

**Исследование в области технологического обеспечения качества  
при обработке поверхностей деталей на вертикально-фрезерных станках  
Часть 3. Исследование качества обработки поверхностей деталей  
на вертикально-фрезерном станке концевыми фрезами  
Баринов А. В.<sup>1</sup>, Платонов А. В.<sup>2</sup>, Бегаева Е. Г.<sup>3</sup>, Самсонов И. С.<sup>4</sup>, Любомиров А. С.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Баринов Александр Васильевич / Barinov Alexander Vasilyevich - доктор технических наук, профессор;

<sup>2</sup>Платонов Александр Васильевич / Platonov Alexander Vasilyevich - кандидат технических наук, доцент;

<sup>3</sup>Бегаева Екатерина Геннадьевна / Begaeva Ekaterina Gennadyevna – магистрант;

<sup>4</sup>Самсонов Игорь Сергеевич / Samsonov Igor Sergeevich – студент;

<sup>5</sup>Любомиров Александр Сергеевич / Lubomirov Alexander Sergeevich - студент,  
кафедра технологии машиностроения,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Нижегородский государственный технический университет (НГТУ) им. Р.Е. Алексеева,  
Арзамасский политехнический институт (филиал), г. Арзамас

**Аннотация:** в данной статье производится исследование качества поверхности, полученной фрезерованием концевой фрезой. Разработаны рекомендации по повышению качества обработки.

**Ключевые слова:** станок, фрезерный станок, вертикально-фрезерный станок, фрезерование, концевая фреза, фреза, качество фрезерной обработки.

УДК: 621.941

Целью работы является ознакомление магистрантов по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (15.04.05) с методиками проведения исследований в процессе обработки деталей концевыми фрезами на вертикально-фрезерных станках. Предполагается, что материал рассматриваемой статьи, в свою очередь, может стать одним из разделов методического пособия по дисциплине «Технологическое обеспечение качества» магистерской программы образовательного стандарта 1485 от 21.11.2014. Содержание данной, третьей статьи и предыдущих двух позволит магистрантам освоить навыки по компетенциям, предусмотренным вышеуказанным образовательным стандартом. Общая тема работы «Исследования в области технологического обеспечения качества при обработке поверхностей деталей на вертикально-фрезерных станках», разделенная на три статьи, которые, хотя и содержат различные темы, но прочитанные в одном источнике содержат целостное представление о главной теме.

В настоящее время обработка концевыми фрезами широко распространена по причине своей универсальности, в связи с этим данная тема освещена в научно-технической литературе, появилось достаточно много статей. В работе [1] рассматриваются процессы, протекающие во время обработки при высоких частотах вращения шпинделя. Большую роль при фрезеровании корпусных деталей машиностроения играет нано покрытие, эта проблема широко исследована в диссертации М. О. Мезенцева [2].

В результате механической обработки деталей происходит изменение состояния поверхностного слоя, это приводит к изменениям в его структуре и твердости. Важнейшим показателем качества обработки является шероховатость поверхности, возникающая в процессе механической обработки, и являющаяся следом, оставленной режущей кромкой инструмента на обработанной поверхности. Также при обработке фрезерованием происходит упрочнение поверхностного слоя металла (наклеп), поскольку в результате процесса резания происходит раздробление кристаллов металла, что приводит к изменению кристаллической решетки.

Концевая фреза представляет собой универсальный инструмент для обработки, связано это непосредственно с её конструктивными особенностями, которые объединяют в себе конструктивные особенности: сверла, токарного резца, а так же цилиндрической и торцевой фрезы. Данные фрезы способны обрабатывать заготовку в осевом направлении и линейном. В свою очередь, фрезы характеризуются числом режущих зубьев и шириной канавки для отвода стружки. Так как при обработке мягких металлов, таких как алюминийевые сплавы, обладающие высокой вязкостью, происходит наматывание стружки на инструмент, что негативно сказывается на качестве обработанной поверхности детали. Для предотвращения такого явления применяют фрезы с малым числом зубьев и широкими канавками для отвода стружки. При чистовой фрезерной обработке применяется инструмент с наибольшим числом зубьев, что способствует плавной и равномерной работе, малыми величинами вибраций и высокому качеству обработанной поверхности.

