $\varnothing 70$ мм, рис. 1, в. Установлено, что закон распределения отклонения близок к закону распределения эксцентриситета (Релея). Среднее арифметическое значение равно $\bar{X} = 0,592$ мм, а средне квадратическое отклонение – $S = 0,252$ мм. Как видно, величина овальности сферической части горловины на $\varnothing 70$ мм изменяется в довольно большом диапазоне: 0,28...1,18 мм, что собственно, и предопределяет значительную несоосность цилиндрической части баллона и шпинделя инструментальной головки. Очевидно, уменьшить несоосность цилиндрической части баллона и шпинделя инструментальной головки можно за счет применения более прогрессивной схемы базирования заготовки баллона.

Были проведены экспериментальные исследования некруглости отверстий после рассверливания. Измерялись наименьший $D_{0\min}$ и наибольший $D_{0\max}$ диаметры отверстия после его рассверливания сверлом $\varnothing 22$ мм из стали Р6М5 у 50-ти баллонов. Обработка производилась при следующем режиме резания: подача $S = 0,28$ мм/об; скорость резания $V = 22$ м/мин. Результаты измерений диаметров отверстий $D_{0\max}$ и $D_{0\min}$, а также их разности (овальности отверстия) $\Delta D = D_{0\max} - D_{0\min}$ представлены в виде гистограмм и кривых распределений (рис. 2). Как видно, диапазоны разброса значений параметров $D_{0\min}$ и $D_{0\max}$ отличны. Значения наименьшего диаметра обработанных отверстий $D_{0\min}$ концентрируются в основном в интервале 21,9...22,1 мм, что соответствует диаметру сверла. Это свидетельствует о том, что после рассверливания имеют место значительные погрешности размера и формы обработанных отверстий. Значения наибольшего диаметра отверстий $D_{0\max}$ концентрируются в основном в интервале 22,5...22,7 мм, что превышает значения $D_{0\min}$ для большинства обработанных баллонов. С физической точки зрения это связано с тем, что по сути, обработка отверстия производится не в сплошном материале, а путем рассверливания отверстия с начальной значительной некруглостью. В результате происходит съем неравномерного припуска, т.е. глубины резания, приходящиеся на оба лезвия сверла, различны и имеет место дисбаланс радиальных составляющих сил резания, действующих на лезвие сверла, который определяется наибольшей разностью глубин резания Δt . Это ведет к погрешности обработки отверстия вследствие изгиба сверла и горловины баллона и смещения оси отверстия относительно оси сверла. Как следует из рис. 2, разбивка отверстия, определяемая разностью

наибольшего диаметра отверстия $D_{0\max}$ и диаметра сверла, равна 0,9 мм. Это чрезвычайно большое значение, имеющее место лишь при обработке отверстия с начальной значительной некруглостью, т.е. при съеме неравномерного припуска. Необходимо отметить, что с физической точки зрения данная величина (разность наибольшего диаметра отверстия $D_{0\max}$ и диаметра сверла) равна величине смещения оси обработанного отверстия относительно ее номинального положения.

Приведенные на рис. 2, в статистические данные разности наибольшего и наименьшего диаметров отверстия ΔD указывают на существование приблизительно нормального закона распределения этой величины, изменяющейся в довольно больших пределах – 0...0,7 мм. Таким образом, показано существенное влияние неравномерности снимаемого припуска на точность обработки отверстия при рассверливании. Установлен случайный характер формирования параметров точности обработанных отверстий.

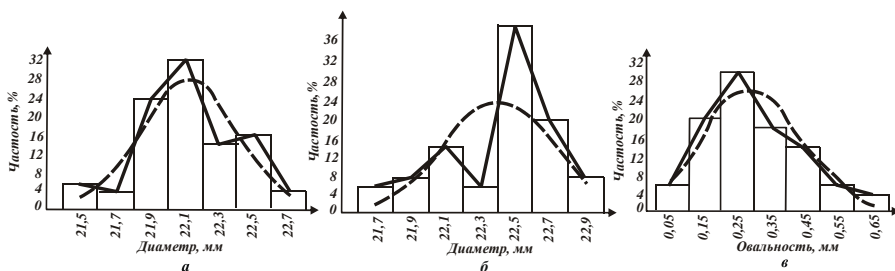


Рис. 2. Гистограммы и кривые распределений наименьшего $D_{0\min}$ (а) и наибольшего $D_{0\max}$ (б) диаметров отверстий и их разности (овальности отверстия) ΔD (в) после рассверливания.

