

ПАРАМЕТРЫ И УСЛОВИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Г.И. Коваль, Т.Г. Каримова

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Показано влияние состава шихты, температуры расплава, его модуля кислотности, вязкости, поверхностного натяжения, физического состояния расплава, диаметра струи расплава, расстояния от сливного лотка до валков центрифуги, минимального зазора между рабочими поверхностями валков центрифуги, их взаимного положения, окружных скоростей валков, температуры их рабочей поверхности, использования специальных физических методов воздействия на расплав, диаметра и длины волокон, качества, состава и объема связующего, степени его отверждения, способов воздействия на волокна при формировании ковра и объемной плотности минераловатных изделий на их качественные характеристики.

Ключевые слова: минераловатные изделия, параметры технологии, качество.

Повышение качества минераловатных изделий, являющихся одними из высокоэффективных теплоизоляционных строительных материалов, остается актуальной задачей.

В результате анализа результатов исследований, опубликованных в открытой печати [1–35], установлены основные взаимосвязи параметров технологии, определены условия, выявлены закономерности, обеспечивающие получение качественных минераловатных изделий.

Качество минераловатных изделий зависит от состава шихты, температуры расплава, модуля кислотности, его вязкости, поверхностного натяжения, физического состояния расплава, диаметра струи расплава, расстояния от сливного лотка до валков центрифуги, минимального зазора между рабочими поверхностями валков, их взаимного положения, окружных скоростей валков, температуры их рабочей поверхности, использования специальных физических методов воздействия на расплав, диаметра и длины волокон, качества, состава и объема связующего, степени его отверждения, способов воздействия на волокна при формировании ковра и объемной плотности.

Параметры шихты определяют модуль кислотности. Модуль кислотности M_k , в свою очередь, влияет на вязкость расплава, расход энергии, производительность процесса плавки, диаметр волокон. Снижение M_k ведет к снижению расхода энергии, повышению производительности, снижению вязкости, что, в свою очередь, приводит к уменьшению диаметра волокон и увеличению их длины.

Однако при снижении M_k снижается химическая стойкость, водостойкость и долговечность минераловатных изделий.

Для ваты высшего качества – $M_k > 1,5$.

Для ваты первой категории – $M_k > 1,2$.

Для плит повышенной жесткости и твердости – $M_k > 1,3–1,45$.

Для плит и матов, используемых в вентилируемых стеновых панелях и крышах, $M_k > 1,25–1,3$.

Для плит и матов, используемых во внутренних стенах и каркасных перегородках, $M_k > 1,2–1,25$.

При ваграночном способе плавки применение $M_k > 1,3–1,45$ требует специального обоснования, связанного с особенностями сырьевой базы или другими причинами.

ВНИИТеплоизоляции и ВНИИТеплопроектом разработаны рекомендации по составам шихты, включающим металлургические шлаки с корректирующими добавками, повышающими M_k с 0,9–1,16 до требуемых значений. Отмечается, что для ваграночной переработки оптимальным является применение однокомпонентной шихты, упрощающей технологию, снижающей температуру, повышающей производительность плавки. Известны также результаты исследований по переработке ваграночным способом двухкомпонентных шихт.

Применение металлургических шлаков при ваграночном способе повышает производительность и к.п.д. печи, но качество волокон из шлаков хуже, чем из горных пород.

Вязкость расплава и поверхностное натяжение являются основными свойствами расплава, влияющими на процесс волокнообразования, так как они определяют прочность капель расплава в процессе волокнообразования. В связи с этим при снижении вязкости расплава уменьшается диаметр волокон и увеличивается их длина. Снижение вязкости расплава достигается уменьшением его модуля кислотности и повышением температуры.

Однако вопрос о диапазоне вязкости расплава, при котором осуществляется образование волокон, остается открытым.

Интервал температуры расплава, при котором сохраняются стабильные значения вязкости, определяется химическим составом шихты. По этому признаку расплавы делятся на «длинные» и «короткие».

