

УДК 621.757(031)

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРУКТУРНО УПОРЯДОЧЕННОЙ СБОРКИ ПОД СВАРКУ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А.Н. Журавлев, М.А. Борисов

Самарский государственный технический университет

E-mail: tsv.vbm@mail.ru

*Рассматривается структурно упорядоченная сборка под сварку резьбовых соединений, позволяющая обеспечить высокую точность взаимного расположения соединяемых деталей изделия.*

Одним из важнейших показателей, характеризующих качество тяжело нагруженных изделий машиностроения, является точность взаимного расположения сопрягаемых деталей неподвижного соединения.

К такому виду соединений относятся резьбовые соединения буровых алмазных долот. Конструкция этих изделий (рис. 1) состоит из корпуса – 2 с внутренней метрической резьбой, например, М68х2-6G и ниппеля – 3 с наружной метрической резьбой М68х2-6g. Качество соединения определяется по параметру соосности оси корпуса – 1 и оси ниппеля – 4 на этапах ориентирования метрической резьбы двух вышеназванных деталей в упор торцовых поверхностей и фиксации взаимного положения сваркой.

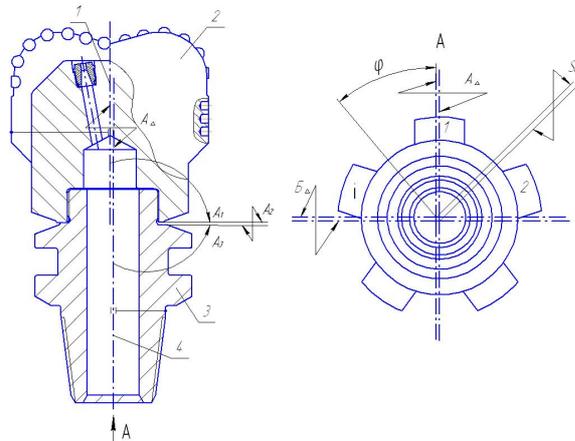


Рис. 1. Буровое алмазное долото

Указанные выше два этапа сборки резьбового соединения и сварка по периметру торца корпуса с ниппелем должны гарантировать точности взаимного расположения сопрягаемых деталей относительно друг друга. Соосность оценивается по значениям радиального отклонения корпуса относительно ниппеля, которая по требованию сборочного чертежа не должна превышать указанного допуска 0,1 мм. Такие требования при изготовлении алмазных долот определяются существенным влиянием соосности на работоспособность долота, которая в свою очередь влияет на величину проходки и управляемость долота.

Не выполнение условия соосности корпуса и ниппеля на этапе сварки нельзя компенсировать дополнительной механической обработкой по-

верхностей собранных деталей, используя метод пригонки. По этой причине в условиях реального производства, при котором сварка является окончательной операцией сборки, для достижения точности замыкающего звена угловой размерной цепи применяют метод полной взаимозаменяемости. Анализ практических результатов изготовления долот по параметру точности взаимного расположения деталей соединения, выполненных в соответствии с предлагаемой схемой и методом, не гарантирует стабильности показателя качества сборки. Доминирующее влияние случайного фактора определяется нестабильностью упруго-пластических деформаций в торцевом сопряжении и неупорядоченностью места первой прихватки при сварке. При этом стабильность структурного параметра расположения двух других прихваток, выполненных по схеме равностороннего треугольника, не гарантирует точность расположения деталей в сварном соединении.

С целью получения статистических оценок соосности были исследованы статистические выборки из 30-и собранных алмазных долот, принадлежащие двум вышеназванным этапам сборки по технологии изготовления, не учитывающей принципы упорядоченности и стабилизации. В ряде случаев радиальное отклонение до сварки удовлетворяло указанному значению допуска, после сварки превышало допустимое значение.

