

Модификация компонентов кровельных битумных мастик СВЧ энергией

Е.О. Хозеев, Н.П. Коновалов

Иркутский национальный исследовательский технический университет

Аннотация: Обобщены возможные неблагоприятные изменения кровельных битумных мастик (КБМ) под действием внешних факторов, такие как усадка, растрескивание, старение, недостаточная адгезия и др. Показаны ограничения химической модификации КБМ и преимущества физических методов, в частности СВЧ воздействия. Систематизированы возможности применения СВЧ энергии в процессах извлечения битумной составляющей, в ходе ее дегидратации и активации, в ходе синтеза, сушки и интенсификации реакций получения модификаторов и их совмещения в битумных композициях. Выявлены перспективы применения СВЧ в процессах активации минеральных наполнителей, а также нанесения и ремонта битумных покрытий. Показано, что конформационные и межмолекулярные изменения под действием СВЧ приводят к повышению водостойкости, прочности, в сочетании с эластичностью, термо- и морозостойкости, а также долговечности КБМ.

Ключевые слова: кровельная мастика, битумная композиция, наполнитель, химическая модификация, физические методы, СВЧ, сушка, активация, граница раздела фаз, прочность, водостойкость, эластичность, адгезия.

В результате нанесения кровельных битумных мастик (КБМ) возможно возникновение ряда неблагоприятных изменений, таких как: усадка и растрескивание за счет неравномерного старения компонентов КБМ, температурного и УФ-воздействия; аллигация (формирование структур подобных коже рептилии) при недостаточном физико-химическом взаимодействии компонентов битумных материалов и их разделении под действием неблагоприятных внешних факторов; развитие плесени и микроорганизмов; отслоение в связи с недостаточной адгезией к поверхности и пр. [1].

Данные проблемы могут возникать как в связи с неправильным нанесением, эксплуатацией и ремонтом битумных кровельных материалов, так и определяться их составом и технологией получения. Особенности химических изменений при модификации КБМ за счет изменения состава композиций и технологии получения, а также влияние их на свойства материалов изучены в работах авторов данной статьи [2, 3].

Однако модификация за счет введения в состав КБМ новых компонентов ограничена их ассортиментом, особенностями взаимодействия на границе раздела битумной, полимерной, минеральной и других составляющих, возможностью создания устойчивых композиций. Также при химической модификации необходима разработка новых технико-технологических и аппаратурных решений подготовки и введения добавок, что зачастую повышает ресурсоемкость и стоимость процессов. Совокупность ограничений химической модификации КБМ делает актуальными исследования возможностей физических методов воздействия на компоненты КБМ.

В общем виде основные направления модификации КБМ представлены на рисунке 1.