Использование «коротких» расплавов при соблюдении технологии позволяет получать более качественное волокно, снижает энергозатраты. При использовании «длинных» расплавов изменение параметров технологии, в особенности температуры, не отражается на качестве волокон.

Повышают вязкость – SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 .

Снижают вязкость – CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 .

Снижение поверхностного натяжения улучшает процесс волокнообразования. Высокое поверхностное натяжение способствует образованию неволоконистых включений. С уменьшением вязкости влияние поверхностного натяжения на качество волокон возрастает.

Поверхностное натяжение снижают – Cr_2O_3 , CrO_3 , V_2O_3 , WO_3 .

Поверхностное натяжение увеличивают – SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , MgO , MnO , CaO , FeO .

Снижение поверхностного натяжения возможно при применении специальных физических методов воздействия на расплав.

Температура определяет переход шихты из кристаллического состояния в жидкое, а затем из жидкого в стеклообразное и кристаллическое состояния.

При плавке многокомпонентных шихт для улучшения условий усреднения расплава и во избежание образования кристаллической фазы рекомендуется повышать температуру печи и увеличивать время нахождения расплава в вагранке. Это повышает механические свойства волокон и снижает их «разброс». Такое положение связано с отрицательным влиянием образующейся в расплаве кристаллической фазы в процессе волокнообразования.

Тепловой режим печи определяет ее производительность и влияет на качество волокон. Например, при производительности 1,1 т/ч диаметр волокна 8,9 мкм, при производительности 2,75 т/ч диаметр волокна 7,1 мкм, при производительности 3,5 т/ч диаметр волокна 6,5 мкм.

Переработка расплава в волокно осуществляется при температуре 1300–1400 °С. При получении волокна на многовалковых центрифугах температура расплава 1360–1380 °С. При снижении температуры расплава с 1375 до 1275 °С диаметр волокон увеличивается с 5,9 до 8,3 мкм. Если температура расплава на выходе из летки вагранки 1300–1350 °С, то на последних валках центрифуги она снижается до 1150–1250 °С, что ведет к появлению в волокнах кристаллических включений,

снижающих качество волокон. Прочность волокон с кристаллическими включениями на 50 % ниже прочности волокон из однородной стекловидной массы.

Установлено, что с увеличением температуры расплава качество ваты улучшается.

На диаметр волокон влияет также диаметр струи расплава, подаваемого на валки центрифуги. При уменьшении диаметра струи снижается количество неволоконистых включений. Диаметр струи 6 мм может дать диаметр волокна 2 мкм. Диаметр струи 1–1,5 мм заметно влияет на диаметр волокон, диаметр струи от 2 до 10 мм мало влияет на диаметр волокон. Большой диаметр струи ведет к большому расходу расплава. На валках образуется толстый слой расплава, приводящий к отрыву от валков сплошной жидкой пленки, превращающейся в чешуйки, «корольки». Известны рекомендации по использованию струи расплава диаметром 2–3 и 3–4 мм.

Еще больше на характер разделения струи расплава влияет ее скорость в момент соприкосновения с приемным валком центрифуги. Эта скорость зависит от расстояния между краем сливного лотка и поверхностью приемного валка. Снижение скорости (высоты свободного падения) струи ведет к уменьшению неволоконистых включений. Высота свободного падения струи должна быть не больше 100–150 мм. Увеличение этого расстояния свыше 150–250 мм приводит к полному прекращению образования волокон и разделение струи на капли, которые превращаются в «корольки».

При этом важное значение имеет положение струи по отношению к приемному валку. Место соприкосновения струи с валком должно быть расположено на линии, образующей центральный угол 30–40° с горизонталью, проведенной через ось поворота приемного валка центрифуги.

Температура поверхности валков центрифуги должна превышать 500–600 °С, что соответствует отсутствию ее свечения. Это обеспечивает прилипание расплава к поверхности валков и придание частицам расплава скорости близкой к окружной скорости валков.

