

УДК 622.24.051.64

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА КАЧЕСТВО СБОРКИ ПОД СВАРКУ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

© 2010 А. Н. Журавлев, М. А. Борисов

Самарский государственный технический университет

Рассмотрено влияние тепловых деформаций на качество свариваемого резьбового соединения, и разработана структурно упорядоченная сборка под сварку резьбовых соединений.

Резьбовое соединение, структурно упорядоченная сборка, буровое алмазное долото, сварка, соосность.

Целью исследования является определение влияния тепловых деформаций при выполнении сварки соединяемых по резьбе деталей на точность их взаимного расположения.

Включение сварных соединений в силовую конструкцию потребовало решения сложной задачи – обеспечения стабильного качества тяжело нагруженного соединения, в частности, на примере бурового алмазного долота необходимо обеспечить совпадение осей, входящих в сборочный узел деталей.

Алмазное долото состоит из двух основных частей: корпуса и ниппеля. На корпусе располагаются режущие зубки и

промывочные отверстия. Ниппель представляет собой цилиндрическую деталь, включающую в своей конструкции два типа резьбы: метрическую и присоединительную. С помощью присоединительной замковой резьбы долото присоединяется к буровой колонне. Корпус соединяется с ниппелем посредством метрической резьбы с упором в торец, затем данные детали свариваются. На рис. 1 показано буровое алмазное долото $\varnothing 311,1$ мм с допуском на взаимное расположение соединяемых элементов, равным 0,3 мм.

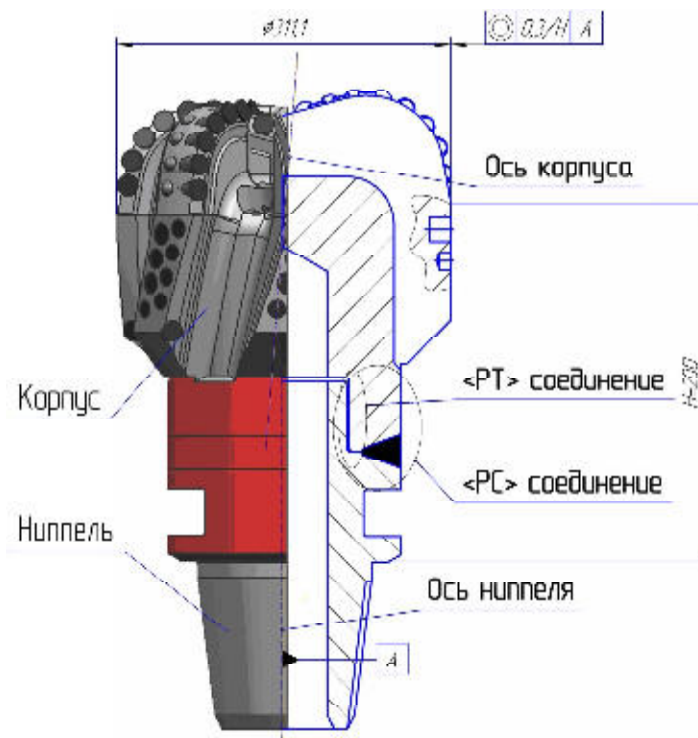


Рис. 1. Буровое алмазное долото
РТ – резьботорцовое соединение; РС – резьбосварное соединение

По существующей заводской технологии резьбовое соединение изготавливается с высокой точностью (квалитет точности 6н), но даже это обстоятельство не даёт необходимой стабильной точности расположения двух соединяемых деталей после выполнения операции сварки.

Как показывает статистика эксплуатации буровых алмазных долот, неточность взаимного расположения (отклонение от соосности) корпуса и ниппеля существенно влияет на работоспособность долота. Большая величина отклонения от соосности корпуса по отношению к ниппелю приводит к неравномерному износу режущих лопастей долота (рис. 2), тем самым ресурс долота сокращается. Как видно из рис. 2, износ основных режущих лопастей неравномерный. На одной лопасти виден сильный износ, который сопровождается выпадением режущих зубков, в то время как другая лопасть находится в рабочем состоянии.



Рис. 2. Отработанное буровое алмазное долото

Отклонение от соосности вышеуказанных деталей долота, полученное после сварки, оказывает влияние на управляемость долота при наклонно-направленном бурении и может привести к уходу долота в скважине от заданной буровиком траектории.

При выполнении операции сварки собираемые по резьбе детали нагреваются и

возникают тепловые деформации, в результате которых происходит смещение либо искривление осей корпуса и ниппеля (отклонение от соосности). Если деформации превышают допустимые значения, то долото считается непригодным для эксплуатации и отправляется на дорогостоящую доработку.

