

Удаление Заусенцев Мелких Деталей в Труднодоступных Местах Ультразвуковым Воздействием

Владимир Н. Хмелев, *Senior Member*, IEEE, Сергей Н. Цыганок, Андрей А. Ромашкин,
Геннадий А. Титов.

Центр ультразвуковых технологий, Россия, Бийск

Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета
им. И.И. Ползунова, Россия, Бийск

Аннотация – Статья посвящена исследованию удаление заусенцев мелких деталей в труднодоступных местах. Преимуществом этого способа является возможность обрабатывать внутренние каналы и резьбу малого диаметра. По расчетным оценкам установлено, что за 40 мин ультразвукового воздействия с интенсивностью не менее 10 Вт/см² в водном растворе хлорного железа 0,5% (в массовом соотношении) удаляется заусенец весом 6 мкг.

Ключевые слова – Снятие заусенцев, заусенец, ультразвуковой преобразователь, ультразвуковая кавитация.

Известно, что на практике, уже многие годы, предпринимаются попытки использования ультразвуковых способов удаления заусенцев. В большинстве случаев эти способы реализуются с применением УЗ ванн, характеризующихся малой интенсивностью УЗ излучения (не более 1 Вт/см²) и поэтому не обеспечивают необходимую эффективность удаления заусенцев. Использование современных технологических аппаратов с высокой интенсивностью излучения (более 10 Вт/см²) не получило распространения из-за недостаточности экспериментальных данных, подтверждающих эффективность их применения и отсутствия методических рекомендаций, позволяющих использовать имеющееся оборудование на практике.

I. ВВЕДЕНИЕ

СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ техники предъявляет все более серьезные требования к точности изготовления деталей, собираемости узлов машин, работающих в условиях высоких температур, агрессивных средах и т.д.

Одной из основных причин, отрицательно влияющей на заключительную стадию изготовления и сборки прецизионных изделий, и как следствие, на качество конечного изделия, являются заусенцы, остающиеся на детали после литья изделий или их механической обработки.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

После изготовления заготовок, их механической обработки или резки остаются нежелательные заусенцы, которые необходимо удалять. Обычно эти операции выполняются вручную, в несколько шагов с использованием напильников, проволочных щеток, паст, кругов или наждачной бумаги.

Однако все эти способы слишком трудозатратны, качество обработки зависит от квалификации оператора, а возможные зарезы и перешлифовки приводят в негодность обрабатываемую деталь. К некоторым деталям из-за сложности формы и малого размера невозможно применить существующие способы. Проблема особенно усугубляется при необходимости обработки внутренних каналов и резьб малого диаметра.

В связи с этим, возникает необходимость создания универсального и эффективного метода устранения заусенцев на изготавливаемых промышленностью изделиях различного размера, конфигурации и назначения.

III. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ АППАРАТОВ

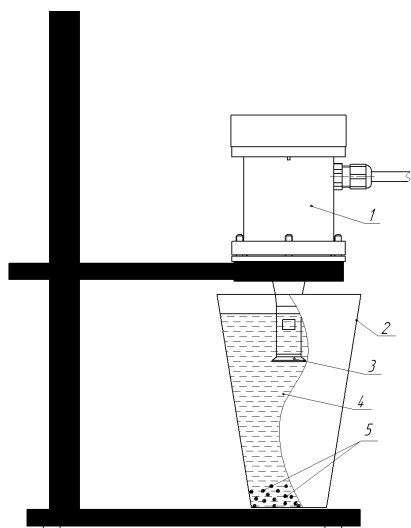
Металлические детали сложной конструкции зачастую имеют заусенцы в труднодоступных для обработки местах. Обратные торцы, карманы, внутренние пересечения поверхностей зачастую не представляют для механической обработки особой сложности, однако проблемы возникают в случае, если необходимо на этих поверхностях после основной обработки еще и снимать заусенцы – чисто и без негативного влияния на материал детали. Использувавшиеся до сих пор механические и термические процессы, либо водяная струя под высоким давлением, чаще всего, не позволяют достигать ни требуемой производительности, ни стабильности процесса обработки. В условиях средне- и крупносерийного производства качеству обработки придается особое значение, поскольку заусенцы, остающиеся на детали, могут негативно влиять на работу деталей в месте установки. Еще одной трудностью традиционных технологий является образование так называемого «вторичного заусенца» – при попытке удаления заусенца режущим инструментом также образуется заусенец и, таким образом, окончательное состояние поверхности после обработки остается неопределенным.