Были проведены экспериментальные исследования величин отклонения от соосности горловины баллона и отверстия в нем после рассверливания и зенкерования у 50-ти обработанных баллонов. На основании этих данных, используя метод математической статистики, были построены (рис. 3) эмпирическая и теоретическая кривые распределения величины отклонения от соосности горловины баллона (с наружным диаметром 48 мм) и отверстия в нем (диаметром 22 мм) после рассверливания и зенкерования (зенкером коническим АМ 14977-500 из быстрорежущей стали Р6М5 $\varnothing 22/25$ мм с конусностью $2tg\varphi/2=3:25$, $\varphi=6^\circ 51' 36''$) при $S=0,7$ мм/об; $V=12$ м/мин. Закон распределения значений в двух случаях близок к закону эксцентриситета (Релея). В первом случае (рис. 3,а) среднее арифметическое значение равно $\bar{X}=0,487$ мм, а среднее квадратическое отклонение – $S=0,219$ мм. Во втором случае (рис. 3,б) среднее арифметическое значение равно $\bar{X}=0,298$ мм, а среднее квадратическое отклонение – $S=0,157$ мм. Из рис. 3,а следует, что диапазон

изменения величины отклонения от соосности горловины баллона и отверстия в нем после рассверливания равен 0,22...1,12 мм. Диапазон изменения разности наибольшего диаметра отверстия D_{0max} и диаметра сверла, как показано выше, отличается незначительно и составляет 0...0,9 мм. Следовательно, в первом приближении величину отклонения от соосности горловины баллона (с наружным диаметром 48 мм) и отверстия в нем (диаметром 22 мм) после рассверливания можно рассматривать равной разности наибольшего диаметра отверстия D_{0max} и диаметра сверла.

Из рис. 3,а вытекает, что после рассверливания образуется отверстие значительной некруглости, которую трудно существенно уменьшить на последующем технологическом переходе зенкерования, рис. 3,б. При этом установлено, что требуемое качество нарезания конической резьбы достигается при отклонении оси горловины баллона от оси отверстия (после зенкерования) не более чем на 0,4 мм. При нарушении этого условия часть обработанных баллонов будет забракована по одному из параметров конической резьбы. На рис. 3,б заштрихованным показан процент брака баллонов, который в данном случае равен 15%. Поэтому для снижения процента брака баллонов по качеству нарезания конической резьбы следует уменьшить отклонение оси горловины баллона от оси отверстия в нем после рассверливания не менее чем на 0,4 мм, а после зенкерования – не менее чем на 0,3 мм, что обеспечивается применением более эффективной схемы базирования баллонов.

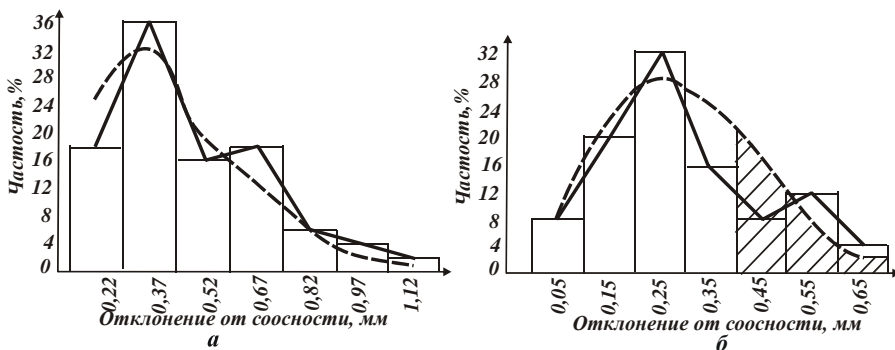


Рис. 3. Гистограммы и кривые распределения величины отклонения от соосности горловины баллона и отверстия в нем после рассверливания (а) и зенкерования (б).

