

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОСТИ АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

© 2021 Н.В. Носов, Р.Г. Гришин, Р.В. Ладягин, В.А. Родионов, Я.М. Гордиенко

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 10.06.2021

В статье были проведены исследования активной пористости АИ из СВС материалов. Установлено влияние характеристик АИ, твердости и процентного содержания Cr3C2 на пористость. Исследования позволили связать общую пористость с технологическими параметрами структуры

Ключевые слова: абразивный инструмент, пористость, связки, порообразователь, СВС материалы.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-3-77-80

ВВЕДЕНИЕ

Пористость АИ играет важную роль в процессе шлифования, от нее зависит производительность процесса и качество обработки поверхностей. Различают два вида пористости: общую C_3 и активную Π . Общую пористость чаще всего связывают с рецептурной пористостью C_3 . Активная пористость отличается от общей тем, что учитывает только объем сообщающихся между собой пор, поэтому общая пористость всегда больше активной. Однако активная пористость является более важной константой реальных АИ и в ряде стран принята за основную характеристику структуры шлифовального инструмента. Активная пористость является комплексным показателем, которая учитывает технологию изготовления АИ. В стандартах ряда стран структура АИ определяется через объем поглощенной воды в процентах к общему объему, а это ни что иное, как активная пористость. Различие общей и активной пористости связано с образованием в АИ щелевых пор, капиллярных каналов, усадочных трещин и других пустот, поэтому для изотропных АИ эти величины совпадают, а анизотропных $C_3 > \Pi$.

Общая пористость определяется согласно ГОСТ 18898-73, который предусматривает применение двух методов.

Первый основан на измерении плотности

Носов Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты».

Гришин Роман Георгиевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология машиностроения, станки и инструменты».

E-mail: tmsi@samgtu.ru

Ладягин Роман Владимирович, старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты».

Родионов Владимир Анатольевич, старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты».

Гордиенко Ярослав Михайлович, аспирант кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты».

$$C_3 = 1 - \frac{\rho}{\rho_T}, \quad (1)$$

где ρ – плотность АИ, ρ_T – плотность материала АИ (зерен и связки).

Этот метод имеет недостаток, заключающийся в сложности определения величины ρ_T . Преимущество этого метода в том, что свойства АИ при определении пористости не изменяются.

Второй метод – статистический, который разработан С.А. Салтыковым [1] и основан на количественном анализе пористости точечным, линейным и планиметрическим способами.

Активная пористость определяется методом пропитки образцов различными пропитывающими составами. Для полного заполнения пор смачивающей жидкостью пропитку осуществляют в вакууме и в условиях принудительной фильтрации жидкости через поры с последующей выдержкой в течении нескольких часов. При этом пористость определяют по формуле

$$\Pi = \frac{m_2 - m_1}{V \cdot \rho_{ж}}; \quad (2)$$

где m_2 , m_1 – соответственно массы сухого и пропитанного жидкостью образца, $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, V – объем образца.

Данный метод применим при использовании образцов правильной формы, когда нетрудно определить объем.

Наиболее точным является способ гидростатического взвешивания. Отличается от предыдущего тем, что после пропитки определяют массу образца, а пористость рассчитывают по формуле

$$\Pi = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_4}, \quad (3)$$

где m_3 и m_4 – соответственно массы образца насыщенного жидкостью на воздухе и в воде.

В качестве пропитывающих составов могут применяться вода, керосин, уайт-спирт, ртуть.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При исследовании АИ из СВС материалов на керамических связках определялась только активная пористость пропиткой абразивов керосином с последующим расчетом по формуле (2). Методика определения активной пористости приведена в ГОСТ 18898-73. В качестве образцов применялись абразивные круги из СВС материалов разных характеристик диаметром от 20 мм до 63 мм.

Исследования показали, что большое влияние на пористость оказывают характеристики АИ (зернистость, марка зерна, процентное соотношение зерен, связки и пор).

Для абразивных порошков из СВС материалов характерно наличие в составе частиц материалов, которые играют роль порообразователя. В процессе термообработки данные частицы выступают как абразивное зерно, а при повышении температуры до 1000°C разлагается и образует поровое пространство, поэтому пористость таких АИ повышается. Учитывая это, пористость будет определяться по формуле 4

$$P = 1 - \frac{(d_r)^3 \cdot \left(1 - C_3 + \frac{C_1 \cdot \alpha_{Cr_3C_2}}{100}\right)}{(d_r - 2\alpha_1 \cdot h_{0max})^3}, \quad (4)$$

где $\alpha_{Cr_3C_2}$ – процентное содержание Cr_3C_2 в абразивном порошке.

