

УДК 621.9.048.6

И.В. Волков, доцент, канд. техн. наук,

С.Е. Дзей, аспирант,

Д.В. Малеванец, студент

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

кв. Молодежный, 20А, г. Луганск, Украина, 91034

tm@snu.edu.ua

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ШПИНДЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ В СРЕДЕ СВОБОДНОГО АБРАЗИВА

Анализируются результаты экспериментальных данных по исследованию производительности обработки в свободных абразивах деталей, закрепленных на шпинделе, в зависимости от места расположения в камере.

Ключевые слова: обработка, шпиндель, абразив, съем металла.

На сегодняшний день актуальной является задача повышения производительности зачистных и отделочных операций, это обусловлено тем, что основные операции механической обработки быстрыми темпами интенсифицируются, а некоторые зачистные и отделочные операции в плане модернизации оставляют «на потом» и часто данные операции выполняются по старинке без применения высокопроизводительных методов обработки, зачастую ручную.

При этом существует ряд производительных методов отделочно-зачистной обработки, среди которых особенно широкое распространение получили методы обработки деталей свободным абразивом, они позволяют производить обработку деталей со сложными поверхностями, повысить качественные показатели обрабатываемых поверхностей, а также исключить или свести к минимуму непроизводительный ручной труд. Речь идет о таких методах обработки в свободных абразивах, как галтовка, вибратионная, гидроабразивная, магнито-абразивная, центробежная обработка и др. Достоинством большинства выше перечисленных методов является возможность обработки одновременно большого количества деталей при загрузке их навалом.

Однако существует большая гамма деталей, которая не подлежит обработке навалом из-за возможности их деформаций и повреждений. В отечественной промышленности и за рубежом проблемный характер носит финишная обработка тонкостенных, легкодеформируемых деталей с криволинейными наружными поверхностями. К подобным деталям относятся элементы водопроводной и электроосветительной арматуры, кольца прядильных машин, мебельная фурнитура, различные тонкостенные втулки, корпусные детали типа тел вращения.

В таких случаях применяют схемы шпиндельной обработки в среде свободного абразива, в которых обрабатываемая(ые) деталь(и) закрепляются на шпиндель и помещаются в рабочую среду, в которой и происходит обработка [1, 2]. Обрабатывающая среда при этом может находиться во взвешенном состоянии за счет псевдооживления давлением воздуха (турбоабразивная обработка), виброоживления (шпиндельная виброотделка), уплотнения центробежными силами (центробежно-ротационная шпиндельная обработка и центробежно-шпиндельная обработка), а также статического уплотнения в камере (камерная абразивная обработка). При этом в качестве свободного абразива используются как незакрепленный инструмент в виде абразивных гранул – рабочих тел различной формы, так и абразивное зерно.

Для обработки представленной выше гаммы деталей достаточно легко реализовать схему шпиндельной обработки в свободном абразиве, при которой закрепленная на шпинделе деталь вращается в среде, состоящей из абразивного зерна. На производительность такого вида обработки влияет ряд факторов: исходная поверхность, физико-механические свойства обрабатываемой детали, зернистость абразива, продолжительность обработки и др.

В НИЛ ОСА ВНУ им. В. Даля шпиндельную обработку в свободных абразивах можно осуществить на установке (рисунок 1), в которой образцы закреплены на шпинделе, погруженном в полость камеры, заполненной абразивным зерном.

Целью данного исследования является анализ влияния на производительность обработки пространственного расположения шпинделя установки относительно контура камеры и глубины погружения детали в объем рабочей среды.

При рассмотрении данного вида обработки возникает вопрос: на каком расстоянии от поверхности камеры и при какой граничной глубине погружения будет зафиксирован максимально устойчивый съем металла, т.е. какой слой абразива даст стабильный результат. Ответ на данный вопрос позволит определить зоны интенсивности обработки и дать рекомендации по рационализации процесса обработки.

Условия проведения эксперимента следующие:

- диаметр камеры установки – 150 мм;
- высота камеры – 150 мм;
- высота загрузки рабочей среды – $\frac{3}{4}$ высоты камеры;
- абразив – карбид кремния черный зернистостью 80;
- образцы цилиндрической формы с размерами $\varnothing 18 \times 10$ мм из латуни ЛС 59-1;
- частота вращения шпинделя – 700 об/мин.

