

ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ЗАТОПЛЕННЫМИ СТРУЯМИ

Андилахай А.А., канд. техн. наук, доц.

(Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь)

Раскрыта физическая сущность и обоснованы технологические возможности абразивной обработки деталей затопленными струями

Введение и постановка задачи. Изучению сущности взаимодействия абразива с деталью посвящено много работ. Наибольшую часть среди них представляют исследования механизма взаимодействия поверхностей деталей и абразивных гранул. По результатам исследований большинства авторов [1, 2, 3] можно сделать вывод о том, что из числа существующих механизмов съема металла в большинстве методов механической отделочной обработки абразивом, доминирующим является микрорезание. В случаях жидкостно-абразивной или воздушно-абразивной струйной обработки (рис. 1), характер взаимодействия абразива и деталей наиболее близок к методу обработки затопленными струями. Для выяснения сущности процесса абразивной обработки затопленными струями необходимо установить закономерности, которым подчиняется процесс взаимодействия единичного абразивного зерна и обрабатываемого металла. Целью работы является анализ механизма взаимодействия абразивных зерен и металлических деталей в струе.

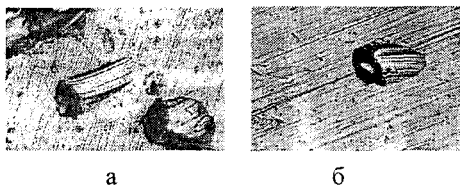


Рис. 1. Следы абразивных зерен на полированных поверхностях латунных образцов: а – после жидкостно-абразивной обработки, б – после воздушно-абразивной обработки (увеличение $\times 840$).

Результаты исследований. Механизм съема металла изучался методом микроскопического исследования единичных следов абразивных зерен на полированной поверхности латунных образцов прямоугольной формы габаритными размерами от $6 \times 3 \times 2$ до $20 \times 10 \times 2$ мм. На фотографии (рис. 2) представлен фрагмент полированной поверхности с единичными следами, из которых в основном и складывается новая поверхность. В большинстве случаев это короткие царапины переменной глубины. Как правило, такие царапины оканчиваются рельефными отпечатками граней или ребер абразивных зерен с четко выраженными наплывами металла.

На основании результатов скоростной съемки установлено, что в рабочей камере в процессе движения жидкости, абразивных частиц и деталей под действием струй сжатого воздуха (рис. 3) имеют место многочисленные столк-



Рис. 2. Фрагмент полированной поверхности латунного образца с единичными следами абразивных зерен (увеличение $\times 235$).

новения абразивных частиц и деталей, вызывающие пластическую деформацию микрообъемов металла их поверхности. Поскольку истечение струй в спутный поток жидкости характеризуется отсутствием сколько-нибудь значимых поперечных течений и имеет в основном квазиламинарное движение, столкновения деталей и абразивных частиц за счет поперечных перемещений отсутствуют.

Очевидно, что силы, действующие на детали и абразивные частицы, сообщают им ускорение, величина которого зависит от их физических свойств, габаритных размеров и геометрической формы.

Для раскрытия механизма образования рельефа и физических явлений, сопровождающих процесс обработки, необходимо выявить закономерности взаимодействия абразивных частиц с поверхностью обрабатываемых деталей путем изучения характера, размеров и количества следов [4].

Характер следов абразивных частиц на полированных латунных образцах отражает качественное многообразие их столкновений. Экспериментально установлена закономерность распределения следов абразива по поверхности деталей плоской формы. В процессе обработки детали переносятся струями сжатого воздуха от сопла к соплу по замкнутой ломанной линии. Попадая очередной раз в струю, деталь плоской формы может располагаться вдоль потока, не оказывая ему большого сопротивления (рис. 4,а), под углом к потоку, отбрасываясь им в сторону (рис. 4,б), и поперек потока, воспринимая его давление всей площадью (рис. 4,в). В первом случае скорость детали минимальна, следовательно, скорость абразивных зерен относительно деталей имеет наибольшую величину, кроме того, двигаясь вдоль осей струй с малой скоростью, деталь находится относительно большее время под воздействием абразивных зерен, чем в последнем случае (рис. 4,в), когда она

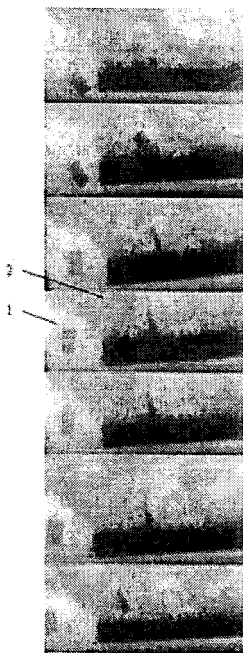


Рис. 3. Кинограмма процесса истечения струи сжатого воздуха в воду: 1 – контрольные образцы; 2 – абразивный материал.