В определенном интервале вязкости расплава основным параметром, влияющим на диаметр волокон, является окружная скорость валков, которая определяет начальную скорость перемещения частиц расплава при отрыве их от валков. Окружные скорости валков центрифуг отечественного производства определены на основе экспериментальных данных. Рекомендуется следующая формула для определения оптимальной окружной скорости валков центрифуги

$$V_B = 120\sqrt{D},$$

где D – диаметр валка. При этом отмечается, что, согласно экспериментальным данным, диаметр волокон обратно-пропорционален корню квадрат-

ному из окружной скорости валка или произведение окружной скорости валка и квадрата диаметра волокна есть величина постоянная.

Рекомендуется окружные скорости валков центрифуги по мере перемещения расплава от первого валка к последующим увеличивать от 15–50 м/с на первом валке и до 60–130 м/с на остальных валках.

Качество ваты также зависит от взаимного положения валков в центрифуге и расстояния между их рабочими поверхностями. С уменьшением расстояния между рабочими поверхностями валков качество ваты повышается. При этом может быть затруднено удаление ваты с валков. Этот недостаток устраняется отдувом волокон с валков воздухом или паром. Тогда это расстояние может быть доведено до 2–3 мм. Следует учитывать также увеличение диаметра валков за счет их нагрева и действия центробежных сил при их вращении. Имеются рекомендации по установке расстояния между рабочими поверхностями второго и третьего валков не более 15–20 мм, причем с уменьшением этого расстояния уменьшаются потери материала. Существующие центрифуги имеют диаметр валков до 380 мм.

На прочность изделий оказывает влияние тип и характер распределения связующего. Качество связующего во многом зависит от сроков и условий его хранения. Срок хранения связующего должен быть не более одних суток. Стабилизацию свойств связующего осуществляют добавки. С увеличением объема связующего до 6–8 % повышается прочность изделий. Далее увеличение объема связующего до 10–15 % практически не влияет на прочность изделий. Степень отверждения связующего должна быть не менее 90 %.

Известны следующие характеристики прочности волокон на разрыв в зависимости от их толщины.

Диаметр 6–8 мкм, прочность на разрыв 1500–1700 МПа.

Диаметр 12–15 мкм, прочность на разрыв 850–1300 МПа.

Диаметр 20–25 мкм, прочность на разрыв 500–750 МПа.

Наиболее прочными являются волокна диаметром не более 4 мкм.

Прочность на изгиб волокон – низкая, они хрупкие.

Наилучшими показателями характеризуется вата, средний диаметр волокон которой равен 6–7 мкм. С увеличением диаметра волокон более 8–9 мкм вата становится хрупкой и не эластичной.

Вата, состоящая из длинных волокон, обладает большей упругостью и прочностью.

Пористость ковра в камере волокноосаждения 94–97 %.

Плотность волокон равна 2500–2700 кг/м³.

Объемная масса является одним из показателей, определяющим прочность изделий. С увели-

чением объемной массы прочность изделий возрастает, но при этом в них повышаются внутренние напряжения, вызываемые упругими свойствами волокон. Это приводит к нарушению контактов между связующим и волокнами, что ведет к расслоению изделий.

Объемная масса увеличивается как за счет повышения плотности ваты, так и за счет увеличения количества вводимого связующего.

Структура изделий, определяющая положение волокон, существенно влияет на их прочность. Структура формируется при получении ковra и на стадии его деформации перед отверждением, которое фиксирует структуру.