Как показали исследования отечественных и зарубежных исследователей, применение ультразвукового воздействия в кавитационном режиме для интенсификации процессов удаления заусенцев является наиболее эффективным из всего арсенала средств, используемых для очистки прецизионных деталей.

Под акустической кавитацией понимают образование в жидкости пульсирующих пузырьков или полостей, заполненных смесью паров жидкости и растворенных в жидкости газов. Известно, что кавитация в жидкости возникает под действием переменного звукового давления, когда растягивающие напряжения становятся больше некоторого критического значения, соответствующего порогу кавитации, который определяется наличием в жидкости слабых мест – кавитационных зародышей. С характерным захлопыванием кавитационных полостей связано явление кавитационной эрозии, проявляющееся в разрушении поверхности твердого тела по границе его раздела с жидкостью. Единичный акт ультразвуковой кавитации состоит в том, что в фазе разряжения ультразвуковой волны в жидкости развивается нарушение ее сплошности и образуется кавитационная полость или пузырек. Пузырек при расширении заполняется парами жидкости и растворенным в жидкости газом, который диффундирует внутрь пузырька через его стенку. В фазе сжатия под действием повышенного давления полость начинает быстро сокращаться. Пары жидкости успевают частично конденсироваться, а газ подвергается сильному адиабатическому сжатию. В момент захлопывания, когда размеры пузырька уменьшаются в несколько сот раз, давление и температура газа внутри пузырьков достигают значительных величин. Сжатая в пузырьке парогазовая смесь порождает своеобразную "отдачу" в виде ударной сферической волны. Распространяясь в жидкости, ударная волна может вызвать специфические эффекты, такие как разрушение твердой поверхности или кавитационную эрозию, сонолюминесценцию, ускорение некоторых химических реакций, акустические микропотоки и т.д. [1].

IV. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УЛЬТРАЗВУКОВОГО УДАЛЕНИЯ ЗАУСЕНЦЕВ

Для проведения исследований был разработан лабораторный стенд (см. Рис 1), позволяющий проводить обработку металлических изделий (гайка М1 и М2).



1 – узел, 2 – технологический объем, 3 – рабочий инструмент, 4 – раствор хлорного железа, 5 – гайки.

Рис. 1. Схема лабораторного стенда

Для проведения исследований был использован ультразвуковой технологический аппарат серии «Волна» модель УЗТА-0,4/22-ОМ, предназначенный для обработки жидких сред [2]. Внешний вид ультразвукового технологического аппарата приведен на Рис.2.



Рис. 2. Ультразвуковой технологический аппарат серии «Волна», модель УЗТА-0,4/22-ОМ.

В ходе исследований по кавитационной обработке в чистой воде, было установлено, что удаления заусенца за время обработки в несколько десятков минут не происходит. Далее были проведены эксперименты по кавитационной обработке в абразивной суспензии. Удаление заусенцев идет медленно, поэтому для ускорения процесса были использованы водные растворы химических элементов. В частности, были подготовлены растворы хлорного железа 0,5% и 1% (в массовом соотношении).

Для оценивания влияния раствора хлорного железа на поверхность металлических деталей, гайки были опущены на несколько часов в подготовленные растворы. В результате поверхность образцов осталась неизменной и удаления заусенцев не произошло.

Поэтому при дальнейших исследованиях было использовано ультразвуковое воздействие и раствор хлорного железа.

Объем обрабатываемого раствора – 250 мл, количество обрабатываемых гаек – 1 шт. (для того, чтобы точно зафиксировать момент удаления заусенца). Для компенсации нагрева при ультразвуковом воздействии использовалась водяная рубашка. Наблюдения за изменениями на поверхности деталей проводились через каждые 10 минут обработки. При этом детали после каждого этапа исследований подвергались промывке в проточной воде, сушке и фотографированию.

А. Эксперимент, проведенный с помощью раствора 0,5 % хлорного железа.

Обработка гайки М1 производилась в течение 40 минут и гайки М2 в течение 60 минут. Фотографии деталей до и в процессе обработки гайки М1 в растворе 0,5% при 100 кратном увеличении приведены на Рис.3 – Рис.7.

