

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIX Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS
of the XIX International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024
Астана**

УДК 001

ББК 72

G99

«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-7697-07-5

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001

ББК 72

G99

ISBN 978-601-7697-07-5

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2024**

Секция 1.6 Техникалық физика

УДК 620.17; 620.18

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ САМОРЕГУЛИРУЮЩИХСЯ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ РТС ПОЛИМЕРОВ С НАНОДИСПЕРСНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

Нуркасимов Азат Канатович

nurkasimov@betaizol.kz

Докторант, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Научный руководитель – Каргин Джумат Бейсембекович

Введение

Для Казахстана характерны постоянные перепады температуры воздуха, а также частые снегопады и заморозки. Эти погодные факторы приводят к тому, что на поверхности зданий накапливается огромное количество снега. В результате крыши жилых и промышленных зданий из-за больших масс снега испытывают огромные нагрузки. Под действием солнечных лучей или в периоды оттепели накопленный снег начинает подтаивать, на козырьках зданий появляются огромные сосульки, и возникают периодические лавинообразные сходы снега с большой высоты. Такие сосульки исходы снега с крыш представляют реальную опасность для жителей.

Другой проблемой для Казахстана является обледенение систем водоснабжения и обледенение канализационных труб. Опыт показывает, что в таких случаях крайне сложно пытаться очистить поверхности от снега, не нанеся вреда облицовке и кровельному покрытию. Надежный и экономичный и долгосрочный способ избежать подобных негативных моментов и не допустить обледенения поверхности крыш — это использование электрических систем обогрева карнизов греющим кабелем. Эффективным решением указанных проблем может являться использование так называемых саморегулирующихся нагревательных кабелей и лент, разработанных благодаря полупроводниковым нанотехнологиям, отличительной особенностью которых является самостоятельное изменение мощности на разных участках одного и того же отрезка в зависимости от окружающей температуры. В настоящее время СНК активно используются при установке систем антиобледенения, обогреве бытовых труб, а также нефте- и газопроводов, и зачастую использование СНК становится эффективным и универсальным решением по борьбе с антиобледенением.

В области разработки и производства электропроводящими композитами наблюдается ряд проблем, связанных со сложностью технологии переработки и низкими механическими характеристиками высоконаполненных систем, плохой воспроизводимостью высоких показателей электропроводности композитов с матрицей на основе коммерчески доступных крупнотоннажных полимеров, являющихся типичными диэлектриками (собственная проводимость от 10-12 до 10-16 См/см) и высокой стоимостью наиболее эффективных электропроводных наполнителей.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности электропроводящих наполнителей является переход к нанодисперсным и гибридным системам, обеспечивающим крайне низкие перколяционные пороги по ключевым электрофизическим характеристикам, в т.ч. электро- и теплопроводности. В связи с этим исследования, направленные на разработку тепло- и электропроводных полимерных композитов на основе сочетания углеродных и керамических наноструктур являются актуальными.

Современные методы модификации полимерных композитов нанодисперсными наполнителями. Нанодисперсные и субмикронные наполнители представляют собой новое семейство материалов, отличительные особенности которых заключаются в том, что размер

их частиц настолько мал, что эффекты ограничения размеров становится значительным фактором, определяющим комплекс их свойств и, соответственно, эффективность этих материалов в роли модификатора для полимерного композиционного материала (далее - ПКМ) [1]. Обладая нано- или микродисперсностью, т.е. размерами частиц от 1 до 100 нм, рассматриваемые материалы могут иметь различную форму, кристалличность и текстуру частиц дисперсной фазы [2,3].

Благодаря размерному эффекту нанодисперсные наполнители могут обладать уникальными функциональными свойствами такими как, высокая термическая и электрическая проводимость, магнетичность и т.д. [4-8], которые могут быть реализованы при проектировании, разработке и коммерциализации широкого спектра материалов и устройств различных областей применений [9].

Обладая высокой химической активностью и избыточной энергией, а также функциональной подвижностью структуры вследствие их высокой поверхностной активности, в объеме полимера, а именно в многочисленных фазовых разделах наполнитель/полимер, возникают дисперсионные деформации, а также агрегация и флотационные плотности, что значительно влияет на стабильность системы [10-13].