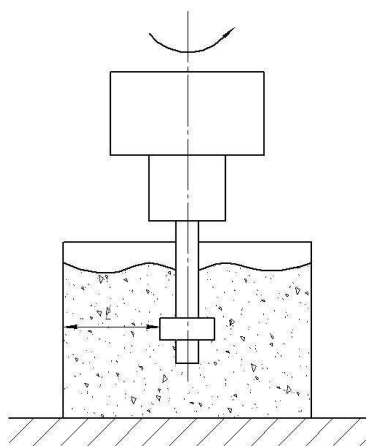


Рисунок 1 – Схема шпиндельной обработки в свободных абразивах

В ходе эксперимента варьировалось:

- расстояние L от наружной поверхности образца, закрепленного на шпинделе, до стенки камеры – 10, 20, 30, 50, 66 мм;
- глубина H погружения образца в камере (расстояние от центра образца до дна камеры) – 17; 28,5; 40; 51,5; 63 мм;
- время обработки – 10, 20, 30 мин.

Количественным показателем производительности был принят съем металла с образцов. Съем металла определялся как разность масс образцов до и после обработки, определенных взвешиванием на весах ВЛА-200.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований влияния на съем металла расстояния от наружной поверхности образца, закрепленного на шпинделе, до стенки камеры

Расстояние, L , мм	№ образца	Масса образца до обработки, г	Масса образца после 10 мин. обработки, г	Съем металла за 10 мин., г	Масса образца после 20 мин. обработки, г	Съем металла за 10 мин., г	Суммарный съем металла за 20 мин., г	Масса образца после 30 мин. обработки, г	Съем металла за 10 мин., г	Суммарный съем металла за 30 мин., г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	1	16,6267	16,62	0,0067	16,6193	0,0007	0,0074	16,6184	0,0009	0,0083
	2	13,057	13,046	0,011	13,04315	0,00285	0,01385	13,0427	0,00045	0,0143
	3	14,7888	14,7504	0,0384	14,7401	0,0103	0,0487	14,7302	0,0099	0,0586
	сред.			0,0187		0,004617	0,023317		0,00375	0,027067
20	1	13,46	13,457	0,003	13,455	0,002	0,005	13,4547	0,0003	0,0053
	2	14,62945	14,6202	0,00925	14,6163	0,0039	0,01315	14,6143	0,002	0,01515
	3	17,5849	17,5433	0,0416	17,5187	0,0246	0,0662	17,505	0,0137	0,0799
	сред.			0,01795		0,010167	0,028117		0,005333	0,03345
30	1	15,6035	15,602	0,0015	15,6012	0,0008	0,0023	15,6008	0,0004	0,0027
	2	14,255	14,2534	0,0016	14,252	0,0014	0,003	14,251	0,001	0,004
	3	15,8785	15,872	0,0065	15,8598	0,0122	0,0187	15,8512	0,0086	0,0273
	сред.			0,0032		0,0048	0,008		0,003333	0,011333

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
50	1	18,3302	18,3294	0,0008	18,3281	0,0013	0,0021	18,3261	0,002	0,0041
	2	16,59835	16,5943	0,00405	16,5923	0,002	0,00605	16,5902	0,0021	0,00815
	3	15,9956	15,9805	0,0151	15,967	0,0135	0,0286	15,9534	0,0136	0,0422
	сред.			0,00665		0,0056	0,01225		0,0059	0,01815
66	1	15,6107	15,6087	0,002	15,6081	0,0006	0,0026	15,6072	0,0009	0,0035
	2	12,81126	12,80825	0,00301	12,8072	0,00105	0,00406	12,8065	0,0007	0,00476
	3	15,872	15,8581	0,0139	15,8534	0,0047	0,0186	15,8367	0,0167	0,0353
	сред.			0,006303		0,002117	0,00842		0,0061	0,01452

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований влияния на съём металла расстояния от дна камеры до середины образца, закрепленного на шпинделе

Расстояние, Н, мм	№ образца	Масса образца до обработки, г	Масса образца после 10 мин. обработки, г	Съём металла за 10 мин., г	Масса образца после 20 мин. обработки, г	Съём металла за 20 мин., г	Суммарный съём металла за 20 мин., г	Масса образца после 30 мин. обработки, г	Съём металла за 30 мин., г	Суммарный съём металла за 30 мин., г
63	1	16,8679	16,8672	0,0007	16,8651	0,0021	0,0028	16,8645	0,0006	0,0034
51,5	2	18,119	18,117	0,002	18,1154	0,0016	0,0036	18,1145	0,0009	0,0045
40	3	16,7898	16,7875	0,0023	16,7848	0,0027	0,005	16,7833	0,0015	0,0065
28,5	4	13,9901	13,9852	0,0049	13,9798	0,0054	0,0103	13,9451	0,0347	0,045
17	5	16,3217	16,2935	0,0282	16,2594	0,0341	0,0623	16,2212	0,0382	0,1005

На рисунке 2 отчетливо видно, что большие значения съема металла соответствуют малым расстояниям от детали на шпинделе до стенки камеры – 10 и 20 мм. Ближе к центру металлосъем с обрабатываемых образцов уменьшается. Результаты данных экспериментальных исследований подтверждают результаты, приведенные в [3]: «...съём с образцов, смещенных к периферии контейнера всего на 40 мм в 2,5-3 раза выше, чем с образцов, расположенных в центре контейнера».