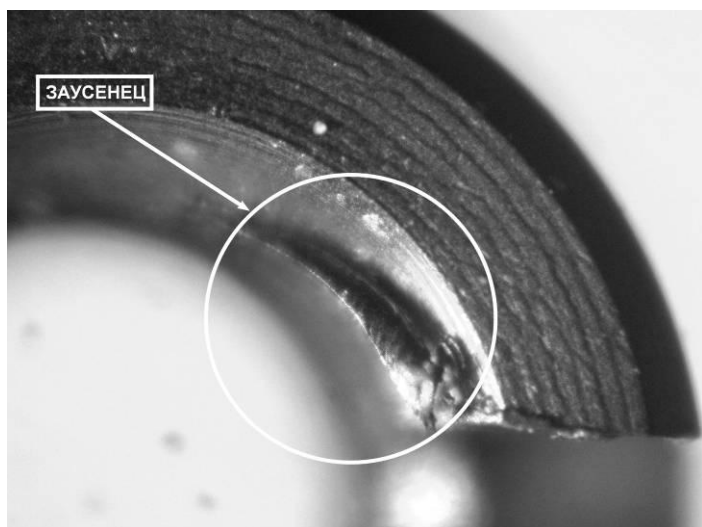


Рис. 3. Фотография детали до процесса обработки.

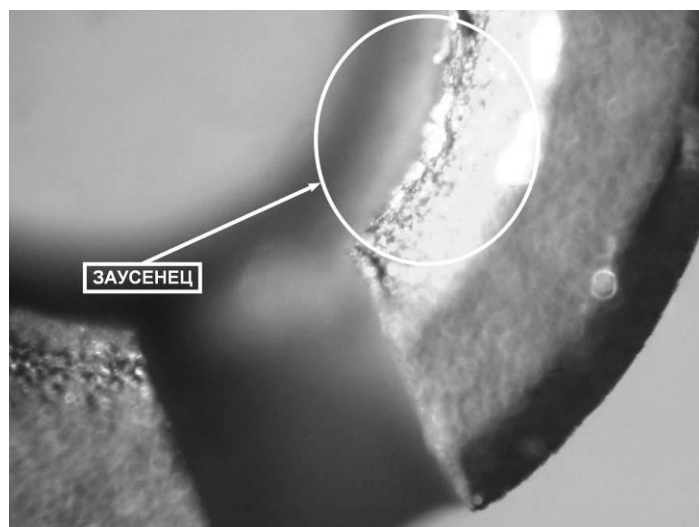


Рис. 6. Фотография детали после 30 минутной обработки.

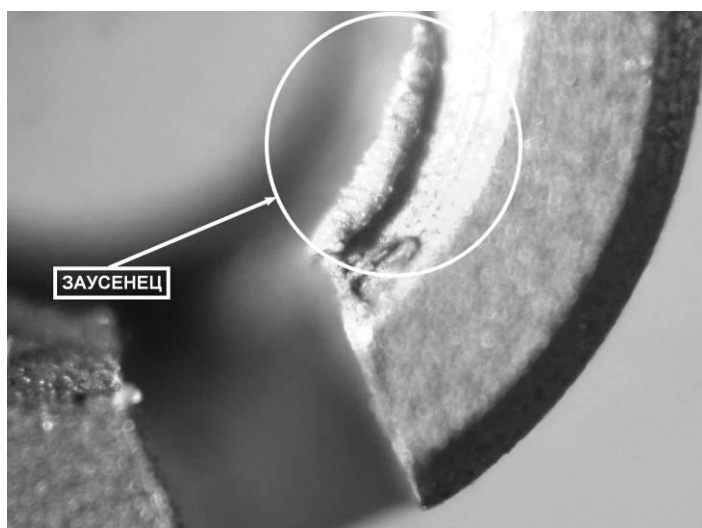


Рис. 4. Фотография детали после 10 минутной обработки.

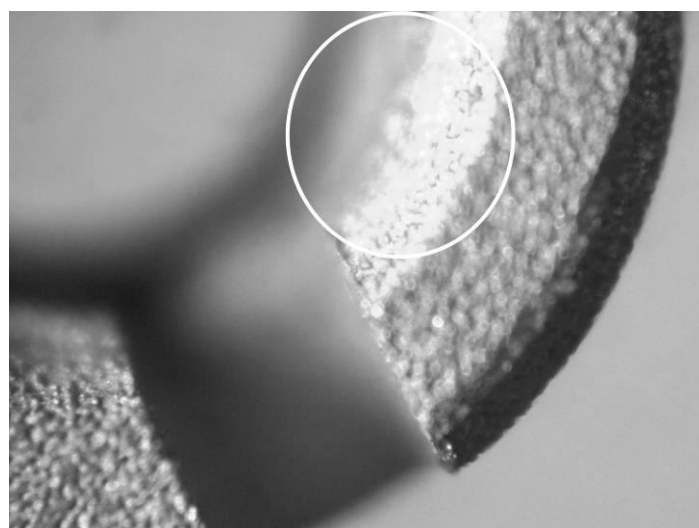


Рис. 7. Фотография детали после 40 минутной обработки.

