

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ  
ПЕСТРОТЫ МИКРОТВЁРДОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Лабораторная работа

САМАРА 2016

Составители: Костышев В.А., Крашенинников К.П.

УДК 621.794.4

Исследование причин возникновения пестроты микротвёрдоты при шлифовании: Метод. указания/ Сост. Костышев В.А., Крашенинников К.П.; Самарский университет, Самара, 2016-8с.

Излагаются причины и характер дефектов типа шлифовочных прижогов, а также методы обнаружения и количественной оценки этих дефектов.

Указания предназначены для магистров, обучающихся по учебному плану специальности 240405.68 по курсу «Обеспечение надежности технологическими методами»

Рецензент Скуратов Д.Л.

Цель работы: ознакомить студентов с причинами возникновения и методами выявления прижогов при обработке деталей шлифованием и дать практические навыки по их выявлению.

## ПОНЯТИЕ О ПРИРОДЕ И ПРИЧИНАХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ШЛИФОВОЧНЫХ ПРИЖОГОВ

Одним из типичных дефектов механической обработки, особенно шлифования, является прижог.

Процесс шлифования стальных деталей выполняется после закалки и отпуска. Значительное тепловое воздействие на поверхностный слой деталей при шлифовании ухудшает его свойства. Это связано с наличием следующих особенностей:

- температура тонкого поверхностного слоя при шлифовании может достигать 700...1200 °С;
- скорость локального нагрева составляет 5000...10000 град./сек.;
- скорость охлаждения поверхностного слоя также очень велика - до 1000 град./сек.;
- температурное воздействие при шлифовании протекает в условиях повышенных воздействий.

Названные причины могут изменять структуру поверхностного слоя и создавать в них значительные напряжения.

При исследовании микроструктуры поверхностного слоя наблюдается:

- наружный плохо травящийся, светлый слой;
- нижележащая темнотравящаяся зона, переходная зона к основной структуре.

Светлый слой имеет аустенитно-мартенситную структуру и является продуктом вторичной закалки, происходящей в условиях шлифования.

Аустенит, образовавшийся при быстрых нагревах и охлаждении и значительных давлениях, обладает:

- высокой устойчивостью при охлаждении и сохраняется в светлом слое в повышенном количестве;
- высокой твердостью ( $\approx 1000$  НВ).

Темнотравящаяся зона представляет дискретную ферритно-карбидную смесь. Она возникает в области меньшего теплового воздействия и является продуктом отпуска. Ее твердость снижается по сравнению с основным металлом.

Вышеописанные локальные структурные изменения в поверхностном слое приводят к появлению значительных остаточных напряжений и, как следствие, к образованию шлифовочных трещин.

К причинам возникновения прижога при шлифовании можно отнести:

- теплофизические свойства обрабатываемого материала;

- особенности шлифовального инструмента, условия травки;
- режимы обработки;
- состояние режущей поверхности инструмента;
- наличие или отсутствие охлаждения.

Все ответственные и тяжелонагруженные детали авиационных двигателей (лопатки, зубчатые колеса, валы, диски, точные сопрягаемые детали плунжерных пар и др.) подвергаются обязательному контролю на прижог и при наличии такового к постановке на изделие не допускаются.

Если грубый прижог обнаруживается визуальнo, по наличию цветов побежалости на обработанной поверхности, то слабые прижоги для невооруженного глаза незаметны. На некоторых материалах, например, на титановых сплавах, они могут быть обнаружены при люминесцентном контроле (цель его - выявление поверхностных трещин). Обычно же для выявления прижога детали, как сказано выше, проходят специальный контроль - травление. Так, стальные детали травятся в течение 30 сек. в растворе  $(NH_4)_2S_2O_8$  (150 г/л воды), а затем - в растворе  $HCl$  (100 г/л воды) и уротропина (50 г/л воды) в течение одной мин.

