

Сравнительный прочностной анализ алмазных сегментов канатных камнерезных станков

А.А. Пецык, аспирант кафедры горного оборудования, транспорта и машиностроения,
М.В. Секретов, канд. техн. наук, доцент кафедры горного оборудования, транспорта и машиностроения,
С.Г. Губанов, канд. техн. наук, доцент кафедры горного оборудования, транспорта и машиностроения

Введение

В современной индустрии обработки материалов канатные камнерезные станки с алмазными сегментами играют важнейшую роль в повышении производительности и обеспечении качественного реза. Однако сложность выбора подходящих алмазных сегментов для этих станков, несомненно, требует глубокого понимания их прочностных свойств. В данной статье мы предпринимает попытку провести сравнительный анализ прочности алмазных сегментов, освещая разнообразные аспекты их конструкции, использованных материалов и технологических процессов [1–8]. Путем анализа таких важных факторов, как износо-

стойкость, стойкость к разрушению и эффективность резания, мы стараемся выделить ключевые особенности и преимущества различных типов алмазных сегментов, призванные помочь специалистам в принятии осознанных решений при выборе оборудования для своих производственных потребностей.

Выбор подходящей расчетной схемы в прочностном анализе алмазных сегментов канатных камнерезных станков имеет решающее значение для достоверности полученных результатов и правильного понимания поведения материала в процессе эксплуатации. Важно учитывать особенности работы оборудования, его конструкцию, условия нагрузок

Сравнительный прочностной анализ алмазных сегментов канатных камнерезных станков

А.А. Пецык, аспирант кафедры горного оборудования, транспорта и машиностроения;
<https://orcid.org/0000-0002-0289-1850>, petsyk.aa@misis.ru
М.В. Секретов, канд. техн. наук, доцент кафедры горного оборудования, транспорта и машиностроения;
<https://orcid.org/0000-0003-1356-4545>, mv.sekretov@misis.ru
С.Г. Губанов, канд. техн. наук, доцент кафедры горного оборудования, транспорта и машиностроения;
<https://orcid.org/0000-0002-0478-9032>, sg.gubanov@misis.ru
Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация: В статье рассмотрены различные формы алмазных сегментов камнерезных станков. Целью исследования являются способы повышения устойчивости к истиранию алмазных сегментов, снижение вибрационной нагрузки и повышение эффективности распиловки. Проанализированы условия, в которых работают камнерезные станки, а также способы повышения работоспособности алмазных сегментов за счёт изменения формы. Проведён расчёт нагрузок, возникающих при работе алмазных сегментов, результаты подтверждены на экспериментальной установке. Рассмотрена исходная форма и обнаружены напряжения, превышающие параметры материала. С целью снижения напряжения смоделирован алмазный сегмент со скруглёнными краями. Также рассмотрены сегменты со скошенными краями и конической формы. По результатам эксперимента получено, что одной из перспективных форм является форма со скруглёнными краями.

Ключевые слова: алмазные сегменты, канатный камнерезный станок, распиловка камня, канатные пилы, истирание, максимальные напряжения, прочностной анализ

A comparative strength analysis of diamond cable segments for stone cutting machines

A.A. Petsyk, post-graduate student, Department of Mining Equipment, Transportation and Mechanical Engineering;
<https://orcid.org/0000-0002-0289-1850>, petsyk.aa@misis.ru
M.V. Sekretov, Cand. Sci. (Eng.), Ass.Prof., Department of Mining Equipment, Transportation and Mechanical Engineering;
<https://orcid.org/0000-0003-1356-4545>, mv.sekretov@misis.ru
S.G. Gubanov, Cand. Sci. (Eng.), Ass.Prof., Department of Mining Equipment, Transportation and Mechanical Engineering;
<https://orcid.org/0000-0002-0478-9032>, sg.gubanov@misis.ru
National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russian Federation

Abstract: The paper discusses the different shapes of diamond segments for stone cutting machines. The purpose of this research is to find ways to improve the abrasion resistance of the diamond segments, reduce the vibration load and increase the cutting efficiency. The operating conditions of stone-cutting machines are analysed, as well as the ways of increasing the efficiency of diamond segments by changing their shape. A calculation of the loads arising during operation of the diamond segments is made, and the results are verified using an experimental setup. The initial shape is analysed and the stresses that exceed the material parameters are found. In order to reduce the stresses, a diamond segment with rounded edges is simulated. Segments with bevelled edges and conical shape are also considered. Based on the experimental results, it is found that one of the promising shapes is that with rounded edges.