Известны горизонтально-слоистая, вертикально-слоистая, горизонтально-вертикальная (гофрированная) и пространственная структуры. Горизонтально-слоистая структура в основном работает на поперечный изгиб. Вертикально-слоистая структура в основном работает на сжатие, ее прочность на сжатие в 3 раза выше, чем у горизонтально-слоистых структур, но она имеет низкую прочность на поперечный изгиб. Пространственное расположение волокон обеспечивает высокую прочность на сжатие и изгиб. Однако прочность на сжатие при пространственной структуре ниже, чем у изделий с вертикально-слоистой структурой. Гофрированная структура имеет в 2–2,5 раза большую прочность на сжатие, чем горизонтально-слоистая структура, обеспечивая высокую надежность изделий, но плохо работает на поперечный изгиб и растяжение. В связи с этим на наружные горизонтальные поверхности гофрированных изделий наносят упрочняющий слой. В качестве упрочняющего слоя используют вату с горизонтальной слоистостью, отходы ваты со связующим, обкладочные армирующие материалы.

Комплексное использование взаимосвязи параметров технологии на основе системных знаний условий и закономерностей, влияющих на качество минераловатных изделий с учетом конкретных условий производства, является основой для совершенствования и создания перспективных технологий производства минераловатных изделий.

Литература

1. Багров, Б.Ю. Производство теплоизоляционных материалов из отходов цветной металлургии / Б.Ю. Багров. – М.: Металлургия, 1985. – 64 с.
2. Гиберов, З.Г. Механическое оборудование предприятий для производства полимерных и теплоизоляционных изделий / З.Г. Гиберов, Е.В. Вернер. – М.: Машиностроение, 1973. – 414 с.
3. Горяйнов, К.Э. Технология производства полимерных и теплоизоляционных изделий / К.Э. Горяйнов, В.В. Коровникова. – М.: Высшая школа, 1975. – 296 с.
4. Горяйнов, К.Э. Технология теплоизоляцион-

ных материалов и изделий / К.Э. Горяйнов, С.К. Горяйнова. – М.: Стройиздат, 1982. – 376 с.

5. Киреева, Ю.И. Строительные материалы: учеб. пособие / Ю.И. Киреева. – Минск: Новое знание, 2005. – 400 с.

6. Минераловатные утеплители / под ред. И.А. Гервидса. – М.: Госстройиздат, 1963. – 199 с.

7. Основин, В.Н. Справочник по строительным материалам и изделиям / В.Н. Основин. – Ростов н/Д.: Феникс, 2005. – 443 с.

8. Попов, К.Н. Строительные материалы и изделия / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2001. – 346 с.

9. Строительные материалы: учеб.-справ. пособие / Г.А. Айрапетов, О.К. Безродный, А.Л. Жолобов и др.; под ред. Г.В. Несветаева. – Ростов н/Д.: Феникс, 2005. – 608 с.

10. Сухарев, М.Ф. Производство теплоизоляционных материалов / М.Ф. Сухарев, И.Л. Майзель, В.Г. Сандлер. – М.: Высшая школа, 1981. – 231 с.

11. Тобольский, Г.Ф. Минераловатные утеплители и их применение в условиях сурового климата / Г.Ф. Тобольский, Ю.Л. Бобров. – Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1981. – 176 с.

12. Штром, В.В. Машины оборудование для производства теплоизоляционных материалов и изделий / В.В. Штром. – М.: Машгиз, 1962. – 133 с.

13. Бобров, Ю.Л. Долговечность теплоизоляционных минераловатных материалов / Ю.Л. Бобров. – М.: Стройиздат, 1987. – 168 с.

14. Вагапова, Р.В. О структуре расплавов для получения минеральной ваты / Р.В. Вагапова // Производство теплоизоляционных материалов и изделий: сб. науч. тр. ВНИИПИТеплопроект. – М., 1969. – С. 3–9.

15. Зайцева, Л.И. О влиянии окружной скорости на толщину минераловатного волокна при центробежно-валковом способе производства / Л.И. Зайцева // Производство теплоизоляционных материалов и изделий: сб. тр. ВНИИПИТеплопроект. – М., 1969. – С. 10–11.

