

УДК 620.172.24

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИЙ ВТУЛОК У ПОСАДОЧНОГО ОТВЕРСТИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ НА ИХ ПРОЧНОСТЬ

Мельников В.В., аспирант гр. ТСа-231, III курс

Научный руководитель: Коротков В. А., к.т.н., доцент

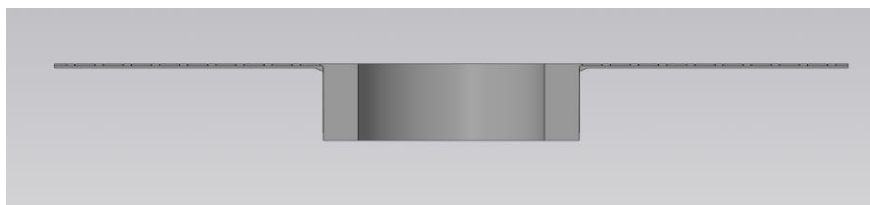
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово.

В ранее проведенных исследованиях был найден оптимальный материал и схема изготовления для получения армирующих сеток методом 3D-печати [1] для применения в шлифовальных кругах на самоотверждающемся полимерном связующем – эпоксидной смоле [2]. Установлено, что наибольшей прочностью на растяжение среди материалов для 3D-печати обладает угленаполненный нейлон (полиамида 6) с наполнением из армирующих волокон карбона. Как показывает практика, опыт применения карбона (углеволокна) в различных конструкциях и композитных материалах (в т.ч. в 3D-печати) позволяет существенно повысить прочность различных изделий [3,4]. Поэтому данный материал был в дальнейшем использован в исследованиях по изготовлению и применению армирующих сеток различных конфигураций с целью упрочнения шлифовальных кругов. Дополнительно, на основе анализа исследований в области повышения прочности шлифовальных кругов установлено, что существенно повысить этот показатель и соответственно рабочую скорость этих инструментов можно путем введения в конструкцию кругов втулок в наиболее нагруженную растягивающими напряжениями при работе зону у посадочного отверстия [5–12]. Методы 3D-печати позволяют совместить эти два технических решения по упрочнению кругов – сетки и втулки, а именно изготавливать комбинированные армирующие элементы сетко-втулки. Для отработки технологии изготовления таких армирующих элементов, технологии изготовления шлифовальных кругов с их применением и нахождения наилучшей конструкции этих элементов были разработаны, изготовлены и испытаны две конструкции таких элементов, отличающиеся конфигурациями втулок. Сетко-втулки изготавливались для производства шлифовальных кругов с размерами 150x15x32 мм.

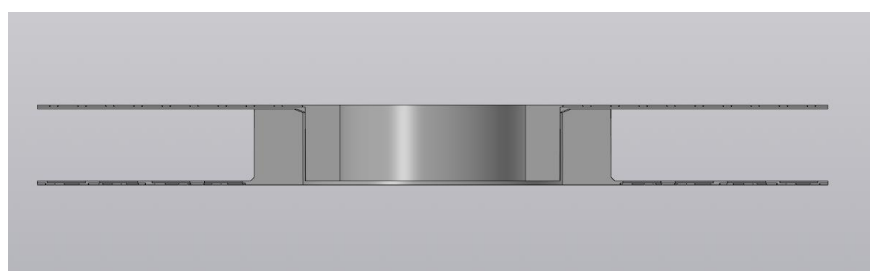
Первая из этих конструкций имела следующие особенности. Для изготовления одного шлифовального круга печатались 2 сетко-втулки, у которых сетки имели квадратные ячейки с размерами как у стеклосетки аналога (СПАП-МП-250), применяемой для армирования шлифовальных кругов на бакелитовой связке. Втулки изготавливались простой цилиндрической формы. Первая из сетко-втулок изготавливалась с внутренними диаметром втулки 32 мм и наружным диаметром 50 мм. Вторая с внутренними диаметром 50 мм и наружным диаметром 70 мм (рис. 1).