Была произведена экспериментальная оценка качества нарезанной конической резьбы в отверстиях 1670 горловин баллонов. Установлено, что в 260 баллонах (а это соответствует 15,5% общего количества баллонов) нарезана некачественная резьба, табл. 1.

В табл. 1 приведены данные о браке по видам дефектов нарезанной конической резьбы в отверстиях горловин баллонов. Как видно, наибольший процент брака достигается в связи с образованием так называемой “рваной

резьбы” (4,31%). Затем, в порядке уменьшения процента брака резьбы – в связи с поломкой метчиков (3,35%), образованием прослабленной (2,84%) и тугой (2,75%) конической резьбы, а также образованием неполного профиля резьбы (2,27%). На рис. 3,б заштрихованным показан возможный процент брака баллонов в связи с существенным отклонением оси горловины баллона от оси отверстия (после зенкерования). Как видно, он равен 15%, что фактически соответствует проценту брака баллонов по некачественно нарезанной конической резьбе. Следовательно, отклонение оси горловины баллона от оси отверстия необходимо рассматривать как основную причину низкого качества нарезания конической резьбы в отверстиях.

Таблица 1 – Результаты контроля резьбы W 27.8 ГОСТ 9909-81 в баллонах, обработанных по базовому технологическому процессу ($S=1,814$ мм/об; $V=8,5$ м/мин)

Всего обработано баллонов, штук	Всего забраковано баллонов, штук/процент	В том числе по видам дефектов, штук / процент				
		рваная резьба	прослабленная резьба	тугая резьба	Неполный профиль резьбы	поломка метчика
1670	260/15,5	72/4,31	48/2,84	46/2,75	38/2,27	56/3,35

На основе проведенных исследований разработан эффективный технологический процесс механической обработки резьбового отверстия в горловине баллона, реализующий наиболее эффективный вариант маршрута обработки с применением новых технических решений: прогрессивной схемы базирования – по кромке торца горловины баллона с помощью базирующего конуса (обеспечивающего материализацию оси баллона); разработанной конструкции специальной инструментальной головки (содержащей проходной, подрезной резцы и сверло), обеспечивающей концентрацию переходов и создание чистовой технологической базы; разработанной системы автоматизированной подналадки останова рабочего хода инструментальной головки и специального приспособления для юстировки инструментальных головок.

Маршрут обработки включает пять переходов. На первом переходе производится одновременная обработка поверхностей, обеспечивающих базирование горловины баллона, на втором, третьем и четвертом переходах – сверление, зенкерование и развертывание отверстия, на пятом переходе – нарезание в отверстии конической резьбы. Разработанный технологический процесс позволяет существенно снизить отрицательное влияние несоосности цилиндрической части баллона и шпинделя инструментальной головки, а также отклонения торца горловины баллона от базовой поверхности на параметры точности обрабатываемого отверстия. В итоге обеспечивается повышение точности обрабатываемого отверстия без увеличения времени обработки баллона, поскольку разработанный технологический процесс содержит такое же количество переходов, как и базовый технологический процесс.

Для повышения жесткости технологической системы и точности обработки, а также снижения нагрузки на направляющие силового стола разработана конструкция кондуктора, воспринимающего реакции сил резания. Кондуктор представляет собой корпус с подшипниками качения и кондукторную втулку. Корпус установлен между фланцами, закрепленными на базирующем кронштейне с помощью анкерных болтов. Работа инструментальной головки с использованием кондуктора позволила исключить вибрации и смещение оси шпинделя относительно оси обрабатываемого отверстия в горловине баллона.

Был проведен комплекс экспериментальных исследований параметров точности отверстий, обработанных на переходах рассверливания и зенкерования по разработанному технологическому процессу (рис. 4). Установлено, что разброс значений параметров точности меньше, чем при обработке по базовому технологическому процессу (рис. 3). Это свидетельствует об эффективности разработанного технологического процесса обработки.