16. Горлов, Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий: учеб. для вузов по специальности «Производство строительных изделий и конструкций» / Ю.П. Горлов. – М.: Высшая школа, 1989. – 384 с.

17. Лебедева, Г.А. Исследование технологических свойств горных пород Карелии как сырья для производства минеральной ваты / Г.А. Лебедева // Стекло и керамика. – 2007. – № 10. – С. 26–28.

18. Софронов, В.С. Выбор оптимальных конструктивных и технологических параметров центробежно-дутьевого способа волокнообразования / В.С. Софронов, В.М. Попов // Труды Харьковского института инженеров железнодорожного транспорта. – 1965. – Вып. 73. – С. 89.

19. Шеремет, А.Г. Современные теплоизоляционные материалы / А.Г. Шеремет // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. – 2005. – № 7. – С. 18–19.

20. Тобольский, Г.Ф. Минеральная вата и изделия из нее / Г.Ф. Тобольский. – Челябинск, 1968. – 235 с.

21. Гурьев, В.В. Тепловая изоляция в промышленности / В.В. Гурьев. – М.: Стройиздат, 2003. – 415 с.

22. Вельсовский, В.Н. Минераловатные утеплители / В.Н. Вельсовский, И.А. Еремин, Н.Н. Кальянов. – М.: Гос. изд-во литературы по строительству, 1963. – 197 с.

23. Китайцев, В.А. Технология теплоизоляционных материалов: учеб. для вузов по специальности «Производство строительных изделий и конструкций» / В.А. Китайцев. – М.: Стройиздат, 1970. – 384 с.

24. Получение минеральной ваты способом вертикального центрифугирования / А.П. Соляровский, В.А. Андреев, М.Р. Смородинский, Э.А. Родов // Строительные материалы. – 1960. – № 12.

25. Кореньков, С.Ф. Основные направления улучшения теплофизических свойств минеральных волокон и материалов на их основе / С.Ф. Кореньков // Кровельные и изоляционные материалы. – 2007. – № 1. – С. 66–67.

26. Пономарев, В.Б. Теплоизоляционные материалы на основе базальтовых волокон / В.Б. Пономарев // Кровельные и изоляционные материалы. – 2006. – № 1. – С. 30–33.

27. Состав и физико-химические свойства стекловидных волокон на основе базальта / А.М. Батанова, Е.И. Граменицкий, А.Н. Земцов и др. // Труды международной научно-практической конференции «Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее». – М., 2003. – Т. 3. – С. 243–248.

28. Гурьев, В.В. Получение супертонких волокон из базальтовых расплавов в акустическом поле большой интенсивности / В.В. Гурьев // Базальтовые материалы. – М.: Информконверсия, 2000. – С. 35–42.

29. Гурьев, В.В. Влияние технологии получения базальтовых волокон на их механические свойства / В.В. Гурьев // Бетон и керамика. – 2001. – № 2.

30. Пат. 2152489 Российская Федерация, МПК⁷ E04B1/78, B65B27/12, D04H1/70, E04C2/16, B32B1/08, B28B1/52. Способ изготовления отвержденного нетканного полотна из минерального волокна и устройство для его осуществления / Л.И. Нергор, К. Брандт, И. Криланд. – № 96117383/03; заявл. 27.01.1995; опубл. 10.07.2000. – 40 с.

31. Пат. 2362672 Российская Федерация, МПК⁷ E04B1/74, B28B1/52. Способ производства минераловатных плит / Г.И. Коваль, В.Г. Дреммин,

Обзорные статьи

Т.Г. Каримова. – № 2008101235/03; заявл. 09.01.2008; опубл. 27.07.2009. – 6 с.

32. Пат. 23512457 Российская Федерация, МПК⁷ E04B1/74, B28B1/52. Способ производства минераловатных изделий / Г.И. Коваль, Т.Г. Каримова. – № 2008100834/03; заявл. 09.01.2008; опубл. 20.04.2009. – 7 с.