движется со скоростью, близкой скорости абразивных зерен. Таким образом, при обработке плоских деталей абразивные зерна воздействуют преимущественно на их торцовые поверхности со стороны меньшего лобового сопротивления. Можно сделать вывод о том, что при обработке плоских деталей процесс

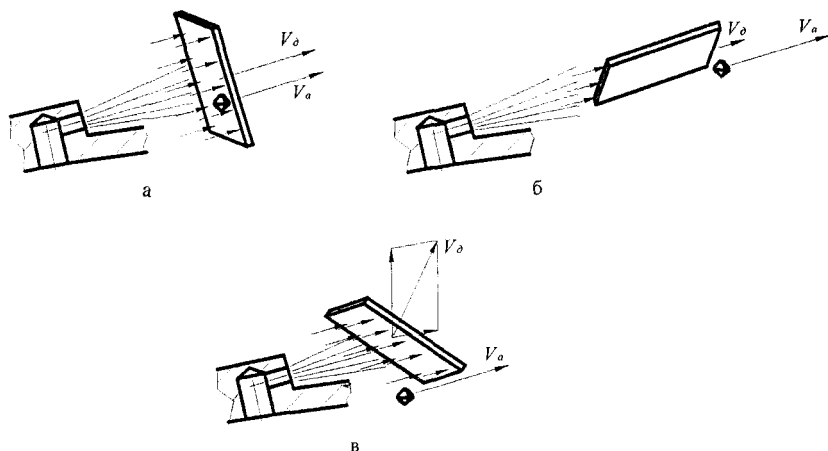


Рис. 4. Соотношение скоростей абразивного зерна V_a и детали V_o , находящихся в зоне действия сопла при ориентации детали: а – поперек потока; б – вдоль потока; в – под углом к потоку.

локализуется на их кромках. На фотографиях (рис. 5) представлены наиболее характерные следы ударов абразивных частиц на полированных латунных образцах, свободно помещенных в рабочую камеру и обрабатываемых в течение одной минуты. Следы воздействия абразива чаще всего имеют форму царапин длиной 45–120 мкм, глубиной 2–6 мкм. В ряде случаев по кромкам царапин располагается вытесненный из них металл, имеющий форму валика высотой 0,5–5 мкм.

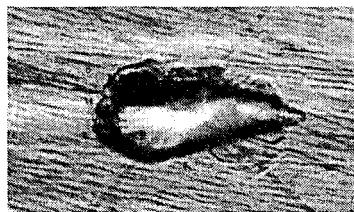


Рис. 5. Наиболее характерный единственный след абразивного зерна на полированной поверхности образца из латуни ЛС 59-1 (увеличение $\times 1100$).

На основе сопоставления следов абразива на образцах, которые обрабатывались в свободном состоянии и закреплялись относительно струи, а следовательно, с известным направлением воздействия, установлено, что абразивное зерно прочерчивает след, постепенно углубляющийся в металл, часто оканчивающийся валиком вытесненного металла. Из фотографии (рис. 6) видно, что единичные следы на образцах, обработанных в закрепленном и не закрепленном состоянии, идентичны и отличаются лишь размерами и направлением воздействия зерен. Учитывая форму и габаритные размеры большинства следов абразивных зерен

(рис. 5), направление их движения (рис. 6), а также форму их вершин, можно построить схему взаимодействия вершины абразивного зерна и металла, при этом следует руководствоваться данными Кашеева В.Н., согласно которым средний радиус вершин абразивных зерен из карбида кремния зеленого (63С) и электрокорунда нормального (14А) находится в пределах, 7–12,5 мкм. Схема взаимодействия абразивного зерна и детали представлена на рис. 7. На схеме показана вершина абразивного зерна 1, деформирующая металл детали 2.