Дисперсность наполнителя в полимерной матрице оказывает большое влияние на свойства полимерных материалов. Сложность обеспечивать однородность и стабильность диспергирования в полимерных матрицах, приводит к большим изменениям свойств композитов одного и того же состава, полученных с использованием различных методов или режимов совмещения компонентов [14].

Кроме того, геометрия наполнителя, такая как пластины или листовые частицы, нанотрубки или полиэдральные наночастицы, также может оказывать значительное влияние на изменения свойств, поскольку она может влиять не только на поверхностную энергетику, и отношение поверхности к объему, но и реологию связующего при получении и переработке ПКМ. Так же стоит учитывать, что силы физического взаимодействия на границах частица - полимер (особенно для полиолефинов) слабее, чем в других, более полярных веществах.

В саморегулирующихся греющих кабелях используется полупроводниковая внутренняя жила, меняющая сопротивление в зависимости от температуры окружающей температуры. Важным преимуществом такого кабеля является его надежность: он не склонен к перегреву и перегоранию даже при перехлесте его участков. Такой кабель можно нарезать на любые удобные секции, что облегчает возможности его монтажа и ремонта. Применяя саморегулирующийся кабель, можно повысить КПД обогревательной системы и всерьез сэкономить на электроэнергии.

Разработка нанокompозитов с функциональными показателями, сопоставимыми с металлами, является важным и актуальным направлением, поскольку эффективное управление тепловыми потоками и электропроводностью композитов является одним из важных факторов в создании нового поколения миниатюрной электроники, оптоэлектроники, медицинского оборудование и др. [15-18]. Обеспечение заданных значений тепло- и электрофизических показателей может быть достигнуто различными способами. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является создание композитов с углеродными наполнителями (углеродных волокон и нанотрубок, моно и полиграфенов, наносфер, нанодисперсного графита и технического углерода) [19-23].

В настоящее время для того, чтобы улучшить физические и/или электрические характеристики проводящей полимерной композиции используют два способа их модификации. Первый способ это путем облучения полимерной матрицы, что обычно является предпочтительным. Второй способ это за счет ее химического травления в кислотнo-щелочной среде или как ее называют за счет химического сшивания.

Например, модификация полиэтилена радиационным облучением это хорошо изученный процесс [24]. При воздействии ионизирующих излучений на полиэтилен происходит возбуждение и ионизация молекул, приводящие к таким химическим

изменениям в полимерах как сшивание, деполимеризация, газовыделение, появление макромолекул и др. В этих макромолекулах могут возникать свободные радикалы, которые, взаимодействуя с полимерной цепью, образуют поперечные связи (сшивание). Вместе с тем при облучении может происходить деструкция макромолекул полиэтилена с образованием летучих продуктов и молекул меньшей длины, вплоть до превращения полимера в вязкую жидкость. Эти изменения, как правило, приводят к изменению физико-механических свойств полимеров, например к снижению прочности, повышению жесткости, уменьшению светопрозрачности и т. п. [25].

На текущий момент у ученых и производителей нет единого мнения об использовании определенных оптимальных доз облучения при производстве СНК. Патентный обзор по данному вопросу показал, что композиции, проявляющие поведение РТС, которые используются в самоограничивающихся нагревателях и устройствах защиты цепи, обычно сшиваются для обеспечения того, чтобы удельное сопротивление композиции оставалось на высоком уровне, когда температура композиции повышается выше температуры переключения композиции. Общеизвестно, что РТС -проводящие полимеры чаще всего сшиваются электронным излучением, и на практике для их сшивки используют низкие дозы облучения, порядка 10-20 Мрад [26].

В некоторых случаях предлагаются создание поперечных связей при облучении с использованием более высоких доз. Так, Kohler et al. (патент США № 3,351,882) раскрывает приготовление резистора, содержащего экструдированный из расплава проводящий полимерный элемент РТС и два плоских электрода, встроенных в него, с последующим воздействием на весь резистор примерно от 50 до 100 мегарад излучения от одного до двух миллионов электрон-вольт для сшивания проводящего полимера, особенно вокруг электродов [27]. В других случаях, рекомендуется использовать дозы облучения от 20 до 45 мегарад для сшивания проводящего полимера РТС, таким образом, получая композицию, которая обладает высоким пиковым сопротивлением и поддерживает высокий уровень удельного сопротивления в расширенном диапазоне температур выше [28,29].