33. Пат. 2364503 Российская Федерация, МПК⁷ E04B1/74, B28B1/52. Способ производства многослойных минераловатных изделий / Г.И. Коваль, Т.Г. Каримова. – № 2008104273/03; заявл. 04.02.2008; опубл. 20.08.2009. – 5 с.

34. Пат. 2356729 Российская Федерация, МПК⁷ E04B1/74, B28B1/52. Способ производства многослойных минераловатных изделий / Г.И. Коваль, Т.Г. Каримова. – № 2008104270/03; заявл. 04.02.2008; опубл. 27.04.2009. – 5 с.

35. Пат. 2353513 Российская Федерация, МПК⁷ E04B1/74, B28B1/52. Способ производства минераловатных изделий с комбинированной структурой / Г.И. Коваль, Т.Г. Каримова. – № 2008104269/03; заявл. 04.02.2008; опубл. 27.05.2009. – 8 с.

Коваль Григорий Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Процессы и машины обработки металлов давлением», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск); Koval.gi@mail.ru

Каримова Татьяна Григорьевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы, денежное обращение и кредит», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск); karimovatg@susu.ru

Поступила в редакцию 24 февраля 2017 г.

DOI: 10.14529/build170309

PARAMETERS AND CONDITIONS WHICH DEFINE THE QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF MINERAL WOOL PRODUCTS

G.I. Koval, Koval.gi@mail.ru

T.G. Karimova, karimovatg@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The paper highlights the influence of charge mixture, stock temperature, its acidity index, viscosity, surface tension, physical state of the melt, the diameter of the melt jet, the distance from the overflow launder to the centrifuge rolls, the minimum gap between the working face of centrifuge rolls, their mutual position, velocity of roll periphery, the temperature of their working faces, the use of special physical methods of the exposure to the melt, the diameter and the length of fibers, the quality, composition and extent of the binder, the degree of its curing, the methods of exposure to fibers at the mat formation and the bulk density of mineral wool products on their qualitative characteristics.

Keywords: mineral wool products, technology characteristics, quality.

References

1. Bagrov B.Yu. *Proizvodstvo teploizolyatsionnykh materialov iz otkhodov tsvetnoy metallurgii* [Production of Heat-Insulating Materials from Non-Ferrous Metallurgy Wastes]. Moscow, Metallurgy Publ., 1985. 64 p.
2. Giberov Z.G., Verner E.V. *Mekhanicheskoe oborudovanie predpriyatiy dlya proizvodstva polimernykh i teploizolyatsionnykh izdeliy* [Mechanical equipment of Enterprises for the Production of Polymer and Heat-Insulating Products]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1973. 414 p.
3. Goryaynov K.E., Korovnikova V.V. *Tekhnologiya proizvodstva polimernykh i teploizolyatsionnykh izdeliy* [Technology of Production of Polymer and Heat-Insulating Products]. Moscow, High School Publ., 1975. 296 p.
4. Goryaynov K.E., Goryaynova S.K. *Tekhnologiya teploizolyatsionnykh materialov i izdeliy* [The technology of thermal insulating materials and products]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1982. 376 p.
5. Kireeva Yu.I. *Stroitel'nye materialy: uchebnoe posobie* [Building materials: Textbook]. Minsk, Novoe Znanie Publ., 2005. 400 p.

