

Машиностроение Mechanical engineering

Научная статья
Статья в открытом доступе
УДК 621.763
doi: 10.30987/2782-5957-2022-11-4-9

ВЫБОР СПОСОБА ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дмитрий Геннадьевич Евсеев¹, Михаил Юрьевич Куликов^{2✉}, Евгений Олегович Шевчук³, Максим Николаевич Дерябин⁴

^{1,2,3} Российский университет транспорта, Москва, Россия

² Институт конструкторско-технологической информатики Российской Академии Наук (ИКИ РАН), Москва, Россия

⁴ Акционерное общество «Научно-исследовательский институт точных приборов», Москва, Россия

¹ evseev@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0020-1297>

² muk.56@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1477-6665>

³ shev4uckloki@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7025-9200>

⁴ m_deryabin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8760-8179>

Аннотация

Целью исследования является проблема выбора способа охлаждения при абразивной обработке деталей из полимерно-композиционных материалов (ПКМ). Статья посвящена выбору эффективного использования при распылении смазывающих охлаждающих жидкостей (СОЖ) водо-воздушной смеси. В исследовании заключается в проведении оценки эффективности способа подачи СОЖ с помощью внутренних каналов инструмента. В результате исследования определена эффективность нового способа охлаждения. Выводы: использование нового способа охлаждения способствует рациональному распределению и движению потоков водо-воздушной смеси в мягкой абразивной щётке.

Предложенный способ охлаждения позволил более точно подавать водо-воздушную смесь, исключая эффект «влагопоглощения» полимером. Полученный спектр распределения температур в ходе моделирования течения водо-воздушной смеси показал, что эффективность охлаждения зоны резания при использовании внутренних каналов не уступает ранее представленным в научной литературе методам, но при этом имеет ряд технологических преимуществ.

Ключевые слова: технологии, полимерно-композиционные материалы, обработка, качество, шероховатость, смазочно-охлаждающие жидкости, распыление.

Ссылка для цитирования:

Евсеев Д.Г. Выбор способа охлаждения для абразивной обработки деталей из полимерно-композитных материалов / Д. Г. Евсеев, Ю. М. Куликов, Е. О. Шевчук, М. Н. Дерябин // Транспортное машиностроение. – 2022. – № 11. – С. 4 – 9. doi: 10.30987/2782-5957-2022-11-4-9.

Original article
Open Access Article

CHOICE OF COOLING METHOD FOR ABRASIVE MACHINING OF PARTS MADE OF POLYMER AND COMPOSITE MATERIALS

Dmitry Gennadievich Evseev¹, Mikhail Yuryevich Kulikov^{2✉}, Evgeny Olegovich Shevchuk³, Maksim Nikolaevich Deryabin⁴

^{1,2,3} Russian University of Transport, Moscow, Russia

² Institute of Design and Engineering Informatics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁴ Scientific Research Institute of Precision Instruments, Moscow, Russia

¹ evseev@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0020-1297>

² muk.56@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1477-6665>

³ shev4uckloki@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7025-9200>

⁴ m_deryabin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8760-8179>

Abstract

The study objective is the problem of choosing a cooling method for abrasive machining of parts made

of polymer and composite materials (PCM). The paper is devoted to the choice of effective use of lubricating

coolants in spraying air-and-water mixture. The study is aimed at evaluating the effectiveness of the coolant supply method using the internal channels of the instrument. As a result of the study, the efficiency of the new cooling method is determined. Conclusions: the use of a new cooling method contributes to the rational distribution and movement of air-and-water mixture flows in a soft abrasive brush. The proposed cooling method makes it possible to supply the air-and-water mixture more precisely, eliminating the effect of mois-

Reference for citing:

Evseev DG, Kulikov YuM, Shevchuk EO, Deryabin MN. Choice of cooling method for abrasive machining of parts made of polymer and composite materials. Transport Engineering. 2022; 11:4-9. doi: 10.30987/2782-5957-2022-11-4-9.

