

## ПРИМЕНЕНИЕ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ЗАТВОРНЫХ УЗЛОВ АРМАТУРЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Машуков Артем Николаевич., аспирант  
кафедры машиностроительных технологий и  
материалов, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»  
тел.: 89247005836  
email: [mexovik@inbox.ru](mailto:mexovik@inbox.ru)

Зайдес Семен Азикович, доктор технических наук,  
профессор, заведующий кафедрой  
машиностроительных технологий и материалов,  
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»  
тел.: (3952) 405147, email: [zsa@istu.edu](mailto:zsa@istu.edu)

**Аннотация.** Контактные поверхности арматуры высокого давления штоков и патрубков являются самыми ответственными её частями, наиболее подверженными износу. От величины шероховатости поверхностей данных частей арматуры зависит её герметичность. Для улучшения шероховатости поверхности патрубков высокого давления был применен метод алмазного выглаживания. В статье проведено исследование влияния алмазного выглаживания на изменение шероховатости поверхности затворных узлов арматуры высокого давления.

**Ключевые слова:** алмазное выглаживание, клапаны высокого давления, затворные узлы, упрочнение, надежность, шероховатость, микрогеометрия поверхности, герметичность

В современном мире работа сложных систем транспортирования жидких и газообразных углеводородных сред немыслима без надежных устройств, обеспечивающих безопасность такой транспортировки. Такими важными частями трубопроводных систем является запорная и регулирующая арматура. К арматуре высокого давления предъявляются повышенные требования по надежности, износостойкости, пожаробезопасности. Арматура высокого давления используются на трубопроводах опасных производственных объектов в качестве запорных и регулирующих устройств для перекрытия потока жидких и газообразных химических сред, и нефтепродуктов с рабочим давлением до 32,0 МПа и температурой до 400 °С.

Распространенным видом такой арматуры высокого давления является запорный клапан. Основные части запорного клапана это: корпус, шпindel, фонарь, и затворный узел - шток, патрубок [1]

Одним из самых ответственных мест в конструкции клапана (приведено на рис. 1) является участок соединения штоков-патрубков [1]

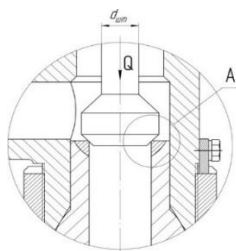


РИСУНОК 1 А-Нагруженное место конструкции, дополнительно упрочненное наплавкой ENDOTEC-04 [1]

В большинстве случаев утечки среды через детали и затворные узлы не допускаются, так как эти показатели наряду с герметичностью определяют безопасность эксплуатации трубопроводной арматуры [4].

Таким образом, работоспособность и износостойкость седла патрубка клапана является величиной, определяющей долговечность и проектный ресурс

клапана высокого давления в целом. Данная часть патрубка высокого давления для увеличения долговечности и прочности усиливалась наплавкой ENDOTEC-04 имеющей высокие прочностные характеристики и стойкость против коррозии [2]. Фото патрубка затворного узла, упрочненного наплавкой приведено на рис.2.



РИСУНОК 2 Фото патрубка клапана высокого давления, упрочненного наплавкой, после финишной обработки контактной поверхности (перед сборкой)

Контактная поверхность патрубка, усиленная такой наплавкой, имея высокую твердость после обработки на станке стандартными методами (шлифование, полирование, финишная притирка и.т.д.), не обеспечивает необходимого уровня шероховатости поверхности. Что было подтверждено внеочередной ревизией арматурных узлов, проведенной в результате выявленных утечек среды в нескольких клапанах из серии DN 40 упрочненных наплавкой. Данные клапаны (2 единицы) отработали менее 6 месяцев в г. Екатеринбурге при заявленном ресурсе 10 лет. Данное обстоятельство приводит к тому, что необходимо увеличивать контактную нагрузку на соединения, чтобы обеспечить требуемый уровень герметичности запорного узла. Как указано в [3,4,6] герметичность соединения затворных узлов высокого давления в большей степени зависит от качества поверхности контактного пояса в соединении шток – патрубок. А именно от величины шероховатости контактной поверхности седла патрубка [6].