Keywords: diamond segments, cable stone cutting machine, stone cutting, cable saws, abrasion, maximum stresses, strength analysis

и другие факторы, которые могут оказать влияние на деформации и напряжения в сегментах [10–13]. Например, в случае канатных камерезных станков, где основная нагрузка приходится на кромку алмазного сегмента, важно выбрать расчетную схему, которая адекватно учитывает этот факт. Метод конечных элементов позволяет моделировать сложные геометрии и условия нагрузок, что позволяет более точно предсказать поведение материала. Правильный выбор расчетной схемы влияет на качество анализа, точность прогнозирования поведения материала в процессе эксплуатации и, как следствие, помогает оптимизировать конструкцию алмазных сегментов для повышения их производительности и долговечности [9, 14–16].

Разработка расчётной схемы для проведения анализа

Для проведения сравнительного анализа создаём цифровую модель системы «алмазная канатная пила карьерной распиловочной машины – распиливаемый монолит».

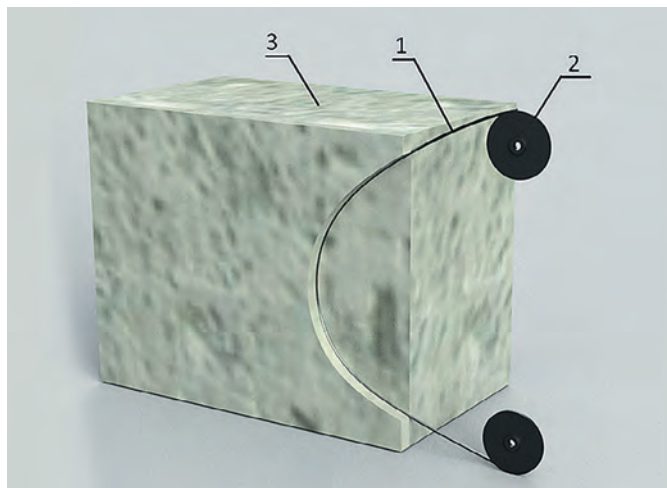


Рис. 1. Модель системы «алмазная канатная пила карьерной распиловочной машины – распиливаемый монолит»:
 1 – пила; 2 – направляющий шкив; 3 – распиливаемый блок

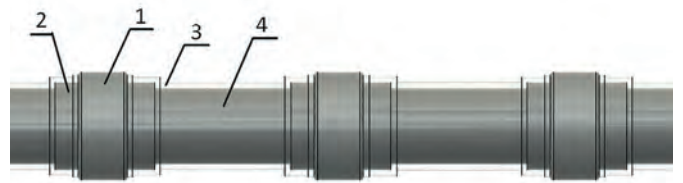


Рис. 2 Модель алмазной канатной пилы:
 1 – алмазный слой;
 2 – втулка;
 3 – промежуточная вставка;
 4 – витой канат

Создание цифровой модели позволяет провести симуляцию с исходными данными по натяжению каната, направленную на получение данных о нагрузках, возникающих в алмазных сегментах [17, 18].

Для расчётов также необходимо смоделировать канатную пилу. При моделировании были использованы данные о физико-механических свойствах алмазного покрытия, структуре и типе каната и материале несущих элементов.

Прочностной анализ различных форм алмазных сегментов

При проведении прочностного анализа методом конечных элементов была составлена расчётная схема, в которой одна сила прикладывается к ребру модели перпендикулярно поверхности реза, а вторая – вдоль поверхности алмазного сегмента. Такая схема расчётов имеет важное значение при проведении прочностного анализа, так как при резке камня на кромке возникают значительные усилия, в связи с тем что она непосредственно внедряется в распиливаемый блок [12, 18]. Для проведения прочностного анализа были выбраны следующие формы: базовая с острыми кромками, скруглённые кромки, конусная, бочкообразная, двухконическая.

