

газа, разделение фаз, электроспиннинг, выщелачивание порошена, волоконная сетка, быстрое прототипирование и сублимационная сушка, чтобы удовлетворить требования различных применений. Существует несколько биополимеров для микробной инкапсуляции в пористые матрицы для удержания микроорганизмов для очистки воды, производства биомолекул и производства этанола. Предпринимались попытки удалить тяжелые металлы и органические загрязнители из загрязненной воды с помощью пористых биоматриц. Пористые материалы на биологической основе используются для включения противомикробных агентов в упаковочные материалы для пищевых продуктов для консервирования пищевых продуктов. Пористые материалы, полученные из биополимеров, также играют ключевую роль в энергосбережении и снижении тепла, выступая в качестве теплоизоляторов в строительных конструкциях [5].

Включение биомедицинских и биосенсорных приборов в перечень ведущего медицинского оборудования имеет свои преимущества по сравнению с традиционными методами обнаружения, поскольку это селективные, чувствительные, надежные, удобные и быстрые методы обнаружения, используемые в медицине, сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Внедрение наноматериалов открывает возможности для создания нового поколения биомедицинских технологий. Применение наноматериалов привлекает большое внимание в управлении технологическими процессами, анализе пищевых продуктов, биомедицине и промышленности. В будущем огромный интерес будет представлять разработка эффективных технологий быстрого производства больших объемов наноматериалов на основе высоких качественных характеристик и относительно низкой стоимости. Кроме того, дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на разработке многофункциональных наноматериалов и повышении биомедицинских технологий и их доступности.

#### **Список использованных источников**

1. Wang, Y. Modification of the antibacterial activity of Zn/TiO<sub>2</sub> nano-materials through different anions doped / Y. Wang, X. Xue, H. Yang. // *Vacuum*. – 2014. – Vol. 10. – P.193-199.
2. Nel, A. Toxic potential of materials at the nanolevel / A. Nel, T. Xia, L. Madler, N. Li // *Science*. – 2006. – Vol. 311. – P.622-627.
3. Johnston, H. J. (2010) A review of the in vivo and in vitro toxicity of silver and gold particulates: particle attributes and biological mechanisms responsible for the observed toxicity / H. J. Johnston, G. Hutchison, F. M. Christensen, S. Peters, S. Hankin // *Critical Reviews in Toxicology*. – 2010. – Vol. 40. – P.328-346.
4. Roy, I. Ceramic-based nanoparticles entrapping water-insoluble photosensitizing anti-cancer drugs: a novel drug-carrier system for photodynamic therapy / I. Roy, T. Y. Ohulchansky, H. E. Pudavar, E. J. Bergey, A. R. Oseroff // *J Am Chem Soc*. – 2003. – Vol. 125. - P.7860-7865.
5. Thevenot, D. R. Electrochemical Biosensors: Recommended Definitions and Classification / D. R. Thevenot, K. Toth, R. A. Durst, G. S. Wilson // *Pure Appl Chem*. – 1999. – Vol. 71. – P.2333.

## Использование пассивации нержавеющей стали для повышения коррозионной стойкости

Студентка группы 10401121 Калинина А.В.  
Научный руководитель – Астрейко Л.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

При неправильной обработке детали или при нарушенной эксплуатации, ржавчина может появиться даже на самой качественной нержавеющей стали. Нержавейка получает свои улучшенные качества при добавлении легирующих элементов в состав сплава. В основном этими добавками служит хром, никель, молибден. В первую очередь за антикоррозионные свойства отвечает хром, чем больше его в составе, тем лучше формируется антикоррозионный слой на поверхности металла.

Добавление различных легирующих элементов в состав нержавеющей сталей позволяет придать им требуемые физико-химические характеристики, но именно хром отвечает за коррозионную устойчивость стального сплава. Различают:

- Хромистые стали имеют повышенную коррозионную стойкость, жаростойкость.
- Хромо-никелевые стали с содержанием от 18% Cr и 8% Ni устойчивы к действию кислот; Мо повышается устойчивость к действию серной и уксусной кислоты, Cu улучшается устойчивость к коррозии в слабоагрессивных средах при нагрузках на растяжение, Si повышает стойкость в серной и соляной кислотах.
- Хромо-марганцево-никелевые стали устойчивы к действию молочной и уксусной кислоты.

Несмотря на то, что в химическом составе нержавеющей сталей содержатся элементы повышающие ее коррозионную устойчивость, ее поверхность и внутренняя структура могут подвергаться коррозии.

Основными разновидностями коррозии являются:

1. Общая коррозия;
2. Щелевая коррозия;
3. Питтинг;
4. Гальваническая коррозия;
5. Межкристаллитная коррозия;
6. Эрозионная коррозия.

Внешний слой сплава может начать корродировать от контакта с железом: это возможно при неправильной сварке, когда на поверхность попадают частички железа. [1]

**Пассивация** - процесс, направленный на появление на поверхности металлического изделия оксидной пленки, то есть происходит поверхностное окисление металлов. [2]

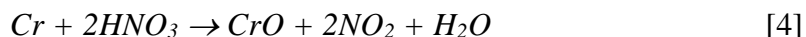
Пассивация как технологический процесс имеет ряд преимуществ [3]:

- Улучшает коррозионную стойкость без нанесения покрытия;
- Обеспечивает превосходную чистоту поверхности;
- Отсутствие цвета ржавчины;
- Без изменения размеров;
- Восстанавливает повреждение естественного слоя оксида хрома;
- Не дорогая технологическая операция.