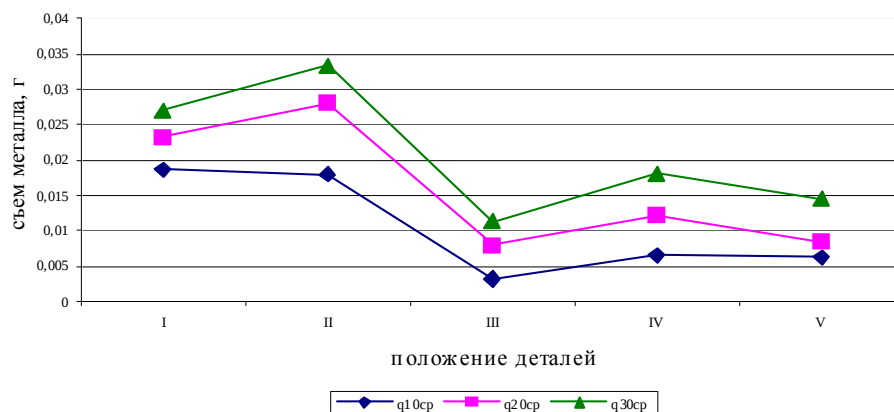


Рисунок 2 – Зависимость съема металла от положения деталей в камере:

I – расстояние от образующей детали, закрепленной на шпинделе, до стенки камеры – 10 мм;

II – 20 мм; III – 30 мм; IV – 50 мм; V – 66 мм;

q_{cp} – съём металла за время 10, 20, 30 мин. соответственно, г

Полученные результаты показывают, что устойчивый съём металла происходит в зоне (0,15-0,25)R (где R – радиус камеры), принимая за точку отсчета стенку камеры (рисунок 3). Полученные результаты можно объяснить большим давлением у стенки камеры и созданием «пассивной» зоны в ее центре.

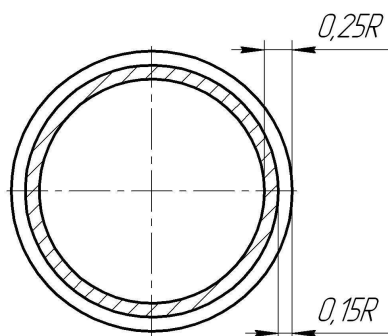


Рисунок 3 – Зона интенсивного съема

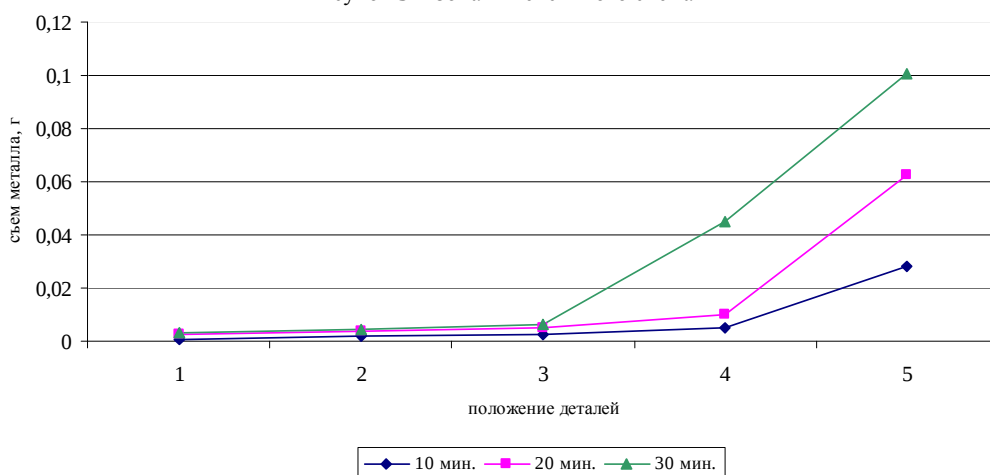


Рисунок 4 – Зависимость съема металла от расстояния между дном камеры и серединой образца, закрепленного на шпинделе, за различные интервалы времени:
 1 – 63 мм; 2 – 51,5 мм; 3 – 40 мм; 4 – 28,5 мм; 5 – 17 мм

Из рисунка 4 следует, что с увеличением глубины погружения в среду абразива съем металла увеличивается. Граница максимально устойчивого съема металла находится на расстоянии $1/5h$ (h – высота камеры) от дна камеры. На данной глубине происходит естественное поджатие абразивной среды, увеличение её плотности за счет давления поверхностных слоев абразива.

