

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ МЕТОДОМ ППД

П. А. Павловец

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель М. И. Михайлов

Целью работы является повышение надежности инструмента при обработке отверстий корпуса прибора наведения 1К13 «Неман» путем оптимизации конструкции

инструмента, а также проведение функциональных испытаний работы раскатника производства ОАО «БелОМО» (рис. 1).

Экспериментальные исследования выполнялись в производственных условиях ОАО «БелОМО» и включали в себя выявление функциональных зависимостей и технических показателей раскатывающего инструмента от его конструктивных и силовых параметров при работе на станке ГФ2171Ф3.

В качестве обрабатываемого материала использовались заготовки из сплава алюминийевого АКМ (корпус прибора наведения 1К13 «Неман» рис. 2) с шероховатостью $R_a = 10$ мкм. Детали раскатника обработаны по 5-му качеству точности с шероховатостью $R_a = 0,4$ мкм. Ролики изготовлены из стали ШХ15 с обработкой заборного конуса $2\varphi = 8^\circ$ [4, с. 5–8]. Углы опорного конуса и ролика подобраны, с обеспечением заднего угла между образующими ролика и детали $\alpha = 1^\circ$. Твердость рабочей поверхности роликов HRC 62–65. Радиальное биение инструмента по роликам при проверке не превышает 8–10 мкм.



Рис. 1. Роликовый раскатник



Рис. 2. Прибор ПНВД 1К13 «Неман»

В качестве основных конструктивно-технологических параметров, действующих при обработке, были приняты следующие величины: диаметр деформирующего ролика $d_p = 10$ мм; диаметр обрабатываемого отверстия $D = 69,5$ мм; частота вращения инструмента $n = 400\text{--}1400$ мин⁻¹. В процессе раскатывания инструменту придавались подачи: $S_0 = 0,2$ мм/об, $S_0 = 0,4$ мм/об, $S_0 = 0,6$ мм/об, $S_0 = 0,8$ мм/об. Для вычисления значений функций и анализа влияния параметров и факторов обработки использовалось программное обеспечение MathCAD.

В результате экспериментов получены регрессии зависимостей изменения шероховатости (рис. 3) от частоты вращения раскатника. Из этой зависимости следует, что изменения шероховатости представляют собой вогнутые параболы, которые с увеличением частоты вращения инструмента уменьшаются, а чистота поверхности – увеличивается. Причем на участке 1200–1400 мин⁻¹ кривые начинают выравниваться. Это происходит при величине R_a , лежащей в пределах 0,9–0,13. Уменьшение шероховатости происходит также и при уменьшении величины подачи S_0 от 0,6 до 0,2 мм/об [1, с. 116–125].

Глубина упрочнения поверхностного слоя после раскатывания отверстия определялась при помощи измерения микротвердости по Викерсу. Для проведения измерения и получения экспериментальных данных подготавливался шлиф. Для этого использовалась заготовка с раскатанным отверстием и вручную срезался сегмент. Из полученного сегмента готовился шлиф, также вручную, с небольшими скоростями шлифования, шероховатостью доведенной поверхности до $R_a = 0,08$ мкм (рис. 4).

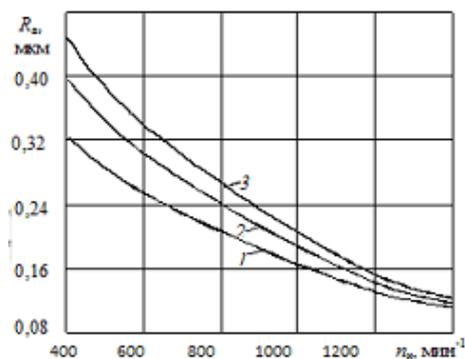


Рис. 3. Зависимости шероховатости обработанной поверхности от частоты вращения раскатника:
 1 – $S_0 = 0,2$ мм/об; 2 – $S_0 = 0,4$ мм/об;
 3 – $S_0 = 0,6$ мм/об

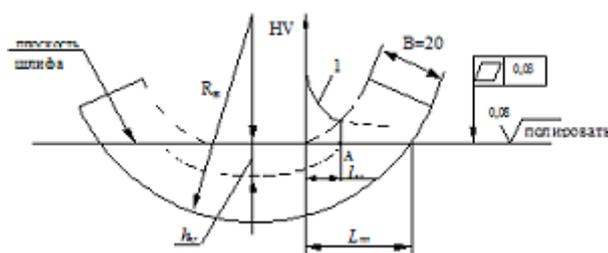


Рис. 4. Образец для определения глубины упрочнения:
 1 – зависимость изменения микротвердости по длине микрошлифа; h_y – глубина упрочнения поверхности

После подготовки шлифа производились измерения микротвердости, перемещая алмазный индентор твердомера вдоль шлифа от внутренней поверхности отверстия к наружной, периодически производя замер (рис. 5). Если поверхность образца была упрочнена, то в глубину от поверхности микротвердость уменьшалась. Точка А перехода кривой 1 на прямолинейном горизонтальном участке, определит длину l_y перехода от упрочненного слоя к не упрочненному. Глубина упрочнения определялась по формуле $h_y = \frac{\ell B}{L_{ш}}$.