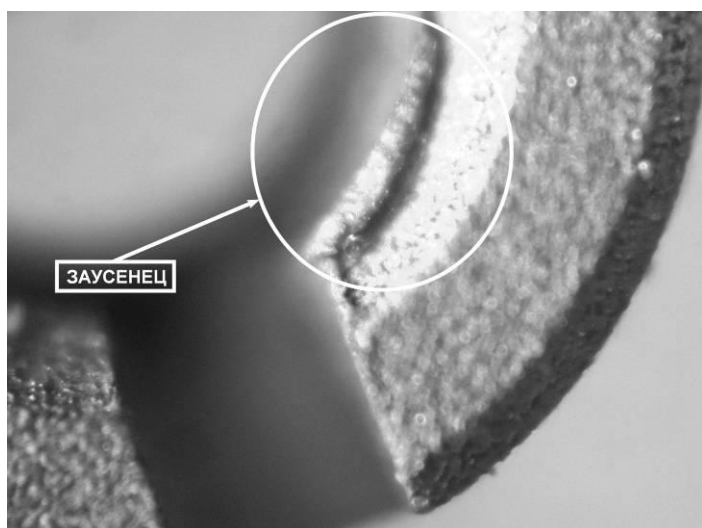


Рис. 5. Фотография детали после 20 минутной обработки.



Рис. 8. Фотография детали до процесса обработки.

Фотографии деталей до и в процессе обработки гайки М2 в растворе 0,5% при 100 кратном увеличении приведены на Рис.8 – Рис.14.

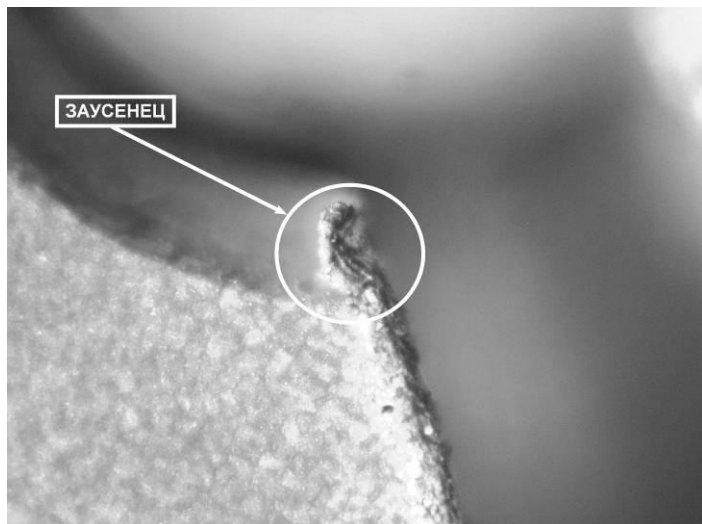


Рис. 9. Фотография детали после 10 минутной обработки.

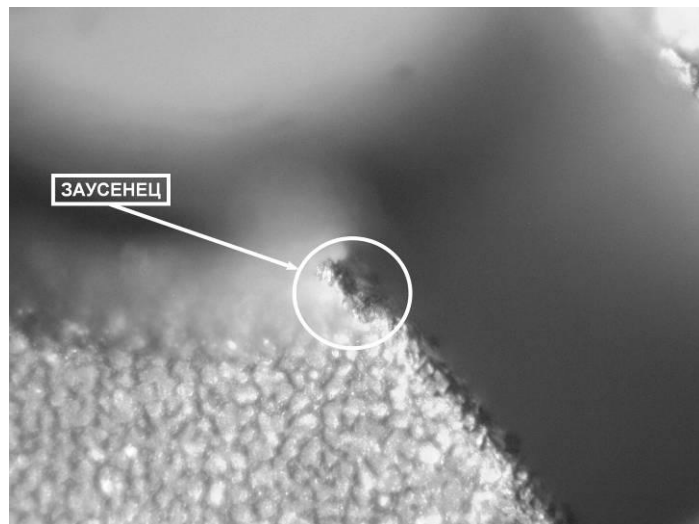


Рис. 12. Фотография детали после 40 минутной обработки.

