

ВЛИЯНИЕ АБРАЗИВА НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОЛИРОВАНИИ

Введение. Известно, что производительность и качество полирования зависят от абразивной составляющей технологической среды [1]. Наиболее полный анализ существующих подходов к проблеме формообразования поверхностей при абразивном изнашивании провел Цеснек Л.С. [2], который предложил условно разделить процесс формообразования поверхностей на «механический» и микрофизический. Микрофизический подход требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований явлений, которые происходят в зоне контакта абразивного зерна с материалом детали и полировальника.

Согласно механической теории, предложенной Шубниковым А.В. [3], при абразивной обработке твердых тел основным есть влияние элементарных механических процессов, в результате которых разрушается материал и формируется поверхностный слой обработанных деталей. При полировании твердых тел происходит скалывание и отрывание частиц, отделение стружки и наклеп – упрочнение обработанной поверхности материала вследствие пластических деформаций. В твердом теле при механической обработке в зависимости от условий воздействия абразива возникает упругое и пластическое деформирование или происходит пластическое и хрупкое разрушения.

Характер разрушения зависит от скорости деформации твердого тела. Хрупкое разрушение твердого тела наблюдается при скорости воздействия, больше некоторой величины. Скрытое хрупкое разрушение приводит к образованию микротрещин. Однако, авторы обращают внимание на то, что основное влияние на съем металла и на формирование поверхностного слоя полированных деталей оказывают абразивные материалы. Абразивная способность микропорошков влияет на интенсивность съема материала и качество формирования поверхностного слоя обрабатываемых деталей. Реальные абразивные зерна, как правило, имеют различную форму, которая изменяется в процессе обработки. Субмикрорельеф абразивных зерен оказывает существенное влияние на характер формирования обработанных поверхностей при полировании. Авторы работ [4, 5] рассматривали субмикрорельеф различных абразивных зерен и следы их царапания, ими установлено существенное различие параметров субмикропрофиля зерен.

Постановка задачи. Необходимо, учитывая развитие и опыт применения абразивной обработки разработать рекомендации по технологическому обеспечению обработки поверхностей деталей с малыми значениями шероховатости поверхностей.

Основное содержание работы. Шероховатость поверхности оценивали по параметрам R_a , R_z до и после полирования. Для их оценки использовали профилограф-профилометр мод. 252 с точностью $\pm 5\%$. Образцы предварительно обрабатывали шлифованием абразивными кругами до $R_a = 0,1-0,2$ мкм. Характер изменения шероховатости поверхности при шлифовании представлен на рис. 1.

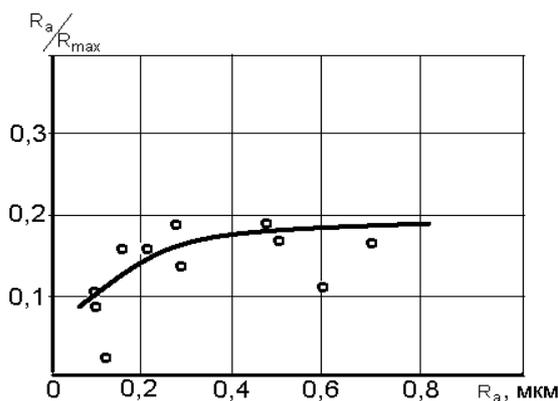


Рис 1. Изменение отношения высотных параметров шероховатости поверхности при шлифовании перед полированием.

Для обработанных абразивным шлифованием поверхностей, которые имеют более высокие значения R_a , отношение R_a/R_{max} увеличивается. Это можно объяснить снижением интенсивности роста R_{max} по сравнению с R_a за счет увеличения количества неровностей, близких к R_{max} . При обработке более мелкими абразивными составами количество неровностей, близких к R_{max} , значительно уменьшается. Таким образом, с увеличением параметра шероховатости поверхности R_a после обработки значения R_{max} растут менее интенсивно по сравнению с R_a .