а)



б)



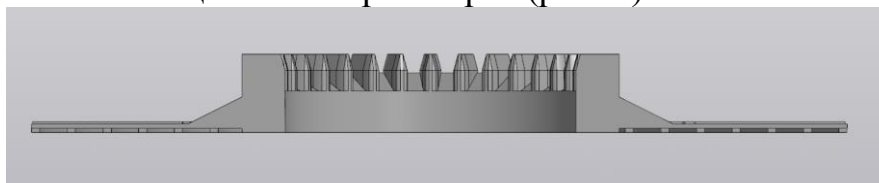
в)

Рис. 1. Комбинация армирующих сетко-втулок простой цилиндрической формы: а) – нижняя сетко-втулка, б) – верхняя сетко-втулка, в) – сетко-втулки в сборе.

При изготовлении шлифовального круга втулки смазывались эпоксидной смолой смешанной с отвердителем и укладывались в пресс форму в следующем порядке: на дно прессформы укладывалась нижняя сетка-втулка. Объем прессформы между кольцом прессформы и наружным диаметром втулки (70 мм) заполнялся абразивной смесью, которая разравнивалась, после чего укладывалась верхняя стекло-сетка таким образом, что втулки плотно вставлялись друг в друга. Поверхность верхней сетки разглаживалась до достижения хорошей адгезией со слоем абразивной смеси. После этого в форму в качестве прокладки укладывалась алюминиевая фольга, в форму до кроев кольца прессформы засыпался и разравнивался слой свободного абразива (электрокорунда марки 13А 63Н) для обеспечения прессования торцевой поверхности круга, включающей слой абразивной смеси и втулки. После этого производилась подпрессовка круга в консоли вертикально-фрезерного станка (в форму укладывалась верхняя формовочная плита, пресс форма устанавливалась на вертикально-фрезерный станок под шпиндель и рукояткой ручной вертикальной подачи сообщалось сжимающее усилие). Свободный абразив в прессформе позволил реализовать принцип изостатического сжатия, т.е. перераспределение свободного абразива в форме

обеспечивало прессование абразивной смеси несмотря на наличие несжимаемой втулки.

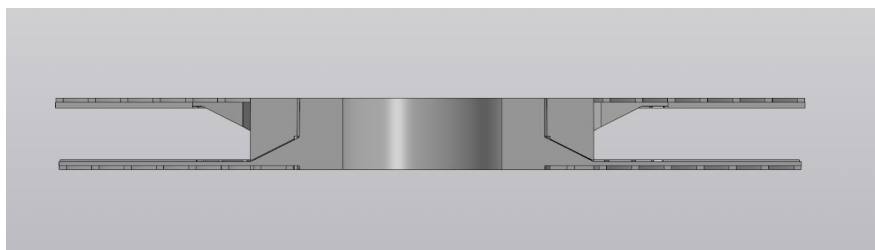
Вторая конструкция сетко-втулок характеризовалась наличием зубьев, входящий в плотное зацепление при сборке (рис. 2).



а)



б)



в)

Рис. 2. Комбинация армирующих сетко-втулок зубчатой конструкции: а) – нижняя сетко-втулка, б) – верхняя сетко-втулка, в) – сетко-втулки в сборе.

Предел прочности изготовленных шлифовальных кругов устанавливается путем их разрушения от плавно увеличивающейся скорости вращения в бронекамере испытательного стенда. Показателем предела прочности являлась скорость разрушения кругов на основе которой рассчитывался предел прочности на растяжение. Испытания на прочность изготавливаемых опытных кругов проводились в лабораторных условиях кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» КузГТУ на стенде с бесступенчатым регулированием скорости вращения шпинделя на базе станка 3А64Д, внешний вид которого представлен на рис. 3. Испытываемый инструмент устанавливался на шпиндель и закрывался крышкой в толстостенной бронекамере. Бесступенчатое регулирование скорости вращения шпинделя испытательной бронекамеры обеспечивалось за счёт тиристорного привода и поворота переменного резистора, а контроль скорости вращения осуществляется с помощью вольтметра, включённого в цепь приводного электродвигателя постоянного тока. Испытание кругов производилась путем постепенного увлечения частоты их вращения до момента разрушения. Показания вольтметра фиксировались на камеру и посредством переводного коэффициента определялась скорость разрыва.