Химическая пассивация нержавеющей стали применяется для повышения стойкости металла в местах, подверженных коррозии: сварных швах, участках, прошедших механическую обработку, а также участках после термической обработки.

Нержавеющие стали устойчивы к коррозии и легко пассивируются за счет высокого процентного содержания хрома. Хром распределен равномерно в структурной кристаллической решетке и в процессе пассивации подвергается окислительному воздействию, образуя

очень тонкий (около 130 Å) непроницаемый слой оксида (в основном CrO), который останавливает дальнейшую коррозию:



**Пассивацию нержавеющей стали** проводят, когда свободное железо, оксидная окалина, ржавчина, металлическая стружка или другие нелетучие отложения могут отрицательно повлиять на металлургическое или санитарное состояние, стабильность поверхности или механическую работу детали, узла или системы. Нержавеющая сталь пассивируется с использованием азотной, серной, ортофосфорной и лимонной кислот.

Химической пассивации подвергаются литые, кованные, штампованные и сварные заготовки, детали и узлы арматуры, изготовленные из нержавеющей сталей. [5]

Химическая пассивация швов нержавеющей стали – это процесс регенерации исходных характеристик нержавеющей стали в отношении коррозионной стойкости. Химический состав подбирается в зависимости от особенностей стали, и требуется подобрать наиболее эффективное вещество, так называемый пассиватор для нержавеющей стали. [4]

Рассматривая технологический процесс пассивирования, можно выделить следующие технологические операции [3]:

1. Подготовка изделия к процедуре пассивации;
2. Химическое обезжиривание;
3. Травление;
4. Пассивация;
5. Промывка.

Процесс пассивации позволяет вернуть нержавеющей стали ее первоначальные свойства, дополнительно защищая ее от воздействия различных факторов, таких как контакт с агрессивными средами или длительный контакт металлов между собой. Пассивация нержавеющей стали также используется в качестве защиты для долговечной эксплуатации металлического оборудования, используемого на производстве. Для дополнительного предохранения нержавеющей стали используется метод пассивации в различных областях металлоизделия, таких как: медицинские приборы и оборудование, аэрокосмическая промышленность и авиация, фармацевтическая индустрия, производство продуктов питания и напитков, нефтяная и газовая промышленность, химическая обработка, автоматизированная индустрия, производство электроники, морская промышленность, точное машиностроение.

В этих отраслях пассивация играет жизненно важную роль в повышении коррозионной стойкости металлических компонентов, обеспечении их долговечности, безопасности и надежности в сложных условиях. Конкретные типы деталей, подвергающихся пассивации, широко варьируются: от небольших медицинских имплантатов до крупного промышленного оборудования. [6]

Таким образом, разрушение защитного слоя на нержавеющей стали и возникновение коррозии обусловлено несколькими факторами:

1. Неправильная обработка поверхности металла. При нарушенной технологии сварки или шлифовки детали образуются микродефекты, которые приводят к разрушению оксидной пленки.
2. Использование некачественных материалов. Это относится к низкосортной стали, когда экономия денег сказывается на качестве сплава.
3. Неправильная эксплуатация.

Обеспечить условия эксплуатации изделий из нержавеющей стали, так чтобы они не контактировали с другими металлами и агрессивными средами, а также не подвергались механическим повреждениям, практически невозможно. Именно поэтому необходима упомянутая выше технологическая операция – пассивирование. [1]

1. Пассивирование металла: назначение, технология, методы [Электронный ресурс] / Met-all.org – Режим доступа: <https://met-all.org/obrabotka/himicheskaya/passivacija-metalla-passivirovanie-nerzhaveshhej-stali.html> – Дата доступа: 17.11.2023.
2. Пассивация. [Электронный ресурс] / ТОЧИНВЕСТ ЦИНК – Режим доступа: <https://t-zinc.ru/o-kompanii/stati/passivaciya.html> – Дата доступа: 24.09.2023.
3. Этапы процесса пассивации нержавеющей стали. [Электронный ресурс] / INOXGRUP – Режим доступа: <https://inoxgrup.ru/klassicheskie-tehnologii-passivacii-nerzhaveshhej-stali/> – Дата доступа: 14.10.2023.
4. Пассивация сварных швов нержавеющей стали: сравнение химического и электрохимического способов [Электронный ресурс] / ООО Металл Клинер. – Режим доступа: <https://metallcleaner.com/passivacija-svarnyh-shvov-nerzhaveshhej-stali.html#part4> – Дата доступа: 08.11.2023.
5. Букина Я.В., Химическая пассивация фланцев из хромоникелевой стали/ Я.В. Букина – Режим доступа: <https://metallcleaner.com/passivacija-svarnyh-shvov-nerzhaveshhej-stali.html#part4> – Дата доступа: 19.10.2023.
6. PASSIVATION [Электронный ресурс] / Arrow Finishing. – Режим доступа: <https://www.arrowfinishing.com/chemical-processing/passivation/> – Дата доступа: 20.10.2023.