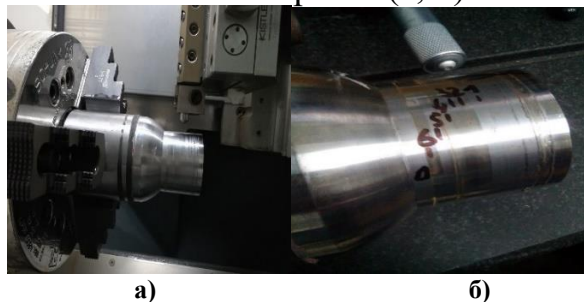
Проведя анализ существующих методов поверхностного пластического деформирования, позволяющих снизить величину шероховатости до уровня достигаемого при окончательной притирке при этом избегая распространенных проблем, возникающих при такой обработке (изменение твердости, проблема прижогов, изменение уровня остаточных напряжений, термические превращения материала и. др.) [5] был выбран один из наиболее перспективных, простых в конструктивном плане и материальном методов, а именно метод поверхностного пластического деформирования – Алмазное выглаживание [7,8].

При проведении алмазного выглаживания основным применяемым инструментом является гладилка (алмазный выглаживатель). Он предназначен для формирования поверхностного слоя и улучшения чистоты поверхности при финишной обработке незакаленных и закаленных цементированных сталей, а также цветных металлов и сплавов. Алмазный выглаживатель позволяет обрабатывать детали с прерывистыми поверхностями. Производительность труда при применении выглаживателей на финишных операциях (притирки, шлифовки) повышается в 4-5 раз, при этом твердость поверхностного слоя увеличивается незначительно на 1-2 ед., что важно для соблюдения различной твердости у штока и седла патрубка арматуры (в соответствии с требованиями

НТД разница должна составлять 8 ед.). Чистота поверхности может увеличиться по сравнению с исходной на 2-3 класса [9].

Для проведения эксперимента был выбран один из серии патрубков DN 40 изготовленных из стали 09Г2С упрочненных наплавкой ENDOTEC-04.

Выглаживание проводилось по наружной поверхности материала на станке DMG MORI NZX 1500 с постоянной подачей 0,02 мм/об, постоянной скоростью вращения заготовки  $V=40$  м/мин., с 6 различными режимами прижатия алмазного выглаживателя См. рис.3 (а, б).



**РИСУНОК 3** Фото патрубка клапана высокого давления с различными участками после алмазного выглаживания (а-патрубок высокого давления, закрепленный на станке перед выглаживанием, б – полученные участки поверхности 1-6 после выглаживания с различными оборотами при единой величине прижима).

При проведении алмазного выглаживания использовался синтетический алмаз марка АСПК-3 с радиусом 0,7мм. В качестве охлаждающей жидкости использовалось индустриальное масло.

Определение шероховатости поверхности проводили на профилометре Bruker Contour GT-K1. Для соответствия свойств материала требованиям стандартов проведены измерения твердости портативным твердомером Mitutoyo Hardmatic НН-411 (значения твердости по Бринелля, полученные по результатам измерения практически не изменились (в пределах 1-2 ед.), соответствуют исходным с учетом погрешности проводимых измерений).

Результаты измерений шероховатости, полученной при различных режимах выглаживания приведены в таблице.

**Таблица: Измерения шероховатости поверхности патрубков после проведения выглаживания**

№ участка для выглаживания	Шероховатость поверхности после выглаживания		Усилие прижатия выглаживателя F, Н (УПН)	Режимы выглаживания:	
	Ra, мкм	Rz, мкм		V скорость (м/мин)	S (подача) (мм/об)
1	0,47	4,46	50 (5)	40	0,02
2	0,39	3,74	148 (14,8)		
3	0,48	5,74	96 (9,6)		
4	0,41	6,30	197 (19,7)		
5	0,40	2,14	60 (6)		
6	0,40	2,95	110 (11)		
Исходное (0)	1,49	8,6	-		

По результатам измерений построен график зависимости изменения шероховатости поверхности в зависимости от приложенного к алмазному выглаживателю усилия см. рис.4

