

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛИ ПОСЛЕ СУПЕРФИНИШИРОВАНИЯ

А.И. Акилов, канд. техн. наук;

А.А. Кирюшко, студент;

В.И. Голубков, студент,

Сумский государственный университет, г. Сумы

Надані результати дослідження поверхневого шару деталі після обробки суперфінішуванням за ударно-циклічною схемою різання. Викладена методика проведення експерименту. Наведено залежності зміни мікротвердості залишкових напружень стиску в поверхневому шарі. Встановлено, що в результаті наклепу мікротвердість поверхні підвищується на 30 кгс/мм² на глибині 30-40 мкм. На величину залишкових напруг більше впливають кругова швидкість деталі і час обробки, що свідчать про більший вплив на досліджувані параметри пластичного деформування металу в поверхневих шарах.

Ключові слова: суперфінішування, мікротвердість, залишкові напруження стиску, поверхневий шар.

Представлены результаты исследования поверхностного слоя детали после обработки суперфинишированием по ударно-циклической схеме резания. Изложена методика проведения эксперимента. Приведены зависимости изменения микротвердости и остаточных напряжений сжатия в поверхностном слое. Установлено, что в результате наклепа микротвердость поверхности повышается на 30 кгс/мм² на глубине 30-40 мкм. На величину остаточных напряжений большее влияние оказывает окружная скорость детали и время обработки, свидетельствующие о преобладающем влиянии на исследуемые параметры пластического деформирования металла в поверхностных слоях.

Ключевые слова: суперфиниширование, микротвердость, остаточные напряжения, сжатия, поверхностный слой.

Способ ударно-циклического суперфиниширования позволяет стабилизировать процесс обработки деталей абразивными брусками, исключает засаливание инструмента. Основное его отличие от традиционного суперфиниширования заключается в периодическом отрыве абразивного бруска от поверхности обрабатываемой детали и соприкосновении с ней с некоторым ударом и последующим статическим прижатием [1]. Благодаря такой кинематике инструмента, происходит своевременное обновление режущих зерен абразива и эффективное смывание продуктов износа из зоны обработки смазывающе-охлаждающей жидкостью. Обработка сопровождается пластическим деформированием поверхностных слоев детали. Цель исследования заключалась в определении влияния режимов обработки на микротвердость поверхности и остаточные напряжения поверхностного слоя детали.

Твердость поверхности образца замерялась на микротвердомере ПТМ-3 вдавливанием четырехгранной алмазной пирамиды с углом раствора 136°. Усилие вдавливания выбиралась в пределах 0,05-0,2 кгс, время действия нагрузки 5 с. Точность измерения отпечатка составляла 0,001 мм. В качестве независимых переменных были приняты окружная скорость детали V , м/мин, сила прижатия бруска к поверхности детали P , кгс/см², время обработки t , мин.

Опыты производились по методике экстремального планирования эксперимента. В результате обработки экспериментальных данных получена эмпирическая формула в виде полинома, кгс/мм²:

$$H_{\mu} = 242,26 + 4,39x_1 - 0,4x_2 + 6,1x_3 - 0,024x_1^2 - 0,25x_1x_2 - 0,5x_1x_3 + 0,97x_2^2 - 1,52x_3^2,$$

где x_1 - кодированное значение окружной скорости; x_2 - кодированное значение силы нажатия на брусок; x_3 - кодированное значение времени обработки.

На основании полученного уравнения регрессии построены частные зависимости микротвердости от основных факторов (рис. 1). Анализ полученных зависимостей показывает, что наибольшее влияние на микротвердость оказывает окружная скорость и время обработки. Характер влияния этих факторов схожий. Очевидно микротвердость поверхностных слоев зависит от количества взаимодействий инструмента с обрабатываемой поверхностью. Повышение окружной скорости детали также, как и времени обработки увеличивает количество встреч абразивных выступов с микрошероховатостями поверхности детали.

