

щелевому уплотнению 11, уменьшается, а отводящему трубопроводу увеличивается. Данное обстоятельство позволяет увеличить расход центробежного насоса, тем самым повысить его эффективность.

Сопряжение между подвижным рабочим колесом 3 и бронедиском 2 осуществляется через плоские торцевые поверхности 9 и 10, которые образуют щелевое уплотнение 11, перпендикулярное оси вращения 12 рабочего колеса 4. В силу того, что поверхности 9 и 10 являются плоскими и перпендикулярными оси вращения, обеспечивается надежное сопряжение с минимально возможным зазором, что дает минимальные перетоки рабочей среды через щелевое уплотнение 11 и увеличивает напор и расход центробежного насоса.

При неизменных габаритах диаметр входного сечения колеса увеличивается с 640 до 700 мм, что обеспечивает соответствующий рост площади на 9,8% и снижение гидравлических потерь.

Данное исполнение конструкции проточной части позволяет выполнить над сопряженными торцами полость, благодаря которой достигается турбулизация перетекающего потока шлама. Тем самым создает дополнительное сопротивление его истечению через зазор. Перечисленные мероприятия были реализованы в конструкции насоса, эксплуатируемого в условиях ССГПО (г.Рудный). Длительная эксплуатация модернизированного насоса подтвердила эффективность принятых решений. Производительность уве-

личилась с 8000 до 10000–12000 м³/ч, подача жидкости на гидрооджим уменьшилась с 1200 до 630 м³, а развиваемый напор увеличился с 69–71 до 85–92 м. Это позволило отказаться от строительства дополнительной пульпонасосной станции IV подъема и 7 проектной нитки пульплпровода, снизить энергоёмкость процесса гидротранспортирования хвостов.

Выводы

Найденные и апробированные технические решения, направленные на повышение эффективности шламовых насосов, могут быть использованы в аналогичных конструкциях.

Список литературы

1. Лодерер П., Торопов О.А. Шламовые насосы Warman нового поколения // Горный журнал. 2005. № 1. С.69–70.
2. Замотаев Н.Г., Потапов Г.М., Потапов М.Г. Опыт повышения износостойкости деталей грунтовых насосов 8 Гр // Литейщик России. 2004. №10. С. 7–8.
3. Патент РФ на полезную модель № 106679.БИПМ. / Садыков В.Х., Мачихин А.Н., Шорников А.Н., Кутлубаев И.М. Центробежный насос.

Bibliography

1. Loderer P., Toropov O.A. Warman slurry pumps are the new generation // Mountain Journal of Math. Universities, 2005, № 1–8, p. 69–70.
2. Zamotaev N.G., GM Potapov Potapov, MG The experience of raising groundwater pump parts iznosostoykosti 8 Gr// Foundry in Russia. № 10, 2004. p.7–8.
3. Sadykov V.H, Machikhin A.N, Shomikov A.N. Kutlubayev I.M. A centrifugal pump. Patent RF for useful model № 106679.BIPM. УДК 621.65.03

УДК 658.51

Дерябин И.П., Носов В.Д.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ШТИФТОВЫХ ОТВЕРСТИЙ В РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ

В статье рассматривается проблема совместной обработки отверстий под штифты в деталях с разными свойствами материалов. Показано, как обеспечить одинаковую точность отверстий в деталях на основе компьютерного моделирования.

Ключевые слова: точность обработки отверстий, компьютерное моделирование, штифтование отверстий.

The problem of co-processing of the holes for the pins in the details of materials with different properties. It is shown how to provide the same accuracy holes in details based on computer modeling.

Key words: precision machining of holes, computer modeling, nailing holes.

Обработка штифтовых отверстий при сборке различных механизмов является достаточно распространенной операцией.

