

УДК 621.793.71

Д.А. Кацай, к.т.н., доц.

С.Д. Сметанин, к.т.н., доц.

В.Г. Шаламов, д.т.н., проф.

*ГОУ ВПО “Южно-Уральский государственный университет”, г.
Челябинск, Россия*

ОБРАБОТКА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ РОТАЦИОННЫМ РЕЗАНИЕМ

Проведена серия экспериментов по обработке асфальта, бетона, гранита при различных резаниях. Математическая обработка полученных результатов позволила получить зависимость составляющих силы резания от глубины резания. Показана перспектива поверхностной обработки дорожного полотна ротационным фрезерованием.

Введение. Ежегодно в России выделяются значительные средства на ремонт дорог федерального и регионального уровня. Несмотря на это, состояние значительного процента из них является неудовлетворительным. В настоящее время наиболее распространенным методом ремонта дорожного полотна является холодное фрезерование [1]. Способ производителен, позволяет снимать полотно послойно, с разделением слоев, использовать сфрезерованный грануляр без промежуточной обработки для повторного применения и создавать обработанную поверхность со структурой для хорошей связки с новыми слоями.

Проблемы обрабатываемости природных материалов связаны с прочностными свойствами фрез. Выбор материалов с высокими прочностными свойствами позволяет увеличить глубину резания за один проход. На этом принципе построены существующие фрезерные установки. Большая глубина резания и подача приводят к большим усилиям резания и реакциям в опорных узлах фрез, а большие нагрузки – к интенсивному износу фрезерного инструмента. В итоге высокая стоимость фрез из особо прочного материала ведет к большим затратам на обработку асфальтобетонного полотна.

Однако стойкость применяемых фрез, представляющих собой барабан с пальцеобразными рабочими элементами, оснащенными твердосплавными наконечниками, составляет 5–7 км при обдирке асфальтового полотна и до 200–300 м при работе по бетонному основанию дорог. Это связано с тем, что взаимодействие инструмента с обрабатываемой поверхностью протекает в условиях подвижного

контакта. Оба тела образуют трущуюся пару, взаимно изнашивая друг друга. При этом твердость асфальтового полотна лишь немного ниже, а бетонного основания – выше твердости инструмента, что приводит к его интенсивному (а в случае с бетоном – катастрофическому) износу. Поэтому необходимы новые рентабельные методы ремонта дорожной сети, которые стали бы альтернативой существующим.

Основная часть. На кафедре “Станки и инструмент” Южно-Уральского государственного университета предложен ротационный метод резания дорожного полотна, отличающийся от традиционного кинематикой движений режущих лезвий, что оказывает существенное влияние на процесс резания и связанные с ним параметры. Ротационная фреза представляет собой подшипниковые узлы с круглыми режущими элементами, закрепленные на корпусе. Помимо вращения вокруг оси вместе с корпусом, режущие лезвия при обработке вращаются в подшипниковых узлах, что приводит к замене трения скольжения (при традиционном резании) на трение качения. Это позволяет значительно снизить износ лезвия, появляется возможность многократного повышения производительности процесса за счет увеличения скорости движения дорожно-ремонтной машины.

Одной из важных характеристик любого процесса резания, существенно, напрямую или косвенно влияющего на качество обработки, производительность и другие важнейшие параметры, являются силы резания. Абсолютная величина сил резания существенно зависит от режимов обработки. Для исследуемого процесса резания асфальта необходимо определить максимальные составляющие силы резания по конкретному направлению при различных режимах обработки и использовать их для проектирования как оборудования, так и технологического процесса.

Сотрудниками кафедр “Станки и инструмент”, “Приборостроение” ЮУрГУ в порядке личной инициативы был спланирован эксперимент по исследованию процесса обработки асфальта, бетона, гранита с помощью твердосплавного ротационного инструмента. В 2007 г. была разработана и в 2008 г. реализована конструкция стационарной установки на базе фрезерного станка. Проведена серия экспериментов по обработке указанных выше материалов при различных режимах резания.

Исследования осуществлялись на горизонтально-фрезерном станке модели 6Н81 с применением динамометрической установки (рис. 1), включающей аналоговый однокомпонентный датчик 1 индуктивного типа, индикатор 7, приспособление 2 для крепления исследуемой заготовки шириной 200 мм и коммуникационные кабели 8 для передачи электрического сигнала от датчика на компьютер 6 с

преобразованием сигнала в цифровой вид. Фрезерование осуществлялось по симметричной схеме.