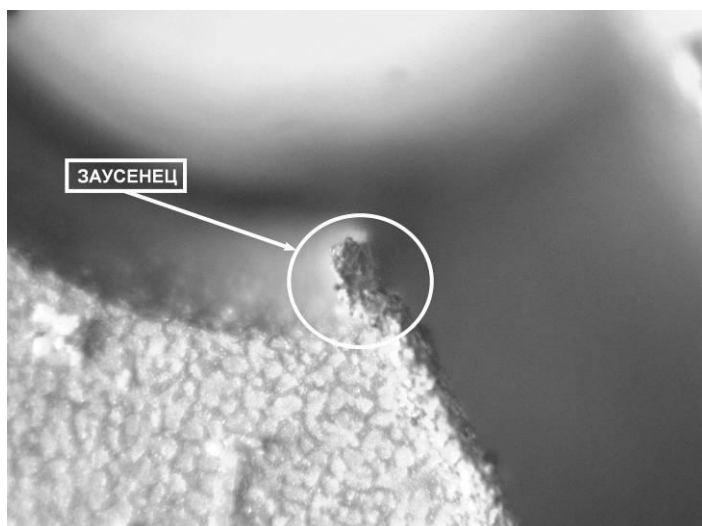


Рис. 10. Фотография детали после 20 минутной обработки.

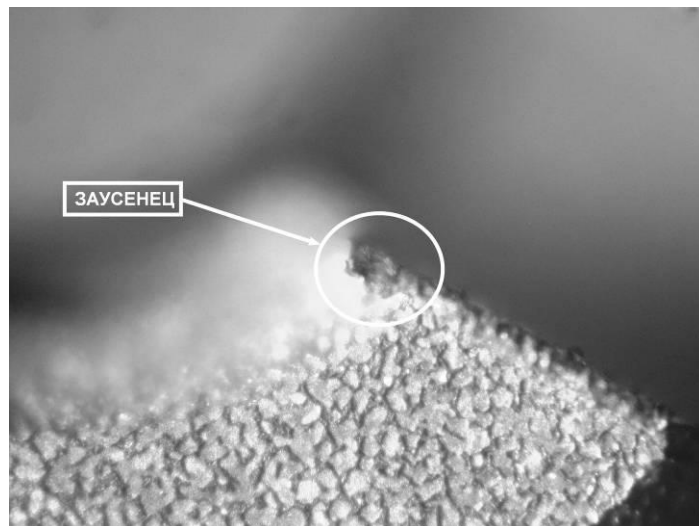


Рис. 13. Фотография детали после 50 минутной обработки.

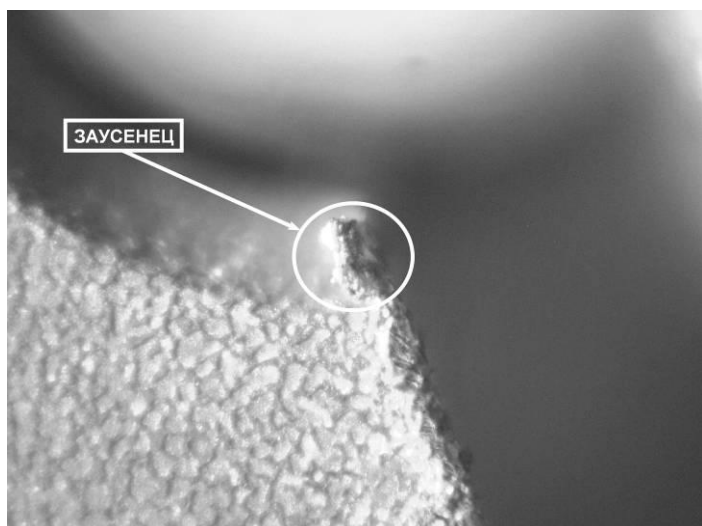


Рис. 11. Фотография детали после 30 минутной обработки.

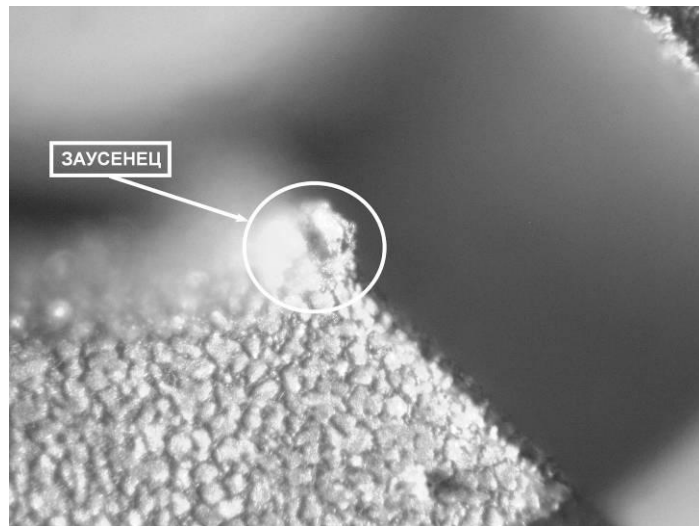


Рис. 14. Фотография детали после 60 минутной обработки.