Как правило, особых трудностей при обработке штифтовых отверстий не возникает, о чем свидетельствует практическое отсутствие исследований и публикаций на эту тему. Однако в некоторых случаях возникает проблема обеспечения точности этих отверстий, например изделия для контроля околоземного космического пространства (рис. 1). Расстояние между телескопом и исследуемым объектом достаточно большое, поэтому малейшие погрешности, связанные с установкой, сборкой, изготовлением отдельных узлов и агрегатов, исполнительных механизмов телескопа значительно влияют на точность достижения цели. Отклонение в одну угловую секунду приводит к необходимости увеличения «поля зрения» телескопа на десятки метров, что недопустимо при

наблюдении за точечными объектами. Достаточно сказать, что в опорно-поворотном устройстве (ОПУ) телескопа нет ни одного редуктора для поворота изделия массой несколько тонн. Для обеспечения заданной точности перемещений используются высокомоментные двигатели, для контроля перемещений – оптические датчики. Точность работы двигателей и датчиков напрямую связана с соосностью между вращающимися и неподвижными элементами. Для обеспечения точности взаимного положения двигателей, датчиков, подшипниковых и опорных узлов в процессе сборки осуществляется непрерывный геодезический контроль. В собранном узле производится обработка отверстий под штифты. Поэтому погрешности обработки отверстий могут привести к нарушению положения деталей при сборочной операции штифтования.

Для штифтования ОПУ применяются цилиндрические и конические штифты. На практике в основ-

ном применяются два способа обработки отверстий под штифты:

- сверление отверстий по отдельности, т.е. детали сверлят отдельно друг от друга, а затем окончательно обрабатывают;
- сверление отверстия в сборе, т.е. детали соединены между собой.



Рис. 1. Опорно-поворотное устройство

При сборке изделия обработка отверстий под штифты часто происходит в разнородных материалах. На рис. 2 изображен узел ОПУ, где 1 – переходник, изготовленный из стали 38Х3СНМВФА, 2 – корпус, изготовленный из стали 20Л. Возникающая при сверлении отверстий разбивка (разность между диаметрами отверстия и инструмента) в разных материалах может получиться различной, что приведет к разным натягам и даже появлению зазоров в соединении штифта с сопрягаемыми деталями (рис. 3).

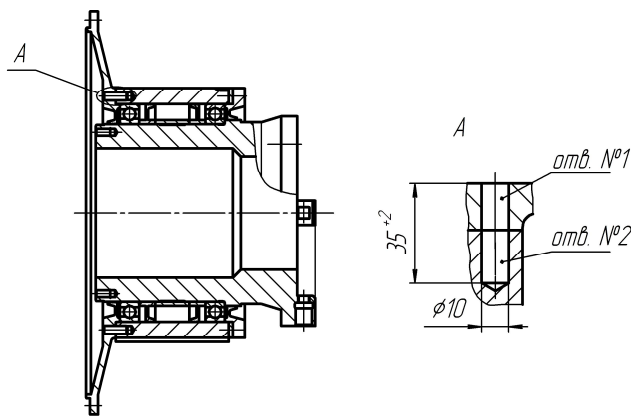


Рис. 2. Узел ОПУ

Расчет разбивки по математическим моделям формообразования [1] и созданным на их основе компьютерным программам [2] дал следующие результаты: для детали 1 разбивка составила 0,25 мм, для детали 2 – 0,15 мм. Поскольку обработка отверстий выполняется за один переход, исходные условия взяты одинаковыми: параметры инструмента, режимы реза-

ния и др. При таких значениях разбивки и соответственно разных размеров диаметров отверстий параметры сопряжений (рис. 2, сечение А) в деталях будут различаться. Размерный анализ, проведенный методом на максимум-минимум, показал возможность перекоса штифта в сопряжении (см. рис. 3) до 29' (0,48°). Это может привести к смещению или перекосу оси телескопа до 1', что существенно ухудшит достигнутые параметры точности перемещений телескопа, которая составляет одну угловую секунду – 1".

Для значительного уменьшения такой погрешности необходимо обеспечить равенство диаметров отверстий в собираемых деталях, т.е. одинаковую разбивку. Основной причиной разбивки отверстий является неравенство радиальных составляющих сил резания, действующих на каждое лезвие сверла [1]. На рис. 4 показана схема распределения припуска при сверлении отверстий спиральным сверлом. Траектория движения инструмента определяется координатами текущих радиус-векторов вершин режущих лезвий первого – $\rho_1(\psi)$ и второго – $\rho_2(\psi)$. Площади срезаемых сечений припуска Δ_1 и Δ_2 зависят от предыдущих положений (пол-оборота назад) радиус-векторов $\rho_1(\psi-\pi)$ и $\rho_2(\psi-\pi)$, от подачи S , а также от диссимметрии режущих лезвий – главных углов в плане ϕ_1 и ϕ_2 .