С прижогом связано и появление разброса значений микротвердости при шлифовании грубо обработанной на предшествующей операции поверхности. Шлифовальный круг создает на выступах микронеровностей поверхности тепловые удары, вызывающие мгновенный нагрев и структурные изменения металла поверхностного слоя. При этом, если обработка ведется на мягких режимах, на участках под гребешками шероховатости возникают зоны отпущенного металла с пониженной твердостью. Если же обработку осуществляют на напряженных режимах, то под гребешками можно обнаружить зоны более твердого металла, претерпевшего вторичную закалку.

В целом же и в том, и в другом случае на обработанной шлифованием поверхности наблюдается разброс замеров микротвердости, что снижает работоспособность детали (питтинговое разрушение).

Качество шлифованного слоя определяется микроанализом и рентгеноструктурным анализом по количеству аустенита.

Темнотравящийся слой на поверхности выявляется также макроанализом - травлением 10% - ным водным раствором азотной кислоты. Участки пониженной твердости с тросто-мартенситной структурой травятся интенсивнее и обнаруживаются в виде пятен темно-коричневого цвета.

На гладких поверхностях можно также измерять твердость вдавливанием алмазной пирамиды с разными нагружениями.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Содержанием лабораторной работы является:

1. Нахождение оптимального режима плоского шлифования стальных и закаленных образцов.
2. Определение мест прижога путем травления и изменения микротвердости материала в месте прижога.
3. Определение разброса микротвердости.

### Методика и порядок проведения работы

Оптимальным режимом плоского шлифования будем считать режим, сочетающий максимальную производительность по съему металла с отсутствием прижогов на обрабатываемой поверхности.

Исследуется процесс плоского шлифования периферией круга с использованием метода продольных проходов.

Шлифование ведется на плоскошлифовальном станке мод.3711. Образцы устанавливаются на магнитном столе станка.

В качестве образцов используются пластины (рисунок 1) из инструментальной углеродистой стали У10А, закаленные на твердость  $HRC_3 \cong 60$ . Размеры образца  $70 \times 25 \times 4$  мм. Шероховатость исходной (до шлифования) обрабатываемой поверхности образцов  $R_z = 40 \dots 50$  мкм. Такая шероховатость достигается при торцевом фрезеровании до закалки образцов.

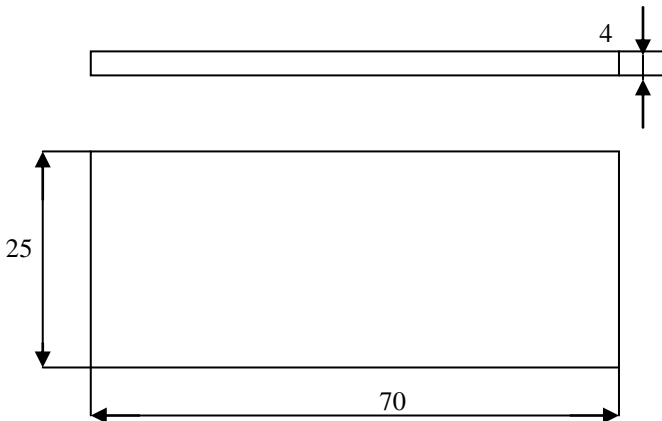


Рисунок 1 - Образец

Режущий инструмент - шлифовальный круг марки ПП 250×25×75 (ГОСТ 2424 - 87) с характеристиками 25A40M17K5 по ГОСТ. Шлифовальный круг должен иметь хорошие режущие свойства. Следы "засаливания" на круге не допускаются.

Режимы шлифования:

1. Скорость резания равна скорости вращения шлифовального круга

$$V_{рез} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000} = \left[ \frac{м}{с} \right],$$

где  $D$  и  $n$  - соответственно диаметр (мм) и частота вращения (1/мин) шлифовального круга.  $V_{рез} = 15...18$  м/с.