Рис. 3. Внешний вид установки для испытаний шлифовальных кругов на механическую прочность

Испытания показали, что скорость разрыва шлифовального круга, упрочнённого комбинацией сеткой-втулок зубчатой конструкции составила порядка 107 м/с, что сравнимо со скоростью разрыва инструмента, упрочненного распечатанными сетками из угленаполненного нейлона без втулок. Также следует отметить, что при испытании наружная зубчатая втулка разрушилась и её разрушение послужило причиной и очагом разрушения всего шлифовального круга.

Скорость разрыва шлифовального круга, упрочнённого комбинацией сетко-втулок простой цилиндрической формы, была существенно выше и составила 134 м/с. При этом втулки не разрушились, разрушился только абразивный композит. Соответственно, предпочтительной конструкцией упрочняющих втулок для изготовления сетко-втулок является простая цилиндрическая форма. Отсутствие дополнительных концентраторов напряжения позволила повысить прочность втулок и положительно сказывается на прочности всего инструмента. Применение сетко-втулок с втулками простой цилиндрической формы позволило повысить скорость разрыва и, соответственно, рабочую скорость шлифовальных кругов на 25%.

Список литературы

1. Коротков В.А., Мельников В.В. Изготовление упрочняющих элементов шлифовальных инструментов на основе 3D-печати // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. №2 (168). С. 37-46. doi: 10.26730/1999-4125-2025-2-37-46
2. Коротков, В. А. Изготовление и результаты испытаний экспериментальных кругов с применением в качестве связки эпоксидной смолы / В. А. Коротков, В. В. Мельников // Научно-технический прогресс:

Актуальные и перспективные направления будущего: Сборник VI международной научно-практической конференции, 18.08.2017. – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2017. – Т 2., С. 117 – 120.

3. Кондрашов, С. В. Влияние технологических режимов FDM-печати и состава используемых материалов на физико-механические характеристики FDM-моделей (обзор) / С. В. Кондрашов, А. А. Пыхтин, С. А. Ларионов, А. Е. Сорокин // Труды ВИАМ. – 2019. – № 10 (81). – С. 34–49. DOI: 10.18577/2307-6046-2019-0-10-34-49

4. Сидорина, А. И., Углеродные ткани для изделий авиационной техники / А. И. Сидорина, А. М. Сафронов, К. Е. Куцевич, О. Н. Клименко // Труды ВИАМ. – 2020. – № 12 (94). – С. 47–58. DOI: 10.18577/2307-6046-2020-0-12-47-58

5. Филимонов Л. Н. Высокоскоростное шлифование. – Ленинград: Машиностроение, 1979. – 248 с.

6. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента / под ред. А.М. Ковальчука.–Москва : Машиностроение, 1984.– 288 с.

7. Абразивные материалы и инструменты. Каталог / под. ред. В. Н. Тыркова. – Москва : ВНИИТЭМР, 1986. – 358 с.

8. Коротков, А. Н. Повышение эксплуатационных возможностей шлифовальных инструментов : монография / ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2005. – 232 с.

9. Коротков, В. А. Повышение эксплуатационных возможностей отрезных шлифовальных кругов : монография. – Москва : Машиностроение, 2009. – 178 с.

10. Нетребко, В. П. Прочность шлифовальных кругов / В. П. Нетребко, А. Н. Коротков. – Москва : Агентство Российской печати, 1992. – 104 с.

11. M. J. Jackson, A review of the design of grinding wheels operating at excessive speeds, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 94, 3979-4010(2018) [link.springer.com/article/10.1007/s00170-017-1131-2].

12. Fritz Klocke, Sebastian Barth, Patrick Mattfield, High Performance Grinding, Aachen University, ScienceDirect, Procedia CIRP, Volume 46, 2016, pages 266-271 [doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.067].