УДК 621.9.01

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ РЕЦЕПТУРЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Романенко А.М., к.т.н., доцент кафедры МСиИ,
Мельник А.Е., аспирант кафедры МСиИ,
Кузбасский государственный технический университет,
Россия, г. Кемерово

Современной проблемой в совершенствовании технологий шлифовки является создание абразивных инструментов, обеспечивающих высокую эффективность обработки при минимальных показателях выделения тепла, достижении заданной чистоты обработанной поверхности, отсутствии повреждений от воздействия температуры и соблюдении геометрической точности изделий в рамках установленных норм.

Подбор компонентов для производства абразивного круга и пропорции их сочетания определяются характеристиками обрабатываемых заготовок, необходимыми показателями производительности и экономическими соображениями.

Структура абразивного инструмента оказывает значительное влияние как на качество самой операции шлифования, так и на эксплуатационную надёжность готовых изделий.

Поэтому возникла необходимость провести исследование: определить степень влияния рецептуры и способа смешивания составляющих на физические и механические характеристики абразивного круга.

Рецепт абразивной массы определяет характеристики и свойства шлифовального круга. Ключевыми компонентами выступают зерна, связка и наполнители, влияющие на прочность и режущие возможности инструмента. Эффективные наполнители подразделяются на три группы:

1. Выгорающие наполнители: формируют крупные поры, улучшая удаление стружки и теплообмен.

2. Плавящиеся полые наполнители: увеличивают гибкость и стойкость инструмента.

3. Невыгорающие полые наполнители: создают искусственные поры, усиливающие резку и производительность.

В табл.1 представлены основные характеристики используемых наполнителей.

Таблица 1.

Показатели	Вид наполнителя		
	Электрокорундовые микросферы	Стеклянные микросферы	Фруктовая косточка
Размер основной фракции, мкм	125	100	400
Размер основной фракции, мкм	125	100	___
Насыпной вес, г/см^3	0,7	0,4	1,5

Рассмотрим подробнее три вида наполнителей, используемых в производстве абразивных масс:

1. Электрокорундовые микросферы: полые гранулы из электрокорунда, устойчивые к обжигу, создающие искусственные поры для лучшего охлаждения и резания.

2. Стеклянные микросферы: полые сферы из стекла, плавятся при обработке, формируя мелкие поры, повышают эластичность и снижают хрупкость инструмента.

3. Фруктовые косточки: натуральные выгорающие наполнители, оставляющие макропоры, облегчают удаление стружки и охлаждение при работе.

Диапазоны варьирования составляющих компонентов рецептуры образцов приведены в табл.2. В образцах соотношение составляющих компонентов формовочных масс определялось, исходя из рекомендаций [1] и обеспечивало изготовление инструментов 10-12 структуры, твердостью М3-СМ2

Таблица 2.

№ п/п	Компоненты рецептуры	Диапазон варьирования, в % общего содержания
1	Абразивное зерно из электрокорунда белого, зернистостью. ($V_з$)	38-42
2	Связка К5. ($V_{св}$)	8,5-12
3	Электрокорундовые микросферы. ($V_{мс}$)	0-20
4	Стеклянные микросферы. ($V_{ст}$)	0-10
5	Фруктовые косточки. ($V_{кф}$)	0-5

Оценка влияния рецептурного состава и методики изготовления абразивного круга на его физико-механические свойства проводилась с

использованием ряда ключевых показателей. Для всестороннего анализа были определены следующие параметры:

1. Прочность на растяжение: Способность круга выдерживать растягивающие нагрузки без разрушения, важный показатель надежности при интенсивной обработке.

2. Прочность на сжатие: Устойчивость к сдавливающим усилиям, предотвращает повреждение инструмента при высоких нагрузках.

3. Прочность на изгиб: Сопротивление деформациям и поломкам при боковом нагружении, необходим для стабильности работы инструмента в динамических условиях.

4. Ударная вязкость: Способность поглощать удары без повреждений, важна для сохранения целостности инструмента при механических ударах или переменной нагрузке.

Формы и размеры образцов, порядок проведения испытаний определялись согласно ГОСТ 473.7-81 и ГОСТ 4647-79.

Анализ полученных данных производился с помощью специальной программы многофакторного регрессионного анализа. В частности, исследовалась форма связи между поверхностью отклика и компонентами рецептуры круга в виде:

$$\ln Y = a_0 + \sum_{i=1}^{n} a_i \ln x_i \qquad (1)$$

Коэффициенты регрессии рассчитывались по методу наименьших квадратов, а их проверка на значимость осуществлялась с помощью t -критерия Стьюдента.