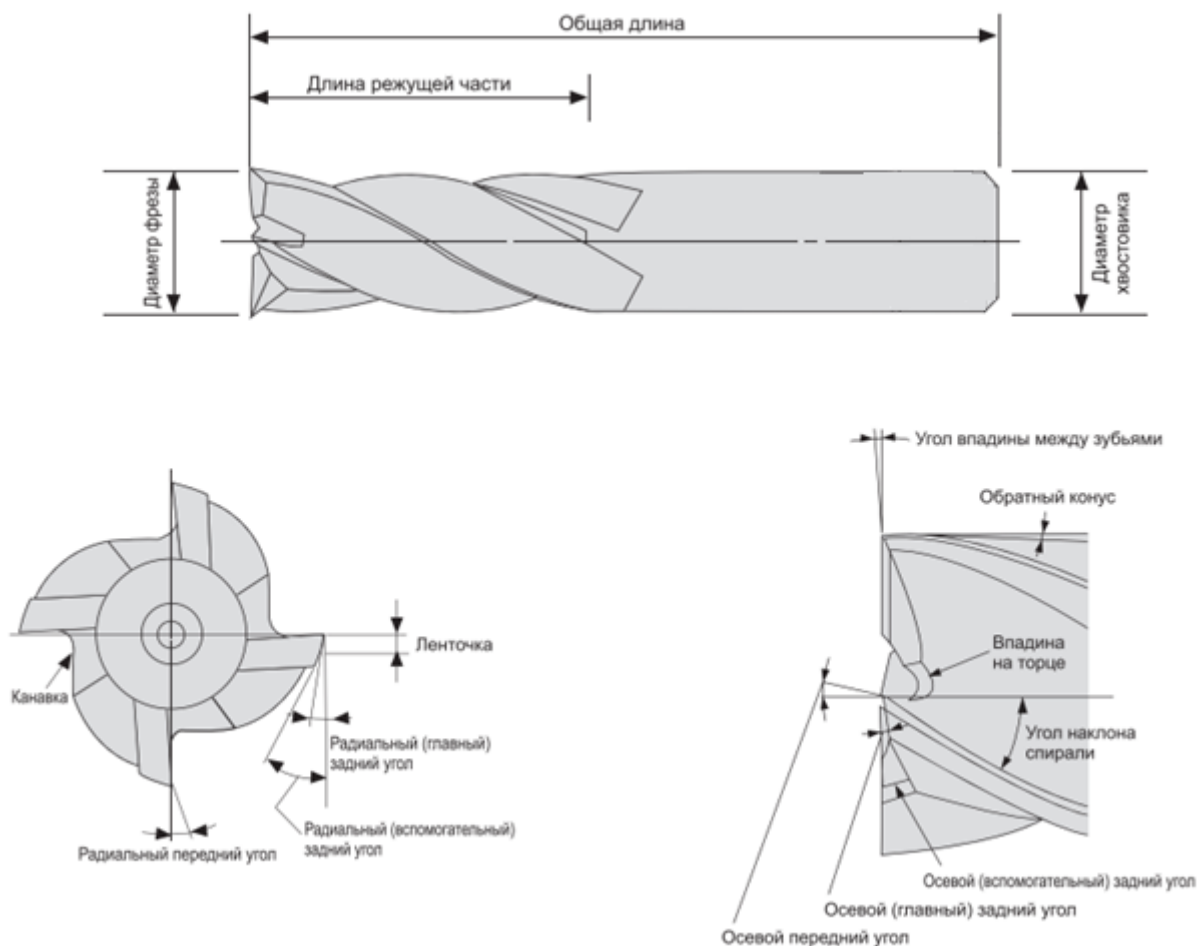


Рис. 1. Конструкция концевой фрезы 2220-0361

Для достижения необходимого качества обработанной концевой фрезой поверхности следует своевременно производить подточку режущих кромок инструмента с целью устранения величины затупления инструмента, в противном случае происходит недопустимое увеличение показателя шероховатости поверхности, увеличение наклепа.