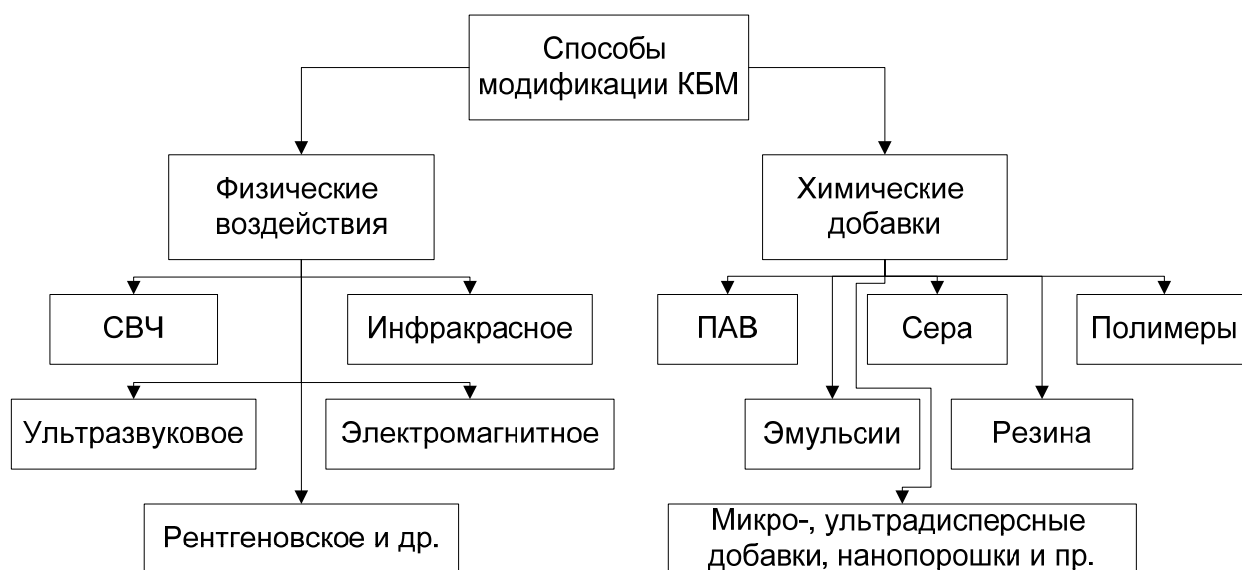


Рис.1. – Направления химической и физической модификации КБМ
(составлено автором по данным [4])

Разнообразие существующих физических методов модификации требует изучения возможностей каждого метода применительно к созданию или нанесению КБМ. Целью данной статьи является выявление перспектив сверхвысокочастотной (СВЧ) модификации компонентов КБМ, основные

преимущества которой, относительно других физических воздействий, систематизированы на рисунке 2.

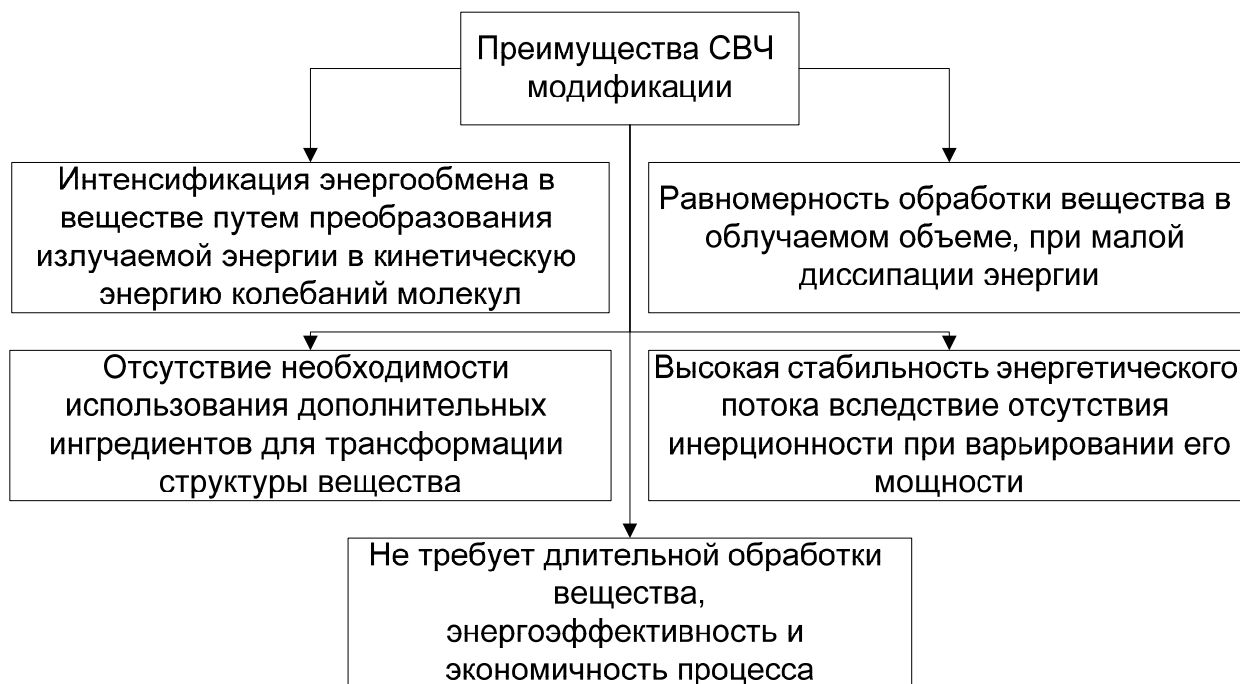


Рис.2. – Преимущества СВЧ относительно других физических воздействий (составлено автором по данным [5])