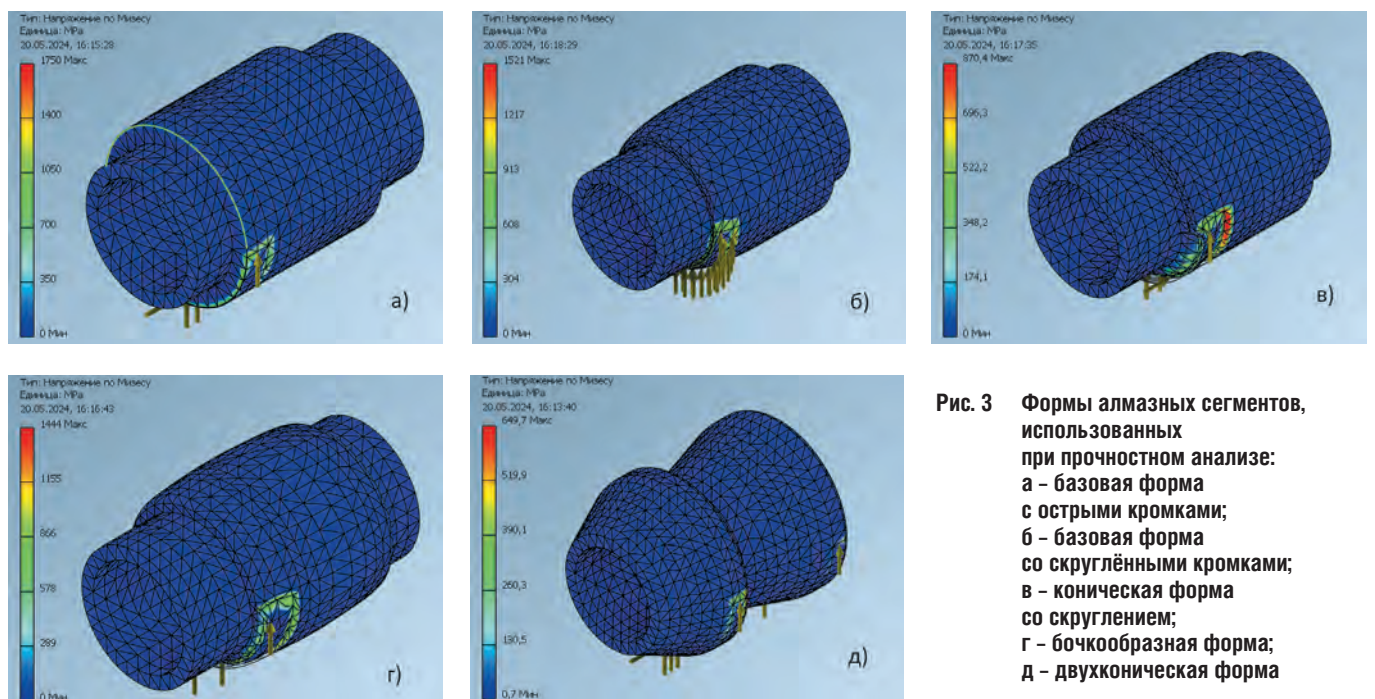


Рис. 3 Формы алмазных сегментов, использованных при прочностном анализе:
 а – базовая форма с острыми кромками;
 б – базовая форма со скруглёнными кромками;
 в – коническая форма со скруглением;
 д – двухконическая форма

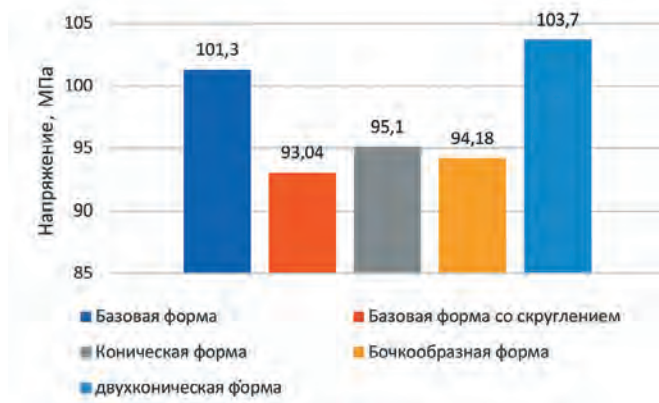


Рис. 4 Диаграмма напряжений в алмазном

По результатам эксперимента были определены максимальные значения напряжения для каждого элемента: базовая форма с острыми кромками – 101,3 МПа, базовая форма со скруглёнными кромками – 93,04 МПа, коническая форма со скруглением – 95,1 МПа, бочкообразная форма – 94,18 МПа, двухконическая форма – 103,7 МПа.

