

УДК 666.6.544.016.2

https://doi.org/10.33619/2414-2948/82/46

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАВЛЕННОГО БАЗАЛЬТА

- ©*Айдаралиев Ж. К.*, ORCID: 0000-0002-1100-3237, канд. техн. наук, Кыргызский государственный университет строительства транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, г. Бишкек, Кыргызстан, janlem@mail.ru
- ©*Жолдошова Ч. К.*, ORCID: 0000-0002-6877-9861, Ошский технологический университет им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан, Joldoshova_ch@mail.ru
- ©*Абдыкалык кызы Ж.*, ORCID: 0000-0003-4958-1240, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, Gold_chingiz@mail.ru
- ©*Атырова Р. С.*, ORCID: 0000-0002-1633-8482, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, rakhat.ars@gmail.com

PHYSICO MECHANICAL CHARACTERISTICS OF BASALT MELT

- ©*Aidaraliev Z.*, ORCID: 0000-0002-1100-3237, Ph.D., Kyrgyz State University Construction, Transport and Architecture, Bishkek, Kyrgyzstan, janlem@mail.ru
- ©*Zholdoshova Ch.*, ORCID: 0000-0002-6877-9861, Osh Technological University named after M. M. Adysheva, Osh, Kyrgyzstan, Joldoshova_ch@mail.ru
- ©*Abdykalyk kzy Zh.*, ORCID: 0000-0003-4958-1240, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, Gold_chingiz@mail.ru
- ©*Atyrova R.*, ORCID: 0000-0002-1633-8482, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, rakhat.ars@gmail.com

Аннотация. Актуальность: знание механических характеристик петругических изделий, позволяет использовать их наиболее эффективно в различных отраслях промышленности. При конкретном применении каменного литья не все технические, физические и химические свойства требуются одновременно. Цели исследования: определение физико механических свойств базальта для оценки способности стеклокристаллического литья и сопротивления внешнему воздействию какого-либо фактора. Материалы и методы исследования: каменное литье по сравнению с металлом, стеклом, пластмассой, бетоном обладает повышенной химической стойкостью к агрессивным средам и высокой устойчивостью к механическому абразивному истиранию, имеют хорошие диэлектрические свойства, низкое водопоглощение и высокую твердость. Эти свойства зависят от химического, минералогического состава, структуры отливки и степени закристаллизованности. Результаты исследования: порфиновая структура негативно сказывается на прочности изделия. Выводы: снижение температуры по абсолютному значению не превышает значения термического сопротивления при 90⁰С равным 210⁰С поэтому разрушения изделия не происходит. Низкая термостойкость, повышенная хрупкость, слабая устойчивость к ударным нагрузкам, низкая прочность на изгиб и растяжение накладывает особые условия на эксплуатацию изделий.

Abstract. Research relevance: knowledge of mechanical characteristics of petrified products allows to use them most effectively in various industries. In specific application of stone casting, all technical, physical and chemical properties are required at the same time. Research objectives: determination of physical and mechanical properties of basalt in assessment of ability of glass-ceramic casting and resistance to external influence of any factor. Research materials and methods: stone casting, compared with metal, glass, plastic, concrete, has increased chemical resistance to

aggressive environments and high resistance to mechanical abrasion, has good dielectric properties, low water absorption and high hardness. These properties depend on the chemical, mineralogical composition, the structure of the casting and the degree of crystallization. Research results: the porphyry structure negatively affects the strength of product. Conclusions: the decrease in temperature in absolute value does not exceed the value of thermal resistance at 9000C equal to 2100C, therefore, the product does not break. Low heat resistance, increased brittleness, poor resistance to impact loads, low bending and tensile strength impose special conditions on the products exploitation.

Ключевые слова: каменное литье, базальт, физико механические характеристики, порфиристая структура, термическое сопротивление

Keywords: stone casting, basalt, physical and mechanical characteristics, porphyry structure, thermal resistance

Введение

Физические свойства каменного литья: плотность, объемная масса, пористость, водопоглощение и водонасыщение определяет аккредитованная лаборатория, которая руководствуется ГОСТами: ГОСТ 473.1-81 и ГОСТ 473.9-81 (<http://vsegost.com/Catalog/22/22522.shtml>).