Процесс полирования осуществляли на специальной установке. Диаметр полировального круга 400 мм; скорость перемещения детали 0,5-5 м/мин; скорость вращения полировального круга ограничивали увеличением сбрасывания из круга полировальной пасты ($V_{кп} = 25-35$ м/с). Величина давления на полировальный круг 200 кПа (чем тверже круг и больше частота его вращения, тем давление больше). Для эксперимента использовали электрокорунд белый марки 24А зернистостью М3, М14 и М28. Расход пасты 4 г/мин. Компоненты пасты: олеиновая кислота техническая марки А ГОСТ 7580-55; триэтаноламин МРТУ 02-407-68; синтетические жирные кислоты фракции $C_{17} - C_{20}$ в соответствии с отраслевым стандартом (ОСТ) 7-25-73; вода. В качестве образцов использовали нержавеющую сталь марки 12Х18Н10Т размером 50х50х5 мм.

Высота неровностей R_a исходной шероховатости поверхности образцов составляла 0,34 и 0,065 мкм после предварительного шлифования и полирования. Предварительное полирование осуществляли со снятием металла в пределах величины R_{max} шероховатости исходной поверхности. На рис. 2. приведена зависимость параметра R_a шероховатости поверхности образцов из сплава марки 12Х18Н10Т от времени полирования пастами зернистостью М3, М14 и М28. Большая зернистость на первой стадии полирования более эффективно обеспечивает сглаживание поверхности (R_a уменьшается более интенсивно).

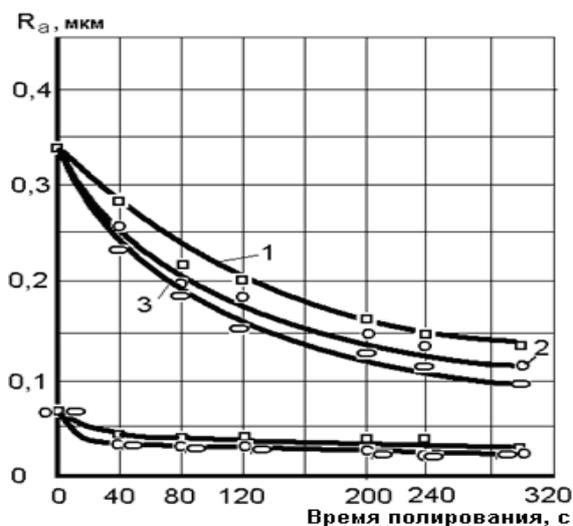


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхностей образцов из стали марки 12Х18Н10Т от времени полирования при исходной шероховатости по R_a 0,34 и 0,065 мкм: 1 – М3; 2 – М14; 3 – М28.

Это связано в первую очередь с большим контактным давлением на обрабатываемую поверхность, более интенсивным резанием, так как количество кромок абразивных зерен, что принимают участие в микрорезании, значительно больше, чем при обработке мелкозернистой пастой, где на относительно большей шероховатости поверхности превалирует перекатывание зерен. Чем меньше величина шероховатости исходной поверхности при одинаковой зернистости абразива до обработки, тем меньше интенсивность ее уменьшения в процессе полирования. Однако, для одинаковой шероховатости исходной поверхности при уменьшении разности размеров зерен электрокорунда и высоты неровностей исходной поверхности интенсивность уменьшения высотных размеров параметров шероховатости исходной поверхности в процессе полирования значительно меньше, чем при увеличении разности размеров зерен и высоты неровностей.

Анализ зависимостей (рис.2) показывает, что для каждой зернистости абразива есть только ей присущая высота неровностей полированной поверхности (при равной шероховатости исходных поверхностей). С увеличением размера зернистости от величины, соответствующей R_{max} к величинам, превышающим у десятки раз R_{max} интенсивность сглаживания, увеличивается. Геометрические параметры абразивного зерна можно оценивать по количеству режущих кромок и величине углов поверхностей, которые их образуют, а также по радиусам закругления этих углов. Для выяснения механизма резания-царапания имеет особое значение характеристика абразивных зерен по последнему признаку. Абразивные зерна, применяемые при обработке металлов, имеют форму неправильных многогранников. Фотографии отдельных абразивных зерен электрокорунда наглядно иллюстрируют неправильность и разнообразие геометрической формы абразивных зерен.

Ваксером Д.Б. [4] сделана зарисовка разных абразивных материалов большой зернистости с определением углов между противоположными гранями зерен и радиусов вершин. Установлено, что углы между гранями зерен преимущественно изменяются в пределах 100-130°. Значительно реже встречаются

углы 60-90°. На рис. 3 изображены зарисовки профилей зерен до обработки для разных абразивных материалов [4]. Наиболее часто имеем угол между противоположными гранями зерен порядка 110°.

