

Исследование методов обработки шлицевых соединений и обоснование выбора наиболее предпочтительного варианта

К. Т. Костиков

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

Работа посвящена исследованию современных технологических методов обработки шлицевых соединений, используемых в деталях. Рассматриваются особенности реализации требуемого качества продукции в условиях промышленных предприятий. Выполнено экспертное оценивание при обосновании выбора наиболее предпочтительного варианта обработки шлицевых соединений. Оценивается применимость данных методов в условиях промышленных предприятий и возникающий при подготовке производства деталей технический риск.

Ключевые слова: Методы обработки, шлицевые соединения, производство, экспертное оценивание, технический риск, подготовка производства, технология

Как известно, шлицевые соединения могут быть обработаны несколькими методами [1], необходимо лишь остановиться на более подходящем для конкретно взятой детали. Итак, в качестве категорий сравнения в нашем исследовании оказались следующие методы обработки шлицевых соединений: дисковой фрезой, пальцевой фрезой, червячной модульной фрезой, зубострогание, зубодолбление, протяжка и зуботочение (скайвинг).

Несомненно, следует принимать во внимание обеспечение требуемого качества продукции [2, 3], материалы производимых деталей и их высокотехнологичные производственные процессы с недопустимостью или ограничениями, свойственными для ряда методов и производственных технологий с учётом необходимости выполнения последующей доработки [4 - 6] в условиях промышленных предприятий.

Дальнейший выбор предстоит сделать в отношении критериев сравнения. Так, экспертной группой для сравнения выбрано 4 вида критериев, которые подлежат исследованию: точность, экономичность, производительность и такое требование, как обработка детали за один установ. Остановимся на этих критериях несколько подробнее для прояснения смысла, закладываемого в каждом конкретном варианте и выявления их особенностей, предусматриваемых в нашем случае.

Точность – степень соответствия размеров и геометрической формы, точности размеров, точности взаимного расположения поверхностей детали относительно друг друга, чистоты поверхности.

Экономичность – себестоимость специального оборудования (станок, инструмент, оснастка и т.д.) на единицу готовой продукции.

Производительность – время, которое может потребоваться на обработку заготовки.

Обработка детали за один установ – для экономии времени на установку, переналадку, базирование и другие подготовительные операции.

В данном исследовании было принято решение производить сравнение при помощи наиболее значимых критериев. Возможно также, что могут быть выделены и другие критерии, но они не включены в состав данного исследования в силу того, что они являются менее значимыми.

Значимость критериев может оцениваться по шкале от 3 до 100, было принято решение 10 бального оценивания.

Оценка значимости критериев экспертной группой по 10 бальной шкале указана в табл. 1.

Таблица 1

Оценка значимости критериев

Точность	Производительность	За один установ	Экономичность
9	7	5	2

Далее необходима оценка групп по назначаемым критериям. Экспертной группой было произведено оценивание сформированных категорий по 10 бальной шкале. Результаты оценивания категорий приведены в табл. 2.

Таблица 2

Оценивание категорий по выявленным критериям сравнения

Категории	Критерии			
	Наименования метода	Точность	Производительность	За один установ
Дисковой фрезой	5	4	9	8
Пальцевой фрезой	6	5	9	7
Червячной модульной фрезой	8	7	9	8
Зубострогание	5	6	2	6
Зубодолбление	6	5	2	7
Протяжка	7	9	2	6
Зуботочение (скайвинг)	9	9	9	3

Исходя из оценки категорий по критериям сравнения делаем подсчёт суммарной оценки с учётом значимости критериев по 10 бальной шкале, что сведено в табл. 3.

Таблица 3

Суммарная оценка с учётом значимости критериев

Категории	Критерии	Оценка
-----------	----------	--------

Наименования метода	Точность	Производительность	За один установ	Экономичность	Суммарная оценка
Дисковой фрезой	5	4	9	8	6,5
Пальцевой фрезой	6	5	9	7	6,75
Червячной модульной фрезой	8	7	9	8	8
Зубострогание	5	6	2	6	4,75
Зубодолбление	6	5	2	7	6
Протяжка	7	9	2	6	6
Зуботочение (скайвинг)	9	9	9	3	7,5

После определения суммарной оценки, был произведён учёт значимости критериев, показанный в табл. 4.