На существование тепловых деформаций в свариваемом резьбовом соединении указывает и тот факт, что в разрезанные после сваривания детали бурового алмазного долота не заворачиваются контрольные калибры (рис. 3), по которым они были изготовлены, а между собой эти детали свободно сворачиваются.



Рис. 3. Разрезанный после сварки корпус долота

Поэтому возникает необходимость управлять данным процессом на этапе сборки под сварку.

Традиционная (заводская) технология сборки под сварку и сварки резьбового соединения состоит из следующих операций:

1. Свинтить детали за счёт метрической резьбы до упора в торец.
2. Равномерно по всей окружности расположить три прихватки (не все сварщики используют прихватки перед сваркой, т. к. в технологии данное условие не прописано).
3. Сварить соединяемые детали.

К недостаткам существующей технологии можно отнести следующие:

1. Расположение прихваток не регламентируется.
2. Сварка соединения осуществляется с любого места.
3. Направление обхода сварного шва не регламентируется.

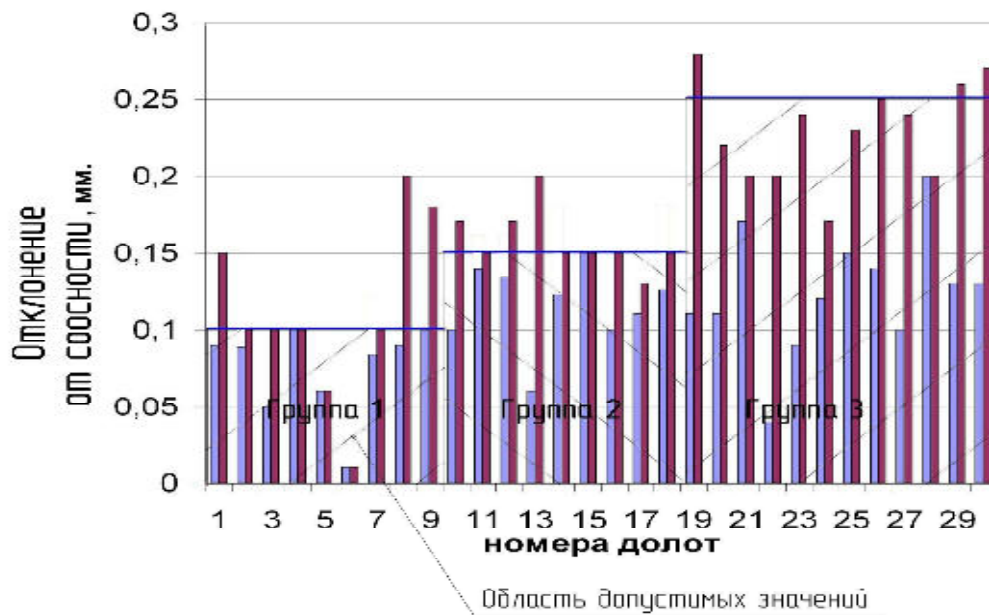


Рис. 4. Графики изменения отклонения от соосности буровых алмазных долот
ряд 1 – отклонение от соосности долота до сварки;
ряд 2 – отклонение от соосности долота после сварки

На рис. 4 представлены графики изменения отклонения от соосности буровых алмазных долот, из которого видно, как влияют тепловые деформации после сварки на точность взаимного расположения соединяемых деталей.

В зависимости от диаметра бурового алмазного долота назначается допуск на взаимное расположение соединяемых деталей. В связи с этим графики изменения отклонения от соосности разбиты на три группы.

Из графиков видно, что после сварки отклонение от соосности может возрастать более чем в три раза (долото № 13). Установлено, что в партии из 30 собранных изделий двадцать одно (~ 66%) удовлетворяют требованию соосности, а остальные 34% собранных изделий отправляются на доработку. Такая статистика указывает на необходимость управления процессом сборки долот на завершающих этапах.

Для определения величины тепловых деформаций на этапе сварки проведён эксперимент, методика которого изложена ниже.

1. Собираем по резьбе до упора в торец ниппель и корпус бурового алмазного долота. Производим замер взаимного

расположения соединяемых деталей. Соосность соединяемых деталей косвенно оценивается по показаниям их радиального биения с помощью специальной измерительной установки, которая состоит из плиты, магнитной стойки и индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм. В плите имеется посадочное отверстие, в которое устанавливается ниппель с посадкой $\varnothing 80 H6/g6$. Отклонение от соосности составляет 0,15 мм при допуске 0,25 мм.

2. Сварка соединения, которая осуществляется в несколько проходов (каждый проход – это шов). После выполнения первого шва устанавливаем деталь в горячем состоянии в приспособление и производим замер радиального биения. Оставляем изделие остывать в приспособлении, затем фиксируем изменение показания индикатора во времени.

