

СГЛАЖИВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Шкурупий В. Г., канд. техн. наук (г. Харьков, Украина)

Consider technological methods of reducing the roughness of the surface with the abrasive machining.

Основное влияние на сьем 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.

Применение абразивных материалов особенно выгодно для окончательной обработки высокоточных деталей с заданными характеристиками светоотражательных поверхностей, где требуется получение малых значений высотных параметров шероховатости поверхности при съеме минимальных припусков.

Эти же абразивные материалы хорошо оправдали себя на финишных операциях обработки деталей, предназначенных для работы в условиях трения и износа. При этом необходимо обеспечивать минимальное шаржирование обработанных поверхностей абразивными частицами. Для определения съема матери-

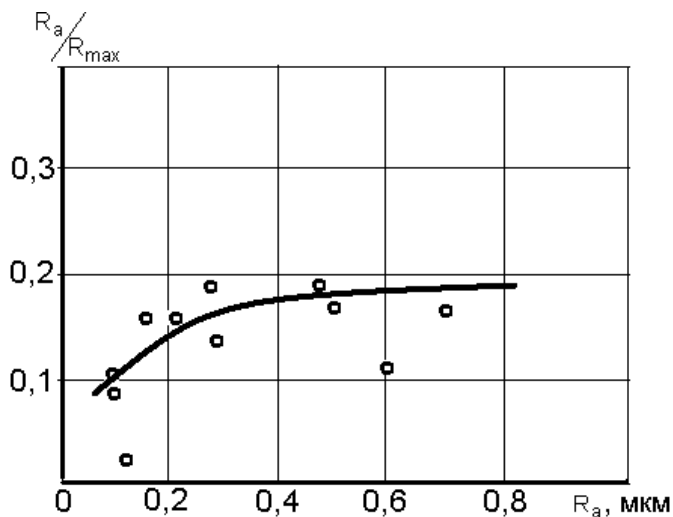


Рис 1. Изменение отношения высотных параметров шероховатости поверхности при шлифовании перед полированием.

риала с обрабатываемой детали и изучения характера формирования их поверхностного слоя применялась обработка абразивными материалами с различной зернистостью при одинаковых условиях обработки.

В качестве абразивных зерен использовался электрокорунд нормальный М28/20. Для меньшей зернистости расчеты представляют определенные трудности. Образцы предварительно обрабатывали шлифованием абразивными кругами до шероховатости 0,1–0,2 мкм, по

параметру R_a . Характер изменения высотных параметров шероховатости поверхности при шлифовании представлен на рис. 1.

Реальные абразивные зерна, как правило, имеют различную форму, которая изменяется в процессе обработки. Субмикрорельеф абразивных зерен оказывает существенное влияние на характер формирования обработанных поверхностей. Авторы работ [1, 2] рассматривали субмикрорельеф различных абразивных зерен и следы их царапания, ими установлено существенное различие параметров субмикропрофиля зерен абразива.

Нами проведены исследования по определению влияния субмикронеровностей зерен на характер формирования полированных поверхностей. С помощью электронного микроскопа установлено, что субмикронеровности абразивных зерен перед обработкой и после обработки имеют разную форму, так как в процессе обработки режущие кромки абразивных зерен изнашиваются и разрушаются.

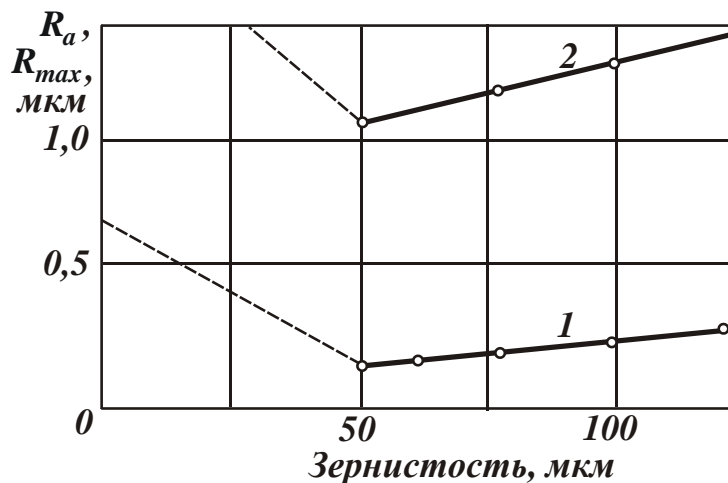


Рис. 2. Влияние зернистости абразива на изменение высотных параметров шероховатости поверхности: режим обработки — давление 40 МПа; скорость резания 35 м/с; время обработки 20с; 1 — R_a до обработки 0,68 мкм; 2 — R_{max} до обработки 3,64 мкм.