В тоже время, в некоторых случаях предлагается использование и более высоких доз. Автор британского патента № 1,071,032 Stephen M. Jacobs описывает облученные композиции, содержащие сополимер этилена и винилового эфира или акрилатный мономер с содержанием наполнителя в пределах 50-400 мас.%, например технический углерод, которые подвергались радиационной сшивке при дозах излучения от 2 до примерно 100 Мрад [30].

Еще одной из нерешенных проблем в области производства СНК является отсутствие каких-либо общепринятых технологий изготовления кабелей. При этом зачастую производители варьируют процессы получения кабеля как за счет встраивания электродов, имеющих значительную площадь поперечного сечения, так нанося определенные металлические сетки на поверхность проводящего полимера РТС, с последующим его радиационным сшиванием [31].

Сегодня на рынке отсутствует такой кабель с положительным ТКС, который может генерировать различную мощность при фиксированной температуре, а также соединитель, специально приспособленный для такого кабеля. Однако существуют кабели, к примеру, VLBTV от корпорации RAYCHEM, включающие в себя несколько, больше двух, электрических проводников, но функцией этих проводников является увеличение их общего поперечного сечения для нагрева или поддержания температуры на больших расстояниях при напряжениях 480 и 600 В [32].

Таким образом, анализ вышесказанного позволяет сказать, на данный момент нет определенной механизма объясняющего причины возникновения РТС эффекта, используемого при производстве СНК. Более того, нет каких-либо экспериментальных работ, направленных на комплексное исследование влияния облучения на электропроводящие свойства полимерных материалов, которые могли бы быть

использованы при поиске новых сортов электрического кабеля с более усовершенствованными техническими и эксплуатационными характеристиками.

В основном все общепринятые способы изготовления СНК были определены эмпирически, путем опытного подбора наиболее оптимальных режимов облучения, а также путем использования различных токопроводящих жил.

Таким образом, можно сказать, что в настоящее время используются три основных подходов при производстве СНК. Первое заключается в изменении электропроводящих свойств СНК за счет изменения состава полимерной матрицы. Второй способ основан на вариации используемых как самих металлов и сплавов, используемых в качестве токопроводящих жил, так и их геометрических размеров, путем изменения площади их поперечного сечения. Третий способ основан на изменении взаимного расположения токопроводящих жил внутри композита.

Одним из практических вопросов, требующих решения является потребность создания электрического кабеля с положительным температурным коэффициентом сопротивления, способный генерировать различную электрическую мощность при фиксированной температуре.

В определенной степени, решение подобной задачи описано в работе [33]. Автору работы [33] удалось получить саморегулируемый кабель с положительным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), который может генерировать различную мощность при одной температуре. Но, следует отметить, что решение проблемы свелось к использованию по меньшей мере трех электрических проводников, разделенных между собой полупроводниковым сплавом на полимерной основе с положительным ТКС, который наполнен электропроводящими частицами. Т.е. чем больше температура сплава, тем больше его электрическое сопротивление, в то время как ток через сплав стремится к нулю. Этот полимерный сплав содержит полярный полиолефин, проводящий наполнитель и матричный полимер. Полярный полиолефин, который может быть полностью или частично наполнен углеродной сажей, выбран из группы материалов, включающих в себя винилэтиленовые/винилацетатные полимеры, С1-С6 алкил этиленовые/акрилатные сополимеры или их смеси. Матричный полимер может быть выбран из поли (С1-С4 алкилен) терефталатов, полиамидов, полипропиленов, поликарбонатов, сополимеров сложных и простых полиэфиров, поли(метилметакрилатов) или их смесей. Тип полимера определяется условиями использования сплава, его способностью проявлять положительный ТКС в заданном диапазоне температур, а также с учетом механических свойств полимера, от которых зависят определенные геометрические параметры сплава и его удельные упругие деформации.