Плотность литья — отношение высушенного до постоянной массы образца к его фактическому, не считая пор. Объемная масса литья отношение высушенного до постоянной массы образца к его объему, включая поры. Пористость литья — это отношение объемов всех пор к общему объему образца, выраженное в процентах:

$$U_n = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_y}\right) 100, \quad (1)$$

где U_n — пористость в %, ρ_0 — объемная масса г/см³, ρ_y — плотность г/см³.

Водопоглощение — способность литья поглощать и удерживать воду. В базальтовом литье она составляет 0,03%. Водонасыщение — это способность литья впитывать воду при кипячении или пониженном давлении. Химическая стойкость каменного литья одно из основных свойств. Сущность химического разрушения состоит в том, что силикатные молекулы верхнего слоя разрушаются путем взаимодействия с агрессивными химическими веществами и гидрализуются, образуемые в процессе реакции щелочи вымываются, а кремневая кислота образует защитную пленку. Устойчивость абразивному износу, является одним из главных технических свойств стеклокристаллических изделий и зависит от фазового состава, формы и размеров кристаллических зерен и структуры. Как было показано в работе [1]. Износоустойчивость растет с увеличением степени закристаллизованности литья и его твердости.

Твердость — это способность материала сопротивляться внедрению в его поверхность другого материала. Теплофизические свойства каменного литья. Каменное литье характеризуется теплоемкостью, коэффициентом термического расширения, теплопроводности и коэффициентом температуропроводности. Знание теплофизических свойств позволяет более эффективно применять литье в производственных процессах и конструировать эффективные схемы его применения по толщине, температурных режимов работы в части теплового обмена с окружающей средой. Коэффициент термического расширения выражает относительное удлинение образца, при нагревании его на один градус.

Знание температурной зависимости позволяет рассчитывать усадку и другие эксплуатационные свойства изделия. Он зависит от химического состава литья и уменьшается за счет ZrO_2 , B_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 , а окислы Na_2O , K_2O , CaO , Fe_2O_3 увеличивают коэффициент термического расширения.

$$L = L_0(1 + \rho \Delta t) \quad (2)$$

Теплопроводность выражает способность литья передавать тепло от одной своей поверхности к другой. Это дает возможность определять стойкость литья при эксплуатации в термических нагрузках, а также определять режим отжига изделий. Механизм передачи тепла зависит от фазового состава и строения. В твердых неметаллических телах передача тепла осуществляется упругими волнами и зависит от объемной массы. Пористость отливки снижает проводимость. Коэффициент температуропроводности α каменного литья определяют по уравнению:

$$\alpha * 10^3 = \frac{1.8 * \delta * \delta}{\tau_{\max}} \quad (3)$$

δ — высота испытуемого образца, мм; τ — мах-время достижения максимальной температуры.

Коэффициент теплоемкости. Удельная теплоемкость, выражает количество тепла, выраженное в калориях, необходимое для нагрева вещества на один градус Цельсия при постоянном давлении:

$$C = \frac{Q}{m(t_1 - t_2)} \text{ ккал}/(\text{кг} * \text{град}) \quad (4)$$

Базальтовое литье имеет следующий минеральный состав: моноклинный пироксен до 90%, магнетит до 15%, хромит до 2%, стекло до 15%. Ранее авторами были исследованы взаимосвязи между скоростью деформации и коэффициентом вязкости базальтового расплава в процессе волокнообразования [2].

Материалы и методы исследования

Созданная газовая плавильная лабораторная печь позволяет получать новые материалы на основе базальто-каменной шихты, которые имеют моноклинный пироксен диопсид-геденбергитового ряда. Эта группа является ведущей в составе литых каменных изделий и составляет (70-95%) всей массы отливки [3]. Разработанная конструкция печи позволяет получить твердый полиметаллический сплав при расплаве горных пород, в том числе базальта. Полученный полиметаллический сплав обладает хорошими физико-техническими характеристиками и химическим составом, позволяющими использовать его при создании высокопрочных композитов [4].