6. Vel'sovskiy V.N., Eremin I.A., Kal'yanov N.N., Gervids I.A. *Mineralovatnye utepliteli* [Mineral Wool Insulation]. Moscow, Gosstroyizdat Publ., 1963. 199 p.
7. Osnovin V.N. *Spravochnik po stroitel'nyim materialam i izdeliyam* [Handbook of Building Materials and Products]. Rostov on Don, Feniks Publ., 2005. 443 p.
8. Popov K.N., M.B. Kaddo. *Stroitel'nye materialy i izdeliya* [Building Materials and Products]. Moscow, High School Publ., 2001. 346 p.
9. Ayrapetov G.A., Bezrodnyy O.K., Zholobov A.L. *Stroitel'nye materialy: uchebno-spravochnoe posobie* [Building Materials: Teaching and Reference Manual.]. Rostov on Don, Feniks Publ., 2005. 608 p.
10. Sukharev M.F. Mayzel' I.L., Sandler V.G. *Proizvodstvo teploizolyatsionnykh materialov* [Production of Thermal Insulation Materials]. Moscow, High School Publ., 1981. 231 p.
11. Tobol'skiy G.F., Bobrov Yu.L. *Mineralovatnye utepliteli i ikh primeneniye v usloviyakh surovogo klimata* [Mineral Wool Insulation Materials and Their Use in Harsh Climate Conditions]. Leningrad, Stroyizdat Publ., 1981. 176 p.
12. Shtrom V.V. *Mashiny oborudovanie dlya proizvodstva teploizolyatsionnykh materialov i izdeliy* [Machine and Equipment for the Production of Thermal Insulating Materials and Products]. Moscow, Mashgiz Publ., 1962. 133 p.
13. Bobrov Yu.L. *Dolgovechnost' teploizolyatsionnykh mineralovatnykh materialov* [Durability of Thermal Insulation of Mineral Wool Materials]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1987. 168 p.
14. Vagapova R.V. [About the Structure of Melts for Mineral Wool] *Proizvodstvo teploizolyatsionnykh materialov i izdeliy: sb. nauch. tr. VNIIPITeploproekt* [Production of thermal insulating materials and products: Coll. of scien. pap. VNIIPITeploproekt]. Moscow, 1969, pp. 3–9. (in Russ.)
15. Zaytseva L.I. [About the influence of the peripheral speed of the thickness of the mineral wool fibers with centrifugal method of manufacturing a roller]. *Proizvodstvo teploizolyatsionnykh materialov i izdeliy: sb. tr. VNIIPITeploproekt* [Production of thermal insulating materials and products: Coll. of scien. pap. VNIIPITeploproekt]. Moscow, 1969, pp. 10–11. (in Russ.)
16. Gorlov Yu.P. *Tekhnologiya teploizolyatsionnykh i akusticheskikh materialov i izdeliy: ucheb. dlya vuzov po spetsial'nosti "Proizvodstvo stroitel'nykh izdeliy i konstruksiy"* [The Technology of Thermal Insulation and Acoustic Materials and Products: Textbook for High Schools in "Production of Construction Materials and Products"]. Moscow, High School Publ., 1989. 384 p.
17. Lebedeva G.A. [Study of Technological Properties of Rocks in Karelia as Raw Materials for Mineral Wool]. *Journal of Glass and Ceramics*, 2007, no.10, pp. 26–28. (in Russ.)
18. Sofronov V.S., Popov V.M. [Selection of Optimal Constructive and Technological Parameters of Centrifugal-Blow Method of Fiberizing]. *Trudy Khar'kovskogo in-ta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta* [Articles of the Kharkov Institute of the Railway Engineers.], 1965, iss.73, p. 89. (in Russ.)
19. Sheremet A.G. [Modern Insulation Materials] *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii 21 veka* [The Magazine "Construction materials, the Equipment, Technologies of XXI Century"], 2005, no. 7, pp. 18–19. (in Russ.)
20. Tobol'skiy G.F. *Mineral'naya vata i izdeliya iz nee* [Mineral Wool and its Products]. Chelyabinsk, 1968. 235 p.
21. Gur'ev V.V. *Teplovaya izolyatsiya v promyshlennosti* [Thermal Insulation in the Industry]. Moscow, Stroyizdat Publ., 2003. 415 p.
22. Vel'sovskiy V.N., Eremin I.A., Kal'yanov N.N. *Mineralovatnye utepliteli* [Mineral Wool Insulation]. Moscow, State Publication of Literature on Construction, 1963. 197 p.
23. Kitaytsev V.A. *Tekhnologiya teploizolyatsionnykh materialov* [The Technology of Thermal Insulating Materials]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1970. 384 p.
24. Solyarskiy A.P., Andreev V.A., Smorodinskiy M.R., Rodov E.A. [Preparation of Mineral Wool Way Vertical Centrifugation]. *Stroitel'nye materialy* [Building Materials], 1960, no. 12. (in Russ.)
25. Koren'kov S.F. [Main Directions of Improvement of Thermal Properties of Mineral Fibers and Related Materials]. *Krovel'nye i izolyatsionnye materialy* [Roofing and Insulation Materials], 2007, no. 1, pp. 66–67 (in Russ.)
26. Ponomarev V.B. [Thermal Insulation Materials Based on Basalt Fiber]. *Krovel'nye i izolyatsionnye materialy* [Roofing and Insulation Materials], 2006, no. 1, pp. 30–33. (in Russ.)
27. Batanova A.M. Gramenitskiy E.I., Zemtsov A.N. [The Composition and Physical-Chemical Properties of Glassy Fibers on the Basis of Basalt]. *Trudy mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konferentsii "Nauka i tekhnologiya silikatnykh materialov – nastoyashchee i budushchee"* [Papers of the Intern. Scientific and Practical Conference "Science and Technology of Silicate Materials – Present and Future"], 2003, vol. 3, pp. 243–248. (in Russ.)
28. Gur'ev V.V. [Getting Superthin Fibers of Basaltic Melts in the Acoustic Field of High Intensity] *V kn. "Bazal'tovye materialy"* [In Book "Basalt Materials"]. Moscow, Informkonversiya Publ., 2000, pp. 35–42. (in Russ.)