Таким образом, (омическое) электрическое сопротивление, а значит и электрическую мощность, генерируемую кабелем, можно изменять путем соединения попарно соответствующих проводников кабеля. Собственно говоря, поскольку сопротивление кабеля зависит от количества полимерного материала, разделяющего два соединенных между собой проводника, для изменения этого сопротивления достаточно соединить проводники, которые достаточно отдалены друг от друга. При подключении кабеля его электрическое сопротивление можно выбирать в зависимости от конкретной задачи путем соединения между собой соответствующих проводников: таким образом, один и тот же кабель может характеризоваться набором электрических сопротивлений, а значит генерировать различную мощность при одной и той же температуре, при этом каждый уровень мощности будет зависеть от температуры определенным образом.

В настоящее время в Казахстане активно осваивается производство промышленных марок немодифицированных полимеров [34]. Очевидно, что функциональные характеристики полимеров определяются прежде всего, их внутренней структурой и свойствами поверхностных слоев [35]. В тоже время, такие материалы характеризуются низкими значениями поверхностной энергии, слабой адгезией к различным поверхностям, что значительно ограничивает сферы их применения. Разработка новых способов

радиационного модифицирования дает возможность получить полимерные материалы широкого назначения, адгезионно-активные полимеры, ионообменные материалы, нанесенные катализаторы и другие материалы [36]. В этом отношении разработка и промышленное внедрение инновационных технологий по модифицированию базовых марок полимеров, позволяющее изменить поверхностные свойства материалов, представляется более выгодным и экономически оправданным. В этой связи, несмотря на то, что радиационная модификация полиэтилена является более-менее хорошо изученным процессом, следует отметить, что до сих пор природа физико-химических процессов, происходящих как в объеме, так и на поверхностях соприкасающихся частей композиции полимер-металл требует своего изучения [37-39].

Заключение

Проведен литературный обзор и патентный анализ существующих технологий производства электрокабельной продукции обладающей саморегулирующимся сопротивлением. Также проведен литературный обзор существующих рецептов получения электро- и теплопроводных композитов на основе полимерных матриц различной природы для производства саморегулирующихся греющих кабелей, который показал, что в Казахстане существует высокая потребность на данный вид кабеля, обусловленная отсутствием собственного производства электрического кабеля с РТС эффектом.

Планируется дальнейшее изучение других наполнителей (графен, графит), исследование температурного коэффициента сопротивления полимерной смеси и исследование частотных зависимостей проводимости композитов на основе смесей полимеров, наполненных наноструктурными углеродными наполнителями.

Список использованных источников

1. Иванов В. В., Таланов В. М. Модулярное строение наноструктур: Информационные коды и комбинаторный дизайн // Наносистемы: физика, химия, математика – 2010 – V. 1 – №1.
2. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии/ Гусев А. И. – Общество с ограниченной ответственностью Издательская фирма «Физико-математическая литература» – 2005 – 416 с.
3. Polymeric nanoparticles and microspheres/ Guiot P. – CRC press, 2018.
4. Lucky S. S., Soo K. P., Zhang Y. Nanoparticles in photodynamic therapy // Chemical Reviews – 2015 – V. 115 – №4 – P. 1990-2042.
5. Mutiso R. M., Winey K. I. Electrical properties of polymer nanocomposites containing rod-like nanofillers // Progress in Polymer Science – 2015 – V. 40 – P. 63-84.
6. Chatterjee S. et al. Size and synergy effects of nanofiller hybrids including graphene nanoplatelets and carbon nanotubes in mechanical properties of epoxy composites // Carbon – 2012 – V. 50 – №15 – P. 5380-5386.
7. Habisreutinger S. N. et al. Carbon nanotube/polymer composites as a highly stable hole collection layer in perovskite solar cells // Nano letters – 2014 – V. 14 – №10 – P. 5561-5568.
8. Alian A. R., Kundalwal S. I., Meguid S. A. Multiscale modeling of carbon nanotube epoxy composites // Polymer – 2015 – V. 70 – P. 149-160.
9. Overney G., Zhong W., Tomanek D. Structural rigidity and low frequency vibrational modes of long carbon tubules // Zeitschrift für Physik D Atoms, Molecules and Clusters – 1993 – V. 27 – №1 – P. 93-96.
10. Tans S. J. et al. Individual single-wall carbon nanotubes as quantum wires // Nature – 1997 – V. 386 – №6624 – P. 474.
11. Кондрашов Р. В. и др. Электропроводящие гибридные полимерные композиционные материалы на основе нековалентно функционализированных углеродных нанотрубок // Труды ВИАМ – 2016 – №2 (38).