Существенную роль при формировании полированных поверхностей играют субмикронеровности абразивных зерен, особенно в случаях преобладающего количества перекатывающихся или шаржированных зерен. Эти явления будут определяться, по нашему мнению, давлением полировальника на обрабатываемую поверхность.

На высотные параметры шероховатости поверхности полированных деталей заметное влияние оказывает размер абразивных зерен. Характер изменения высотных параметров шероховатости поверхности при обработке абразивами большой зернистости представлен на рис. 2. Характер формирования поверхностного слоя при полировании войлочным полировальником с абразивами различной зернистости разный. Как видно из результатов, представленных на рис. 2, высотный параметр шероховатости поверхности R_a не превышал значения 0,2 мкм.

Наименьшие значения высотных параметров шероховатости обработанной поверхности наблюдаются при полировании абразивом с малой зернистостью (например, алмазная паста АСМ 2/1, полировальник из войлока).

Большую роль при формировании поверхностного слоя полированных деталей играют количество активных абразивных зерен на единице площади, глубины их резания-царапания или пластического деформирования, которые в свою очередь зависят от размеров, формы и природы абразивного материала, а также от материала полировальника и детали, контактирующих с абразивными зернами. Чтобы установить количество активных абразивных зерен, фактиче-

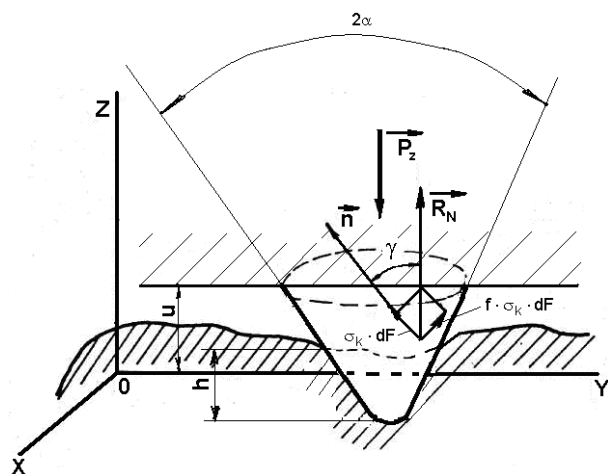


Рис. 3. Внедрение в обрабатываемую поверхность шаржированного в полировальник абразивного зерна под действием нагрузки.

ский контакт для перекатывающихся и закрепленных зерен на единице площади (мм^2), глубину их внедрения, были проведены исследования. Их проводили на специальном полировальном стенде конструкции ХНЭУ. Оценку количества абразивных частиц производили с помощью микроскопа МИС-11 и микроинтерферометра МИИ 4. Давление измеряли в пределах $(0,1-1,0) \cdot 10^2$ кПа. Для эксперимента использовали образцы, изготовленные из сплава 36НХТЮ (HRC 50). Абразивный состав наносился на полировальник шириной 1 мм от центра. Образец подводили к полировальнику, а затем полировальный круг поворачи-

вали вручную на 15° . С помощью микроскопов и микроинтерферометра исследовали полученные поверхности. Для оценки следов обработки исходили из следующих предположений. В обработке участвуют закрепленные в полировальник (рис. 3) и перекатывающиеся (рис. 4) зерна.

При давлении $(0,1-0,3) \cdot 10^2$ кПа на обрабатываемой поверхности в основном находятся следы от перекатывающихся зерен. Количество активных абразивных зерен находится в пределах 120–130 на 1 мм^2 . Глубина их внедрения равна 2–3 мкм при ширине отпечатка 3–4 мкм.

Вид обработанной поверхности при увеличении давления полировальника до $(0,4-0,5) \cdot 10^2$ кПа можно объяснить иным характером работы абразивных зерен. Количество активных абразивных зерен не изменяется и находится в пределах 120–130 на 1 мм^2 . Однако при этом меняется характер работы зерен и наблюдается приблизительно одинаковое количество перекатывающихся и закрепленных зерен. Глубина их внедрения находится в пределах 3–4 мкм при ширине следов отпечатков 4–5 мкм.