В работе предлагается применить способ структурно упорядоченной сборки [1, 2], которая характеризуется следующим уравнением

$$П_{сб} = f(П_{эк}, m),$$

где  $П_{сб}$  – параметр сборки (соосность корпуса алмазного долота с ниппелем  $A_n$  (рис. 1),  $П_{эк}$  – параметр эксцентриситетности (увод долота в скважине),  $m$  – структура (на этапе сборки под сварку – момент на динамометрическом ключе, возникающий при затяжке корпуса с ниппелем; на этапе сварки – зона прихватки).

Для определения влияния случайных факторов на точность расположения соединяемых деталей и статистической оценки управляемости процесса сборки необходимо по реализации случайного процесса рассчитать параметр управляемости. Для этого определим изменение радиальных отклонений резьбового соединения при затяжке и при сварке:

$$D(i) = D_{зат}(i) - D_{свар}(i).$$

Если  $D(i)$  имеет положительное значение, то процесс управляем, т. е. на каждой операции происходят уменьшения погрешности пространственных отклонений. Если  $D(i)$  отрицательное, то процесс увеличивает погрешности. Кроме качественных характеристик необходимо иметь количественные оценки управляемости случайного процесса. Для этого используются расчетные значения математического ожидания  $M_x$ , дисперсии  $D_x$ , рассчитанные в программе Matcad по исходным данным разности радиальных отклонений  $D(i)$ , полученных на двух этапах сборки. Ниже приведены численные значения математического ожидания и дисперсии для двух методов сборки, определенные для алмазного долота  $\varnothing 120,6$  мм.

*Метод полной взаимозаменяемости* (используемый в производстве алмазных долот):

$$M_x = -0,64; D_x = 3,536 \cdot 10^{-3}.$$

*Метод структурно упорядоченной сборки* (предлагаемый метод):

$$M_x = 0,057; D_x = 9,872 \cdot 10^{-4}.$$

На основании сравнения полученных результатов делается вывод в пользу метода структурно упорядоченной сборки.

Для решения проблемы нестабильности геометрической точности структурно неупорядоченной сборки под сварку необходимо при сохранении структуры сборки ввести в технологию сборки упорядоченность. Повышение стабильности технологии упорядоченной сборки необходимо осуществить на этапах, включающих в себя следующие стадии: предварительная и окончательная сборка резьбового соединения – первый этап; предварительная фиксация с помощью прихваток по торцу резьбового соединения и окончательная сварка по периметру соединения – второй этап.

Целью исследования является повышения геометрической точности сборки под сварку двух этапов, каждый из которых включает две стадии. Для этого определены положения прихваток в зависимости от начальных условий достигнутой точности взаимного расположения деталей резьбового соединения, отвечающие за правильность выбора места первой прихватки, а также определение структурной оптимизационной схемы положения прихваток.

При выполнении предварительной затяжки резьбы торцы ниппеля и корпуса деформируются, в результате чего происходит изменение составляющего звена  $A_2$  угловой размерной цепи (см. рис. 1). Изменение этого составляющего звена приводит к изменению замыкающего звена размерной цепи  $A$ , величина которого измеряется по параметру несоосности  $A_\lambda$  осей корпуса и ниппеля. Для определения допустимых деформаций резьбового соединения, которые приводят к минимальному значению несоосности  $S_i$ , предварительную затяжку выполняют динамометрическим ключом с фиксацией крутящего момента  $M_{кл}$ . Предварительная затяжка осуществляется с последовательным увели-

чением крутящего момента и по окончании каждого периода затяжки резьбы производится измерение радиального отклонения осей  $S_i$  с  $i$ -м номером отсчета по периметру соединения деталей.

$$A_\lambda = |\max S(\varphi)|_i,$$

где  $i$  – индекс, означающий номер измерения радиального отклонения осей сопрягаемых деталей за полный оборот симметричного соединения с выбранным шагом дискретизации отсчета.

