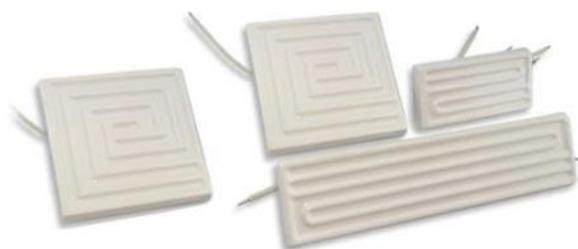


Предлагаем Вашему вниманию небольшой обзор различных типов нагревателей, используемых разными производителями вакуум-формовочных машин, и их сравнение с точки зрения технических, физических характеристик, а также достигаемой производительности и экономичности оборудования, использующего тот или иной тип нагревателей. Данная информация будет полезна не только для технологов, но и всем кому небезынтересна тема вакуумного формования и достижение наилучшего качества изделий и производительности в этой технологии.

Одним из важнейших факторов при вакуумном формовании на первых этапах является равномерный прогрев листа полимера. Недогрев или чрезмерные температуры при данном процессе негативно сказываются на качестве дальнейшей обработки и на готовом изделии в целом.

Предлагаем Вам в этом последовательно разобраться, начиная по порядку по каждому типу применяемых нагревателей.

Керамические ИК-нагреватели:



Керамический нагреватель – самый первый тип ИК-нагревателя, появившийся на рынке и представляет собой керамическую панель, которая нагревается благодаря залитой в неё металлической нити обладающей электрическим сопротивлением. Нить, при прохождении по ней электрического тока, сообщает керамической панели не только температуру, но и импульс для излучения ИК-волн.

Данный тип нагревателей прост и дешев в производстве, поэтому обладает довольно недорогой ценой и широко применяется в промышленном нагреве, где требуется постоянный и, в основном, поверхностный нагрев.

С точки зрения технических характеристик применительно к технологии вакуумного формования пластика, керамические нагреватели обладают инертностью, т.е. для выхода на заданный режим нагрева им требуется время. Из-за этой их особенности, дабы не иметь потерь времени на разогрев (выход на режим) в новом цикле, их не выключают совсем, даже когда нагрев материала не происходит, а идет подготовка к новому циклу нагрева и формования (охлаждение отформованной детали, её выгрузка, закладка и зажим нового листа). Это приводит к излишнему перерасходу электроэнергии.

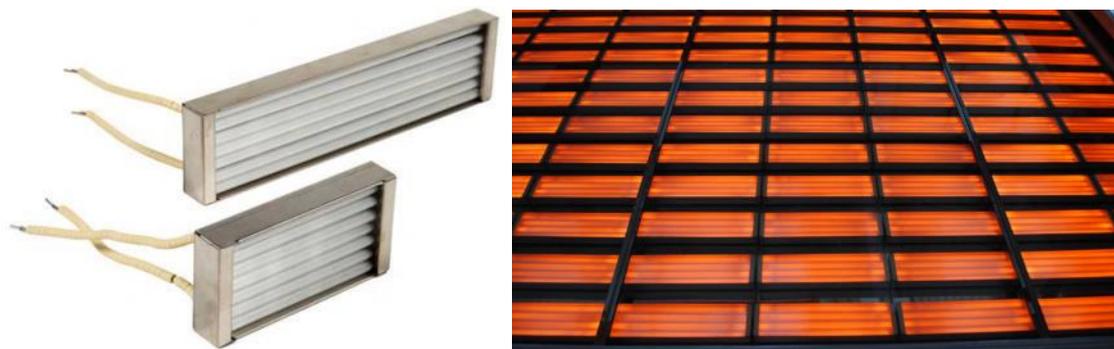
С точки зрения физических свойств ИК-излучения керамические нагреватели имеют самую длинную из всех ИК-нагревателей длину волны излучения - 6-8 мкм. Такая длина волны не позволяет излучению проникать в материал, поэтому греется в основном поверхность, а затем, благодаря теплопроводности материала, происходит перенос тепловой энергии внутрь массы.

У всех материалов теплопроводность разная и чем она меньше, тем больше нагревается поверхность и хуже, медленнее и неравномерно материал прогревается в своей массе. Требуется больше времени. Из-за этого при перегретой поверхности внутри материал может быть «холодным». Соответственно, не получив нужных пластических свойств материала, трудно добиться хорошей формуемости и стабильного качества изделия. При этом перегрев поверхности, может приводить к кристаллизации верхнего слоя материала и ухудшению эстетических, механических и эксплуатационных свойств изделия.

С помощью ИК керамических нагревателей можно выполнить массу задач, но для вакуумного формования они не выгодны с экономической точки зрения. Обработать толстостенные изделия и использовать их при длительных рабочих циклах, не рекомендовано.

По вышеописанным причинам GEISS уже 50 лет не применяет керамические нагреватели в своих машинах.