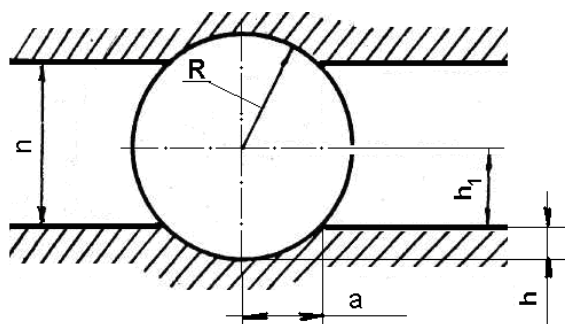


Рис. 4. Внедрение в обрабатываемую поверхность перекатывающегося абразивного зерна.

С увеличением давления (свыше $0,5 \cdot 10^2$ кПа) на сформированной поверхности имеются характерные следы закрепленных зерен, хотя количество активных зерен уменьшается и находится в пределах 90 зерен на 1 мм^2 . Однако большинство отпечатков и сле-

дов, характерных для работы активных зерен, находится при глубине их внедрения 3–4 мкм при ширине отдельных отпечатков и следов 4–5 мкм. В отдельных случаях на обработанных поверхностях имеются следы и отпечатки, характерные для работы закрепленных зерен, что приводит к появлению грубых царапин (рис. 5), а также случаев столкновения абразивных зерен друг с другом. Зная число активных абразивных зерен (перекатывающихся и закрепленных) на единице площади (в 1 мм²), находим фактический контакт абразивных зерен с обрабатываемой деталью. Контакт одного перекатывающегося зерна рассматриваем как площадь шарового сегмента, поскольку характер контакта перекатывающихся зерен по форме близок к шаровому сектору (рис. 4). Тогда площадь контакта одного перекатывающегося зерна

$$S_n = \pi \cdot R(2h + a).$$

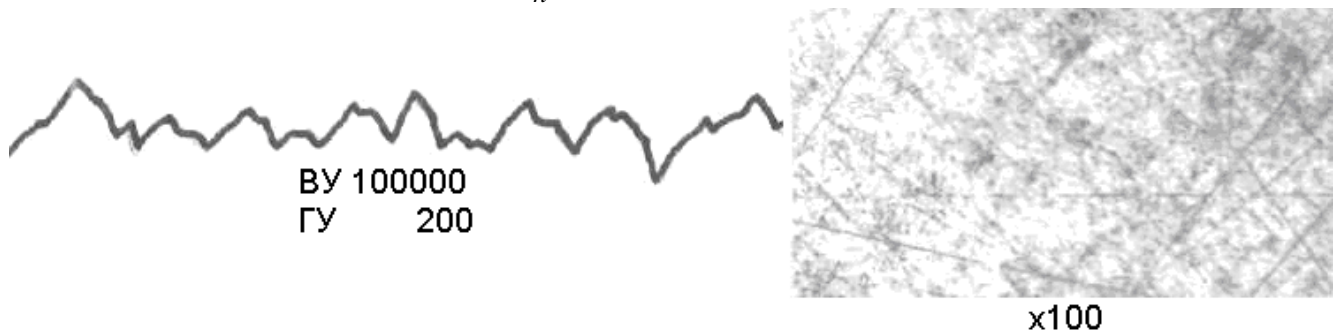


Рис.5. Профилограмма и фотография поверхности образца из сплава марки Амгб после полирования.

Используя схему внедрения зерна в металл, находим площадь следа одного закрепленного зерна [3]:

$$S_3 = \frac{h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{4}}{\cos \alpha} \cdot l.$$

Если известно количество активных перекатывающихся и закрепленных зерен, участвующих в формировании поверхности полированных деталей, то легко найти площадь контакта между абразивными зёрнами и обрабатываемой деталью. Тогда общая площадь перекатывающихся зерен на единице площади:

$$S_{on} = S_n \cdot n \cdot k,$$

где S_n – площадь следа одного перекатывающегося зерна; n – количество перекатывающихся зерен на единице площади; k – коэффициент разрушения абразивных зерен в процессе обработки.

Общая площадь контакта для закрепленных зерен на единице площади

$$S_{оз} = S_3 \cdot n \cdot k,$$

где S_3 – площадь следа одного закрепленного зерна; n – количество закрепленных зерен на единице площади; k – коэффициент разрушения абразивных зерен в процессе обработки.