Результаты и обсуждение

Электропроводность силикатных расплавов является важным свойством. Каменное литье в расплавленном состоянии становится электропроводным с ростом температуры растет и электропроводность и зависит от фазового состава и структуры материала. В твердом состоянии литье является хорошим диэлектриком.

Мономинеральное пироксеновое литье с мелкозернистой структурой и большим коэффициентом кислотности более активно противостоит агрессивным реагентам, что отражено на графике на Рисунке 1.

Стойкость также зависит от химического, минералогического состава и количества стекловидной фазы, ее количество не должно превышать 15%. Стекловидная фаза наиболее

сильно влияет на кислотоустойчивость литья. Зависимость стойкости базальтового литья от закристаллизованности и концентрации H_2SO_4 показаны в работах [5], и на Рисунке 2. Закристаллизованность материала характеризуется количеством выделившийся кристаллической фазы, выраженной в %, к общему объему и определяется тепловыми условиями охлаждения.

Таблица 1

ФИЗИКО МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БАЗАЛЬТА

Вид литья	Плотность, г/см ³	Объемная масса, г/см ³	Пористость, %
Базальт-горнблендитовое	2.9-3.0	2.85-2.90	2.5
Базальт-доломитовое	2.9-3.0	2.85-2.90	2.5
Базальт-шлаковое	2.9	2.75	5
Светлокаменное	2.9	2.7	10
Медно-шлаковое	3.3	3.15	5
Габропоритовое	2.8-2.9	2.78	4
Термостойкое (песок+глина)	2.7	2.6	3.5
Из топливных зол	2.6-3.16	2.8-2.9	8-10
Из горелых шахтных пород	2.9-3.08	2.87-2.95	2-3
Кислотоупорная замазка	2.34	2.01	16
Горнблендитовое	2.8	2.65	5

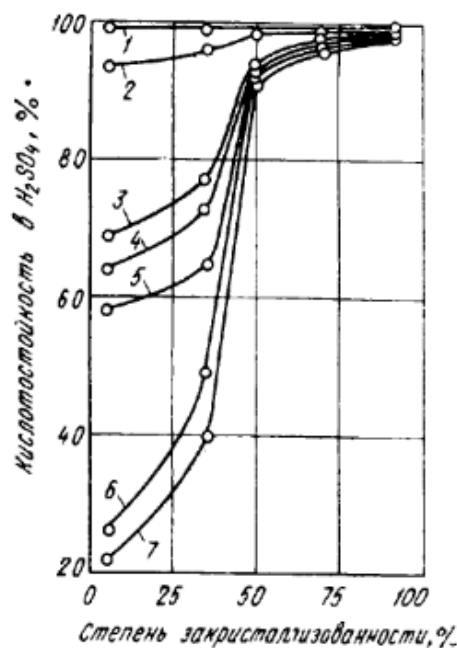


Рисунок 1. Коэффициентом кислотности мономинерального пироксенового литья с мелкозернистой структурой

Рисунок 2. Зависимость стойкости базальтового литья от степени закристаллизованности и концентрации H_2SO_4 . От воздействия серной кислоты выщелачиванию подвергаются CaO на 35%, MgO на 65%, FeO + Fe₂O₃ на 90%, Al₂O₃ на 30%. Концентрация H_2SO_4 : 1.- 98%; 2.-70%; 3.-50%; 4.-40%; 5.-30%; 6.-10%; 7.-58-7%

Анализ графика показывает, что концентрированная серная кислота 98% не реагирует на степень закристаллизованности базальтового литья. Максимальная кислотостойкость

достигается степени закристаллизованности 80-85%, максимальная механическая прочность достигается также такой степени закристаллизованности. Базальтовое литье устойчиво ко всем видам кислот, кроме плавиковой. С повышением температуры агрессивной среды, стойкость базальтового литья падает. Стеклокристаллические изделия даже постоянного состава в зависимости от режима плавления и термической обработки могут приобретать различную структуру и минеральный состав.