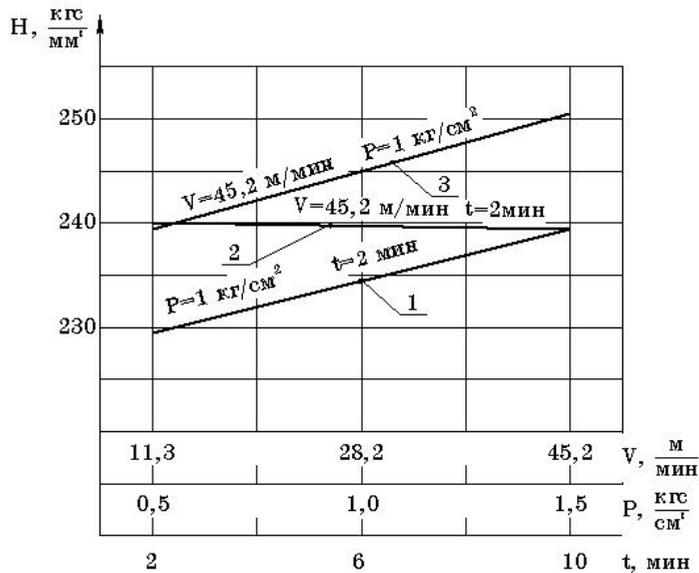


Рисунок 1 – Изменение микротвердости:

1. от окружной скорости V ;
2. от силы прижатия бруска P ;
3. от времени обработки t

Изменение удельного давления на брусок с 0,5 кгс/см² до 1,5 кгс/см² существенно не сказывается на величине микротвердости. Незначительное снижение твердости с возрастанием нагрузки может быть объяснено расходом некоторой части подводимой энергии на нагрев поверхностных слоев и диспергированием металла на уровне субмикрорельефа. Как показали исследования, микротвердость поверхности повышается на глубине 30-40мкм примерно на 30 кгс/мм². Фотография поверхности косого шлифа образца со следами замеров твердости представлена на рис. 2.

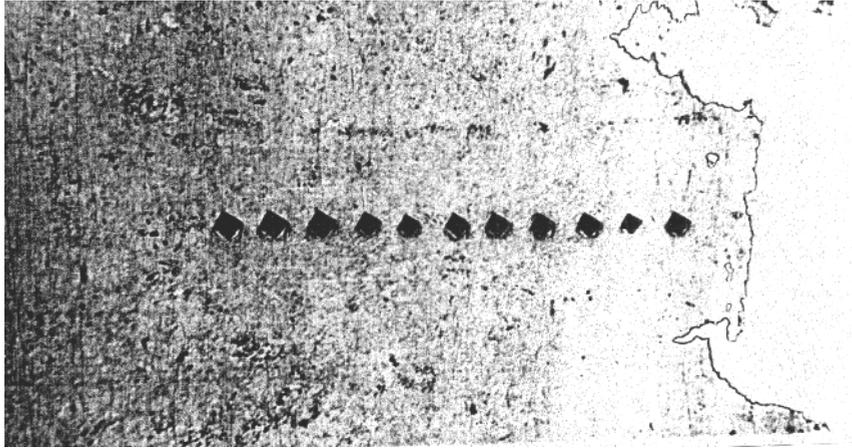


Рисунок 2

Одним из критериев оценки качества поверхности деталей, работающих в условиях усталостных нагрузений, является величина и характер напряжения верхних слоев. Исследование напряжений проводилось по методике, предусматривающей послойное удаление напряженных слоев с замером получаемых при этом деформаций образца. Образцы представляли собой детали кольцевой формы с наружным диаметром $D = 68$ мм, внутренним $d = 56$ мм из стали 40, обработанные на различных режимах. Послойное удаление напряженных слоев металла производилось методом электрохимического травления. Для этого применялся электролит состава: 100 г сернокислого цинка $ZnSO_4$ и 50 г поваренной соли $NaCl$ на 1 л воды. Данный электролит обеспечивает равномерное по времени стравливание металла при наличии напряжения на электродах. Перед травлением образцы взвешивались на аналитических весах типа ВЛА-200М с точностью до 1 мг. Чтобы предохранить от травления необработанную поверхность, ее покрывали нитролаком. В качестве катода применялось кольцо из нержавеющей стали. Схема установки изображена на рис. 3. Электролитическая ванна

запитывалась от выпрямителя типа ВСА-4. Плотность тока $j = 1 \text{ А/дм}^2$. После травления промытый и высушенный образец вновь взвешивался на аналитических весах. Разность в весе до и после травления давала возможность определить глубину стравленного слоя в любой момент времени.

В процессе травления вместе с удаленным слоем металла снимаются остаточные напряжения и образец деформируется. Перемещения воспринимаются пластиной 2 с наклеенным на нее тензодатчиком.