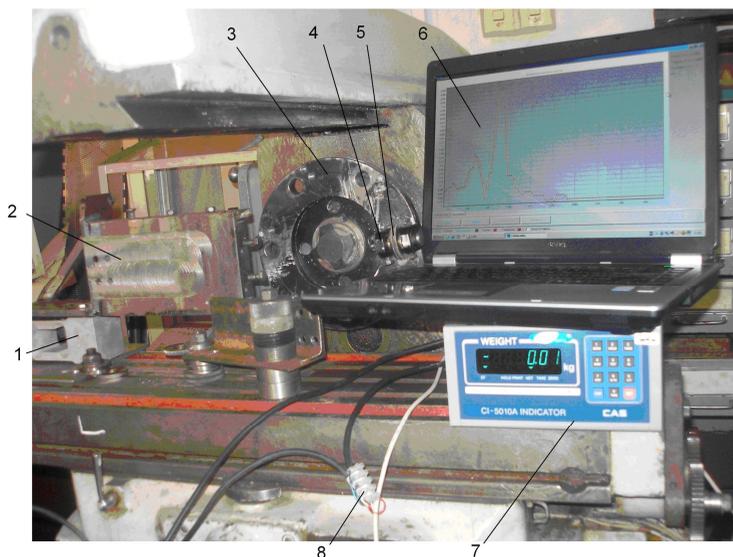


Рис. 1. Установка для исследования сил резания

Ротационная фреза 3 имела следующие параметры: наружный диаметр – 200 мм, диаметр круглого режущего лезвия 5–40 мм, на котором нарезаны канавки с шагом 0,8 мм и глубиной 0,6 мм. Геометрия режущего лезвия: передний угол $\gamma = 0^\circ$, задний угол $\alpha = 10^\circ$. Материал – сталь инструментальная У10А, HRC 55 ед. Фреза обеспечивает резание в режиме свободного вращения режущего элемента в подшипниковом узле 4. Частота вращения шпинделя станка находилась в диапазоне 65 об./мин.; скорость перемещения стола станка с заготовкой равнялась 65 мм/мин. Глубина резания составляла 0,2–1,2 мм. Процесс обработки показан на рис. 2, а обработанная поверхность и частицы асфальта – на рисунке 3.



Рис. 2. Процес фрезерування асфальта



Рис. 3. Состояние поверхности после обработки и отделяемые частицы

Срез асфальта получен за один проход ротационного инструмента. Подобное изображение можно увидеть на бетонном полу, где в качестве связующего материала выступает бетон. Для получения такого среза используют, как правило, шлифовальные машины, производительность которых крайне низка. Работа шлифовальных машин сопровождается большим количеством пыли из-за наличия относительной скорости скольжения между инструментом и обрабатываемой поверхностью. Для устранения облака пыли используют орошение водой обрабатываемой поверхности, что создает большие неудобства для работы. Предлагаемый способ ротационного фрезерования асфальтобетона не имеет указанных недостатков. Отделяемые частицы имеют размер не более 10 мм, что позволяет использовать их повторно для ремонта поверхностного слоя дорог без дополнительной переработки, требуется только связующий материал.

Експерименти проводились по однофакторній схемі для складових F_x , F_y , F_z сили різання, за величину яких приймались їх максимальні значення на дугі контакту режущого лезвія з заготовкою. Положення датчика по відношенню до пристосування з заготовкою чергувалось в трьох різних положеннях в залежності від складової сили різання. Послідовність виконання експериментів складалась в варіації одного з параметрів режиму різання при постійності двох інших. Обробка результатів експериментів здійснювалась по загальноприйнятій методикі [2, 3], на рисунках 4–6 приведені отримані результати. Математична обробка отриманих результатів дозволила отримати залежність складових сил різання від глибини різання:

$$F_z = 3,366 \cdot t^2 + 1,768 \cdot t + 0,714, \text{ Н,}$$

$$F_y = 1,363 \cdot t^2 - 0,184 \cdot t + 0,224, \text{ Н,}$$

$$F_x = 0,112 \cdot t^2 + 0,105 \cdot t + 0,037, \text{ Н.}$$

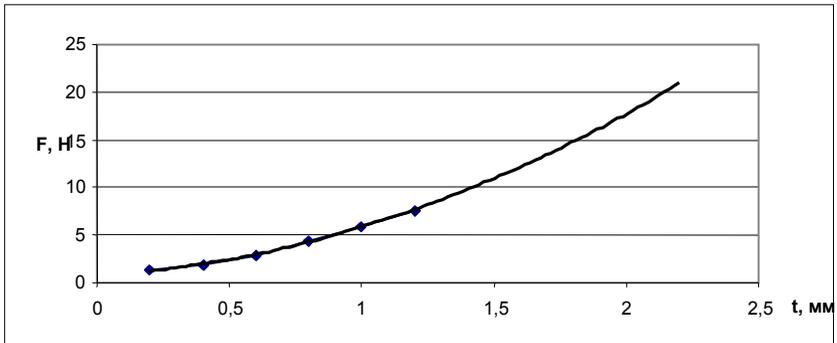


Рис. 4. Продольна складова сили різання

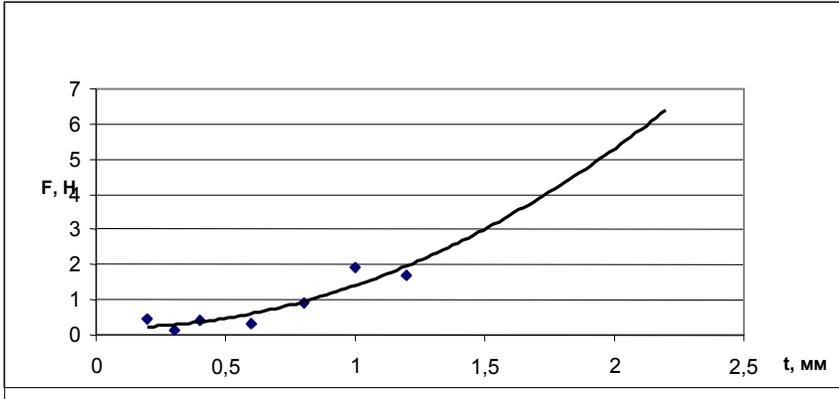


Рис. 5. Радіальна складова сили різання

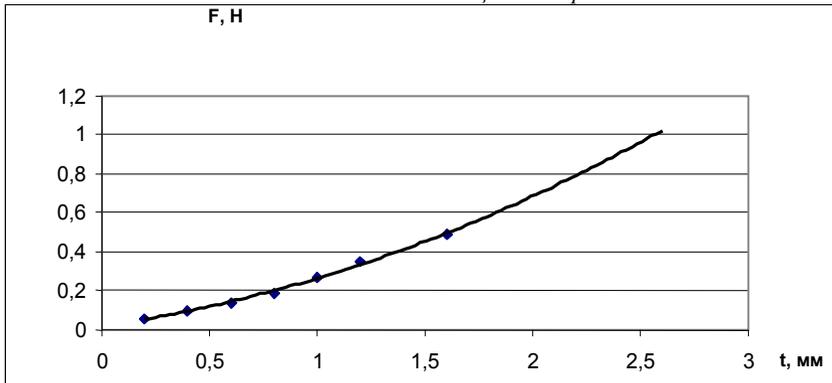


Рис. 6. Тангенціальна складова сили різання

Висновки. Отримані результати дають однозначний позитивний відповідь на питання про ефективність застосування ротарного інструмента для обробки асфальту, бетону, граніту та інших природних і штучних матеріалів. Для зняття за один оборот ротарного інструмента шару матеріалу товщиною 1,2 мм потрібне середнє зусилля різання не перевищує 80 Н. Якщо збільшити кутову швидкість обертання інструмента, то можна збільшити продуктивність фрезерної рухомої установки при збереженні вказаної сили різання. Цей висновок отримано в результаті обробки матеріалів в лабораторних умовах, які мають наступні особливості:

- установка встановлена стаціонарно;
- відсутні зовнішні впливи на установку;
- немає сил інерції в переносному русі;

- нет атмосферных осадков, пыли и грязи;
- нет перепадов температур, характерных для условий работы дорожной техники при круглогодичном использовании;
- отсутствуют дефекты дорожного полотна в виде ям или выступающего вверх материала при реальной обработке.

Указанные особенности требуют проведения дополнительных исследований по формированию закона управления ротационным фрезерным инструментом с учетом его движения вместе с транспортным средством в условиях, приближенным к реальным.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Давлетиин И.* Холодное фрезерование – эффективный метод дорожного ремонта / *И.Давлетиин* // Уралтракттехника. – 2008. – № 14. – С. 18–20.
2. *Грановский Г.И.* Обработка результатов экспериментальных исследований резания металлов / *Г.И. Грановский*. – М. : Машиностроение, 1982. – 112 с.
3. *Грановский Г.И.* Резание металлов / *Г.И. Грановский, В.Г. Грановский*. – М. : Высшая школа, 1985. – 304 с.

КАЦАЙ Дмитрий Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры “Приборостроение” ГОУ ВПО “Южно-Уральский государственный университет”, г. Челябинск.

Научные интересы:

- ротационное резание.

СМЕТАНИН Сергей Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры “Станки и инструмент” ГОУ ВПО “Южно-Уральский государственный университет”, г. Челябинск, Россия.

Научные интересы:

- ротационное фрезерование.

ШАЛАМОВ Виктор Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры “Станки и инструмент” ГОУ ВПО “Южно-Уральский государственный университет”, г. Челябинск, Россия.

Научные интересы:

- кинематика.

Подано 22.07.2010