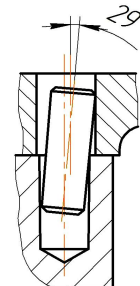


Рис. 3. Положение штифта

Из условий статического равновесия можно составить уравнение

$$|P_1 - P_2| = |D_{ин}/2 - \rho_1(\psi)|j, \quad (1)$$

где $D_{ин}$ – диаметр инструмента; j – жесткость инструмента.

Из теории резания известно, что силы резания пропорциональны площадям срезаемых сечений припуска с соответствующим коэффициентом пропорциональности. Таким образом, $P_1 = K_1\Delta_1$ и $P_2 = K_2\Delta_2$. Коэффициенты пропорциональности (резания) K_1 и K_2 зависят от материалов обрабатываемой детали и инструмента, геометрии режущей части инструмента и др. При прочих равных условиях различие этих коэффициентов в данном случае определяется различием обрабатываемых материалов и главных углов в плане ϕ_1 и ϕ_2 . Из уравнения (1) видно, что величина разбивки $\Delta_p = |D_{ин}/2 - \rho_1(\psi)|$ прямо пропорциональна разнице сил $|P_1 - P_2|$. Из анализа уравнения (1) можно сделать 2 вывода:

- 1) найти условия уменьшения разности $P_1 - P_2$;
- 2) создать условия для одинаковых значений этой разности в деталях из разнородных материалов.

Из всех составляющих коэффициентов K_1 и K_2 варьировать практически возможно только значениями коэффициентов $K\phi_1$ и $K\phi_2$, зависящих от главных углов в плане ϕ_1 и ϕ_2 . Так как при значениях коэффициентов обрабатываемости материалов для стали 20Л – $K_M=0,8$, для стали 38Х3СНМВФА – $K_M=1,1$, получаем:

– для первой детали $|P1-P2|_1 = K_m K_{\varphi_1} / \Delta I - \Delta 2 / = 1,1 K_{\varphi_1} / \Delta I - \Delta 2 /$;
 – для второй детали $|P1-P2|_2 = K_m K_{\varphi_2} / \Delta I - \Delta 2 / = 0,8 K_{\varphi_2} / \Delta I - \Delta 2 /$.

Следовательно, первое условие – уменьшение разности $P1 - P2$ за счет повышения точности заточки режущей части сверла и выравнивания K_{φ_1} и K_{φ_2} мало уменьшит величину разбивки.

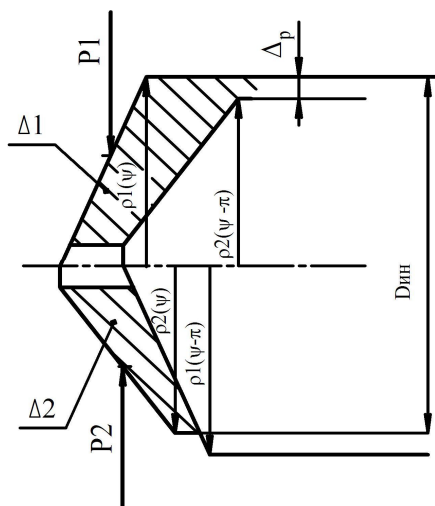


Рис. 4. Схема образования площадей срезаемых сечений припуска

Различие сил резания $P1$ и $P2$ зависит также от площадей сечений ΔI и $\Delta 2$, величины которых зависят в основном от углов φ_1 , φ_2 и подачи S . В свою очередь, главные углы в плане φ_1 и φ_2 влияют на значения угла наклона режущей кромки λ , передних γ и задних α углов, которые также влияют на коэффициенты резания. Для создания условий получения одинаковой разбивки отверстий в разнородных материалах необходимо подобрать определенные сочетания этих параметров процесса обработки. Такое возможно только на основе компьютерного эксперимента по математическим моделям формообразования [1]. Для компьютерного эксперимента были взяты следующие интервалы варьирования: подача $S = 0,05 - 0,3$ мм/об, $\varphi = 45 - 75^\circ$, допуск на заточку $\Delta\varphi = \pm 0,5 - 5^\circ$.

Результаты экспериментов для обеих деталей показаны на рис. 5 и 6. Как видно из результатов экспериментов, удалось добиться практически одинаковой разбивки.

Эти результаты были получены при следующих параметрах обработки:

- сверло по ГОСТ 10902-77, материал Р6М5;
- номинальное значение главного угла в плане $\varphi = 50^\circ$;
- допуск на заточку $\Delta\varphi = \pm 3^\circ$;
- подача $S = 0,08$ мм/об.