Известны примеры извлечения битумной составляющей с применением СВЧ-энергии и различных растворителей. Так, битумизированные нефтешламы могут включать значительное число компонентов органической и неорганической природы, отделение которых традиционными методами отстаивания и экстракции неэффективно. Использование СВЧ-генератора с частотой 2450 МГц и выходной мощностью 700Вт, а также керосинового и дизельного растворителя в сочетании с процессами перегонки позволяет эффективно выделить битум из органо-неорганической смеси [6]. Изменения в обрабатываемом материале при СВЧ воздействии происходят под действием метастабильных возбужденных частиц, которые передают энергию частицам обрабатываемой композиции в ее объеме [7].

Применение СВЧ воздействия возможно на различных стадиях подготовки компонентов КБМ и использования композиций. Так, в

процессах подготовки битумной составляющей, при хранении исходного битума в подземных или надземных резервуарах, где возможно его обводнение за счет доступности грунтовых вод или конденсирующейся влаги, требуется предварительное обезвоживание. При этом высокая вязкость и низкая теплопроводность битума делает неэффективным выпаривание в нагревательных котлах в режиме свободной конвекции. Альтернативой может служить быстрая и эффективная обработка СВЧ – энергией, с применением магнетрона-генератора с частотой 915 МГц. Установка, включающая модули приема, обезвоживания и выхода битума, позволяет сократить время обработки до 15 мин, взамен многочасового традиционного нагрева, без ухудшения пенетрации, температуры размягчения и растяжимости материала [8].

Аналогично, процессы сушки с применением СВЧ-воздействия используются для химических модификаторов полимерной природы, входящих в состав композиций КБМ. Известны работы, направленные на дегидратацию бутадиенов, каучуковых эмульсий, а также катализаторов, используемых в процессе получения стирол-бутадиен-стирольной составляющей КБМ [9]. Также указывается на возможность СВЧ очистки, регенерации и повышения селективности катализаторов и активации химических превращений полимеров [10].

Активация СВЧ-энергией компонентов КБМ позволяет направленно регулировать свойства конечной композиции. Так, на примере СВЧ модификации битумного вяжущего установлено изменение структуры и состава за счет разрыва межмолекулярных взаимодействий, «формирования дополнительных парамагнитных и кислотных центров, роста числа ароматических соединений. В результате таких изменений при СВЧ активации снижается поверхностное натяжение и вязкость битумного вяжущего, однако, активные центры при охлаждении системы участвуют в

формировании высокомолекулярных ассоциатов и сшивке макромолекул», что способствует росту вязкости и температуры размягчения, структурированию композиций, с одновременным повышением адгезионных свойств к обрабатываемым поверхностям и минеральным материалам [11].

Известно, что КБМ содержат составляющие различной природы, что делает необходимым получение устойчивого совмещения компонентов за счет их физико-химических взаимодействий на границе раздела фаз. В ряде исследований показано, что активация битумной составляющей позволяет формировать более устойчивое взаимодействие между полимерными и минеральными наполнителями, снижая потребность в ПАВ и повышая водостойкость, прочность, тепло-, морозостойкость, трещиностойкость и ряд других физико-механических и эксплуатационных свойств композиций. При этом регистрируется рост адгезии активированного СВЧ энергией битума к минеральным наполнителям: граниту – до 105%, шлаку – до 95%, кварцу – до 88%, известняку – до 61%, что повышает стабильность композиций и снижает вероятность раздела фаз в системе «вяжущее-минеральный наполнитель» [12, 13].