Максимальные значения кислотостойкости достигаются у мономинерального пироксенового литья не содержащего магнетит ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) и оливин $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$. Кислотостойкость базальтовых изделий может быть повышена путем обработки поверхности кислотой, после чего на ее поверхности образуется защитная пленка. Незначительное увеличение коэффициента истирания при степени закристаллизованности 95%, обусловлено увеличением размеров кристаллических зерен. На практике твердость определяют по шкале Мооса (Таблица 2). По этому методу имеются эталоны твердости. Для определения твердости образца его испытывают эталонными минералами до появления царапины на испытуемом минерале.

Таблица 2

ТВЕРДОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ПО ШКАЛЕ МООСА

<i>Наименование материала</i>	<i>Твердость</i>
Алмаз	10
Корунд	9
Топаз	8
Кварц	7
Полевой шпат	6
Апатит	5
Плавиковый шпат	4
Известковый шпат	3
Гипс или каменная соль	2
Тальк	1

Механические свойства каменного литья зависят от фазового состава и структуры литья, свойств расплава и режимов термообработки. Зависимость предела прочности базальтового литья от степени его закристаллизованности. Существенное влияние на прочностные показатели влияет наличие стекловидной фазы. Согласно графика прочность на сжатие и изгиб растет и достигает максимума при степени закристаллизованности 85-90%.

Максимальная прочность достигается при мелкозернистой структуре, отсутствия пор и раковин. При повышении степени закристаллизованности более 90%, структура отливки меняется. Она становится неравномерная, крупная и среднезернистая. Пироксен преобладает сферолитовой и призматической формы. Остаток стекловидная фаза располагается хаотично и не работает как цементирующая связка. На стыках кристаллических зерен возникают значительные напряжения, которые способствуют появлению микротрещин и значительной термической усадке. Наличие равномерно распределенной стекловидной фазы, сглаживает напряжения и способствует увеличению прочности.

Для определения температурной зависимости прочности базальтового литья на изгиб образец нагревают до необходимой температуры со скоростью не более 500с в час и выдерживают при этой температуре 3 часа. Далее образец нагружают на двух опорных призмах до его полного разрушения.

При любой постоянной температуре до 8500С зависимость нормальных напряжений подчиняется закону прямой линии:

$$\sigma_H = \sigma_0 + k\varepsilon \quad (5)$$

здесь σ_H — нормальное напряжение при изгибе кг/см²; σ_0 — предельное значение, при котором деформация еще не наступила; k — упругая постоянная.

Устойчивость каменного литья к разрушению от термического удара называется термостойкостью и зависит от термических напряжений и схемы их расположения в отливке, пластичности, гомогенности, пористости и времени воздействия. Термическое сопротивление определяет режим отжига изделий.

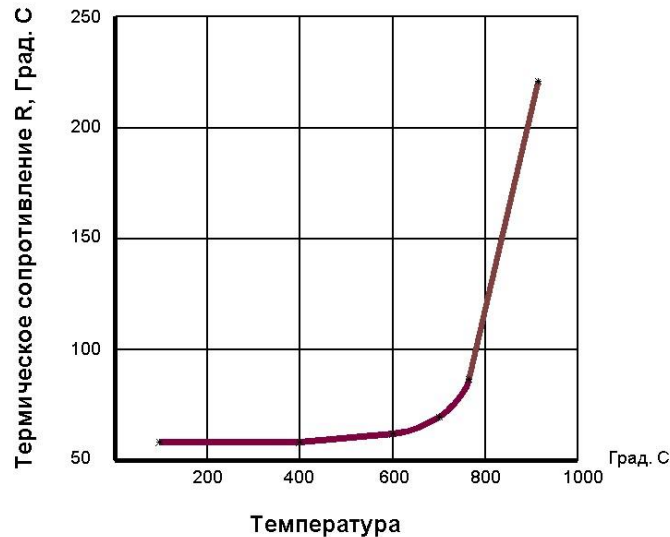


Рисунок 3. Зависимость термического сопротивления каменного литья от температуры

Форсированное снижение температуры по абсолютному значению не превышает значения термического сопротивления при 900°C равным 2100C поэтому разрушения изделия не происходит. Если при температуре отжига 90-1000C отливка будет терять более 750C, то она будет разрушаться. Следовательно, вынимать изделия из печи следует при температурах 45-50°C. На термическую стойкость влияют размеры отливок и режимы охлаждения:

$$C = \frac{q}{m(t_1 - t_2)} \text{ ккал/(кг*град)} \quad (6)$$

Скорость охлаждения отливки зависит от термической стойкости, которая определяется коэффициентом термического сопротивления и на всем этапе отжига разница между температурой отливки и отжигающей средой не должна превышать абсолютного значения величины термического сопротивления при соответствующей температуре.