Если проанализировать полученные результаты (в качестве общей характеристики метода) можно отметить следующее: отсутствие жесткой кинематической связи между инструментом (шлифовальным материалом) и деталью не позволяет формировать заданные параметры макрогеометрии для достижения требуемой точности обработки (незначительный съем обрабатываемого материала и соответственно незначительный снимаемый припуск). Поэтому данная технология имеет ограниченную область эффективного применения. Ее можно рекомендовать преимущественно в качестве финишной или отделочно-зачистной обработки, когда требуемая точность макрогеометрических параметров достигнута на предшествующих операциях. Поэтому для практического применения данная технология может быть рекомендована в следующих случаях:

- при финишной обработке деталей типа колец, втулок, преимущественно с наружными криволинейными поверхностями;
- для скругления острых кромок, удаления окалины, заусенцев и отделочной обработки широкого круга деталей с наружными поверхностями вращения: гильз, стаканов, валов, цилиндров.
- для полирования наружных поверхностей тонкостенных и легкодеформируемых деталей, к которым предъявляются жесткие требования по шероховатости;
- для подготовки поверхностей деталей под гальванические или защитно-декоративные покрытия.

Эффективность данного метода обработки значительно возрастает при уплотнении рабочей среды различными методами. Основываясь на результатах представленного выше эксперимента можно предложить достаточно простое решение данного вопроса – использование приспособления. На шпиндель установки помимо детали, подлежащей обработке, устанавливается специальный ограничитель объема рабочей среды – пустотелый металлический стакан. Можно предположить, что его диаметр должен превышать диаметр детали не менее, чем в два раза. Образующая стакана будет выполнять ту же функцию, что и стенка камеры в наших исследованиях. Данное предложение позволит

повысить производительность и в случае многошпиндельной обработки, когда около каждого шпинделя можно создать уплотненный слой рабочей среды вне зависимости от его расположения относительно боковой поверхности и дна камеры. Высказанное предположение требует проведения дополнительных исследований.

Из проведенного исследования следует сделать следующие выводы:

1. В случае, когда необходим больший съем металла, обработку следует производить в зоне высокой интенсивности: $(0,15-0,25)R$ и меньше $1/5h$.
2. Если значительный съем не нужен, а требуется улучшение характеристик поверхностного слоя, возможна обработка и в других зонах: ближе к центру и в слоях с величиной больше, чем $1/5h$ от дна камеры.
3. Повысить эффективность данного метода обработки можно за счет применения многошпиндельных головок.
4. Для повышения производительности шпиндельной обработки в свободных абразивах необходимо дополнительное поджатие абразива с помощью вспомогательных приспособлений.

Библиографический список использованной литературы

1. Георгиев В.М. Исследование шпиндельной виброотделки наружных поверхностей деталей тел вращения: дис... канд. техн. наук: 05.02.08 / Георгиев Виктор Михайлович; Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения. — Ростов-на-Дону, 1978. — 192 с.
2. Зверовщиков А. В. Совершенствование технологии шпиндельной обработки деталей при уплотнении шлифовального материала внешним давлением: дис... канд. техн. наук: 05.02.08 / Зверовщиков Анатолий Владимирович; Пензенский гос. ун-т. — Пенза, 2004. — 270 с.
3. Нечай Е. В. Анализ финишных методов обработки деталей в среде свободных абразивов / Е. В. Нечай, Н. И. Пичугин // Вібрації в техніці та технологіях. — 2010. — № 2 (58). — С. 152–166.

Поступила в редакцию 01.03.2012 г.

Волков І.В., Дзей С.Є., Малеванец Д.В. Дослідження продуктивності шпиндельної обробки у середовищі вільного абразиву

Аналізуються результати експериментальних даних по дослідженню продуктивності обробки у вільних абразивах деталей, закріплених на шпинделі, залежно від місця розташування в камері.

Ключові слова: обробка, шпиндель, абразив, знімання металу.

Volkov I.V., Dzey S.E., Malevanec D.V. Researches of productivity of spindle treatment in free abrasive

The results of experimental information are analysed on research of free abrasive of details treatments productivity, fastened on spindle, depending on location in a chamber.

Keywords: treatment, spindle, abrasive, output of metal.