Введение

С помощью технологий послойного выращивания можно изготовить множество деталей общего машиностроения из разных материалов, в т. ч. из полимерно-композитных материалов (ПКМ). Готовые изделия могут иметь сложную геометрическую форму, которую невозможно получить механическим путём. Сам процесс изготовления происходит автоматически после утверждения основных параметров человеком.

Ранее в работах [1,2] было установлено, что шероховатость получаемых поверхностей может не соответствовать заявленным требованиям и лежит в пределах $Ra \geq 1,2$ мкм. Для улучшения показателя качества поверхности Ra было предложено производить обработку с минимальным припуском с помощью мягкого абразивно-

Технология подачи водо-воздушной смеси

В исследованиях Яшкова В.А. [6] проводилось теоретическое обоснование эффективного охлаждения зоны обработки путём использования имитационной среды моделирования.

Ранее эксперимент с оценкой эффективности охлаждения в водо-воздушной смеси показал, что оптимальным является диапазон соотношения ВОЗДУХ:СОТС 80 %:20 %. Облако СОТС позволило производить обработку без увеличения температуры в зоне резания, исключая эффект «влагопоглощения» полимером жидкости (рис. 1 а, б).

Анализ полученных данных показал, что наиболее эффективной является обработка в водо-воздушной смеси. Полученные результаты измерения линейных размеров показали минимальное влияние влаги на исследуемый полимер.

ture absorption by the polymer. The obtained spectrum of temperature distribution while modeling the flow of the air-and-water mixture shows that the efficiency of cooling the cutting zone when using internal channels is not inferior to the methods previously presented in the scientific literature, but at the same time has a number of technological advantages.

Keywords: technologies, polymer and composite materials, machining, quality, roughness, lubricating and cooling liquids, spraying.

го инструмента.

Механическая обработка с помощью абразивных щёток в сухую [2] деталей из ПКМ показала невозможность добиться низкой шероховатости из-за оплавления поверхностного обработанного слоя, вызванного низкой теплостойкостью материала детали. Использование СОЖ в процессе обработки снижает эффект оплавления материала детали [3].

Однако, полив СОЖ приводит к набуханию детали и ее последующему расслоению. Предложенный способ в работе [4] позволил уменьшить эффект набухания.

В данной работе исследовалась эффективность подачи СОЖ распылением. Данный способ был предложен в работе [5], однако не получил широкого распространения.

Однако, использование экспериментальной установки в качестве способа формирования водо-воздушной смеси имеет ряд недостатков:

- необходимость размещения установки в камере станка;

- наличие жидкости в баке ограничено и пополняется в ручном режиме, что негативно сказывается на общем времени обработки;

- при неконтролируемой зоне распыления увеличивается расход жидкости;

- установка не позволяет более точно подавать водо-воздушную смесь прямым в зону резания, остатки влаги оседают на ещё не обработанную поверхность, что приводит к небольшому эффекту «влагопоглощения» полимером.

Результаты имитационного моделирования процесса подачи водо-воздушной смеси

Для устранения вышеперечисленных недостатков было предложено изменить способ подачи водо-воздушной смеси. В качестве основного устройства теперь выступает шпиндель станка (эксперименталь-

ная обработка велась на фрезерном станке с ЧПУ MIKRON HPM 600HD), через который напрямую подаётся СОТС, попадающая сразу в специальный канал щётки (рис. 1).