Как видно на фотографиях, заусенец, имевшийся на гайке М1 полностью удалился через 40 минут. На гайке М2 полного удаления заусенца после проведенного эксперимента не произошло за 60 минут, но размеры его изменились (существенно уменьшились).

В. Эксперимент, проведенный с помощью раствора 1% хлорного железа.

Обработка гайки М1 производилась в течение 40 минут и гайки М2 в течение 20 минут. Фотографии деталей до и в процессе обработки гайки М1 в растворе 1,0% при 100 кратном увеличении приведены на Рис.15 – Рис.19.

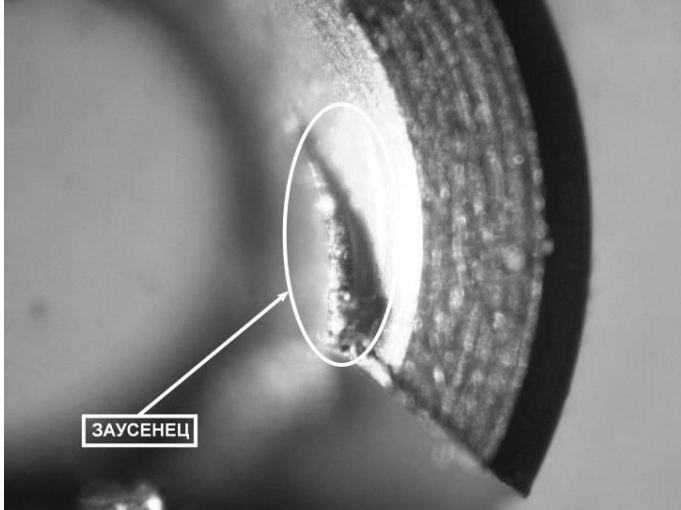


Рис. 15. Фотография детали до процесса обработки.

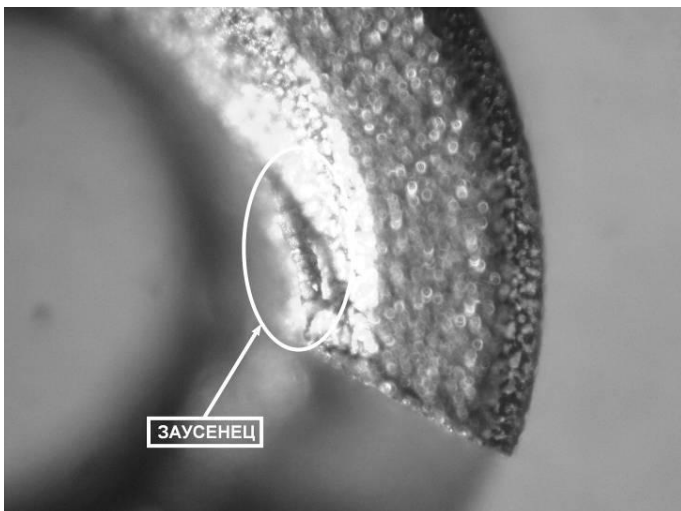


Рис. 16. Фотография детали после 10 минутной обработки.

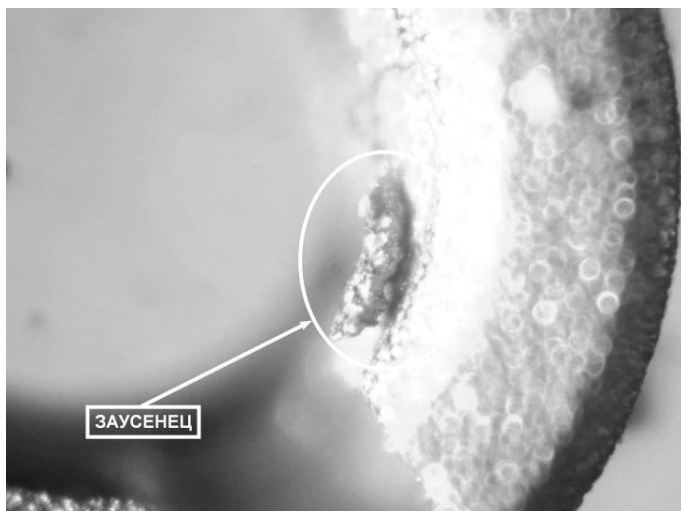


Рис. 17. Фотография детали после 20 минутной обработки.