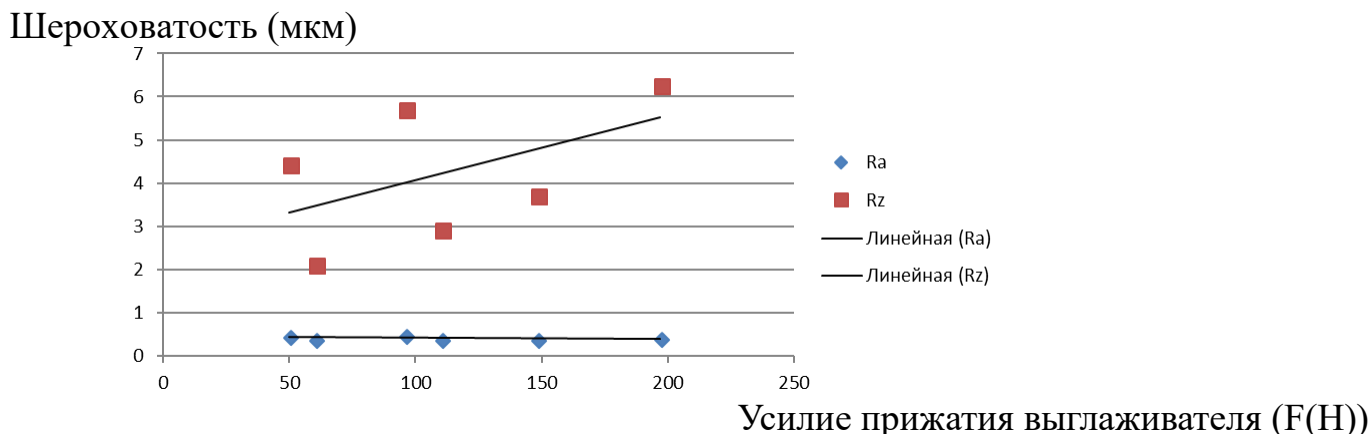


РИСУНОК 4 Изменение шероховатости поверхности патрубка высокого давления при обработке на станке, в зависимости от усилия прижатия алмазного выглаживателя.

По результатам проведенных исследований были построены профилограммы. Полученные участки с минимальным значением шероховатости (Rz, Ra) поверхности приведены в таблице (под № 2, №5)

Проведенное исследование показало эффективность применяемого метода алмазного выглаживания для улучшения микрогеометрии затворных узлов арматуры высокого давления. Данное исследование позволяет рекомендовать применение метода алмазного выглаживания при серийном производстве патрубков высокого давления.

### Выводы:

1 Применение алмазного выглаживания поверхности патрубка высокого давления позволило снизить шероховатость поверхности с 1,49 Ra, мкм до 0,39 для стали 09Г2С упрочненной наплавкой. Данная шероховатость поверхности является достаточной для обеспечения герметичного соединения шток-патрубок.

2 В данном эксперименте оптимальными режимами выглаживания для получения оптимальной шероховатости Ra=0,39 (мкм) явились: Усилие прижатия 148 Н. Для оптимальной шероховатости Rz =2,14 (мкм) – Усилие прижатия составило 60 Н. При подаче=0,02 мм/об, скорости V=40 м/мин.

3 Алмазное выглаживание позволило улучшить качество микрогеометрии сопрягаемых поверхностей затворного узла арматуры высокого давления - шероховатость без изменения твердости, без термических преобразований характерных для наплавляемых деталей, отсутствие прижогов поверхности (характерных для шлифования) позволяет рекомендовать данный метод для применения к обработке патрубков, изготовленных из сталей дополнительно не упрочняемым наплавкой (как наиболее экономически целесообразно - применять материал сталь 30X13).

4 Данный метод пластического деформирования поверхности, примененный не только к седлу затворного узла, но и к патрубку позволяет исключить либо свести к минимуму операцию притирки алмазными пастами контактных поверхностей затворных узлов.

### Список литературы

1. С.А. Зайдес, А.Н. Машуков. Оценка прочности и ресурса запорного узла клапанов высокого давления по результатам измерения твердости // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016 / № 5(112) 2016. С. 37– 44.
2. <http://www.sttechno.ru/upload/iblock/c3a/c3a7fe01acc335dc57bb492c5e98db2b.pdf>
3. Гуревич Д.Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры. – Ленинград: Машиностроение, 1969г.-888с.
4. С.Н. Гайсин, С.А. Зайдес. Условие внутренней герметичности затворов трубопроводной арматуры // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 6(89). С. 45– 49.
5. Машуков А.Н., Зайдес С.А. Алмазное выглаживание, как перспективный метод упрочнения затворных узлов трубопроводной арматуры высоких параметров. // Школа аспирантов Сб. статей Всероссийской научной конференции. С. 9-16.
6. В.К. Погодин Запорные клапаны на высокие параметры эксплуатации. Исследования и проектирование. // Издательство Братского государственного университета. Братск 2016г.
7. <http://www.stroj-mash.ru/remont-slesarno-mehanicheskoy-obrabotkoy/sposobyi-plasticheskogo-deformirovaniya.html>
8. Сулима, А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Яговкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
9. А. Н. Швецов, Д. Л. Скуратов, С. Р. Абульханов Устройство для алмазного выглаживания отверстий с нагружением выглаживателя центробежной силой // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, №3(27), 2011. С. 118-122