Таблица 4

Результативная оценка с учётом значимости критериев

		Оценка значимости критериев					
		Точность	Производительность	За один установ	Экономичность		
		9	7	5	2		
Категории		Критерии				Оценка	
Наименования метода		Точность	Производительность	За один установ	Экономичность	Суммарная	Результативная
Копирования	Дисковой фрезой	5	4	9	8	6,5	134
	Пальцевой фрезой	6	5	9	7	6,75	148
Обкатки	Червячной модульной фрезой	8	7	9	8	8	182
	Зубострогание	5	6	2	6	4,75	109
	Зубодолбление	6	5	2	7	6	113

Протяжка	7	9	2	6	6	148
Зуботочение (скайвинг)	9	9	9	3	7,5	195

Исходя из результативной оценки можно выбрать наилучший вариант формирования шлицевых соединений.

Произведём обоснование выбора предпочтительного варианта. Для получения шлицевых соединений, выделяется один наиболее предпочтительный выбор: методом обкатки с использованием зуботочения (скайвинг) — 195 баллов. Также можно выделить альтернативный вариант выбора: метод обкатки с использованием червячной модульной фрезы — 182 бала. Среди оставшихся есть два мало рациональных варианта выбора: метод обкатки зубострогание — 113 баллов и метод обкатки зубодолбление — 109 баллов.

Таким образом, экспертное заключение устанавливает, что для данных категорий и сравниваемых значимых критериев выделяется с наивысшей оценкой метод обкатки с использованием зуботочения (скайвинг). Он становится оптимальным вариантом для достижения заданной точности, исполнения всех чертежных размеров и производительности, результаты показаны на рис. 1.

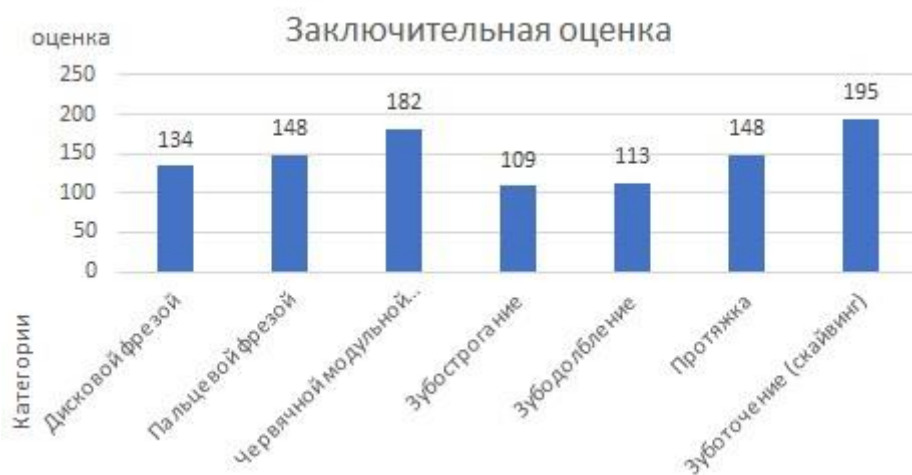


Рисунок 1 – Итоговые результаты

С существенным отрывом среди сравниваемых категорий выделяется метод обкатки с использованием зуботочения (скайвинг), от ближайшего альтернативного с результативной разностью 13 баллов и от наименее предпочтительного с разницей в 86 баллов.

Завершающей частью исследования в рамках выполнения данной работы является формирование рекомендаций для получения шлицевых соединений применительно к проектной детали «Вал». Следует учитывать, что подготовка производства на промышленных предприятиях часто содержит возможные изменения, классифицируемые как риск [7, 8] и вероятные последствия проявления риска, и именно технического [9 - 12], что в свою очередь может быть сдерживающим фактором применения перспективных технологий. Проектная деталь

«Вал» требует изготовления на средне серийном производстве (число выпуска за год 1200 шт.) и высокую точностью получения шлицевых соединений (Ra 2.5), так же важны наименьшие экономические затраты. С учётом отмеченных особенностей для данной детали будет рекомендован альтернативный метод получения шлицевых соединений с помощью обкатки с использованием червячной модульной фрезы, что позволяет удовлетворить все необходимые особенности проектной детали «Вал».