Для получения данных о качестве обработки была проведена серия опытов для оценки качества обработанной поверхности при различных режимах фрезерования. В рамках эксперимента проводилось фрезерование паза шириной 12 мм заготовки из алюминиевого сплава марки АК12, на универсально-фрезерном станке ОФ-55, концевой твердосплавной фрезой марки 2220-0361 диаметром 12 мм с числом зубьев  $Z=4$  по ГОСТ 18372-73 (Рисунок 2). Для контроля шероховатости был использован портативный профилометр портативный «Surftest SJ-301».

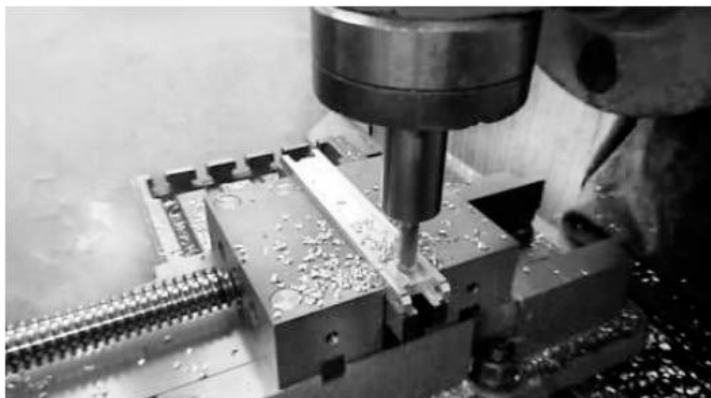


Рис. 2. Фрезерование паза

В ходе эксперимента были реализованы следующие режимы обработки: частоты вращения шпинделя 200...2000 об/мин, при подачах равным  $S=0.05, 0.1, 0.15$  мм/зуб.

Таблица 1. Результаты эксперимента

№ опыта	Ra (мкм)	n (об/мин)	S мм/зуб	№ опыта	Ra ( мкм)	n (об/мин)	S мм/зуб
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,15	125	0,05	19	1,17	800	0,05
2	1,03	125	0,1	20	1,02	800	0,1
3	1,03	125	0,15	21	1,02	800	0,15
4	1,10	160	0,05	22	1,1	1250	0,05
5	1,11	160	0,1	23	1,05	1250	0,1
6	1,11	160	0,15	24	0,9	1250	0,15
7	1,18	225	0,05	25	0,58	1600	0,05
8	1,16	225	0,1	26	0,41	1600	0,1
9	1	225	0,15	27	0,4	1600	0,15
10	1,18	316	0,05	28	0,6	2000	0,05
11	1,15	316	0,1	29	0,41	2000	0,1
12	1,08	316	0,15	30	0,41	2000	0,15
13	1,11	400	0,05				
14	1,10	400	0,1				
15	1,09	400	0,15				
16	1,18	500	0,05				
17	1,1	500	0,1				
18	0,87	500	0,15				

В результате исследования полученных результатов по шероховатости обработанных поверхностей обнаружилось следующее: для условий и режимов фрезерования, обеспечивающих отсутствие вибраций, значение шероховатости находится в пределах Ra 0,4...1,4 мкм. Закономерного изменения значений шероховатости от режимных параметров обработки не установлено. В качестве примера на рис. 9 приведены измеренные значения шероховатости торцевой и боковой поверхности пазов, обработанных цельной твердосплавной фрезой d = 12 мм, в зависимости от частоты вращения шпинделя станка (Рисунок 3).

