

УДК 621.923.9

## **АПРОБАЦИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА МИКРОШЛИФОВАНИЯ**

*А.Е. Городкова*

В статье представлено описание экспериментального исследования температуры в зоне резания при микрошлифовании. Выявлены зависимости изменения температуры от подачи, типа инструмента, времени обработки. Произведена апробация теплофизической модели процесса микрошлифования.

Ключевые слова: микромеханическая обработка, микрошлифование, теплофизическая модель.

В современном мире высокий темп развития техники и электроники создает спрос в области создания и совершенствования технологий [1–2]. В частности, для изготовления микроизделий для электроники и медицины разрабатываются новые методы, основанные на микромеханической обработке.

Микрошлифование является прогрессивным способом получения особо точных деталей или компонентов из практически любого материала, поддающегося механической обработке [3]. Для разработки технологии высокоскоростной микрообработки и внедрения ее в производство необходима комплексная модель процесса, которая позволит смоделировать процесс обработки и разработать оптимальную технологию для конкретных технологических условий.

Важным компонентом подобной модели является ее теплофизическая составляющая, так как температуры, возникающие в зоне резания, могут кардинально повлиять как на качество получаемой поверхности, так и на структуру обрабатываемого материала.

Для прогнозирования деформаций, вызванных температурой в зоне резания, разработана теплофизическая модель, базирующаяся на решении второй краевой задачи для уравнения теплопроводности в полупространстве [4].

На основе разработанной модели создан программный комплекс, позволяющий рассчитать температуру в зоне резания при изменении таких параметров, как материал заготовки/режущего инструмента, глубина резания, подача и т.д. Перспектива данного программного комплекса заключается во внедрении его в систему автоматического управления.

Для проверки адекватности разработанной модели и программного комплекса проведены экспериментальные исследования с целью апробации результатов моделирования.

Экспериментальное исследование проводилось в Индийском институте технологии Патны, г. Патна, Индия, при поддержке проекта программы 5 100 М 3.1.3 «Грантовая поддержка стажировок обучающихся».

На рис. 1, 2 показана экспериментальная установка, состоящая из станка с прецизионными линейными перемещателями Mikrotol DT-110, динамометра Kistler для измерения сил резания, тепловизора SC7000 для измерения температуры в зоне резания.

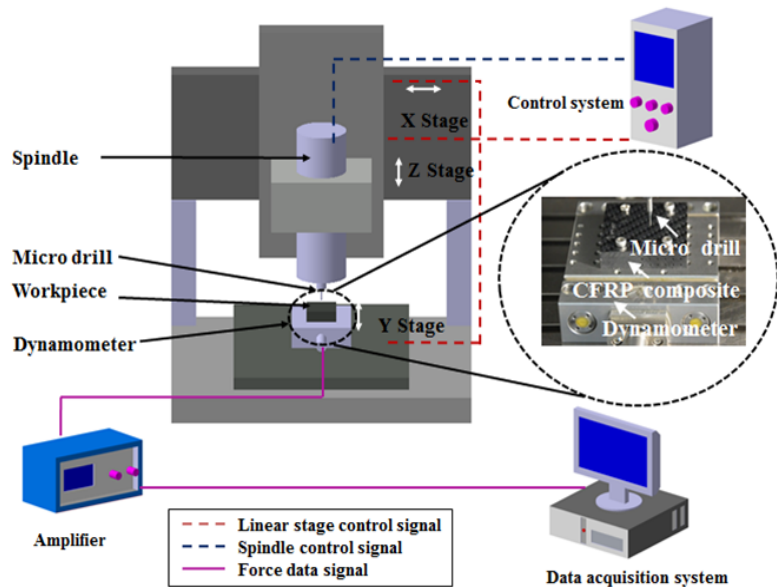


Рис. 1. Схема экспериментальной установки



Рис. 2. Экспериментальная установка

Условия проведения эксперимента и режимы резания показаны в таблице.