Из приведенных данных видно, что реальная пористость зависит от контактного взаимодействия зерен и связки α_1 и всегда меньше рецептурной. В реальном абразивном инструменте точечный контакт гранул при $\alpha_1 = 0$ отсутствует, поэтому необходимо определить величину коэффициента α_1 при контактном взаимодействии. Для этого были проведены экспериментальные исследования пористости АИ из СВС КР в зависимости от характеристик и технологии изготовления. Управлять пористостью АИ можно вводя в абразивный порошок в качестве порообразователя, например Cr_3C_2 , количество которого может составлять от 6 до 15%. В ряде случаев наличие Cr_3C_2 нежелательно, поэтому применяют технологию предварительного обжига абразивного порошка, после которой $\alpha_{Cr_3C_2} = 0$.

Установлено, что с повышением зернистости пористость абразивов из СВС материалов с содержанием $Cr_3C_2=0\%$ меньше рецептурной пористости C_3 . При содержании $Cr_3C_2=10\%$ пористость выше рецептурной. Анализ экспериментальных значений показал, что наличие частиц Cr_3C_2 существенно влияет на изменение пористости, которая для образцов зернистостью 6 больше, чем для 40 зернистости примерно на 3-4% , в тоже время при отсутствии частиц Cr_3C_2 , пористость не зависит от зернистости.

Механизм формирования структуры такого инструмента после прессования и термообработки следующий. До операции термообработки частицы Cr_3C_2 ведут себя аналогично абразивным зернам, образуя гранулы равного диаметра. Однако в процессе термообработки при температуре около 1000 °С Cr_3C_2 разлагается на окись хрома Cr_2O_3 и газ CO_2 . Частицы Cr_2O_3 проникают в вязкий расплав связки и легируют ее, а выделяющийся газ увеличивает канальность пор. Для подтверждения этого явления были проведены исследования геометрических параметров абразивных кругов из СВС КР на керамических связках. В качестве образцов изготавливались круги с размерами 65x20x27 и 30x10x14 из СВС материалов, в состав зерна которого целенаправленно вводили различное процентное содержание частиц Cr_3C_2 тех же размеров, что и абразивные зерна, от 2 до 20% к объемному содержанию зерна. При этом были изготовлены круги 16-40 твердости СМ2..СТ1 на связке К5 разных структур 5 и 7, у которых количество абразивных зерен $V_{15}=52\%$ и $V_{17}=48\%$, т.е. отличались по 4%. Исследованиями установлено, что зернистость и твердость связки не оказывает существенного влияния на изменение геометрических размеров кругов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, установлено, что содержание частиц Cr_3C_2 в массовом объеме круга существенно влияет на геометрическую точность кругов, в тоже время в структуре круга образуется дополнительное поровое пространство и происходит процесс легирования связки и зерен высокотвердыми соединениями Cr_2O_3 ($H\mu = 2950 \text{ кг / мм}^2$). Данная технология изготовления АИ с регулируемой пористостью защищена приоритетными документами [2].

Как показали исследования [3,4], наиболее существенное влияние на пористость оказывает твердость АИ. Установлено, что для всего диапазона твердости пористость ниже рецептурной, причем, чем больше твердость, тем существенней эта разница. При увеличении номера структуры АИ пористость повышается, приближаясь к рецептурной. Это подтверждается определением пористости для абразивных кругов из электрокорундов фирмы «Нортон». Установлено, что с увеличением зернистости пористость имеет минимальное значение при зернистости 16. Несколько большее значение пористости для кругов из электрокорундов связано с более сложной формой зерен. Обработка экспериментальных данных позволила предложить математическую модель по определению активной пористости в зависимости от характеристик абразивного инструмента:

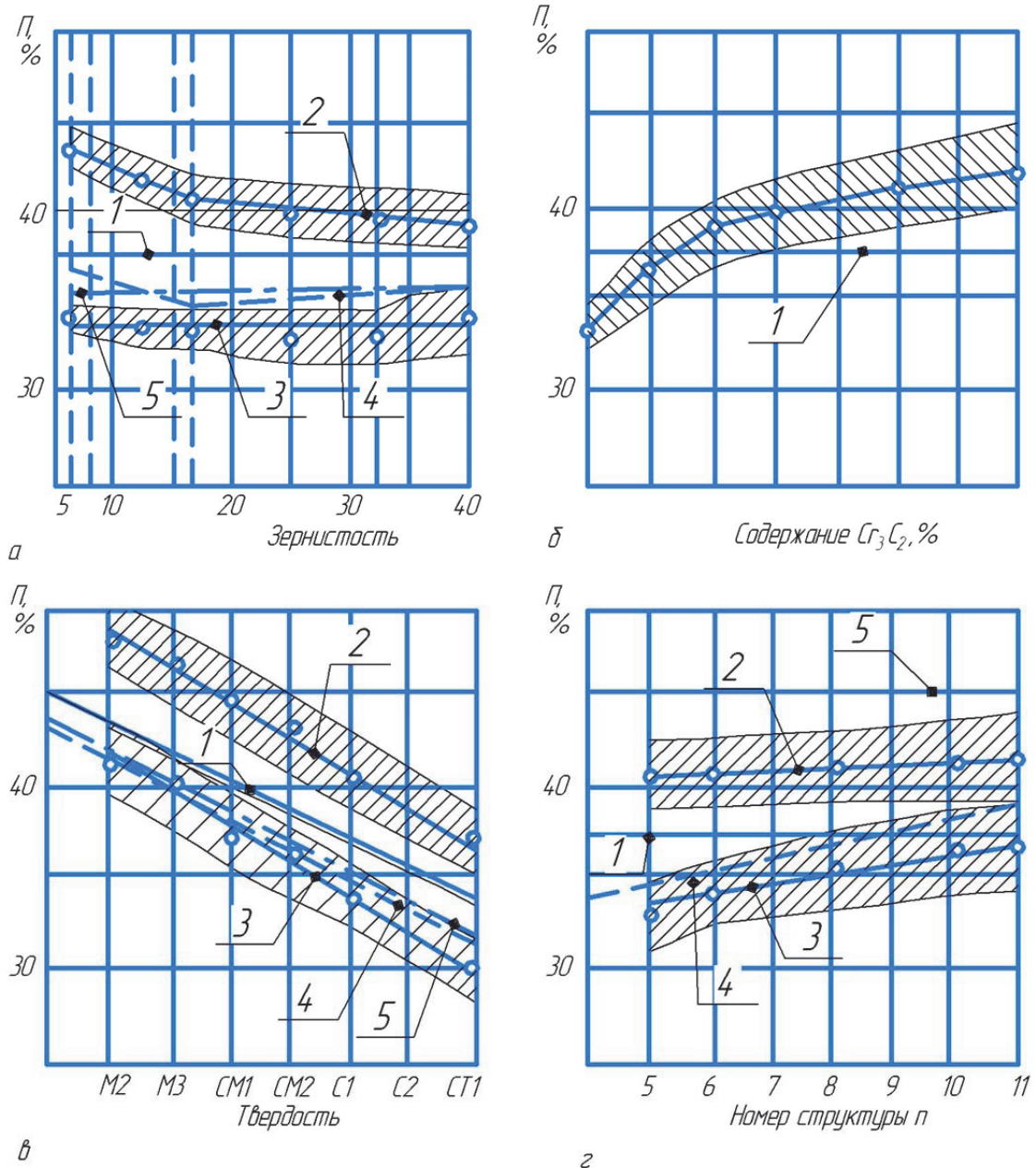


Рис. 1. Влияние характеристик АИ из СВс КР на активную пористость Π в сравнении с рецептурной пористостью C_3 (1), при содержании $\alpha_{Cr_3C_2}=6\%$ (2) $\alpha_{Cr_3C_2}=0$ (3), а также по данным [419] для АИ фирмы «Нортон» (4) и 24А (5)

$\Pi = -0.0002N_z - 1.67N_T + 2.82N_c + 32.2\%$, (5)
 где N_z , N_T и N_c – соответственно номера зернистости, твердости и структуры.

ВЫВОДЫ

Детальное изучение структуры абразивного элемента позволило связать общую пористость с технологическими параметрами структуры. Однако, для абразивного инструмента определение общей, рецептурной и активной пористости явно недостаточно, поэтому необходимо знать геометрические размеры пор, которые с одной стороны являются пространством для размеще-

ния отходов шлифования (стружка, обломки зерен и связки), а с другой стороны характеризуют способность пропускать через поровые каналы СОЖ, для охлаждения рабочей поверхности инструмента и заготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. – М.: Металлургия, 1976. – 271 с.
2. А.с. №1729850 от 22.11.1991. Шлифовальный инструмент /Филин А.Н., Носов Н.В., и др.
2. Носов Н.В. Исследование прочности и однородности зерен из СВс корунда // Надежность конструкций. – Самара, 1995. – С.65.

4. Носов Н.В., Рожнятовский А.В. Физико-механические свойства абразивных инструментов // Отделочно-упрочняющая технология в машиностроении: Сборник тезисов докладов международной научно-техн. конф., ИТОМ СНГ, ИТОМ РБ. Минск. 1994. Ч. 2. С. 48 - 49.

RESEARCH POROSITY OF ABRASIVE TOOLS

© 2021 N.V. Nosov, R.G. Grishin, R.V. Ladyagin, V.A. Rodionov, Ya.M. Gordienko

Samara State Technical University, Samara, Russia

In the article, studies of the active porosity of AI from SHS materials were carried out. The influence of the characteristics of AI, hardness and percentage of Cr₃C₂ on porosity has been established. Studies have made it possible to link the total porosity with the technological parameters of the structure.

Key words: abrasive tool, porosity, binders, blowing agent, SHS materials.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-3-77-80

Nikolay Nosov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanical Engineering, Machine Tools and Tools.

Roman Grishin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering, Machine Tools and Tools.

E-mail: tmsi@samgtu.ru

Roman Ladyagin, Senior Lecturer of the Department of Mechanical Engineering, Machine Tools and Tools.

Vladimir Rodionov, Senior Lecturer of the Department of Mechanical Engineering, Machine Tools and Tools.

Yaroslav Gordienko, Postgraduate Student of the Department of Mechanical Engineering, Machine Tools and Tools.