12. Daniel-da-Silva A. L. et al. Impact of magnetic nanofillers in the swelling and release properties of κ -carrageenan hydrogel nanocomposites // Carbohydrate polymers – 2012 – V. 87 – №1 – P. 328-335.
13. Coiai S. et al. Nanocomposites based on thermoplastic polymers and functional nanofiller for sensor applications //Materials – 2015 – V. 8 – №6 – P. 3377-3427.
14. Putz K. W. et al. High-nanofiller-content graphene oxide–polymer nanocomposites via vacuum-assisted self-assembly //Advanced Functional Materials – 2010 – V. 20 – №19 – P. 3322-3329.
15. Fornes T. D. et al. Effect of organoclay structure on nylon 6 nanocomposite morphology and properties // Polymer – 2002 – V. 43 – №22 – P. 5915-5933.
16. Zhang D., Gökce B. Perspective of laser-prototyping nanoparticle-polymer composites //Applied Surface Science – 2017 – V. 392 – P. 991-1003.
17. Porel S. et al. Nanoparticle-embedded polymer: in situ synthesis, free-standing films with highly monodisperse silver nanoparticles and optical limiting //Chemistry of Materials – 2005 – V. 17 – №1 – P. 9-12.
18. Чвалун Р. Н. и др. Полимер-силикатные нанокомпозиты: физико-химические аспекты синтеза полимеризацией in situ //Российский химический журнал – 2008 – V. 52 – №5 – P. 52-58.
19. Shtein M. et al. Thermally conductive graphene-polymer composites: size, percolation, and synergy effects // Chemistry of Materials – 2015 – V. 27 – №6 – P. 2100-2106.
20. Яковлев Е. А. и др. Исследование влияния функционализированных многостенных углеродных нанотрубок на электропроводность и механические характеристики эпоксидных композитов //Вестник Томского государственного университета. Химия – 2016 – №3 (5).
21. Che J., Cagin T., Goddard W. A. III Thermal conductivity of carbon nanotubes// Nanotechnology – 2000 – V. 11 – №2 – P. 65.
22. Khodadadi J. M., Fan L., Babaei H. Thermal conductivity enhancement of nanostructure-based colloidal suspensions utilized as phase change materials for thermal energy storage: a review//Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2013 – V. 24 – P. 418-444.
23. Жангозин К.Н., Жанабергенов Т.К., Каргин Д.Б. О новом методе получения порошкового графена// Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия: Физика. Астрономия, 2021, том 136, №3, стр.8-16.
24. Ассоциации кабельных заводов Казахстана предлагает набор нетарифных мер. — URL: https://www.elektrokabel.ru/news/assotsiatsii_kabelnyih_zavodov_kazahstana
25. Облучение полиэтилена в технике/Князев В.К., Сидоров Н.А.-М.,Химия,1974-430 с.
26. Действие ионизирующих излучений на природные и синтетические полимеры/ Бовой Ф.- М., Издатинлит, 1959- 295 с.
27. Radiation cross-linking of ptc conductive polymers— URL: <https://patents.google.com/patent/EP0063440B1/pt> EP 0 063 440 B1, 1989.
28. Resistance element— URL: <https://patents.google.com/patent/US3243753A/en>.
29. Conductive polymer compositions— URL: <https://patents.justia.com/patent/4935156>.
30. Method of making a PTC conductive polymer electrical device—URL: <https://patents.google.com/patent/US4845838A/en>
31. Electrical device comprising a PTC Conductive polymer — URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/2e/b3/03/174be0c1f59981/US5227946.pdf>.
32. Plastic resistance elements and methods for making same URL: <https://patents.google.com/patent/US3351882A/en>.
33. Electrical heaters URL: <https://patents.google.com/patent/EP0270370B1/en?q=~patent%2fUS5140297A>.
34. Саморегулируемый кабель, характеризующийся положительным ткс и генерирующий различную электрическую мощность, соединитель для такого кабеля,