Таблица

Условия проведения эксперимента и режимы резания

Материал заготовки	Стекло вк-7
Частота вращения шпинделя, об/мин	2000
Подача, мкм/мин	25
Глубина резания, мкм	2
Длина обработки, мм	1,5
Ширина канала, мм	0,7

На рис. 3 показан режущий инструмент, материал режущей части – поликристаллический алмаз. В ходе проведения экспериментов использовался инструмент с 3 различными формами режущих кромок. На рис. 4 представлено их схематическое изображение: первая форма осталась без изменений, на втором образце электроэрозионной обработкой получен один паз, на третьем – два перпендикулярных паза.

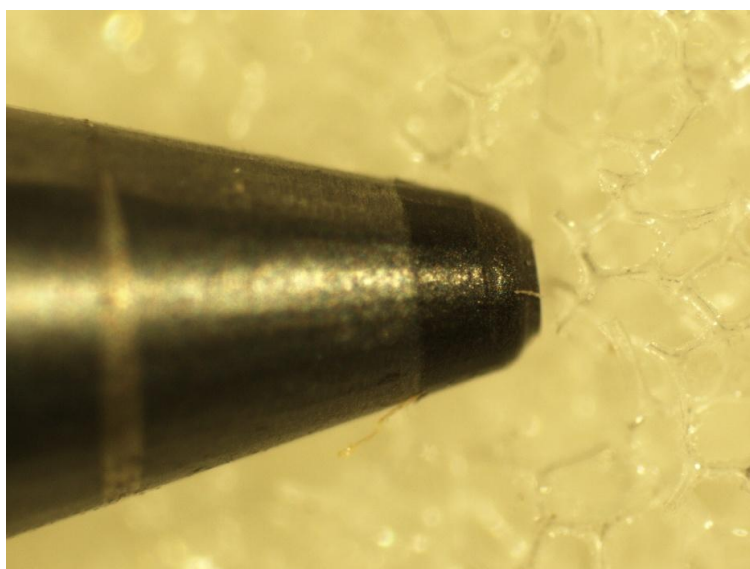


Рис. 3. Режущий инструмент

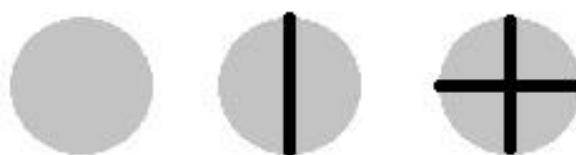


Рис. 4. Типы режущего инструмента

На рис. 5 показан график зависимости температуры при обработке различными типами инструмента. По оси абсцисс показан номер области измерения. Схема измерения температуры показана на рис. 6. Из графика видно, что при обработке инструментом с двумя пазами температура заготовки меньше, чем при обработке инструментом без пазов. Это связано с тем, что наличие пазов на режущей части инструмента снижает силу резания.