Крутящий момент на гаечном ключе  $M_{кл}$  при предварительной затяжке резьбы увеличивают последовательно до тех пор, пока значение радиального отклонения сопрягаемых деталей не начнет возрастать на следующем периоде  $j$  затяжки по отношению к предыдущему  $j-1$ . Окончание этапа предварительной сборки резьбового соединения выражается неравенством

$$(\max S_i)_j > (\max S_i)_{j-1}, \text{ при } (M_{кл})_j > (M_{кл})_{j-1}, \quad (*)$$

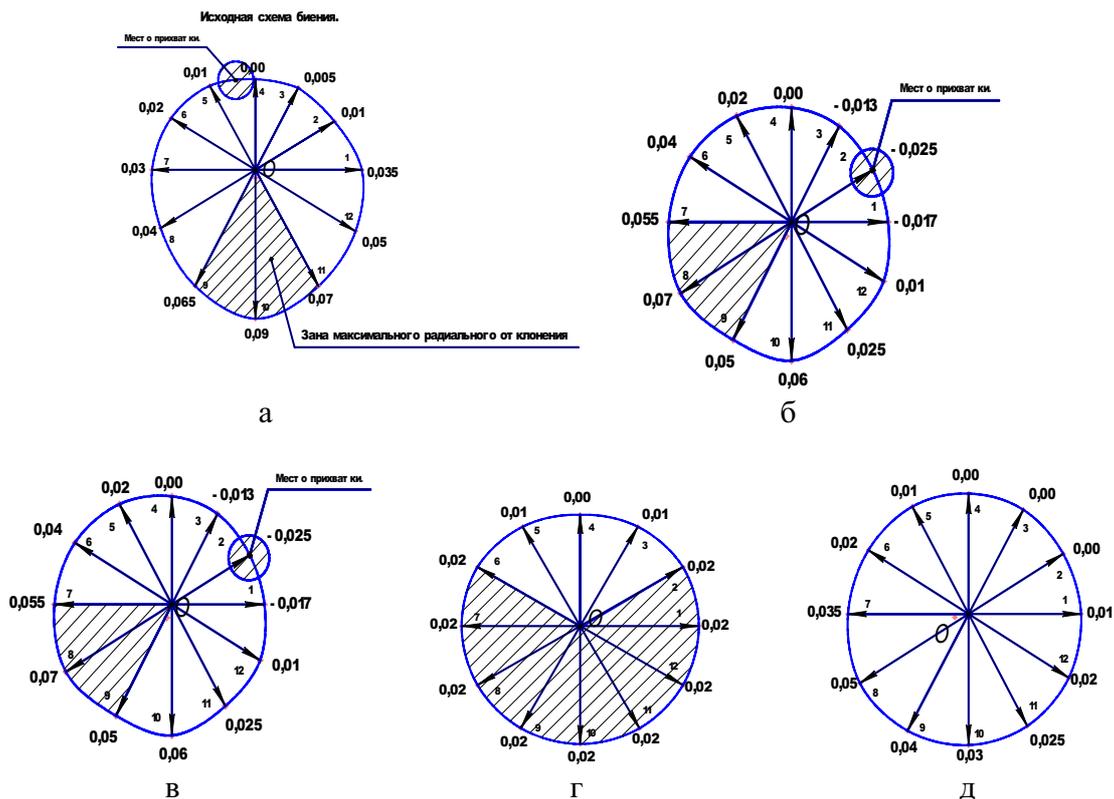
где  $j$  – индекс, означающий номер периода затяжки, характеризующий состояния резьбового соединения на момент его предварительной сборки.

После предварительной стадии первого этапа выполняют окончательную сборку резьбового соединения. Эта окончательная стадия первого этапа включает процедуры ослабление и окончательной затяжки резьбы с оптимальным крутящим моментом  $opt(M_{кл})_{j-1}$ . Качество окончательной сборки резьбового соединения проверяется по измеренному значению радиального отклонения сопрягаемых деталей, которое должно быть минимальным при окончательно собранном резьбовом соединении и удовлетворять условию (\*).