Исследования результатов СВЧ обработки полимерной составляющей гидроизоляционных покрытий показали, что снижение водопоглощения происходит посредством изменения межмолекулярных расстояний и конформационных превращений под действием СВЧ энергии. Зарегистрировано повышение термостабильности и твердости образцов с сохранением эластичности. При этом продолжительность обработки составляла не более 3 мин. На основании экспериментальных данных и моделирования процессов сконструирован ряд СВЧ установок, в том числе, позволяющих обрабатывать готовые покрытия для формирования высоких эксплуатационных качеств [5].

Минеральные наполнители в составе КБМ могут непосредственно обрабатываться СВЧ энергией для активации, лучшего дальнейшего диспергирования в полимерной фазе и инициирования взаимопроникновения фаз полимерных составляющих различной плотности [14], а также исполнять роль проводника СВЧ энергии при ремонте наполненных минеральным компонентом битумных кровель. В этом случае, на примере углесодержащих трещиноватых и дефектных битумных покрытий, показано, что уголь усиливает поглощение микроволнового излучения и нагрев в объеме композиций, вызывая высокоскоростное вращение биполярных молекул, что приводит к растеканию связующего в микротрещины, способствуя залечиванию дефектов [15].

Таким образом, выявлен широкий спектр возможностей применения СВЧ модификации в процессе синтеза и подготовки компонентов БКМ, приготовления композиций, нанесения покрытий и их ремонта. Охарактеризованы возможности СВЧ энергии в процессах: дегидратации как битумной, так и модифицирующих составляющих; ускорении реакций при получении модификаторов и композиций; очистки и регенерации катализаторов, активации компонентов композиций для создания устойчивых взаимодействий на границе раздела фаз; нанесения и ремонта покрытий. При СВЧ воздействии компоненты БКМ претерпевают трансформации конформационных и межмолекулярных образований, что сказывается на повышении водостойкости, прочности, твердости в сочетании с эластичностью, способствует расширению температурного диапазона эксплуатации и долговечности покрытий.

Литература

1. A Countdown of the 10 Most Common Roofing Problems. D.C. Taylor Co. 2015. URL: nfmt.com/orlando/pdf/CommonRoofingProblemswhitepaper.pdf.



2. Хозеев Е.О. Зависимость качества битумов строительных мастик от технологии их получения // Вестник современных исследований. 2018. №4-1(19). С. 159-162.

3. Хозеев Е.О., Коновалов Н.П. Мастики на основе полимерно-битумного вяжущего с применением отходов и минеральных наполнителей // Инженерный вестник Дона, 2018, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5094.

4. Шестаков Н.И. Модифицированный асфальтобетон с углеродными нанодобавками: Дисс. канд. техн. наук. Улан-Удэ, 2015. 132 с.

5. Абуталипова Е.М. Энергосберегающие агрегаты для повышения эксплуатационной надежности нефтегазового оборудования путем обработки полимерных покрытий физическими полями: Дисс. докт. техн. наук. Уфа, 2013. 287 с.

6. Веденькин Д.А., Фаизов И.И. Исследование процессов переработки плотного битумизированного нефтешлама с использованием СВЧ-энергии // Инженерный вестник Дона, 2016, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3636.

7. Petrie E.M. Handbook on adhesives and sealants. 2nd ed. McGraw-Hill Education, 2007. 1048 p.

8. Шинтяпкин В.В., Никулин Ю.Я. Низкотемпературная СВЧ технология обезвоживания битума // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 ч.2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1394.

9. О пользе СБС-модификации, или как выбрать надежную и долговечную кровлю // Кровельные и изоляционные материалы. 2018. №2. С. 14-16.

10. Шулаева Е.А. Моделирование процессов дегидрирования бутенов и гидрирования пиперилена в электродинамических каталитических реакторах: Дисс. канд. техн. наук. Стерлитамак, 2012. 133 с.

11. Акимов А.Е. Повышение качества асфальтобетона путем обработки битума полем сверхвысокой частоты: Дисс. канд. техн. наук. Белгород, 2010. 189 с.