В заключении приведём общие выводы и рекомендации. Экспертной группой в ходе проведения исследовательской работы по получению шлицевых соединений были представлены 7 сравниваемых категорий по 4 видам значимых критериев. Было произведено оценивание категорий и подсчёт суммарной оценки. После определения суммарной оценки, произведён учёт значимости критериев и получение резульативной оценки с формированием наилучшего варианта выбора. Экспертной группой установлено, что для данных категорий и сравниваемых значимых критериев выделяется с наивысшей оценкой метод обкатки с использованием зуботочения (скайвинг). Он становится оптимальным вариантом для достижения заданной точности, исполнения всех чертежных размеров и производительности. Для детали «Вал» будет рекомендован альтернативный метод получения шлицевых соединений с использованием червячной модульной фрезы, что позволяет удовлетворить все необходимые особенности детали и экономичность производства.

Библиографический список

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 7-е изд., испр. – Москва : Инновационное машиностроение, 2023. 818 с.
2. Высоцкая, В. И. Повышение качества продукции авиапрома / В. И. Высоцкая, С. Б. Маликов // Восьмой международный аэрокосмический конгресс. Тезисы докладов. – 2015. – С. 199–200.
3. Высоцкая, В. И. Анализ факторов, определяющих качество продукции авиационной промышленности / В. И. Высоцкая, С. Б. Маликов, Т. В. Токмакова // Авиационная промышленность. – 2021. – № 2. – С. 51–53.
4. Бойцов, А. Г. Воздействие электроэрозионного фрезерования на обработку деталей ГТД из титановых сплавов / А. Г. Бойцов, Т. В. Токмакова, В. И. Высоцкая, С. Б. Маликов // Авиационная промышленность. – 2019. – № 1. – С. 45–47.
5. Высоцкая, В. И. Влияние электрофизических методов обработки на свойства КМ на основе высокотемпературных карбидов с металлическими наполнителями / В. И. Высоцкая, С. Б. Маликов, Т. В. Токмакова // Авиационная промышленность. – 2018. – № 2. – С. 41–43.
6. Бойцов, А. Г. Влияние режимов электроэрозионного фрезерования на производительность прошивки отверстий малого диаметра в деталях ГТД / А. Г. Бойцов, Т. В. Токмакова, В. И. Высоцкая, С. Б. Маликов // Авиационная промышленность. – 2018. – № 3-4. – С. 35–37.

7. Маликов, С. Б. Метод анализа технического риска при организации подготовки опытного производства деталей: дисс. ... канд. техн. наук. – Москва : МАТИ, 2012. – 195 с.

8. Маликов, С. Б. Оценка последствий внесения изменений документов конструкторско-технологической подготовки производства в условиях параллельного выполнения работ / С. Б. Маликов, В. Н. Юрин // Шестая Всероссийская научно-практическая конференция «Применение ИПИ-технологий в производстве». Труды конференции. – Москва : ИЦ «МАТИ»–РГТУ им. К.Э. Циолковского, 2008. – С. 75–76.

9. Юрин, В. Н. Менеджмент рисков параллельного выполнения работ при конструкторско-технологической подготовке опытного производства деталей авиадвигателей / В. Н. Юрин, С. Б. Маликов // Технология машиностроения. – 2012. – № 3. – С. 54–59.

10. Маликов, С. Б. Риски параллельного выполнения работ конструкторско-технологической подготовки опытного производства авиационных двигателей / С. Б. Маликов, В. Н. Юрин // Пятая Всероссийская научно-практическая конференция «Применение ИПИ-технологий в производстве». Труды конференции. – Москва : ИЦ «МАТИ»–РГТУ им. К.Э. Циолковского, 2007. – С. 117–118.

11. Юрин, В. Н. Исследование документооборота при проектировании приспособлений на двигателестроительном предприятии / В. Н. Юрин, С. Б. Маликов // Авиадвигатели XXI. II Международная научно-техническая конференция, 2005. – С. 330–331.

12. Юрин, В.Н. Анализ взаимосвязей информации конструкторских и технологических документов / В. Н. Юрин, С. Б. Маликов / Четвертый Международный аэрокосмический конгресс IAS-2003. Сборник тезисов. Посвящается 100-летию авиации. – Москва : СИП РИА, 2003. – С. 193–195.