На рис. 6 представлена зависимость изменения глубины упрочнения, построенная по уравнению регрессии, представляющая собой монотонно возрастающую параболу.

Расчет глубины упрочнения производился по формуле Хейфеца–Кудрявцева [3, с. 6–11]. На начальном участке при малых частотах вращения инструмента увеличение глубины упрочнения происходило повторным приложением нагрузки, поскольку использовалось шесть деформирующих роликов в данном раскатнике. По мере увеличения частоты вращения интенсивность усилия деформирования возрастает, и повторные приложения нагрузки меньше сказываются на итоговой глубине упрочнения.



Рис. 5. Твердомер с алмазным индентором

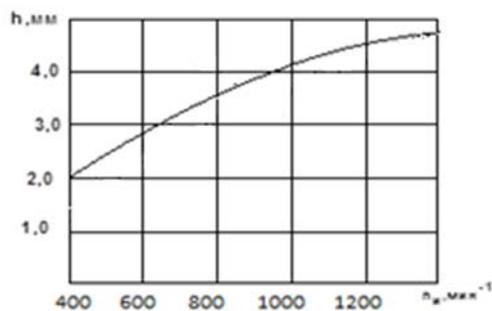


Рис. 6. Зависимость глубины упрочнения от частоты вращения раскатника

Экспериментальное измерение площади контакта является одним из сложно определяемых геометрических параметров контактной зоны, так как в процессе обработки ролики постоянно находятся в контакте с обрабатываемой поверхностью.

Одним из методов, наиболее распространенных и рекомендуемых в литературных источниках, является использование промежуточной тонкой бумаги толщиной 0,02 мм, размещаемой между контактирующими телами. На рис. 7 представлена зависимость изменения площади контактной зоны при деформировании поверхности отверстия в зависимости от глубины внедрения ролика и усилия деформирования. Как видно из графика, площадь контакта с увеличением глубины внедрения и усилия деформирования возрастает по параболическому закону, что согласуется с исследованиями, приведенными в ряде известных литературных источников [5, с. 82]. При определении глубины внедрения ролика в деформируемую поверхность было учтено, что фактическая глубина внедрения отличается от измеренной на величину деформации самого ролика.

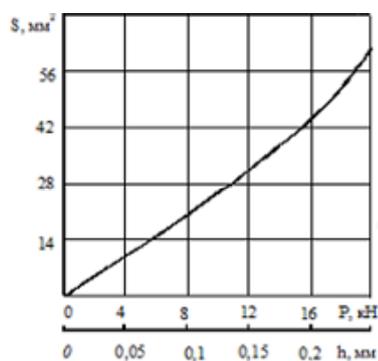


Рис. 7. Экспериментальная зависимость площади контактной зоны от нагружающего усилия и глубины внедрения ролика: угол конусности $\theta = 1^\circ$, угол внедрения для ролика $\alpha = 1^\circ$; диаметр ролика = 10 мм

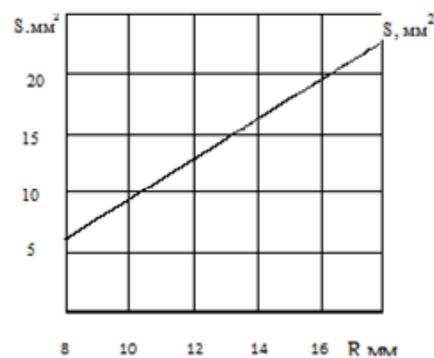


Рис. 8. Зависимость площади контактной зоны от изменения радиуса роликов

Как видно из графика, отношение площадей контакта при обработке с увеличением диаметра ролика растет по параболическому закону (рис. 8) [2, с. 127–133].

Заключение

Получены результаты производственного исследования контактной зоны и показателей качества поверхности при обработке отверстия методом ППД с учетом реальных производственных условий на ОАО «БелОМО» и критериев по качеству поверхности.

Литература

1. Виленская, Е. Л. Исследование шероховатости поверхности по комплексу параметров при чистовой обработке давлением / Е. Л. Виленская. – 1973. – № 9.
2. Жасимов, М. М. Законы распределения контактных давлений, деформаций и напряжений при ППД / М. М. Жасимов. – В кн.: Машиностроение. – Алма-Ата, 1976.
3. Кудрявцев, И. В. Выбор основных параметров упрочнения валов обкатыванием роликами / И. В. Кудрявцев, Л. Н. Бурмистрова // Вестн. машиностроения. – 1983. – № 4.
4. Отений, Я. Н. Обоснование оптимальной формы роликов при обработке ППД / Я. Н. Отений. – Пенза, 2000.
5. Смольников, Н. Я. Исследование влияния радиуса и глубины внедрения ролика на площадь и объем контактной зоны при обкатывании / Н. Я. Смольников, Я. Н., Отений, С. Н. Ольштынский // Прогрессивные технологии в машиностроении : межвуз. сб. науч. тр. / под ред. Ю. Н. Полянчикова ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2002. – Вып. № 5.