Гипотеза об адекватности полученных математических моделей проверялась по F - критерию Фишера и принималась на уровне значимости $\alpha = 0{,}05$, а наличие связи между исследуемыми факторами оценивалось по коэффициенту множественной корреляции.

На основании полученных результатов обработки сделан вывод об адекватности разработанных моделей.

При анализе влияния рецептуры абразивного круга на его прочность было выявлено, что основной вклад вносят два компонента: связка и наполнители. Рассмотрим подробно каждый аспект:

1. Влияние зерен

Процентное содержание зерен оказывает наименьшее влияние на прочность абразивного инструмента. Особенно незначительным оказывается влияние на прочность при изгибе. Тем не менее, существует определённая тенденция: с увеличением содержания зерен снижается однородность структуры, ослабляется связь между ними, возрастает количество пор и, соответственно, растёт число зон концентрации напряжений. Всё это ведет к небольшому падению прочности.

2. Влияние связки

Связка оказывает самое большое влияние на прочность инструмента, особенно при сжатии. Её основное назначение — удерживать зерна вместе,

обеспечивая прочность всей структуры. Положительный эффект связки проявляется следующим образом:

- Снижается пористость инструмента.
- Усиливаются "мостики" связки, скрепляющие зерна.

Тем не менее, избыток связки (более 14%) приводит к обратному эффекту: уменьшается прочность из-за роста вероятности появления дефектов в самих связывающих элементах.

3. Влияние наполнителей

Различные наполнители демонстрируют различное влияние на прочность круга:

- Электрокорундовые микросферы: улучшают крепление зерен за счет большего количества точек крепления, снижают открытую пористость и уменьшают концентрацию напряжений, тем самым повышая прочность.
- Стеклянные микросферы: способствуют лучшему смешиванию компонентов и в процессе обжига дополнительно связывают зерна, увеличивая прочность.
- Фруктовые косточки: наоборот, снижают прочность, так как их выгорание оставляет крупные поры, ослабляющие материал.

4. Среднеквадратическое отклонение прочности

Среднеквадратическое отклонение прочности характеризует вариабельность прочности инструмента. Наибольшее влияние на этот показатель оказывает связка и фруктовые косточки, поскольку оба этих компонента вызывают нестабильность в структуре инструмента. Напротив, электрокорундовые и стеклянные микросферы стабилизируют конструкцию, способствуя однородности и снижению среднего квадратического отклонения.

Для оптимизации рецептуры абразивного круга рекомендуется придерживаться следующих принципов:

- Ограничивать содержание связки до 14%.
- Минимизировать использование фруктовых косточек ввиду их негативного эффекта.
- Добавлять электрокорундовые и стеклянные микросферы для укрепления структуры и стабилизации физико-механических свойств.

1. Степень влияния компонентов рецептуры круга на прочность и ударную вязкость примерно равна. Более низкое влияние на прочность инструмента оказывает процентное содержание зерен (коэффициент парной корреляции для зерен равен 0,293, для других компонентов его значение колеблется в диапазоне 0,5-0,6).

2. Микросферы, как электрокорундовые, так и стеклянные, оказывают упрочняющее влияние на инструмент, при этом влияние стеклянных микросфер более ощутимое. При добавлении в рецептуру круга 5% электрокорундовых микросфер прочность увеличивается на 10%, ведение аналогичного количества стеклянных микросфер увеличивает прочность на 15%. Микросферы оказывают стабилизирующее влияние на разброс значений прочности и ударной вязкости, величина среднеквадратичного отклонения

которых падает в среднем в 1,5 раза.

3. Фруктовые косточки разупрочняют абразивный композит. Добавление в абразивную массу 5% фруктовых косточек уменьшает прочность композита на 18%.

4. Увеличение содержания зерна, связки и наполнителя в виде фруктовых косточек повышает величину среднеквадратичного отклонения прочности на 15%, что может привести к нестабильности характеристик произведенного инструмента.

Список литературы:

1. А. И. Мироседи. Повышение эффективности процесса абразивной обработки путем управления структурными параметрами абразивного инструмента /А. И. Мироседи, В. М. Шумячер // Технология машиностроения. - 2007. - №1. - С. 28-29.

2.Баранцева Е.А., Мизонов В.Е., Хохлова Ю.В. Процессы смешивания сыпучих материалов: моделирование, оптимизация, расчет / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», Иваново, 2008. – 116 с.

3. Ипполитов Г.М. Абразивно-алмазная обработка. - М.: Машиностроение, 1969. - с.334.

4. Старков В.К. Шлифование высокопористыми кругами. /М.: Машиностроение, 2007. – 688с.