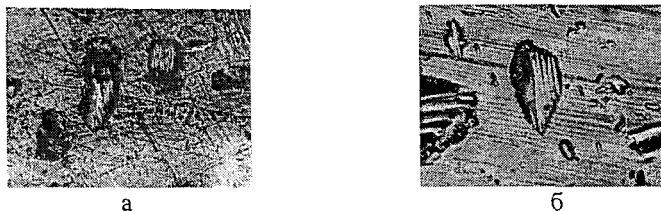


Рис. 6. Следы абразивных зерен карбида кремния зеленого (63С 63П) на полированных поверхностях латунных образцов, обработанных в течение 20 с: а – в закрепленном состоянии относительно струи; б – в свободном состоянии (увеличение $\times 1100$).

Поскольку скорость движения вершины абразивного зерна изменяется от V_0 до 0, на схеме показано текущее значение скорости V . По мере продвижения вершины зерна перед ней образуется валик поднятого металла, который является началом процесса стружкообразования. Однако сьем металла в этом случае не имеет места, так как скорость движения вершины падает до нуля. Как видно из схемы, глубина внедрения вершины абразивного зерна и высота образовавшегося валика в сумме составляют высоту микронеровностей (рис. 7, рис. 8).

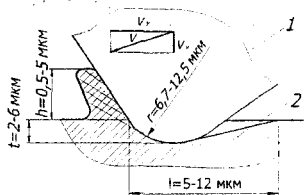


Рис. 7. Схема взаимодействия вершины абразивного зерна с деталью: 1 – вершина абразивного зерна, 2 – обрабатываемая деталь, t – глубина внедрения, h – высота валика, l – путь резания, V – скорость резания, ρ – радиус сферической вершины.



Рис. 8. След вершины абразивного зерна на поверхности полированного образца из латуни ЛС 59-1 (увеличение $\times 1070$).

На схеме (рис. 9) показаны струи сжатого воздуха, которые приводят во вращение жидкость и погруженные в нее абразивные частицы. Абразивные частицы периодически попадают в струи и приобретают в них значительные скорости. Установлено, что средняя скорость истечения сжатого воздуха вдоль оси

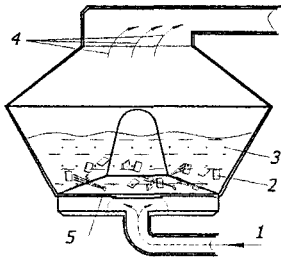


Рис. 9. Схема действия струй сжатого воздуха на детали и абразивный материал в жидкости: 1 – сжатый воздух, 2 – обрабатываемая деталь, 3 – абразивное зерно, 4 – отработанный сжатый воздух, 5 – воздушное сопло.

струи составляет 50–80 м/с, а средняя скорость общего спутного потока жидкости, абразива и деталей – 1,5–1,8 м/с. Подсчетом количества следов абразивных зерен на поверхности полированных образцов определен процент следов, из которых удален металл. Эти следы составляют 4–5 % от их общего числа.

Выводы. Полученные результаты показывают, что рассматриваемый метод струйно-абразивной обработки эффективно применять для удаления заусенцев и уменьшения микронеровностей на поверхности, образованных на предыдущей операции, поскольку размеры единичного среза соизмеримы с размерами микронеровностей и заусенцев. Экспериментально установлено, что кромки плоских деталей подвергнутся более интенсивной обработке, чем плоскости.

Список литературы

1. Бабичев А.П. Вибрационная обработка деталей в абразивной среде/ А. П. Бабичев.- М.: Машиностроение, 1968. – 215 с.
2. Кашеев В. Н. О механизме разрушения металлической поверхности свободно ударяющейся частицей/ В. Н. Кашеев, В. М. Глазков // Изв. вузов. Энергетика.- 1961.- С. 5 -9.
3. Соломеин И. А. Некоторые закономерности процессов микроцарапания в зависимости от глубины и скорости резания: Автореф. дис. ... канд. техн. наук/ И. А. Соломеин.- Томск, 1969. - С. 8 - 18.
4. Андилахай А.А. Абразивная обработка деталей затопленными струями / А.А. Андилахай. – Мариуполь: ПГТУ, 2006. – 190 с.

Анотація

Фізичні й технологічні закономірності абразивної обробки деталей затопленими струменями

Розкрито фізичну сутність і обґрунтовані технологічні можливості абразивної обробки деталей затопленими струменями

Abstract

Physical and technological laws of abrasive processing of details the flooded streams

The physical essence is opened and technological possibilities of abrasive processing of details are proved by the flooded streams