Необходимо отметить влияние диссимметрии геометрии режущей части сверла, т.е. необходимости выполнения условия для главных углов в плане: $\varphi_1 = 53^\circ$, $\varphi_2 = 47^\circ$ ($\varphi = 50 \pm 3^\circ$). При меньшей разнице этих зна-

чений различия в величинах разбивки резко возрастают. Поэтому перед обработкой необходимо проконтролировать эти параметры.

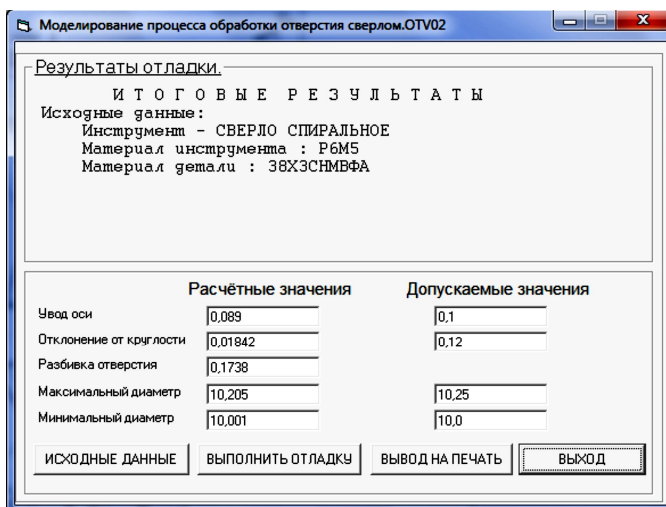


Рис. 5. Результаты моделирования для детали из стали 38ХЗСНМФА

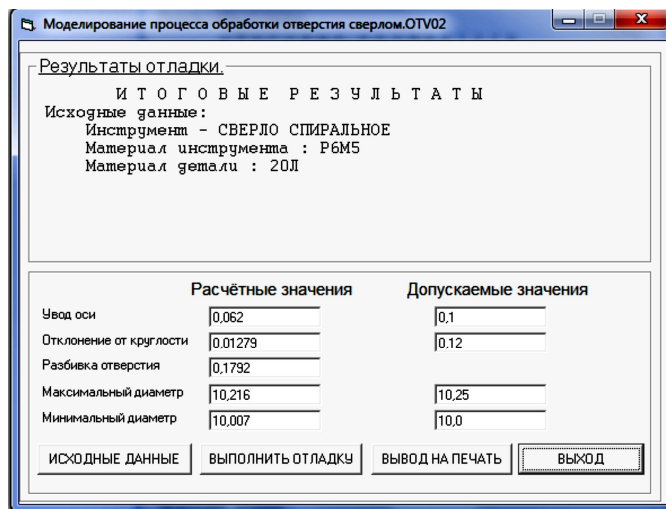


Рис. 6. Результаты моделирования для детали из стали 20Л

Другой проблемой обработки штифтовых отверстий является применение в основном ручных операций сверления отверстий электродрелью, что не обеспечивает постоянства подачи и приводит к появлению дефектов формы отверстия в продольном направлении (рис. 7). Поэтому обработку отверстий необходимо производить с помощью приспособления, схема которого показана на рис. 8. Приспособление состоит из кондукторной плиты 2, в которой установлены две кондукторные втулки 4 и скалки 3, являющиеся направляющими для электродреши 1. Приспособление крепится к детали болтами с помощью отверстия 5. Перемещение электродреши производится по специальному поворотному приспособлению (на схеме не показано), которое обеспечивает постоянство подачи.