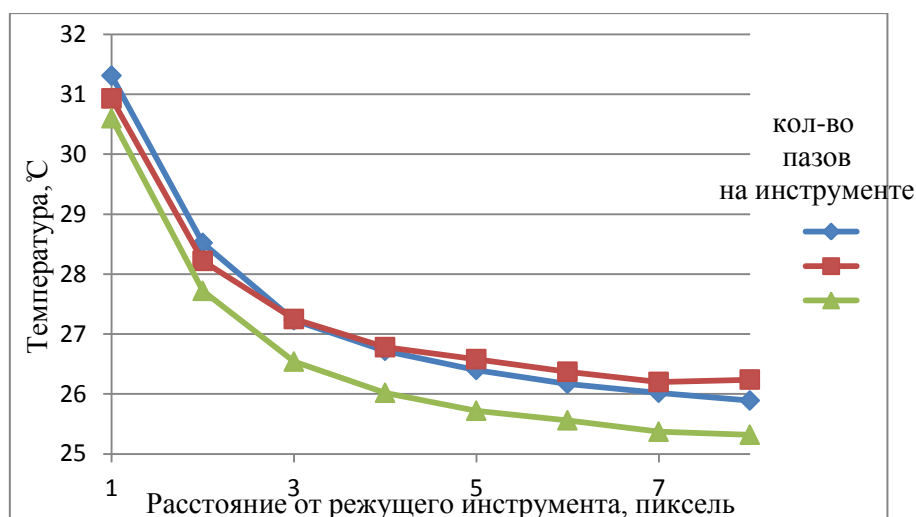


Рис. 5. График зависимости температуры от типа инструмента

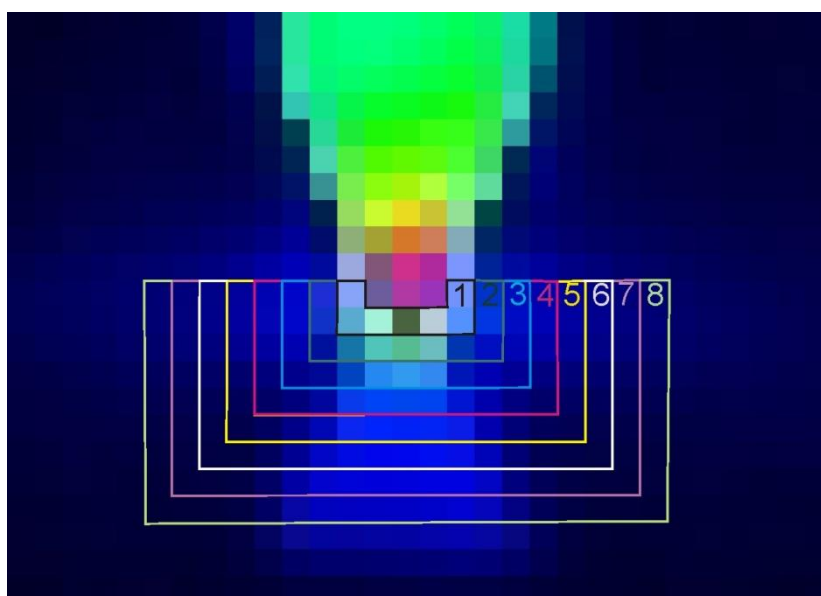


Рис. 6. Схема измерения

На рис. 7 показана зависимость температуры от времени обработки для инструмента без пазов. На рис. 8, 9 – зависимость температуры от времени обработки для инструмента с одним пазом и двумя, соответственно. По оси

абсцисс показан номер канала и время обработки. Так, 1,1 означает первый канал, начало обработки; 1,2 – первый канал, середина обработки; 1,3 – первый канал конец обработки; 2,1 – второй канал, начало обработки и т.д. Легенды соответствуют номеру области измерения, схема показана на рис. 10.