В связи с тем, что в процессе деформации травится половина кольца, а нагружение при тарировке датчика производилось сосредоточенной силой был принят коэффициент поправки равный 0,89 для деформации,

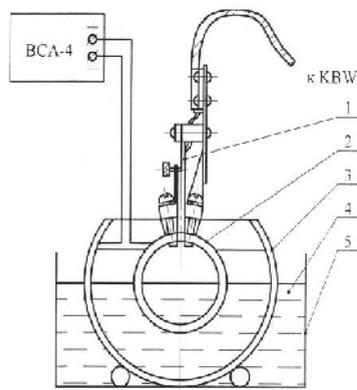


Рисунок 3 – Схема установки:

- 1 – балочка с тензодатчиком;
- 2 – образец;
- 3 – катод;
- 4 – электролит;
- 5 – электролитическая ванна

фиксируемой прибором. Тогда измеряемое напряжение определялось по формуле

$$\sigma = \frac{0,89E(H-h)}{3D_{cp}^2} \left[(H-h) \frac{df}{dh} - 4f \right],$$

где E - модуль упругости; f - деформация образца; D_{cp} - средний диаметр кольцевого образца; h - глубина стравливаемого слоя металла; H - толщина кольца.

Эксперимент проводился по методике экстремального планирования, а полученные результаты обрабатывались на ЭВМ. В результате обработки данных получена эмпирическая зависимость вида

$$\sigma = 44,3 + 16x_1 - 2,5x_2 + 9,5x_3 - 3,1x_1^2 - 3,6x_2^2 - 6,6x_3^2.$$

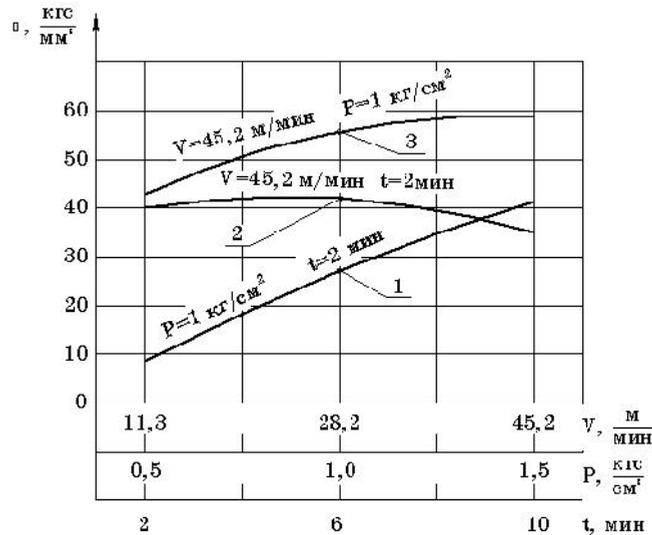


Рисунок 4 – Изменение поверхностных напряжений:

- 1 - от окружной скорости V ;
- 2 - от силы прижатия бруска P ;
- 3 - от времени обработки t

На основании полученной зависимости построены графики на уровне оптимизации процесса (рис.4).

Графики показывают, что величина остаточных напряжений возрастает с увеличением скорости и незначительно снижается при увеличении силы прижатия бруска. Повышение напряжений в поверхностном слое с увеличением скорости объясняется преобладанием в процессе обработки пластической деформации. Исследование показало, что при обработке предложенным способом в поверхностных слоях детали формируется напряжение сжатия, способствующие повышению усталостной прочности. Это является одним из преимуществ применяемого способа обработки.

ВЫВОДЫ

Исследование качества поверхностных слоев свидетельствует о положительном влиянии радиальных колебаний абразивного бруска на

повышение износостойкости и усталостной изгибной прочности деталей, обусловленных повышением микротвердости поверхности и остаточных напряжений сжатия.

Установлены рациональные режимы обработки, формирующие наиболее высокие показатели по микротвердости и остаточным напряжениям.

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE DETAIL'S SURFACE LAYER AFTER SUPERFINISHING

*A.I. Akilov, A.A. Kirushko, V.I. Golubkov,
Sumy State University, Sumy*

The authors give the results of studying surface layer of the detail after superfinishing by cyclic pattern cutting. In the article they describe the technique of the experiment. They show the relation of microhardness and residual compressive stress in the surface layer. It is established that as a result of hardening the surface microhardness increases by 30 kgf/mm² at a depth of 30-40 microns. The magnitude of residual stress is greatly influenced by the tangential velocity components and the processing time, indicating the dominant influence on the studied parameters of plastic deformation of metal in the surface layers.

Key words: *superfinishing, microhardness, residual stresses, the compression, the surface layer.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акилов А.И. Особенности контактного взаимодействия шлифовального бруска и детали при радиальном колебании / А.И. Акилов, А.В. Евтухов, Б.В. Курилов // Вісник СумГУ. - 2006. - №10(94). - С.138-142.

Поступила в редакцию 16 марта 2011 г.