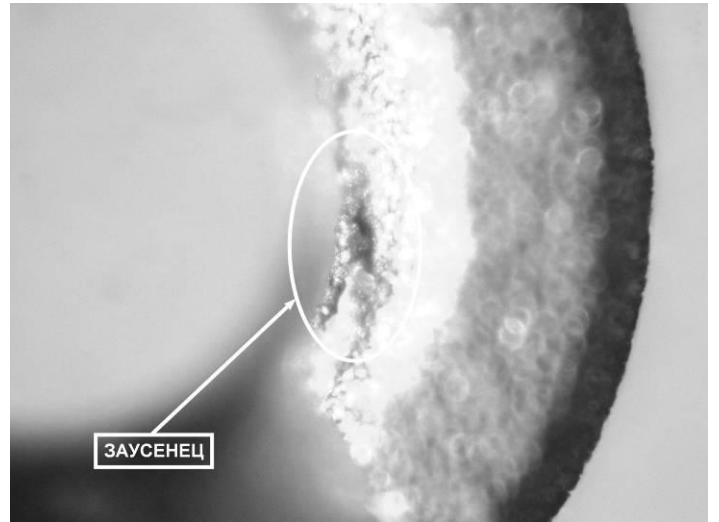


Рис. 18. Фотография детали после 30 минутной обработки.

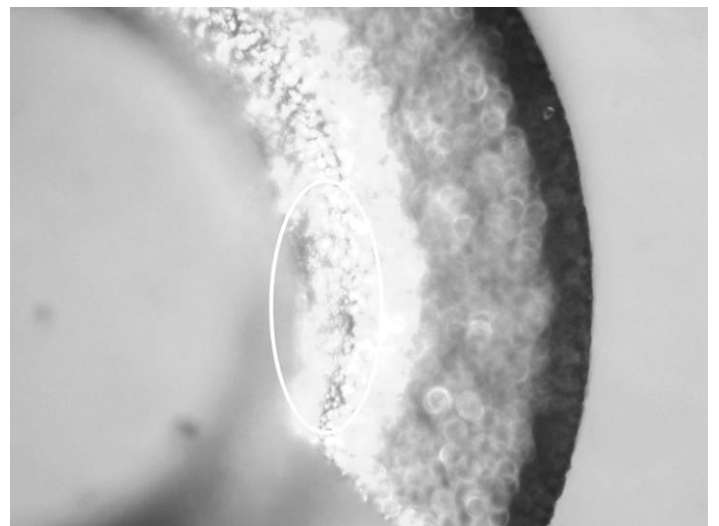


Рис. 19. Фотография детали после 40 минутной обработки.

Фотографии деталей до и в процессе обработки гайки М2 в растворе 1,0% при 100 кратном увеличении приведены на Рис.20 – Рис.22.

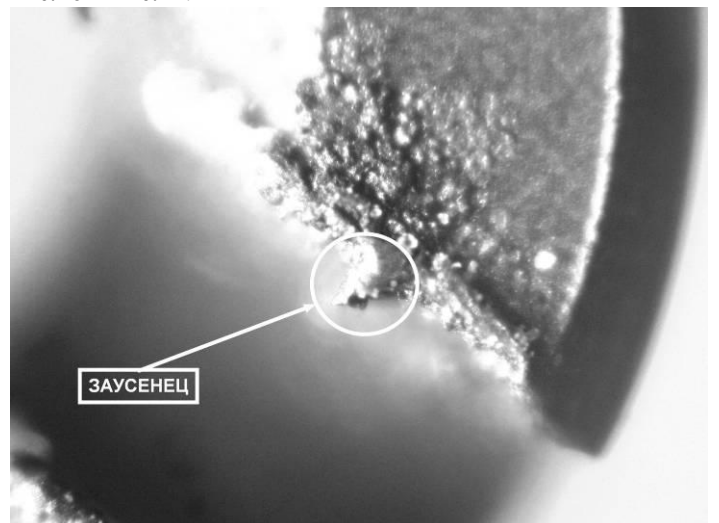


Рис. 20. Фотография детали до процесса обработки.