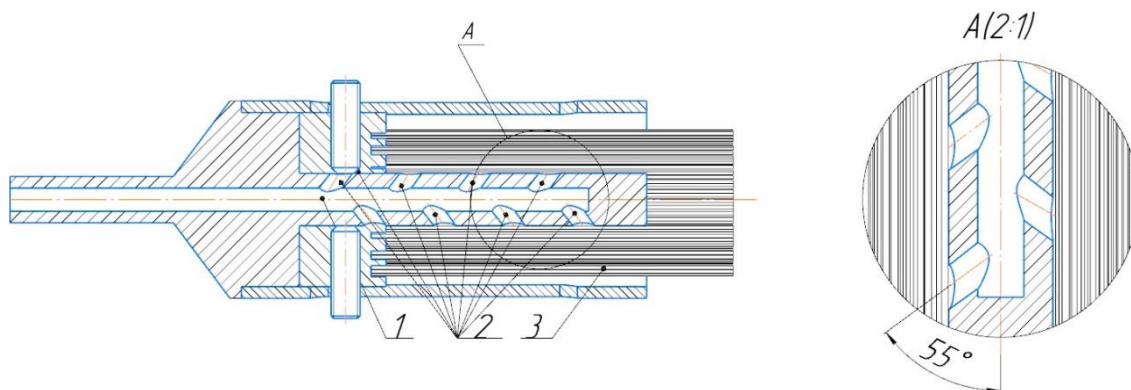


Рис. 1. Конструкция рабочей части инструмента:
1 – канал, 2 – отверстия, 3 – абразивные волокна
Fig.1. Construction of the working part of the tool:
1 – channel, 2 – apertures, 3 – abrasive fibers

На рис.1 показан канал 1, через который водо-воздушная смесь распределяется по специальным отверстиям 2, расположенные под углом. Абразивные волокна 3 находятся в зоне распыления смеси.

С целью определения эффективно распределения образующейся при распы-

лении СОЖ водо-воздушной смеси с помощью *SolidWorks Flow Simulation* была построена и рассчитана имитационная модель ее течения водо-воздушной смеси (рис. 2). Данная симуляция позволяет точно определить направление потоков смеси.

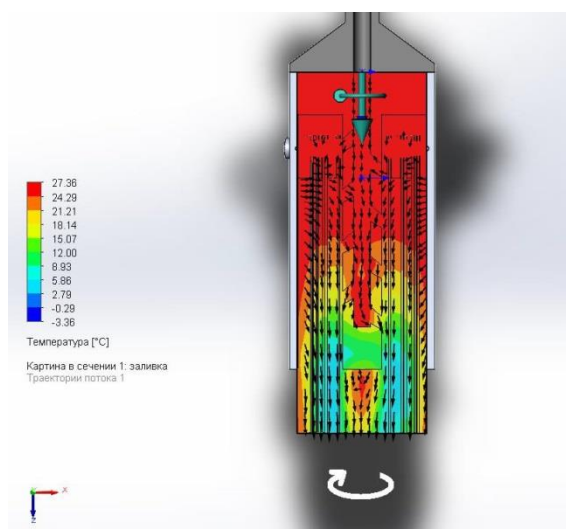


Рис. 2. Имитационная модель распределения водо-воздушной смеси
Fig.2 Simulation model of water-air mixture distribution

На рисунке показано направление вращения стрелкой. В качестве начальных условий было выбрано давление величиной 4 атм., которое направлено перпендикулярно движению подачи и соответствует

направлению подачи водо-воздушной смеси внутри инструмента в процессе обработки.

Движение потоков жидкости при вращении инструмента показано на рис. 3.