Выводы

Коэффициент теплоемкости кристаллического и стекловидного базальтового литья растет с увеличением температуры. Коэффициент теплоемкости стекловидного литья подчиняется закону прямой линии. При передаче по воздуху камнелитых изделий из кристаллизационной печи в отжигательную — происходит термический удар со снижением температуры с 90⁰ до 750⁰C.

Список литературы:

1. Липовский И. Е. Исследование некоторых механических и теплофизических свойств каменного литья в зависимости от строения и температуры: Автореф. ... канд. техн. наук. Киев, 1966. 17 с.

2. Айдаралиев Ж. К., Исманов Ю. Х., Кайназаров А. Т. Влияние характеристик базальтового расплава на процесс образования волокон // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. №6. С. 15-24. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/55/02>

3. Айдаралиев А. Ж., Абдиев М. С., Касымов Т. М., Дубинин Ю. Н. Создание лабораторной плавильной печи для базальта-каменного литья // Вестник КГУСТА. 2021. №2 (72), С. 250-257.

4. Абдыкалыков А. А., Айдаралиев Ж. К., Исманов Ю. Х., Кайназаров А. Т., Абдиев М. С. Разработка конструкции печи для получения твердого полиметаллического сплава из базальтовых пород // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. №8. С. 109-113.

5. Сибилев А. И., Липовский И. Е., Дорофеев В. А., Бухавцев Н. А. Производство и применение изделий из каменного литья. Сталино: Кн. изд-во, 1960. 83 с.

References:

1. Lipovskii, I. E. (1966). Issledovanie nekotorykh mekhanicheskikh i teplofizicheskikh svoystv kamennogo lit'ya v zavisimosti ot stroeniya i temperatury: Avtoref. ... kand. tekhn. nauk. Kiev. (in Russian).

2. Aydaraliev, Zh., Ismanov, Yu., & Kainazarov, A. (2020). Influence of Characteristics of the Melted Basalt on the Process of Formation of Fibers. *Bulletin of Science and Practice*, 6(6), 15-24. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/55/02>

3. Aidaraliev, A. Zh., Abdiev, M. S., Kasymov, T. M., & Dubinin, Yu. N. (2021). Sozдание laboratornoi plavil'noi pechi dlya bazal'ta-kamennogo lit'ya. *Vestnik KGUSTA*, (2 (72)), 250-257. (in Russian).

4. Abdykalykov, A. A., Aidaraliev, Zh. K., Ismanov, Yu. Kh., Kainazarov, A. T., & Abdiev, M. S. (2019). Razrabotka konstruksii pechi dlya polucheniya tverdogo polimetallicheskogo splava iz bazal'tovykh porod. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, (8), 109-113. (in Russian).

5. Sibilev, A. I., Lipovskii, I. E., Dorofeev, V. A., & Bukhavtsev, N. A. (1960). Proizvodstvo i primenenie izdelii iz kamennogo lit'ya. Stalino. (in Russian).

Работа поступила
в редакцию 17.06.2022 г.

Принята к публикации
21.06.2022 г.

Ссылка для цитирования:

Айдаралиев Ж. К., Жолдошова Ч. К., Абдыкалык кызы Ж., Атырова Р. С. Физико-механические характеристики плавленного базальта // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. №9. С. 416-422. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/82/46>

Cite as (APA):

Aidaraliev, Z., Zholdoshova, Ch., Abdykalyk, kyzy Zh., & Atyrova, R. (2022). Physico Mechanical Characteristics of Basalt Melt. *Bulletin of Science and Practice*, 8(9), 416-422. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/82/46>