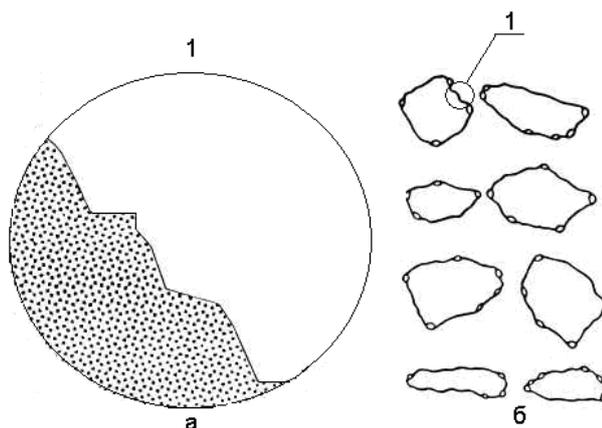


Рис. 3. Схематическое изображение профилей абразивных зерен до обработки

В исследованиях Маслова Э.Н. делается вывод, что угол при вершине элементов зерен, которые царапают, близкий до 90°. Целиком вероятно, что указанные авторы исследовали абразивные материалы, полученные в разных технологических условиях (например, для корундового зерна его свойства будут зависеть от размера блока, который выплавляется, скорости его охлаждения, способа измельчения и др.). Вершины всех углов исследуемых зерен имеют закругление в пределах приблизительно от 6 до 50 мкм. Наиболее часто встречаются вершины с радиусом 10-25 мкм. В результате проведенных исследований авторы пришли к заключению, что с уменьшением размера зерен существенно уменьшаются и радиусы округления вершин.

Кашеев В.Н. [5] измерил радиусы закругления углов и выступов карборундового и электрокорундового зерен. Причем, для обоих видов абразивных материалов зерна 500-600 мкм (соответствующая зернистость № 50) имели среднее значение радиуса закругления на пятистах измерениях равное 1,26 – 26,1 мкм, а среднее наиболее возможное значение радиуса закругления равно 6,68 мкм. При измерении карборундовых зерен от 177 до 250 мкм (отвечает зернистости № 16), среднее значение радиуса закругления вышло равным 12,1 мкм, а наиболее возможное 6,1 мкм; для более мелких зерен, просеянных сквозь сито № 270 (поперечник зерен менее 58 мкм), наиболее возможное значение радиуса закругления стало меньше вдвое, т.е. равняется 3,3 мкм, а среднее значение радиуса закругления оказалось равным 5,1 мкм.

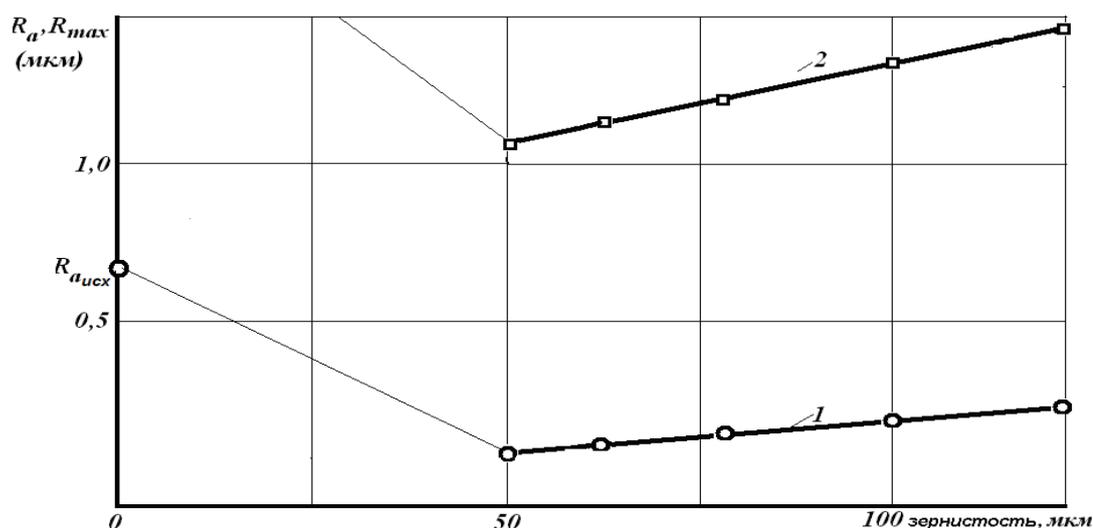


Рис. 4. Влияние зернистости абразива на изменение высотных параметров шероховатости поверхности: 1 – R_a до обработки 0,68 мкм; 2 – R_{max} до обработки 3,64 мкм (давление – 40 МПа; скорость резания – 35 м/с; время обработки – 20 с).