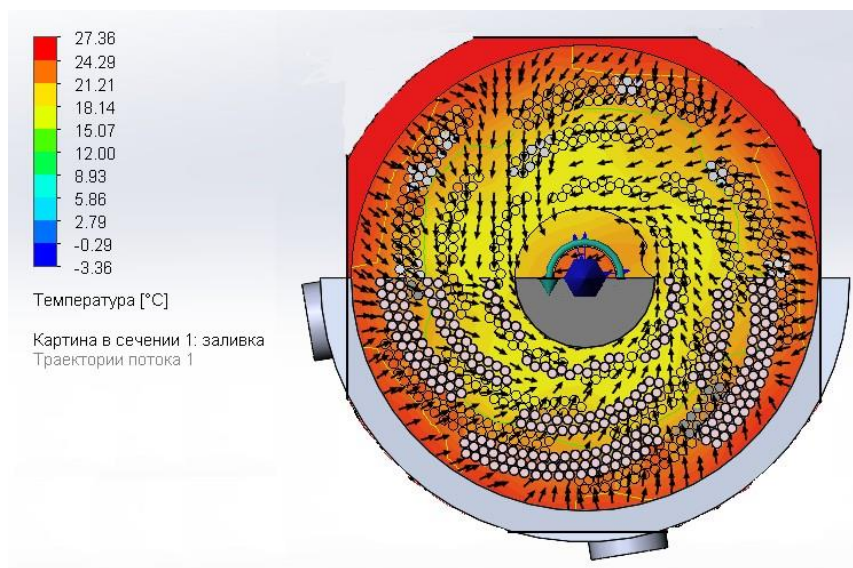


Рис. 3. Направление движения водо-воздушной смеси при вращении инструмента (вид спереди)
 Fig.3 The direction of movement of the water-air mixture when rotating the tool (front view)

На рисунке путем моделирования продемонстрировано направление вращения смеси СОТС. При вращении инструмента потоки закручиваются в центр мягкого абразивного инструмента. Таким образом, водо-воздушная смесь охватывает все волокна абразивной щётки, снижая температуру в зоне резания. Ранее уста-

новленное соотношение ВОЗДУХ:СОТС 80:20 % предотвращает возникновение эффекта «влагопоглощения» жидкости полимером.

Значения технологических параметров, соответствующие условиям обработки указаны в таблице.

Значения технологических параметров

Таблица

Table

Values of technological parameters

№п/п	Параметр	Значение
1	Давление	4 атм.
2	Соотношение ВОЗДУХ:СОТС	80/20 %
3	Частота вращения шпинделя	4500 об/мин
4	Вылет инструмента	11 мм

Значение температуры в зоне резания после имитационного моделирования процесса распределения водо-воздушной смеси при обработке достигло 27,36 °С. Дан-

ное значение соответствует температуре, зафиксированной с помощью тепловизора Satir HotFind-LR. при проведении реального эксперимента.

Заключение

Для устранения недостатков экспериментальной установки, примененной в работе [4], была предложена усовершенствованная конструкция абразивной щётки

Построена имитационная модель движения потоков водо-воздушной смеси в мягкой абразивной щётке. Проведена оценка эффективности внутренних кана-

лов инструмента. Предложенный способ охлаждения позволил более точно подавать водо-воздушную смесь, исключая эффект «влагопоглощения» полимером, путем рационального распределения СОЖ в процессе абразивной обработки.

Полученный спектр распределения температур в ходе моделирования течения

водо-воздушной смеси показал, что эффективность охлаждения зоны резания при использовании внутренних каналов не

уступает методу, описанному в работе [4], но при этом имеет ряд технологических преимуществ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Куликов М.Ю., Ларионов М.А., Гусев Д.В., Шевчук Е.О. Обеспечение качества деталей, изготовленных с помощью аддитивных технологий. *Вестник Брянского государственного технического университета*. 2020;12(97):4–10.
2. Куликов М.Ю., Ларионов М.А., Гусев Д.В., Шевчук Е.О. Улучшение шероховатости поверхностей деталей из полимерных материалов, полученных с помощью аддитивных технологий. *Вестник Брянского государственного технического университета*. 2021;7(104):12–18.
3. Шевчук Е.О., Погорельский В.В. Улучшение качества поверхности деталей, полученных с помощью аддитивных технологий. «Машиностроение: традиции и инновации (МТИ – 2021)»; сборник докладов. М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2021. 357–366.
4. Куликов М.Ю., Ларионов М.А., Гусев Д.В. Исследование закономерностей формирования точностных параметров деталей при прототипировании. *Вестник Брянского государственного технического университета*. 2016;2(50):104–107.
5. Клущин М.И., Гордон М.Б. Применение распы-

ленных жидкостей при резании металлов. Иваново: Кн. изд-во, 1960. 50 с.