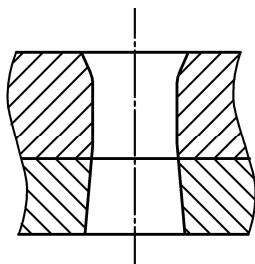


Рис. 7. Форма отверстия после обработки

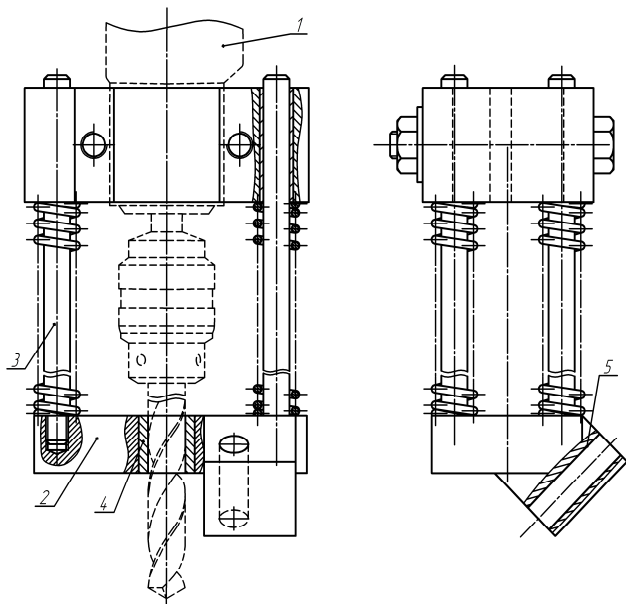


Рис. 8. Приспособление для обработки штифтовых отверстий

В статье намеренно не рассматриваются вопросы дальнейшего зенкерования и развертывания отверстий, применения конических штифтов и обработки отверстий коническими развертками. Отметим, что при зенкеровании и развертывании отверстий в раз-

нородных материалах также будет возникать неодинаковая разбивка, усугубляющаяся погрешностями предшествующего перехода – сверления. Подбор параметров обработки на эти переходы можно производить аналогично сверлению. Это же касается и обработки конических отверстий. Во всех случаях первым переходом является обработка цилиндрического отверстия, как правило, спиральным сверлом. Поэтому в первую очередь необходимо снизить погрешности именно на этом переходе.

Выводы

Обработка отверстий под штифты в разнородных материалах связана с образованием различной величины разбивки, что приводит к погрешностям сборки узла. Для устранения этих погрешностей необходимо определить параметры обработки отверстий, обеспечивающих одинаковую разбивку в разнородных материалах. Такими параметрами являются: угол при вершине сверла (главный угол в плане режущих лезвий), подача инструмента. При этом необходимо обеспечить диссимметрию геометрии режущих лезвий по величине главного угла в плане не менее 6° (допуск на заточку $\pm 3^\circ$). Наиболее эффективным методом определения оптимального сочетания параметров является компьютерное моделирование.

Список литературы

1. Дерябин, И.П. Прогнозирование параметров точности при обработке отверстий / И.П. Дерябин, В.И. Гузев // Технология машиностроения. 2006. № 4 (46). С. 9–14.
2. Дерябин, И.П. Проектирование, отладка и диагностика технологических процессов в АСТПП / И.П. Дерябин // Вестник машиностроения. 2008. № 1. С. 43–45.

Bibliography

1. Deryabin, I.P. Prediction accuracy in the processing of the hole / I.P. Deryabin, V.I. Guzev // Mechanical Engineering Technology. 2006. № 4 (46). S. 9–14.
2. Deryabin, I.P. Designing, debugging and diagnostics of technological processes in the CAM / I.P. Deryabin // Journal of Mechanical Engineering. 2008. № 1. S. 43-45.

УДК 621.774

Козлов А.В., Бобылев А.В., Шеркунов В.Г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯГОВ И ПОДАЧ, ДОПУСТИМЫХ ПРИ ХОЛОДНОЙ ГИБКЕ ТРУБ С РАСКАТЫВАНИЕМ

Рассмотрены основные ограничения диапазона натягов и подач при гибке труб с раскатыванием. Даны рекомендации по их выбору для конкретного оборудования.

Ключевые слова: гибка труб, раскатывание, пластическая кольцевая зона, диапазон натягов и подач.

Main restrictions of tightness and approach range were explored for a cold pipe bending by flaring. Some advises for of tightness and approach options according to specific equipment were given.

Key words: pipe bend, flaring, yielded cycle region, tightness and approach range.

Разработанный в ЮУрГУ новый метод холодной гибки труб с раскатыванием (рис. 1) [1] и оборудование для его реализации успешно применяются для холодной гибки тонкостенных труб различного диаметра.

Изложенная в [2] методика расчета натягов позволяет определить лишь предельные их значения, в

частности минимальный натяг (H_{min}), при котором начинается образование «пластических шарниров», и максимальный натяг (H_{max}), при котором начинается разрушение трубы. Так, для трубы $\varnothing 57 \times 4$, раскатываемой трехшариковым раскатником $H_{min} = 0,17$ мм, что меньше, чем допуск на внутренний диаметр трубы.