

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЕКТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

А.С. Швец, Д.И. Пархоменко
Донецкий национальный технический университет

В соответствии с приоритетными направлениями развития науки и техники в Украине должны разрабатываться и внедряться солнечные установки для нагрева бытовой воды с целью активного энергосбережения. Солнечные установки позволяют достичь снижения выброса CO₂ и ядовитых выбросов. Использование одного солнечного коллектора (СК) позволяет сократить выбросы в атмосферу углекислого газа на одну-две тонны в год. Переход на солнечную энергию предотвращает выбросы и других загрязнителей, таких как двуокись серы, угарный газ и закись азот. Одним из конструктивных элементов, влияющих на тепловую эффективность солнечного коллектора, является его теплопоглощающая способность, т.е. повышение доли поглощающей солнечной энергии. Идеальной поверхностью теплоприемника будет та, которая полностью поглощает и не отражает солнечное излучение.

Селективные покрытия для лучепоглощающей поверхности солнечного коллектора должны обладать высоким коэффициентом поглощения α_c коротковолнового солнечного излучения (короче 2 мкм), низкой излучательной способностью ε_T в инфракрасной области (длиннее 2 мкм), стабильной величиной степени селективности α_c/ε_T , способностью выдерживать кратковременный перегрев поверхности, хорошей коррозионной стойкостью, быть совместимыми с материалом основы и иметь низкую стоимость. Для идеальной селективно-поглощающей поверхности $\alpha_c = 1$ и $\varepsilon_T = 0$, а для идеальной прозрачной изоляции $\tau_c = 1$ и $\rho_T = 1$.

Увеличение α_c влияет на эффективность коллектора солнечной энергии (КСЭ) в большей степени, чем аналогичное уменьшение ε_T . Однако получить высокое значение α_c нелегко. Для черной краски α_c не превышает 0,95, а такое же значение имеет и ε_T . Селективные покрытия, как правило, представляют собой тонкопленочные фильтры, и при увеличении α_c за счет утолщения пленок одновременно возрастает ε_T . Самый распространенный тип селективных покрытий – тонкие пленки на металлической основе, схема которой представлена на рисунке.

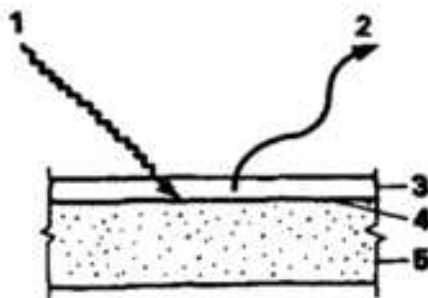


Рисунок – Селективная поглощающая пленка

1. Коротковолновое солнечное излучение; 2. Длинноволновое низкотемпературное излучение; 3. Пленка из черных полупроводников; 4. Полированная отражающая поверхность; 5. Металлическая подложка.

Они поглощают видимый свет и пропускают инфракрасное излучение. Сюда, в частности, относятся покрытия из черного никеля и черного хрома, наносимые электрохимическим способом на подложку из никеля, цинка, олова или меди.

Применяются и другие способы нанесения покрытий этого типа. Селективные краски получают из прозрачных в инфракрасной области полупроводников в виде мелкого порошка с большой порозностью для снижения эффективного коэффициента отражения поверхности.

Покрытие черным хромом наиболее перспективно для получения требуемых оптических свойств и высокой термической стабильности при температурах до 400°C (в вакууме). На плотность электрического тока при нанесении черного хрома почти в 100 раз выше, чем для черного никеля, отсюда и высокая стоимость селективных поверхностей с черным хромом. В качестве подложки для черного никеля и черного хрома используются полированные металлы.

Наилучшие результаты получены с черным хромом на алюминиевой фольге ($\alpha_c = 0,964$ и $\varepsilon_T = 0,023$) и с черным никелем на блестящей никелевой подложке ($\alpha_c = 0,96$ и $\varepsilon_T = 0,11$).

В настоящее время достигнуты значения степени селективности, т.е. $\alpha_c/\varepsilon_T = 10 \div 20$. При степени селективности $20 \div 40$ равновесная температура лучепоглощающей поверхности коллектора (без ее охлаждения теплоносителем) достигает $350 \div 600^{\circ}\text{C}$. На остекление может быть нанесено антиотражательное покрытие из диоксида индия. На полированную поверхность металлического листа, обладающую высокой отражательной способностью и, следовательно, низким значением ε_T , можно нанести слой сажи, при этом коэффициент поглощения α_c солнечного излучения возрастет до 0,96.

Наиболее простой способ получения селективной поверхности – это химическое окисление меди, используемой в качестве подложки из других металлов, при этом получается поглощающий слой окиси меди. Рассмотрим способы нанесения покрытий из черного никеля, который можно нанести в электролитической ванне, содержащей 180 г/л $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (никель сернокислый семиводный), 40 г/л борной кислоты и 40 г/л NiCl_2 (хлорид никеля) при температуре 50°C , $\text{pH}=4$ и силе тока $3,5 \div 4,5 \text{ A/дм}^2$. Черный никель наносят в ванне, содержащей 65 г/л $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (никель сернокислый семиводный), 20 г/л $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (цинковый купорос), 30 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (сульфат аммония) и 11 г/л NH_4CNS (амоний роданистый) при температуре $25 \div 30^{\circ}\text{C}$ и плотности тока $0,05 \div 2 \text{ A/дм}^2$. Покрытие из черного хрома представляет собой пленку, состоящую из мельчайших частиц металлического хрома в изолирующей решетке Cr_2O_3 (оксид хрома). При обычном способе нанесения этого покрытия требуется высокая плотность электрического тока ($75\text{-}150 \text{ A/дм}^2$) при температуре $10 \div 15^{\circ}\text{C}$, т.е. с охлаждением.

Способы нанесения покрытий постоянно совершенствуются. Для плоских солнечных коллекторов лучше всего подходят селективные черные поглощающие краски.

Таким образом, солнечные коллекторы с селективным покрытием имеют более высокий тепловой потенциал, что при равных условиях позволяет достичь более высокой температуры воды в бойлере в связи с уменьшением теплотерь и повышением КПД коллектора (до 85-89%). Это важно при использовании гелиосистем для систем отопления и кондиционирования, а также в зимний период либо поздней осенью и ранней весной, т.к. позволит использовать не комбинированную выработку тепла (совместно с централизованным теплоснабжением), а гелиосистему, как самостоятельный источник тепла.