

**М.П. Купреев**

УО «Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь

**ВЫСОКОПОРИСТЫЙ АБРАЗИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ  
ИЗ ЭЛЕКТРОКОРУНДА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ  
В ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Введение**

Шлифование является одной из самых распространенных операций, базирующихся на принципах абразивной обработки. Прецизионное (тонкое) шлифование характеризуется, прежде всего, малым припуском на обработку: 0,22 мм для круглого наружного и 0,01 мм для внутреннего шлифования. При таком малом припуске необходимо обеспечить определенную точность геометрической формы детали:

для валов – отклонение от круглости 0,0006 мм, отклонение от цилиндричности 0,002 мм на длине 500 мм; для отверстий – отклонение от круглости 0,001 мм. Тонкое шлифование, кроме того, позволяет получить низкий уровень шероховатости поверхности: 0,04-0,08 мкм. Технологические возможности такого процесса заключаются в том, что абразивный круг малой зернистости способен срезать слой металла толщиной 0,0005 мм. Однако для достижения таких условий необходимо, чтобы точность технологической оснастки отвечала требованиям прецизионного шлифования. Особенно сложно обеспечить размерную точность и шероховатость поверхностного слоя при внутреннем шлифовании. Одна из причин этого – нестабильность технологического процесса, вызванная износом абразивного инструмента при обработке внутренних поверхностей весьма малых размеров. Анализ отечественной и зарубежной практики показал, что одним из путей повышения стойкости абразивного инструмента является совершенствование технологии его изготовления за счет применения новых связок, изменения режимов термообработки, создание определенной поровой структуры и др.

Цель работы – отработка технологических режимов изготовления прецизионного абразивного инструмента повышенного качества.

### **1. Прецизионный абразивный инструмент из электрокорунда и его физико-механические свойства**

Прецизионное шлифование осуществляют кругами из абразива зернистостью 180-125 мкм (крупнозернистый), 100-62 мкм (среднезернистый) и 50-14 мкм (мелкозернистый). Для повышения режущих свойств прецизионные круги изготавливают высокопористыми. Поры в таких кругах создаются различными наполнителями, выгорающими в процессе термической обработки [1, 2, 3]. Преимущества такого абразивного инструмента: большая глубина резания, снижение опасности прижога и микротрещин, улучшение удаления стружки, лучшее проникновение СОЖ (в случае использования) и меньший удельный износ. Высокопористый керамический инструмент применяется для обработки:

мягких металлов: красная медь, алюминий, титан, легированные стали, мягкие сплавы;

вязких материалов: пластмасса, дерево, резина, кожа и др.;

конструкционных материалов, чувствительных к структурно-фазовым превращениям, термодинамическим дефектам.

Область применения: глубинное шлифование, профильное глубинное шлифование, круглое наружное шлифование, плоское шлифование деталей без возможности охлаждения, обработка высокоточных и ответственных деталей, прецизионное шлифование, резьбошлифование и зубошлифование.

На сегодняшний день ведущими изготовителями прецизионного абразивного инструмента являются международные компания «Винтертур Шляйфтехник АГ» «Meister-Abrasives», «Нортон», «Пферд». Этот инструмент все шире применяется на предприятиях РБ. Для его изготовления используется электрокорунд, формокорунд, SG-абразивы, кубитрон, эльбор, алмаз и др. Формокорунд, SG-абразивы состоят из микрочастиц корунда (менее 5 мкм), получаемые методами золь-гель технологии или корундовой спеченной керамики. Они отличаются высокой режущей способностью и самозатачиваемостью. Однако, «спечённые абразивы» чрезвычайно дороги и абразивный инструмент на их основе, как правило, применяется на прецизионных операциях. Так, на ОАО "САЛЕО-ГОМЕЛЬ" для высокоточной шлифовки нажимного диска и других деталей используются высокопористые прецизионные шлифовальные круги фирмы «Meister-Abrasives» с параметрами IG45x10x21/M12 по цене 41,06 евро за шт. Они изготавливаются из кубического нитрида бора (эльбора) зернистостью 55...46 мкм и имеют высокую пористость (12 - 15 структура). Концентрация эльбора 100 %. Также на ОАО "САЛЕО-ГОМЕЛЬ" для высокоточной шлифовки шаровой опоры используются высокопористые прецизионные шлифовальные круги фирмы «Нортон» 3NQ120K8VS3 с размерами 6 60\*50\*25 и с рабочей скоростью 45 м/с. Отработавший круг 3NQ120K8VS3 представлен на рисунке 1.

Он состоит из частиц электрокорунда со средним размером 80 мкм, закрепленных керамической связкой. Структура круга пористая, размер пор 0,14 – 0,20 мм. Керамическая связка прочная, но круг в процессе работы не засаливается.