- устройство, содержащее такие кабель и соединитель, и применение указанного устройства URL:<https://patents.google.com/patent/RU2450494C2/ru>.
35. Поверхностная модификация полимеров/ Назаров В.Г. – М.: МГУП, 2008. – 474 с.
 36. Корольков И.В., Боргеков Д.Б, Талтенов А.А., Здоровец М.В. Модификация поверхности ПЭТФ ТМ путем термоинициированной прививочной полимеризации акриловой кислоты // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. — 2013. — №6. — С.311-320.
 37. Composite High-k Films Based on Polyethylene Filled with Electric Arc Furnace Dust and MWCNT with Permittivity Synergetic Effect / I. Burmistrov, N. Kiselev, T. Khaydarov, B. Khaydarov, E. Kolesnikov, V. Ovchinnikov, E. Volnyanko, M. Suyasova, M. Vikulova, N. Gorshkov, D. Kuznetsov, P.O. Offor // Coatings 2023, 13(4), 672; <https://doi.org/10.3390/coatings13040672>.
 38. Structural Features and Water Resistance of Glass–Matrix Composites in a System of RNO3-KHSO4-P2O5 Containing Different Additives / A. Gorokhovskiy, I. Burmistrov, D. Kuznetsov, A. Gusev, B. Khaydarov, N. Kiselev, E. Boychenko, E. Kolesnikov, K. Prokopovich Micromachines 2023, 14(4), 851; <https://doi.org/10.3390/mi14040851>.
 39. Glass-Ceramic Protective Coatings Based on Metallurgical Slag / A.V. Gorokhovskiy, G.Yu. Yurkov, I. N. Burmistrov, A. F. Villalpando-Reyna, D. V. Kuznetsov, A. A. Gusev, B. B. Khaidarov, Y. V. Konyukhov, O. V. Zakharova, N.V. Kiselev//Coatings 2023, 13(2), 269; <https://doi.org/10.3390/coatings1302026>.

УДК: 537.521

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОДАЧИ ПРОВОЛОКИ СВЕРХЗВУКОВОЙ ДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ НА ПОРИСТОСТЬ И КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ПОКРЫТИЙ ИЗ СТАЛИ МАРКИ 30ХГСА

Шынарбек Айбек Бақытжанұлы*, Жасұлан Айнұр Жасұланқызы, Орманбеков Куаныш Даулетович, Бақыт Жанел Әділжанқызы, Кусаинов Ринат Кенжеевич, Степанова Ольга Александровна.

e-mail: aibeek-99@list.ru*

НАО «Университет имени Шакарима города Семей» Научный центр «Модификация поверхности материалов», Семей, Казахстан
Научный руководитель – к.т.н.: Ибрагимов Н.К.

Аннотация. Среди различных методов термического напыления широко используется дуговое напыление из-за его низких эксплуатационных затрат и высокой эффективности осаждения. В исследовании конкретно рассматриваются характеристики пористости и анализ коррозии, микроструктура покрытий на основе железа, напыленных сверхзвуковой дуговой металлизацией, с целью понимания закономерности влияния параметров в зависимости от скорости подачи проволоки. Работоспособность покрытий на основе железа зависит от целостности структуры покрытия. Оптимизация параметров дугового напыления позволяет минимизировать дефекты (поры, границы зерен, нерасплавленные частицы, оксиды и микротрещины), ухудшающие свойства покрытия. При высоком уровне тока микроструктура покрытий становится более плотным и размер частиц уменьшается, также средний размер пор уменьшается. При увеличении скорости подачи проволоки значение силы тока увеличивается, что приводит к выделению большей тепловой энергии на электрической дуге для плавления проволоки и соответственно способствует образованию плотных покрытий с низкой пористостью.

Ключевые слова: электродуговая металлизация, проволока, покрытие, сталь, структура, коррозия, мартенсит, проволока стальная наплавочная, покрытие из стальной проволоки.