Аналогично производим замер радиального биения после каждого шва. Результаты измерений приведены табл. 1.

Как видно из полученных результатов, тепловые деформации существенно изменяют величину радиального биения, что говорит о существенных недостатках существующей технологии сборки.

Таблица 1. Результаты измерения радиального биения алмазного долота, собранного по заводской технологии

№ шва	Радиальное биение долота в горячем состоянии, мм	Радиальное биение долота после остывания, мм
1	0,23	0,25
2	0,27	0,3
3	0,34	0,4

Поэтому необходимо управлять тепловыми деформациями, так, чтобы изменение величины радиального биения было направлено в сторону уменьшения.

Предлагается применить методику структурно упорядоченной сборки [1, 2], которая позволит установить функциональные зависимости отклонений от соосности собираемых изделий от теплового фактора. Данная методика характеризуется следующим уравнением связи:

$$P_{сб} = f(P_{эк}, S, \varphi), \quad (1)$$

где $P_{сб}$ – параметр сборки (соосность корпуса и ниппеля бурового алмазного долота), $P_{эк}$ – параметр эксплуатации (увод долота в скважине), S – структура расположения прихваток, φ – параметр упорядоченности (угловая координата места первой прихватки и начала сварки по периметру торцового соединения).

Возможность регулировки пространственного отклонения осей деталей резьбового соединения методом направленного приложения тепловых деформаций моделировалась на конечно-элементной модели, построенной с использованием программы ANSYS. Исследование модели показало, что в результате выполнения прихватки после остывания деталей корпус наклоняется относительно ниппеля в сторону прихватки (рис. 5).

Наклон корпуса, образующийся после выполнения прихватки размером $L = 6$ мм, происходит вследствие упругопластических деформаций стыка под влиянием напряжений, возникающих в зоне прихватки. К примеру, ось корпуса для РТ соединения М60 х 2 изменяет своё положение, наклоняясь в сторону прихватки на длине 150 мм, максимальные перемещения

составляют 0,2 мм, при увеличении размера прихватки $L=10$ мм перемещения корпуса составляют 0,3 мм.

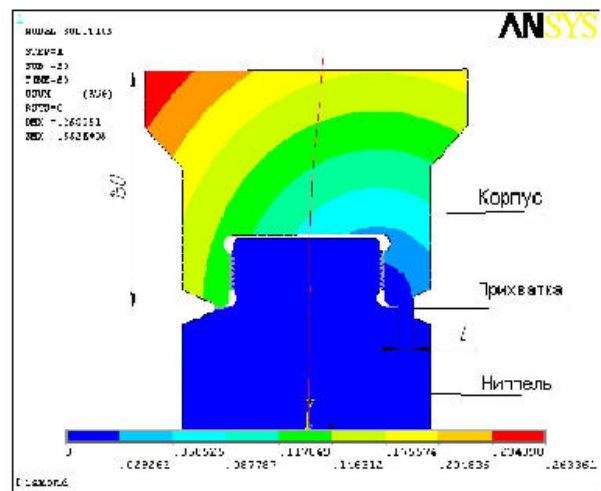


Рис. 5. Отклонение оси симметрии корпуса относительно ниппеля после выполнения прихватки

Эксперименты показали, что сразу после выполнения прихватки возникает отклонение оси корпуса в направлении, противоположном месту прихватки, обусловленное локальным тепловым расширением материалов соединяемых деталей в нагретой зоне. При снижении температуры корпус начинает отклоняться в противоположном направлении, а после остывания корпус смещается в сторону прихватки.

Поскольку тепловые деформации в соединении всегда направляют свой вектор в сторону прихватки, это свойство было использовано для коррекции взаимного положения осей соединяемых деталей. При этом выбираются такие местоположения прихваток по периметру разделки кромок соединения, которые вызывают «желательные» отклонения корпуса,

компенсирующие смещения осей соединяемых деталей, полученные на предыдущих переходах. С каждой новой выполненной таким образом прихваткой осуществляется последовательное сближение осей ниппеля и корпуса. Таким образом, в процессе достижения требуемой соосности соединяемых деталей при выполнении сварки формируется определенная, индивидуальная для каждого собираемого изделия структура S местоположения прихваток. Эта структура является упорядоченной, поскольку местоположение каждой последующей прихватки определяется после оценки достигнутого эффекта при выполнении предшествующей прихватки.

С учётом вышесказанного новая запатентованная технология структурно упорядоченной сборки бурового алмазного долота содержит следующие этапы.