12. Акимов А.Е., Ядыкина В.В., Гридчин А.М. Применение токов свч для повышения характеристик дорожных битумов // Строительные материалы. 2010. №1. С. 12-14.

13. Ядыкина В.В., Акимов А.Е., Гридчин А.М. СВЧ активация битумов как способ повышения физико-механических и эксплуатационных параметров асфальтобетона // Строительные материалы. 2010. №5. С. 20-21.

14. Вольфсон С.И. и др. Увеличение взаимодействия между каучуковой и полиолефиновой фазами в составе динамических термоэластопластов // Вестник Казанского технологического университета. 2011. №8. С. 112-115.

15. Jahanbakhsha H. et al. Induction heating and healing of carbon black modified asphalt concrete under microwave radiation. Construction and Building Materials. 2018. Vol. 174. Pp. 656-666. Doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.012.

References

1. A Countdown of the 10 Most Common Roofing Problems. D.C. Taylor Co. 2015. URL: nfmt.com/orlando/pdf/CommonRoofingProblemswhitepaper.pdf.

2. Hozeev E.O. Vestnik sovremennykh issledovaniy. 2018. No. 4-1 (19). pp. 159-162.

3. Hozeev E.O., Konovalov N.P. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018, No. 3 URL: ivdon.ru/en/magazine/archive/n3y2018/5094.

4. Shestakov N.I. Modifitsirovannyy asfal'tobeton s uglerodnymi nanodobavkami [Modified asphalt concrete with carbon nanoadditives]. PhD thesis. Ulan-Ude: SAGUTU, 2015. 132 p.

5. Abutalipova E.M. Energosberegayushchiye agregaty dlya povysheniya ekspluatatsionnoy nadezhnosti neftegazovogo oborudovaniya putem obrabotki

polimernykh pokrytiy fizicheskimi polyami [Energy-saving units for increasing the operational reliability of oil and gas equipment by treating polymer coatings with physical fields]. Doctoral thesis. Ufa, 2013. 287 p.

6. Veden'kin D.A., Faizov I.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, No. 2 URL: ivdon.ru/en/magazine/archive/n2y2016/3636.

7. Petrie E.M. Handbook on adhesives and sealants. 2nd ed. McGraw-Hill Education, 2007. 1048 p.

8. Shintyapkin V.V., Nikulin Yu.Ya. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4 p.2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1394.

9. O pol'ze SBS-modifikatsii, ili kak vybrat' nadezhnyuyu i dolgovechnuyu krovlyu [On the benefits of SBS-modification, or how to choose a reliable and durable roof]. Krovel'nyye i izolyatsionnyye materialy. 2018. No. 2. pp. 14-16.

10. Shulayeva Ye.A. Modelirovaniye protsessov degidrirovaniya butenov i gidrirovaniya piperilena v elektrodinamicheskikh kataliticheskikh reaktorakh [Modeling of the processes of dehydrogenation of butenes and hydrogenation of piperylene in electrodynamic catalytic reactors]. PhD thesis. Sterlitamak, 2012. 133 p.

11. Akimov A.Ye. Povysheniye kachestva asfal'tobetona putem obrabotki bituma polem sverkhvysokoy chastoty [Improving the quality of asphalt concrete by treating bitumen with an ultrahigh frequency field]. PhD thesis. Belgorod, 2010. 189 p.

12. Akimov A.Ye., Yadykina V.V., Gridchin A.M.. Stroitel'nyye materialy. 2010. No.1. pp. 12-14.

13. Yadykina V.V., Akimov A.Ye., Gridchin A.M. Stroitel'nyye materialy. 2010. No.5. pp. 20-21.

14. Vol'fson S.I. et al. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2011. No. 8. pp. 112-115.



15. Jahanbakhsha H. et al. Induction heating and healing of carbon black modified asphalt concrete under microwave radiation. Construction and Building Materials. 2018. Vol. 174. Pp. 656-666. Doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.012.