Соосность соединяемых деталей определяют по показаниям радиального отклонения сопрягаемых деталей с помощью специальной измерительной установки.

Установка состоит из плиты, магнитной стойки и индикатора часового типа с ценой деления индикатора 0,01 мм. В плите имеется отверстие с посадкой  $\frac{H7}{e8}$ , в которое устанавливается ниппель долота. На ниппель заворачивается корпус и с помощью магнитной стойки с индикатором производится замер отклонения от центра посадочного отверстия за полный оборот соединения. По результатам измерений помечают участок с полярным углом  $\varphi$  в градусах, имеющий максимальное значение радиального отклонения расположения деталей в изделии.

На следующем этапе выполняют промежуточную фиксацию по торцу резьбового соединения, осуществляя прихватки таким образом, чтобы не увеличить погрешность взаимного расположения, достигнутую при окончательной сборке соединения. Для этого необходимо определить места прихваток по периметру соединения и сформировать структуру их положения, которая является условием стабильного повышения точности взаимного расположения соединяемых деталей на этапе сварки.



**Рис. 2.** Радиальные отклонения деталей соединения в зависимости от места положения прихваток. Качество соединения: а) достигнутое на окончательной стадии первого этапа; б-г) достигнутое на предварительной стадии второго этапа сварки; д) после сварки

Этап определения мест прихваток включает запоминание помеченного участка с номером измерения  $i$ , и/или полярного угла  $\varphi$ , радиальное отклонение которого имеет наибольшую величину  $\max S(\varphi) \in i$ . Далее выполняют прихватку корпуса с ниппелем в месте диаметрально противоположном участку с максимальной величиной радиального биения, определенное значением полярного угла  $\varphi + 180^\circ$ . По указанному месту выполняется первая прихватка, которая приводит к изменению вектора взаимного расположения нормали к торцевым поверхностям деталей соединения, обеспечивая повышение точности их взаимного расположения.

После выполнения первой прихватки производят измерения взаимного расположения сопрягаемых деталей и находят место для выполнения второй прихватки. Этот процесс повторяется и для третьей прихватки. После выполнения трех прихваток производится сварка корпуса с ниппелем по всему периметру долота.

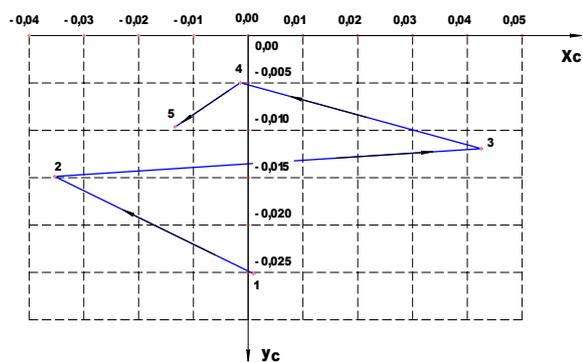
Результат изменения погрешности радиального отклонения структурно упорядоченной сборки резьбового соединения под сварку представлен на рис. 2.

В процессе выполнения прихваток ось корпуса долота меняет свое положение по отношению к оси ниппеля. По выше приведенным схемам радиального отклонения определим изменение положения оси корпуса относительно оси ниппеля в процессе образования соединения. Для определения поло-

жения оси корпуса (координат центра фигуры) воспользуемся следующими зависимостями [3]:

$$\begin{cases} x_c = \frac{1}{6} \left[ (r_1 - r_7) + 0,866 (r_2 + r_{12} - r_6 - r_8) + \right. \\ \left. + 0,5 (r_3 + r_{11} - r_5 - r_9) \right] \\ y_c = \frac{1}{6} \left[ (r_4 - r_{10}) + 0,866 (r_3 + r_5 - r_9 - r_{11}) + \right. \\ \left. + 0,5 (r_2 + r_6 - r_8 - r_{12}) \right] \end{cases}$$

На рис. 3 показано изменения положения оси корпуса по отношению к оси ниппеля.