6. Яшков В.А. Повышение эффективности работы сборного абразивного инструмента для внутреннего шлифования путем интенсификации действия СОТС в зоне обработки: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.02.07 / Яшков Валентин Александрович; Москва, 2016. 19 с.
7. Гусев Д.В. Повышение показателей качества изготавливаемых изделий при использовании технологии быстрого прототипирования: специальность 05.02.08 «Технология машиностроения»: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук / Денис Витальевич Гусев; Ульяновский государственный технический университет. Ульяновск, 2019. 116 с.
8. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 278 с.
9. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров. М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. 220 с.

REFERENCES

1. Kulikov MYu, Larionov MA, Gusev DV, Shevchuk EO. Quality support of parts manufactured by means of additive technologies. *Bulletin of Bryansk State Technical University*. 2020;12(97):4-10.
2. Kulikov MYu, Larionov MA, Gusev DV, Shevchuk EO. Surface roughness improvement of parts made of polymer materials obtained by means of additive technologies. *Bulletin of Bryansk State Technical University*. 2021;7(104):12–18.
3. Shevchuk EO, Pogorelsky VV. Improving the surface quality of parts obtained by means of additive technologies. *Collection of scientific papers: Machine building: Traditions and innovations (MIT – 2021)*. Moscow: Moscow State Technical University STANKIN; 2021. p. 357-366.
4. Kulikov MYu, Larionov MA, Gusev DV. Analysis of regularities in accuracy formation at prototyping. *Bulletin of the Bryansk State Technical University*.

2016;2(50):104-107.

5. Klushin MI, Gordon MB. Application of sprayed liquids when cutting metals. *Ivanovo: Publishing House; 1960*.
6. Yashkov VA. Improving the operation efficiency of a prefabricated abrasive tool for internal grinding by intensifying LCTM action in the work area [abstract of the dissertation]. [Moscow(RF)]; 2016.
7. Gusev DV. Improving the quality of manufactured products when using rapid prototyping technology [dissertation]. [Ulyanovsk (RF)]: Ulyanovsk State Technical University; 2019.
8. Adler YuP, Markova EV, Granovsky YuV. Experiment planning in search of optimal conditions. *Moscow: Nauka; 1976*.
9. Zlenko MA, Nagaytsev MV, Dovbysh VM. Additive technologies in mechanical engineering: manual for engineers. *Moscow: NAMI; 2015*.

Информация об авторах:

Евсеев Дмитрий Геннадьевич – доктор технических наук, профессор, Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)), тел: +7 (926)272-45-79.

Куликов Михаил Юрьевич - доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института конструкторско-технологической информатики (ИКТИ РАН), профессор Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)), тел.: +7 (964)-

578-56-89.

Шевчук Евгений Олегович – аспирант кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» Российского университета транспорта, тел. +7 (909) 241-36-37.

Дерябин Максим Николаевич – кандидат технических наук, начальник отдела Акционерного общества «Научно-исследовательского института

точных приборов», тел: +7 (906) 059-62-65.

Evseev Dmitry Gennadievich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian University of Transport, phone: +7 (926)272-45-79.

Kulikov Mikhail Yuryevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Institute of Design and Engineering Informatics of the Russian Academy of Sciences, Professor of Russian University of Transport, phone: +7 (964)-578-56-89.

Shevchuk Evgeny Olegovich – Postgraduate student of the Department of Technology of Transport Engineering and Repair of Rolling Stock at Russian University of Transport, phone: +7 (909) 241-36-37.

Deryabin Maksim Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Haed of the Department at Scientific Research Institute of Precision Instruments, phone: +7 (906) 059-62-65.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья опубликована в режиме Open Access.

Article published in Open Access mode.

Статья поступила в редакцию 15.07.2022; одобрена после рецензирования 08.09.2022; принята к публикации 25.10.2022. Рецензент – Хандожко А.В., доктор технических наук, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Брянского государственного технического университета, главный редактор журнала «Транспортное машиностроение»

The article was submitted to the editorial office on 15.07.2022; approved after review on 08.09.2022; accepted for publication on 25.10.2022. The reviewer is Khandozhko A.V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metal Cutting Machines and Tools at Bryansk State Technical University, member of the Editorial Board of the journal *Transport Engineering*.