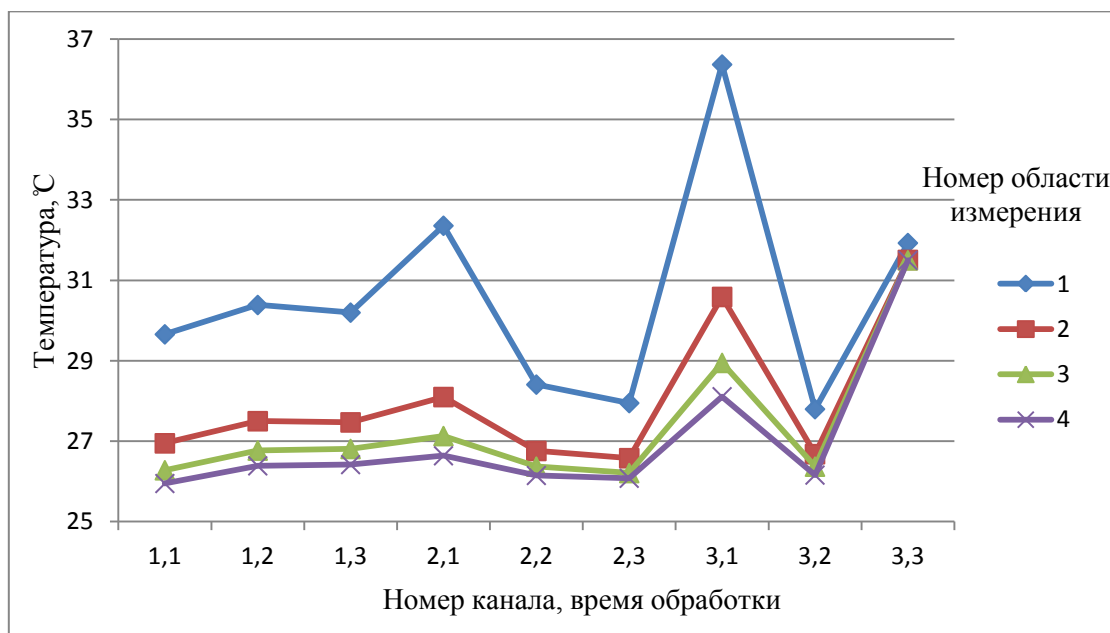


Рис. 7. График зависимости температуры от времени обработки для инструмента без пазов

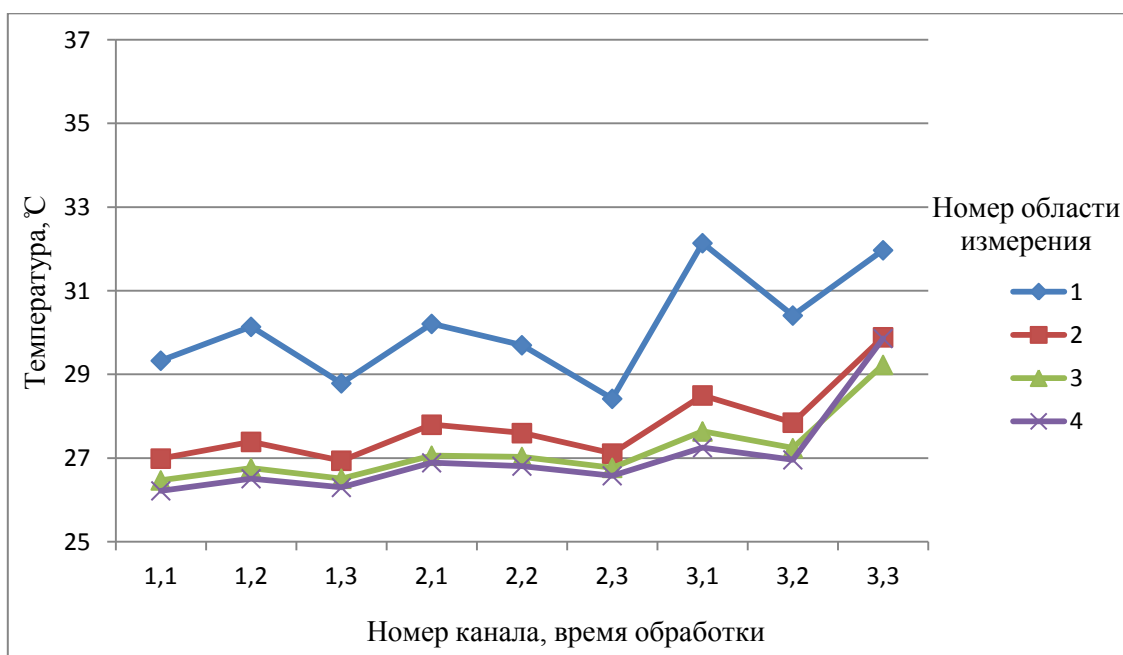


Рис. 8. График зависимости температуры от времени обработки для инструмента с 1 пазом