**Рис. 3.** Изменение положения оси корпуса относительно оси ниппеля. Точки: 1 – положение оси корпуса после окончательной затяжки, 2 – положение оси корпуса после выполнения первой прихватки, 3 – положение оси после второй прихватки, 4 – положение оси корпуса после третьей прихватки; 5 – положения оси корпуса относительно оси ниппеля после выполнения сварки по периметру

Предлагаемый способ структурно упорядоченной сборки под сварку долов позволяет обеспечить необходимую точность взаимного расположения двух соединяемых деталей без ужесточения к требованиям точности при технологии механической обработки отдельных деталей изделия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлев А.Н. Упорядоченная сборка двухрядных роликовых опор // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2004. – № 10. – С. 14–18.
2. Журавлев А.Н. Влияние структурного фактора упорядоченной сборки на динамические параметры роликовых опор // Тяжелое машиностроение. – 2006. – № 2. – С. 25–27.

*Тематика работы входит в состав научно-исследовательских работ, проводимых в рамках тематического плана СамГТУ по заданию Федерального агентства по образованию на 2006–2009 гг. по теме «Разработка теоретических основ структурно упорядоченной сборки тяжело нагруженных изделий машиностроения», номер государственной регистрации НИР 01.2.006 06882.*

3. Журавлев А.Н. Взаимосвязь жесткости тяжело нагруженных многорядных роликовых опор с их структурной размерной составляющей // Вестник Самарского госуд. техн. ун-та: Серия технические науки. – 2005. – Вып. 39. – С. 118–123.

*Поступила 30.12.2006 г.*

УДК 681.2

## МОБИЛЬНЫЕ ЛИДАРЫ. ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ТОЧНОСТЬ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ЛИДАРА

В.С. Дмитриев, Т.Г. Костюченко, В.С. Янгулов\*, В.В. Теплоухов

Томский политехнический университет  
\*Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск  
E-mail: dtps@lcg.tpu.ru

*Рассматриваются вопросы проектирования силовых элементов механической системы «излучатель лидара – основание лидара – автомобиль» в плане уменьшения влияний внешних механических воздействий на точность прицеливания лидара.*

В России (СССР) первые эксперименты по лазерному зондированию атмосферы начались в 1965 г. Дистанционность лазерных измерений, возможность определить характеристики воздушной среды, получать сведения о свойствах атмосферы на различных высотах, хорошее пространственно-временное разрешение, связанное с малой длительностью импульса и высокой частотой повторения импульсов лазера, делают метод лазерного зондирования незаменимым.

В статье представлена проводимая Институтом оптики атмосферы СО РАН совместно с кафедрой точного приборостроения ТПУ работа по определению влияния внешних механических воздействий на механическую систему «Излучатель лидара – основание лидара – автомобиль», определяющую точность прицеливания лидара.

Лидары применяют как в стационарном, так и в мобильном вариантах, рис. 1.

Механическая система «Излучатель лидара – основание лидара – автомобиль» в рабочем режиме испытывает вибрационные механические воздействия со стороны работающего на холостом ходу двигателя автомобиля, который служит генератором электропитания связанных с лидаром систем (навигации, телевизионной, газоанализа, метеосистемы, информационной). Возникающие вибрации как в отдельных узлах, так и в целом в кон-

струкции силовых элементов основания лидара передаются на излучатель, и при значительном расстоянии до зоны зондирования амплитуда колебаний, составляющая доли мм у излучателя, превращаются в десятки м на объекте (рис. 2).



Рис. 1. Мобильный лидар на базе автомобиля ПАЗ

Вибрации и колебания корпуса транспортного средства приводят к изменению положения элементов конструкции [1–3], что, в свою очередь, ведет к изменению положения светового пятна лазерного излучения на зондируемом объекте как за счет разъюстировки оптического тракта, так и за счет колебаний зеркал системы наведения, расположенных на крыше автомобиля.