Зная площадь контакта для закрепленных и перекатывающихся зерен, находим общую площадь контакта между абразивными зёрнами и обрабатываемой деталью на единице площади:

$$S_o = S_{oz} + S_{on}.$$

Обработка фотографий позволила определить фактическую величину контакта абразивных зерен, которая находится в пределах 10–15% номинальной площади. С увеличением давления величина фактического контакта по площади возрастает.

Таким образом, основную роль в формировании поверхностного слоя играют давление полировальника на обрабатываемую деталь, форма и размер абразивного зерна. В процессе обработки форма и размеры зерна изменяются. С увеличением размера абразивного зерна съем материала возрастает. Шероховатость полированной поверхности зависит от размера абразивного зерна. Появление грубых царапин на обрабатываемой поверхности свидетельствует о столкновении абразивных зерен.

Сила прижима полировальника будет распределяться на суммарную площадь контакта перекатывающихся и закрепленных зерен с обрабатываемой поверхностью. Если площадь контакта перекатывающихся зерен будет преобладать над закрепленными, то это будет содействовать сглаживанию поверхностного слоя обрабатываемой поверхности.

Хороший эффект может дать применение овализированных абразивных порошков, например, термическим или другими методами [4]. При термическом методе происходит выгорание мелкой фракции, закрепление узлов у основной фракции, а также сгорание примесей, содержащихся в порошках.

Уникальными свойствами обладают абразивные порошки, полученные газодисперсным синтезом. Они обладают следующими преимуществами перед выпускаемыми промышленностью и полученными другими методами овализации:

1. Минимальной величиной фракции (около 0,01 мкм).
2. Равномерностью фракции (от 0,07 до 1,04 мкм).
3. Сферической формой абразива.
4. Наличием окиси алюминия (Al_2O_3) до 99,9%.

Технология получения данных абразивов позволяет изготавливать их из отходов промышленности непрерывно с экологической чистотой. Кроме этого, одним из методов, позволяющих избежать шаржирования поверхности, а также уменьшить толщину оксидной пленки, является использование полирования по схеме приведенной на рис. 6. При обработке использовали неабразивную составляющую в виде дистиллированной воды с концентрацией абразива. Его соотношение на одну часть абразива четыре части дистиллированной воды. Добавки поверхностно-активных веществ в виде аэросила могут дать улучшенные

характеристики поверхности.

В процессе такой обработки изломы в кристаллических зонах, расположенных между дефектами, становятся эластичными и могут разрушить идеальные

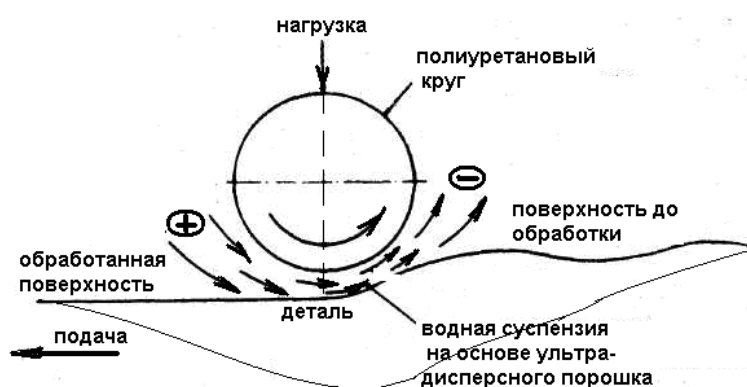


Рис. 6. Схема полирования суспензией на основе ультрадисперсного порошка.

связи между атомами. Минимальный участок излома может иметь размеры порядка размера атома.

Наличие укрупненной фракции ведет к царапанию обрабатываемой поверхности, а измельчение – к шаржированию.

Литература: 1. Ваксер Д.Б. Пути повышения производительности абразивного инструмента при шлифовании. – М.–Л.: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1964. – 176 с. 2. Кащеев В.Н. Абразивное разрушение твердых тел. – М.: Наука, 1970. – 247 с. 3. Сагарда А.А. Закономерности микрорезания единичным алмазным зерном // Научно-производственный сборник. Синтетические алмазы. – Киев, 1969, вып. 2. – С. 9-14. 4. Морозов И.Д., Алымов М.И. Ультрадисперсные порошки и материалы на их основе. – М.: Вестник машиностроения, 1992, № 6 – 7. – С. 41-42.