Список литературы

- Секретов М.В. Определение нагрузки на алмазно-канатную пилу камнераспиловочного оборудования / М.В. Секретов, М.Г. Рахутин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2024. – №1. – С. 133–142. – DOI 10.15372/FTPRPI20240114. – EDN WGBMRQ.
- Павлов Ю.А., Светляков А.В., Моторный Н.И. Индустрия декоративного камня: мировой уровень и перспективы развития в России // ГИАБ. – 2022. – №1. – С. 162–178. EDN: BEZQCE.
- Dassanayake A., Samarakoon A.U., Chaminda S.P., Jayawardena C.L., Kondage Y.S., and Kannangara T.T. A review on dimension stone extraction methods, Preprints, 2023. – 16 p.
- Pershin G.D., Karaulov N.G., and Ulyakov M.S. Selection of high-strength dimension stone cutting method, considering natural jointing, J. Min. Sci., 2015, Vol. 51, No.1. – P. 129–137. EDN: UZTJDD
- Першин Г.Д., Караулов Г.А., Караулов Г.А. Добыча блоков мрамора алмазно-канатными пилами. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2003. – 103 с. EDN: QMXRMJ.
- Соловьев С.В., Кузиев Д.А. Исследование жесткостных параметров привода тягового механизма драглайна ЭШ-10/70//М.: Уголь. – 2017. – №1. – С. 37–38.
- Кузиев Д.А., Пятова И.Ю., Клементьева И.Н., Пихторинский Д. Алгоритм определения максимальной мощности привода подачи карьерного бурового станка // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – №1. – С. 128–133. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-01-0-128-133.
- Клементьева И.Н., Кузиев Д.А. Современное состояние и перспективы развития конструкций карьерных комбайнов для безвзрывной послойной выемки прочных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – №2. – С. 123–128. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-123-128.
- Rasti A., Adarmanabadi H. R., and Sahlabadi M. R. Effects of controllable and uncontrollable parameters on diamond wire cutting performance using statistical analysis: a case study, Rudarsko-geološko naftni zbornik, 2021, Vol. 36, No.4. – P. 21–32.
- Konstanty J. The mechanics of sawing granite with diamond wire, Int. J. Advanced Manufacturing Technol., 2021, Vol. 116. – P. 2591–2597.
- Wu H. Wire sawing technology: a state-of-the-art review, Precision Eng., 2015. – P. 1–9.
- Gomes D., Araujo A., Marques R., Patricio J., Lopez V., and Santos R. M. Damage and failure evaluation of diamond wire for multi-wire sawing of hard stone blocks through modelling and numerical simulation, MATEC Web Conf., 2021, Vol. 349. – 04001.
- Wang L.-L., Pei Y.-C., Zhang H., Wang B., Liu Q.-J., Wang D.-X., Wang B.-H., and Sui W.-C. An improved normal sawing force model with spherical abrasive particles for ultrasonic assisted inner diameter sawing, Preprint, 2022, Vol. 24. – P. 1–24. EDN: VLDPUU
- Картавий Н.Г., Сычев Ю.И., Волуев И.В. Оборудование для производства облицовочных материалов из природного камня. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
- Liang H., Feng J., Liu J., Zhang S., and Mao G. Analysis of adaptive adjustment mechanism for diamond beaded rope of wire saw, Sci. Advanced Materials, 2022, Vol. 14, No.11. – P. 1756–1769.
- Ahn S.K. Framework for investigating wire saw rock cutting, Int. J. Mach. Tools and Manufacture, Vol. 155. – 103581.
- Губанов С.Г. Анализ динамических нагрузок в приводе вертикальной подачи штрипсового станка / С.Г. Губанов, В.В. Секретов, М.В. Секретов // Горное оборудование и электромеханика. – 2014. – №3(100). – С. 32–36. – EDN RYECEx.
- Губанов С.Г. Выбор рациональных форм зубьев рабочего инструмента бурильных машин ударного действия / С.Г. Губанов, М.В. Секретов // Велес. – 2019. – №4(70). – С. 73–80. – EDN ZTISZV.

Согласно результатам проведенного прочностного анализа можно сделать вывод, что наиболее подходящей формой алмазных сегментов для применения при распиловке камня является форма со скруглёнными кромками.

Заключение

В ходе проведенного исследования был выполнен сравнительный анализ прочности алмазных сегментов канатных камнерезных станков, позволяющий оценить их эффективность и потенциальное применение в различных условиях работы. Использование цифровой модели и метода конечных элементов позволило получить данные о нагрузках, возникающих в алмазных сегментах в процессе распиливания материала. В результате эксперимента были выявлены максимальные значения напряжений для различных форм алмазных сегментов [15, 16]. Дальнейшие исследования в этой области могут сосредоточиться на оптимизации конструкции алмазных сегментов для повышения их прочности и долговечности при различных режимах резания.