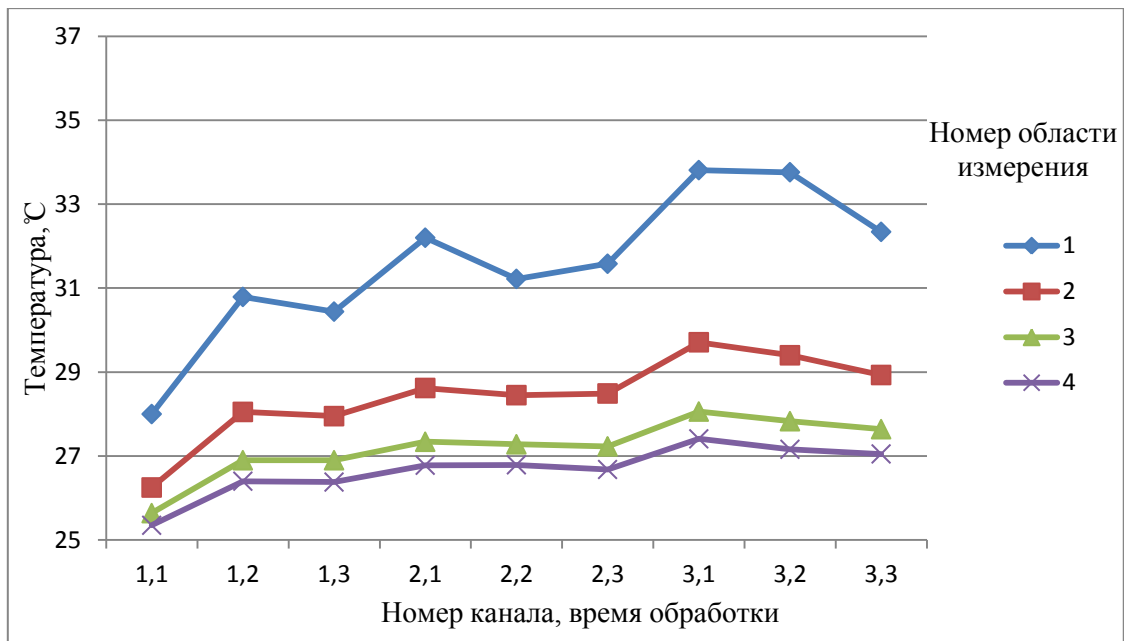


Рис. 9. График зависимости температуры от времени обработки для инструмента с 2 пазами

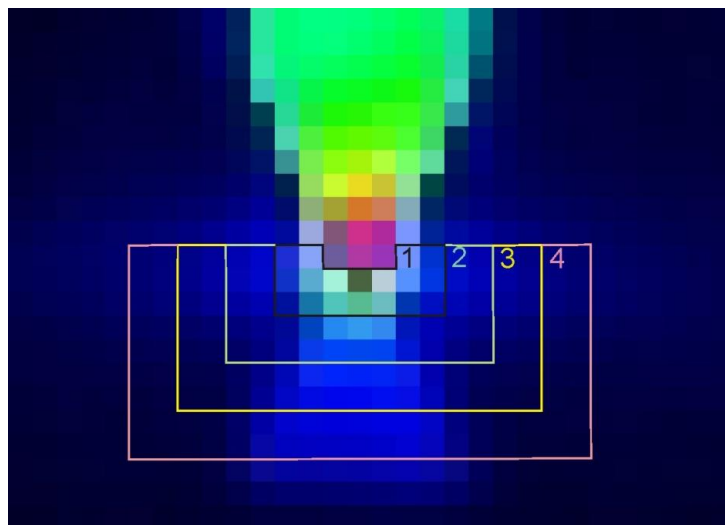


Рис. 10. Схема измерения

Из графиков видно, что наличие пазов стабилизирует температуру обрабатываемой детали. Если на рис. 7 интервал между областями измерения начинает изменяться к моменту обработки 3-го канала, то из графика, показанного на рис. 9, мы видим, что интервал значений температуры остается стабильным.

Очевидно, что применение инструмента с дополнительными режущими кромками в виде пазов приводит к уменьшению температур обрабатываемой детали, а значит, и к уменьшению сил резания. Кроме того, создание дополнительных режущих кромок позволяет уменьшить износ инструмента, тем самым снижая расходы на изготовление деталей.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МД-932.2017.8.*

### Библиографический список

1. Dickerhof M. MINAM Position Paper, Chap.2, 2011.
2. Altintas Y., Jin X. CIRP Annals. – Manuf. Tech., 2011, No.60, Pp.77–80.
3. Pratap A., Patra K., Dyakonov A.A., Review paper in microgrinding area, CIRP Manufacturing, 2016.
4. Дьяконов, А.А. Теплофизическое моделирование процесса микрошлифования / А.А. Дьяконов, А.В. Геренштейн, А.Е. Городкова // СТИН. – 2017. – № 1. – С. 33–37.

[К содержанию](#)