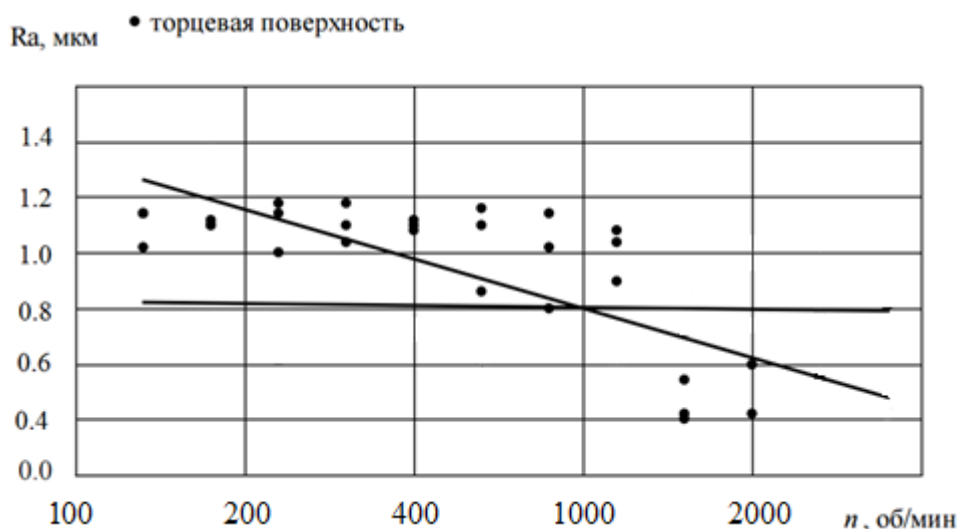


Рис. 3. Результаты эксперимента

В ходе эксперимента были разработаны рекомендации по устранению проблем, связанных с изменением качества обработанной концевыми фрезами поверхности деталей (Таблица 2).

Таблица 2. Рекомендуемые мероприятия по повышению качества обработанных концевыми фрезами поверхностей деталей

Проблема	Рекомендации по устранению
Высокая шероховатость	1. Уменьшить подачу. 2. При использовании фрезы диаметром с 2-мя

	зубьями, использовать фрезу с 4-мя зубьями.
Налипание мелкой стружки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увеличение скорости резания.</li> <li>2. Обеспечить обильную подачу СОЖ или обдув воздухом.</li> <li>3. Притупить режущую кромку.</li> <li>4. Встречное фрезерование заменить попутным.</li> <li>5. Увеличить подачу или увеличить припуск на окончательную обработку.</li> </ol>
Поперечные полосы на обрабатываемых поверхностях	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Притупить режущую кромку. Использовать СОЖ на масляной основе</li> <li>2. Попутное фрезерование заменить на встречное.</li> </ol>

В вышеизложенном материале было проведено исследование для получения зависимости образования микронеровностей на поверхности детали в зависимости от задаваемых режимов резания на операции фрезерования паза.

#### *Литература*

1. Башаров Р. Р., Кудояров Р. Г. Исследование процесса фрезерования концевой фрезой при высоких частотах вращения шпинделя. // Вестник УГАТУ. 2012. № 4 (49). С. 71-77.
2. Мезенцев М. О. Повышение качества обработки деталей ГТД концевыми фрезами с наноконструированными износостойкими покрытиями.
3. Розенберг Ю. А., Тахман С. И. Силы резания и методы их определения. Ч. 1. Общие положения: учеб. пособие. Курган: КМИ, 1995. 128 с.
4. Старков В. К. Физика и оптимизация резания материалов. М.: Машиностроение, 2009. 640 с.
5. Розенберг Ю. А. Резание материалов: учебник для техн. вузов. Курган: Изд-во ОАО «Полиграфический комбинат «Зауралье», 2007. 294 с.