2. Величина продольной подачи  $S_{ГП}$  равна скорости перемещения стола вдоль круга и устанавливается при настройке станка  $S_{ГП} = 8...10$  м/мин.
3. Величина поперечной подачи  $S_{ПП}$  (мм/ход стола).  $S_{ПП} = (0,2...0,3)$  В, мм/ход стола, где В - ширина круга.
4. Глубина шлифования устанавливается до обработки и изменяется в пределах 0,1...0,4 мм (об изменении глубины - см. ниже).

Каждый образец для исследования обрабатывается при установке круга на глубину шлифования  $t = 0,1 - 0,2 - 0,4$  мм. Обработке на каждой из указанных величин  $t$  подвергается 1/3 образца по ширине. Шлифование на каждом из этих режимов продолжается до удаления следов предыдущей обработки. После обработки на каждой из глубин  $t$  образец подвергается травлению на прижог. Первый из бесприжоговых режимов можно считать оптимальным.

Травление проводится по инструкции, описанной в Приложении А.

О наличии прижога свидетельствуют темные пятна на блестящей поверхности после шлифования.

Измерение микротвердости проводится на приборе - микротвердомере мод. ПМТ - 3 по инструкции к прибору. Микротвердость измеряется 4...5 раз в местах без прижога и в местах с прижогом, после чего рассчитывается среднее арифметическое значение, а результаты расчета сравниваются между собой и фиксируются в протоколе лабораторного занятия, где отмечаются и соответствующие режимы шлифования.

Наличие разброса микротвердости устанавливается путем измерения микротвердости с помощью ПМТ - 3 в близко расположенных точках (шаг измерения 0,04-0,05 мм) обработанной поверхности. Измерения проводятся в направлении длины образца (параллельно длине) на удобном для этого месте. Определение разброса микротвердости следует проводить на поверхности образцов, подвергшихся самому мягкому из режимов шлифования. Результаты измерения фиксируются в протоколе.

## ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

По результатам лабораторной работы оформляется отчет. В отчете указываются:

- модель станка;
- марка круга;
- режимы шлифования, на которых отмечен прижог, и бесприжоговые;
- результат травления на прижог (появление пятен с прижогом);
- результат измерения микротвердости в местах с прижогом и ее разброс, а также дается объяснение наблюдаемым результатам.

Отчет предъявляется преподавателю при сдаче отчета.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Митряев К.Ф. Повышение эксплуатационных свойств деталей путем регулирования состояния поверхностного слоя. Куйбышев, КУАИ, 1986, 89 с.
2. Ящерицын П.И. и др. Технологическая наследственность в машиностроении. Минск, "Наука и техника", 1977, 255 с.
3. Иващенко И.А. Проектирование технологических процессов производства двигателей летательных аппаратов. М., Машиностроение, 1981, 224 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ИНСТРУКЦИЯ ПО ТРАВЛЕНИЮ "НА ПРИЖОГ" СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

1. Обезжиривание в течение 5...10 мин. в водном растворе:  
тринатрий фосфат 30...70 г/л;  
жидкое стекло 10...20 г/л;  
каустическая сода 5...10 г/л;  
при температуре 30...60 °C .
2. Промывка в горячей воде.
3. Промывка в холодной воде.
4. Травление первое в водном растворе надсерникового аммония  $(NH_4)_2S_2O_8$  100...150 г/л при комнатной температуре, в течение 15...30 сек.
5. Промывка в холодной воде.
6. Травление второе в водном растворе соляной кислоты  $HCl$  (50..100 г/л) и уротропина (40...50 г/л) в течение одной минуты при комнатной температуре.
7. Промывка в холодной воде.
8. Нейтрализация - в водном растворе углекислого натрия (30...50 г/л) в течение 1...3 мин. при комнатной температуре.
9. Антикоррозионная обработка в водном растворе нитрата натрия (200...250 г/л) в течение 1...3 мин.  
Реактив для травления "на прижог" титановых сплавов.  
Травитель -  $NHO_3$  (140..170 г/л);  $HF$  (15...20 г/л).  
Температура ванны с раствором 15...40 °C , время выдержки 15...90 сек.