С целью замены на ОАО "САЛЕО-ГОМЕЛЬ" кругов 3NQ120K8VS3 «Нортон» кругами отечественного производства исследование и отработка технологических режимов изготовления прецизионных кругов проводилась на образцах кругов с размерами 6 60\*50\*25. Для исследования выбран порошок электрокорунда зернистостью F90 (160 мкм), а в качестве выгорающего наполнителя – новый органический наполнитель с размером частиц 250-320 мкм. (рисунок 2). Размер частиц наполнителя превышает размер

абразивного зерна в 2...3 раза, что позволяет получить высокопористый абразивный материал.



Рисунок 1 – Круг «3NQ120K8VS3» фирмы «Нортон»

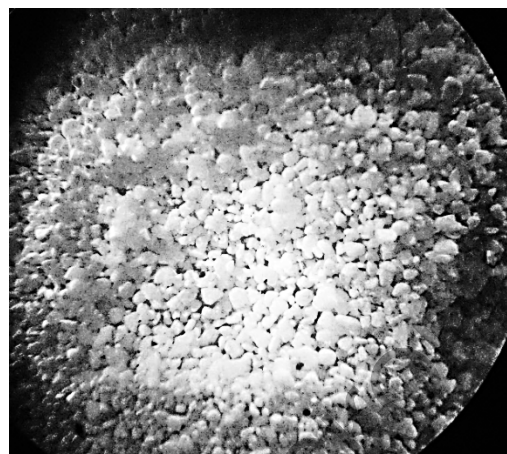


Рисунок 2 – Органический порообразующий наполнитель с размерами частиц 0,25 – 0,32 мм

На рисунке 3 представлен экспериментальный образец шлифовального круга с размерами  $60 \times 50 \times 25$ , изготовленного из белого электрокорунда А25 зернистостью F90. Для создания высокой пористости в формовочную массу вводилось 16 % (по массе) представленного на рисунке 2 порообразующего органического наполнителя с размером частиц 250 – 320 мкм. На рисунке 4 представлена поровая структура шлифовального круга, изготовленного из зерна F90. Поры достаточно равномерно расположены по объему круга и по величине в 3...5 раз превышают размер абразивных частиц.



Рисунок 3 – Экспериментальный шлифовальный круг  $60 \times 50 \times 25$



Рисунок 4 – Поровая структура прецизионного шлифовального круга  $60 \times 50 \times 25$

Термообработка спрессованных шлифовальных кругов проводилась по режиму, подобранному с учетом скорости разложения и выгорания порообразующего наполнителя. Скорость подъема температуры в диапазоне обжига 200 – 600 °С не превышала 30 град/ч. Все экспериментальные круги не разрушились и не деформировались во время сушки и последующего обжига при скорости подъема температуры во время обжига 30 °С - 150 °С в час.

В результате микроскопических исследований установлено, что при содержании порообразующего наполнителя в формовочной массе в пределах 16 % после его выгорания ширина стенок между порами соответствует или меньше размерам пор. Абразивный материал приобретает при этом очень развитую губчатую структуру. Крупные поры в полученных мелкозернистых абразивных кругах заключены между стенками из абразивно-керамической массы (шлиф-зерно, цементированное связкой).

В таблице 1 представлены характеристики экспериментального круга. Твердость кругов ниже F (BM), номер структуры 13. Усадка кругов при обжиге составила 0,5 %.

Эти круги испытаны на ОАО "САЛЕО-ГОМЕЛЬ". По стойкости и режущей способности они не уступают кругам 3NQ120K8VS3 (импортным аналогам). По результатам производственных испытаний определены направления дальнейшей корректировки технологических режимов по изготовлению высокопористого прецизионного инструмента, аналогичного кругам 3NQ120K8VS3.

Таблица 1 – Структура шлифовального круга 6 60\*50\*25, изготовленного на разработанной легкоплавкой связке С10У

Содержание связки в формовочной массе, масс. %	Объем материала круга, см <sup>3</sup>	Масса круга, г	Масса абразивного зерна, г	Объем абразивного зерна		Масса связки, г	Объем связки,		Объем пор, %	№ структуры
				см <sup>3</sup>	%		г	%		
14	84,47	142,06	122,2	30,5	36,2	19,9	9,9	11,8	52,1	13

### Заключение

В процессе исследований решен комплекс технологических задач, необходимых для изготовления качественного прецизионного абразивного инструмента с высокими режущими свойствами, связанный с

использованием нового порообразующего органического наполнителя и высокопрочной легкоплавкой керамической связки. Изготовлены и испытаны в производственных условиях образцы прецизионных кругов, аналогичных по параметрам импортным IG45x10x21/M12 фирмы «Meister-Abrasives» и 3NQ120K8VS3 фирмы «Нортон». По своим эксплуатационным характеристикам они соответствуют импортным аналогам.

Разработка имеет импортозамещающий и экспорт ориентированный характер. Область применения: машиностроение, абразивное производство.

### Литература

1. Бакуль, В.Н. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента / В.Н. Бакуль. – М.: Машиностроение, 1975. – 296 с.

2. Любомудров, В.Е., Васильев Н.Н. Абразивные инструменты и их изготовление / В.Е. Любомудров, Н.Н. Васильев. – М-Л: Машгиз, 1953. – 352 с.

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