Анализируя полученные результаты измерения, необходимо обратить внимание на не пропорциональное уменьшение радиусов закругления с уменьшением размеров абразивных зерен.

Если размеры зерен карборунда изменялись от 177-250 мкм до 58 мкм и менее т.е., приблизительно в 4,3 раза, то наиболее возможное значение радиуса закругления уменьшилось с 6,1 мкм до 3,3 мкм, т.е. в 2

раза, а среднее значение радиуса закругления изменялось с 12,1 мкм до 5,1 мкм, т.е. в 2,3 раза. Не пропорциональное уменьшение радиусов закругления с уменьшением размеров абразивных зерен может быть использовано при объяснении: относительной прочности абразивных зерен разной величины; изменения производительности процесса полирования поверхностей металлов с изменением размера зерен; механизма более эффективного резания абразивными зернами большей зернистости.

Таким образом, исследованиями большого количества абразивных материалов (разной величины зерен) установлено, что абразивные зерна не имеют выступлений с точными кристаллографическими углами, а всегда имеют округленные вершины.

О влиянии формы абразивного зерна, радиусов округления его вершин по сечениям поверхностей зерен свидетельствуют и результаты эксперимента по полированию алмазными лентами (рис. 4).

Увеличение зернистости закрепленных на ленте алмазных зерен увеличивает значение R_a для обработанной поверхности, при этом R_{max} увеличивается более интенсивно. Установлено, что кромки алмазных зерен более остроугольные, чем абразивных, а это указывает на склонность алмазных зерен более активно шаржироваться в поверхностные слои материала детали и полировальника. Для активизации процесса снятия материала детали необходимо использовать алмазные зерна, а для выглаживания поверхностного слоя необходимо использовать овализированные зерна, которые имеют склонность к перекатыванию. При обработке такими зернами создаются касательные и нормальные напряжения, которые зависят от нормальной нагрузки на обрабатываемую поверхность.

Выбор абразива для обработки необходимо выполнять с учетом размера, формы и твердости абразивных частиц, так как при увеличении размера и твердости скорость снятия материала увеличивается, но одновременно ухудшаются физико-химические параметры поверхности, шероховатость и глубина дефектного слоя. Таким образом, полирующая способность абразивов определяется начальной формой зерен и динамикой их изменения в процессе обработки. В зависимости от требований для увеличения гладкости и уменьшения шаржирования зерен необходимо на заключительных этапах обработки применять зерна, грани которых образуют угол, приближенный до 180° (форма зерен должна приближаться к сферической поверхности).

Полирование деталей необходимо выполнять в несколько этапов с использованием микропорошков разной зернистости. Основные допущения: скорость снятия материала пропорциональна размеру абразивных зерен; вероятность оплавления неровностей на поверхности незначительна; происходит процесс микрорезания шаржированными в полировальник зернами и выглаживание зернами, которые перекатываются.

Выводы. Полирование деталей необходимо выполнять в несколько этапов с использованием микропорошков разной зернистости.

Эффективность абразивной обработки при достижении минимальных значений параметров шероховатости поверхности увеличивается при последующем последовательном применении абразива зернистостью равной достигнутым значениям R_{max} на предшествующем этапе.

Эффективность обработки увеличится также при применении на окончательных переходах овализированных алмазных зерен, что увеличит количество перекатывающихся зерен и сглаживание.

Список литературы: 1. Абразивная и алмазная обработка материалов: Справочник / Под ред. проф. А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. - 390 с. 2. Цеснек Л.С. Механика и микрофизика истирания поверхностей. – М.: Машиностроение, 1979. - 264 с. 3. Шубников А. В. Элементарные механические явления при шлифовании и полировании. – М.: Изд. АН СССР. – Сб.: Качество поверхности деталей машин, 1957, №3. – С. 32-35. 4. Ваксер Д. Б. Пути повышения производительности абразивного инструмента при шлифовании. – М.-Л.: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1964. – 176 с. 5. Кашеев В.Н. Абразивное разрушение твердых тел. – М.: Наука, 1970. - 247 с.

Поступила в редколлегию 16.04.2010