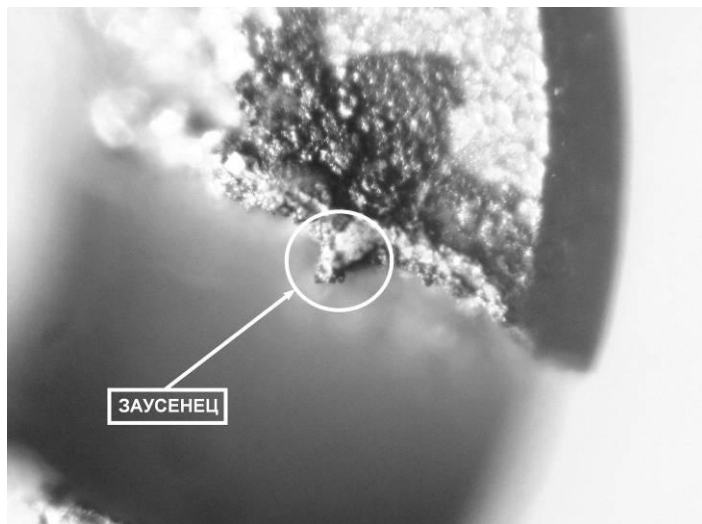


Рис. 21. Фотография детали после 10 минутной обработки.

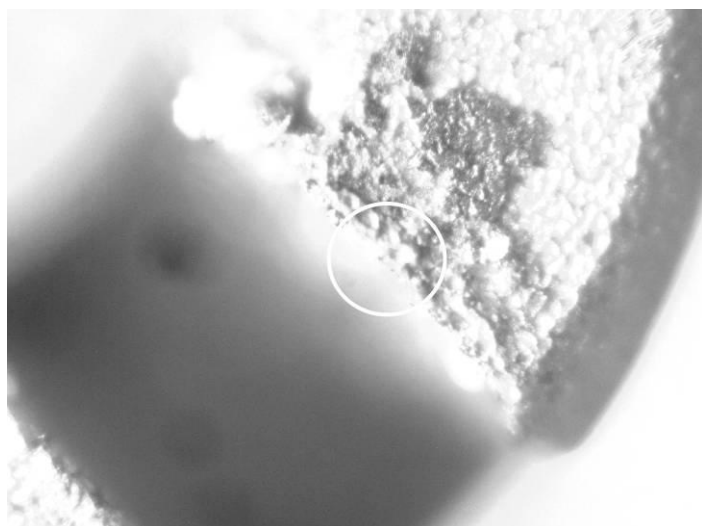


Рис. 22. Фотография детали после 20 минутной обработки.

Как видно по фотографиям, заусенцы, расположенные на гайке М1, полностью удалились через 40 минут, заусенец на гайке М2 – удалился через 20 минут.

Для подтверждения результатов эксперимента были обработаны оставшиеся гайки М1 и М2 в растворе 1% хлорного железа за 40 минут. После обработки все гайки были осмотрены под микроскопом и только на одной гайке обнаружен заусенец. Как было установлено, этот заусенец является продолжением витка резьбы и для его удаления необходимо большее время обработки в растворе. Он был полностью удален за дополнительные 20 минут обработки.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено:

1. Ультразвуковое воздействие с интенсивностью более 10 Вт/см² в чистой воде и воде с абразивным порошком не является эффективным для удаления заусенцев мелких деталей в труднодоступных местах (внутренние резьбы гаек М1 и М2);

2. Ультразвуковое воздействие с интенсивностью более 10 Вт/см² в водном растворе хлорного железа 0,5% и 1% (в

массовом соотношении) обеспечивает удаления заусенцев мелких деталей в труднодоступных местах (внутренние резьбы гаек М1 и М2) за время менее 40 мин;

3. По расчетным оценкам установлено, что за 40 мин ультразвукового воздействия с интенсивностью не менее 10 Вт/см² в водном растворе хлорного железа 0,5% (в массовом соотношении) удаляется заусенец весом 6 мкг.

4. Ультразвуковое воздействие с высокой интенсивностью в сочетании со сверхмалыми малыми дозами химических веществ (менее 1%) является эффективным способом удаления заусенцев мелких деталей в труднодоступных местах и может быть рекомендовано для промышленного применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Панов А.П. Ультразвуковая очистка прецизионных деталей [Текст] / П.А.Панов – М. Машиностроение, 1984, 88 с., ил. (Россия)
- [2] Ультразвуковой технологический аппарат серии «Волна» [Электронный ресурс] / http://u-sonic.com/catalog/apparaty_dlya_uskoreniya_protsesov_v_zhidkikh_sredakh/ultrazvukovoy_tekhnologicheskoy_apparat_serii_volna_v1/.