На этапе выполнения прихваток по периметру определяют участок с максимальным радиальным биением и диаметрально противоположно ему делают метку. Далее на месте установленной метки выполняют первую прихватку. Этот технологический приём изменяет величину и направление результирующего вектора упругопластической деформации соединения таким образом, что ось симметрии корпуса смещается в сторону оси симметрии ниппеля, обеспечивая соосность соединения. После выполнения первой прихватки повторяют измерение радиального биения сопрягаемых деталей и находят местоположение второй прихватки.

Эти технологические приёмы повторяются и для третьей прихватки.

При сварке корпуса с ниппелем долота по окружности стыка выполняются следующие этапы. Измеряется радиальное биение корпуса после выполнения третьей прихватки и определяется зона максимального радиального отклонения. Диаметрально противоположно этой зоне ставят метку № 1, обозначающую место начала сварного шва. Направление обхода периметра стыка выбирается с учётом значения радиальных биения соседних лопастей: из соседних значений выбирается максимальное отклонение, и диаметрально противоположно ему ставится метка № 2. Направление обхода сварки осуществляется из метки № 1 в сторону метки № 2. Таким образом, отклонение от соосности на окончательном переходе достигается методом регулировки.

В табл. 2 представлены результаты по точности взаимного расположения деталей бурового алмазного долота (при допуске, равном 0,25 мм), собранного и сваренного согласно новой методике структурно упорядоченной сборки.

По полученным численным результатам можно сделать вывод, что данный процесс управляемый, а предлагаемая технология сборки под сварку позволяет в несколько раз повысить точность взаимного расположения собираемых и свариваемых деталей бурового алмазного долота.

Таблица 2. Результаты измерения радиального биения алмазного долота, собранного по новой технологии

№ шва	Радиальное биение долота в горячем состоянии, мм	Радиальное биение долота после остывания, мм
1	0,18	0,15
2	0,17	0,14
3	0,12	0,09

По результатам проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Тепловые деформации, возникающие в резьбовом соединении корпуса и ниппеля бурового алмазного долота во время прихваток и сварки, существенно влияют на точность взаимного расположения соединяемых деталей.
2. Существующая технология сборки под сварку имеет ряд существенных недостатков, главный из которых – неучёт влияния тепловых деформаций на этапе сварки и сборки под сварку.
3. Предлагаемая запатентованная технология структурно упорядоченной сборки под сварку резьбовых соединений деталей буровых алмазных долот позволяет обеспечить высокую точность взаимного расположения двух соединяемых деталей с учётом тепловых деформаций без ужесточения к требованию точности на этапе технологии механической обработки отдельных деталей изделия. Полученные результаты по точности взаимного расположения после сварки основных деталей алмазного бурового долота в несколько раз лучше, чем результаты, получаемые при существующей заводской технологии.
4. Технология структурно упорядоченной сборки под сварку также применима и для других изделий, конструкции которых включают свариваемые резьбовые соединения.

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

Библиографический список

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

References

1. Zhuravlyov, A. N. Ordered assembly of two-row roller bearings / A. N. Zhuravlyov // Assembling in mechanical engineering and instrument engineering. – 2004. – No. 10. – PP. 14-18.
2. Zhuravlyov, A. N. Effect of ordered assembly factor on dynamic parameters of roller bearings / A. N. Zhuravlyov // Heavy engineering. – 2006. – No. 2. – PP. 25-27.

EFFECT OF THERMAL DEFORMATIONS ON THE QUALITY OF ASSEMBLY IN WELDING THREAD JOINTS

© 2010 A. N. Zhuravlyov, M. A. Borisov

Samara State Technical University

The paper deals with the effect of thermal deformations on the quality of the thread joint being welded. Structurally – ordered assembly in welding thread joints has been developed.

Thread joint, structurally-ordered assembly, diamond rock bit, welding, alignment.

Информация об авторах

Журавлев Андрей Николаевич, кандидат технических наук, докторант кафедры «Технология машиностроения» Самарского государственного технического университета, zan.samgtu@mail.ru. Область научных интересов: сборка тяжело нагруженных изделий машиностроения.

Борисов Михаил Анатольевич, аспирант кафедры «Технология машиностроения» Самарского государственного технического университета, zan.samgtu@mail.ru. Область научных интересов: сборка тяжело нагруженных изделий машиностроения.

Zhuravlyov Andrey Nikolayevitch, candidate of technical science, working for doctor's degree at the department "Technology of mechanical engineering", Samara State Technical University, zan.samgtu@mail.ru. Area of research: assembling heavy-loaded engineering products.

Borisov Mikhail Anatolyevitch, post-graduate student of the department "Technology of mechanical engineering", Samara State Technical University, zan.samgtu@mail.ru. Area of research: assembling heavy-loaded engineering products.