Обзорные статьи

29. Gur'ev V.V. [Influence of Technology of Basalt Fibers to their Mechanical Properties]. *Steklo i keramika* [Glass and Ceramics], 2001, no. 2. (in Russ.).

30. Nergor L.Y., Brandt K., Krinland I. *Cposob izgotovleniya otverzhdennogo netkannogo polotna iz mineral'noy volokna i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Process for the Manufacture of Non-Woven Fabric Hardened Mineral Fiber and Device for its Implementation]. Patent RF, no. 2152489, 2000.

31. Koval' G.I., Dremin V.G., Karimova T.G. *Cposob proizvodstva mineralovatnykh plit* [Process for the Production of Mineral Wool]. Patent RF, no. 2362672, 2009.

32. Koval' G.I., Karimova T.G. *Cposob proizvodstva mineralovatnykh izdeliy* [Process for the Production of Mineral Wool Products]. Patent RF, no. 23512457, 2009.

33. Koval' G.I., Karimova T.G. *Cposob proizvodstva mnogosloynnykh mineralovatnykh izdeliy* [Process for the Production of Multilayer Mineral Products]. Patent RF, no. 2364503, 2009.

34. Koval' G.I., Karimova T.G. *Cposob proizvodstva mnogosloynnykh mineralovatnykh izdeliy* [Process for the Production of Multilayer Mineral Products]. Patent RF, no. 2356729, 2009.

35. Koval' G.I., Karimova T.G. *Cposob proizvodstva mineralovatnykh izdeliy s kombinirovannoy strukturoy* [Process for the Production of Mineral Wool Products with a Combined Structure]. Patent RF, no. 2353513, 2009.

Received 24 February 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Коваль, Г.И. Параметры и условия, определяющие качественные характеристики минераловатных изделий / Г.И. Коваль, Т.Г. Каримова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2017. – Т. 17, № 3. – С. 58–64. DOI: 10.14529/build170309

FOR CITATION

Koval G.I., Karimova T.G. Parameters and Conditions which Define the Qualitative Characteristics of Mineral Wool Products. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2017, vol. 17, no. 3, pp. 58–64. (in Russ.). DOI: 10.14529/build170309