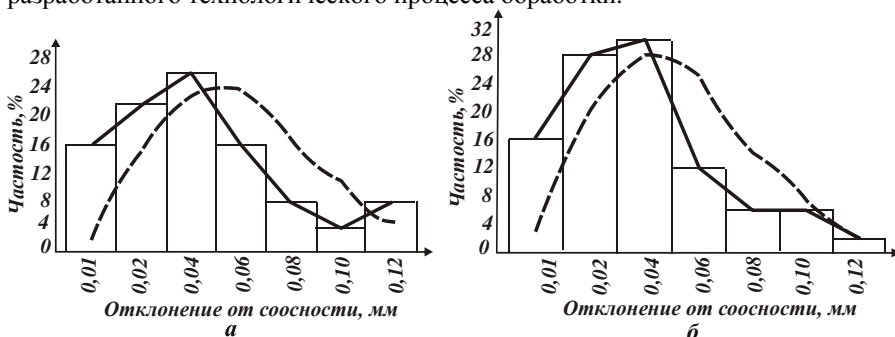


Рис. 4. Гистограммы и кривые распределения величины отклонения от соосности горловины баллона (с наружным диаметром 48 мм) и отверстия в нем (диаметром 22 мм) после рассверливания (а) и зенкерования (б) по разработанному технологическому процессу.

Произведена экспериментальная оценка качества нарезанной конической резьбы партии изготавливаемых баллонов по разработанному технологическому процессу обработки. Установлено, что из 1670 обработанных баллонов лишь в 22 баллонах (а это 1,31% общего количества баллонов) была нарезана некачественная коническая резьба. Согласно базовому технологическому процессу, из 1670 обработанных баллонов некачественно нарезанная резьба оказалась в 260 баллонах (15,5%), табл. 1. Следовательно, применение разработанного технологического процесса позволило в 11,83 раза уменьшить потери от брака по резьбе и привести их к экономически приемлемому для производства уровню – 1,31%. Таким образом, разработанный технологический процесс обеспечивает повышение точности обработки отверстий и качество нарезания в них конической резьбы без увеличения основного времени обработки баллона.

Разработанный технологический процесс механической обработки резьбовых отверстий в горловинах баллонов внедрен в баллоном цехе ОАО “Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича”. Благодаря его применению обеспечивается повышение точности обработки отверстий и качества нарезанной в них конической резьбы без увеличения времени обработки баллона, существенно снижены потери от брака баллонов по резьбе и расход режущих инструментов.

Список литературы: 1. Иванов И.Е. Повышение точности изготовления ответственных поверхностей деталей гидрогазовой аппаратуры // Захист металургійних машин від поломок – Збірник наукових праць – Маріуполь: ПДТУ, 2005. – Вип. 8. – С. 184-190. 2. Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Повышение эффективности механической обработки высокоточного резьбового отверстия в горловине газового баллона // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2006. – Вып. 70. – С. 350-355. 3. Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Технологическое обеспечение точности и стабильности изготовления внутренних герметических резьб в горловинах газовых баллонов в условиях крупносерийного и массового производства // Труды 12-й Международной научно-технической конференции, 7-8 июня 2006г. – Физические и компьютерные технологии. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2006. – С. 3-9. 4. Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Экспериментальные исследования параметров точности механической обработки резьбового отверстия в горловине баллона в условиях массового производства. – Труды 13-й Международной научно-технической конференции, 19-20 апреля 2007 г. – Физические и компьютерные технологии. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2007. – С. 20-30. 5. Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Разработка математической модели формирования погрешностей при механической обработке отверстия // Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПИ”, 2006. – Вип. 2 (13). – С. 87-94. 6. Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Высокоточная обработка резьбового отверстия в горловине газового баллона // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. – Материалы IV Международной научно-технической конференции: в 2 ч. Ч. 1: Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2006. – С. 181-184.

Поступила в редколлегию 11.12.08

УДК 621.891

Л.Б. ШРОН, В.Б. БОГУЦКИЙ, В.М. МАНУЙЛЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ФРИКЦИОННОГО ЛАТУНИРОВАНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ОБРАБОТАННЫХ ДЕТАЛЕЙ

На основе экспериментального исследования установлены основные закономерности влияния режимов фрикционного латунирования на параметры формируемого покрытия, позволяющие повысить производительность процесса обработки

Надежность и долговечность машин является одной из основных проблем современного машиностроения. Исследования, проведенные авторами [1,2,3], показывают, что главной причиной выхода из строя машин является износ деталей подвижных сопряжений под влиянием сил трения. В связи с