Кварцевые ИК-нагреватели:

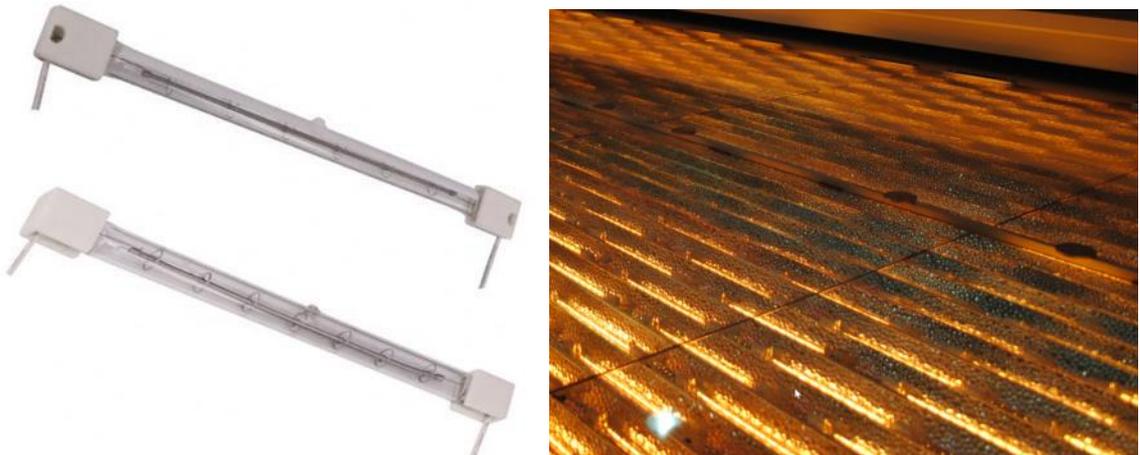


Кварцевый нагреватель – следующее поколение ИК-нагревателей, в котором излучателем служат кварцевые трубки, с тонкой вольфрамовой нитью внутри, вставленные через керамический цоколь в металлический корпус.

Обладают гораздо меньшей инертностью и более высоким быстродействием по сравнению с керамическими нагревателями, поэтому их можно без потери времени цикла отключать до 5-15% от максимальной мощности, что значительно снижает энергопотребление машины и делает данные нагреватели более экономичными. В 2019 году компания **TQS (Technical Quartz Solutions GmbH)**, кварцевые нагреватели которой GEISS всегда использует в базовом оснащении своих машин, выпустила на рынок новый тип быстродействующих кварцевых нагревателей **RAPIDIUM**, которые можно на 100% отключать в режиме ожидания. Это делает их ещё более энергоэкономичными, чем ранее.

С точки зрения физических свойств ИК-излучения кварцевые нагреватели имеют длину волны излучения 2-3 мкм, что позволяет излучению нагревать не только поверхность, но и проникать в толщину материала, ускоряя процесс нагрева и улучшая равномерность распределения тепла от поверхности в массу материала. При двустороннем нагреве пластика не очень небольшой толщины и цветов, с невысокой отражающей способностью, кварцевые нагреватели прекрасно работают и при этом не имеют недостатков, присущих нагревателям керамического типа.

Галогеновые ИК-нагреватели:



Галогеновый нагреватель – одно из последних поколений инфракрасных нагревателей, который представляет собой колбу из кварцевого стекла с размещенной в ней спиралью, которая нагревается до высоких температур (~1800-2000 °С). Чем выше температура, тем короче длина волны излучения. Так кварцевые нагреватели разогреваются до 800 °С, а керамические до 250-300 °С.

Галогеновые нагреватели имеют следующие технические особенности:

- мгновенный нагрев с выходом на полную мощность после включения
- нагреватель безопасно устойчив к тепловым ударам благодаря кварцевой колбе
- высокий КПД - более 85% потребляемой энергии преобразуется в инфракрасное тепло
- полный диапазон регулировки яркости с возможностью точной регулировки инфракрасных нагревателей (от 0 до 100%).

С точки зрения физических свойств ИК-излучения галогеновые нагреватели имеют самую короткую длину волны излучения - 1 мкм, что позволяет излучению проходить глубоко в толщину материала и равномерно нагревать его во всей массе. Это позволяет быстро нагревать материал даже большой толщины и имеющие цвета с высокой отражающей способностью (например, белый), что значительно сокращает время нагрева и снижает энергопотребление благодаря высокому КПД. Поэтому машины на галогеновых нагревателях являются самыми производительными. В качестве основного галогенового нагревателя GEISS использует нагреватели типа «FLASH» производства компаний **Dr.Fischer**.

GEISS AG была первой компанией, которая стала применять на своих машинах систему нагрева с помощью галогеновых ИК-нагревателей. Вслед за лидером потянулись и другие производители вакуум-формовочного оборудования, наперебой предлагая галогеновые нагреватели и оснащая ими свои машины. Но замена одних нагревателей другими не решает задачу полностью, так как при работе с галогеновыми нагревателями должны соблюдаться определённые правила:

- у каждого элемента должен быть отражатель
- нагревательные элементы должны устанавливаться с определенной ступенчатой экспозицией
- нужно уметь управлять галогеновыми нагревателями и регулировка мощности должна выполняться методом фазового управления.

Внимание!!! В сети Рунета часто приходится видеть рекламу вакуум-формовочного оборудования, изготовленного с использованием галогеновых ламп КГТ отечественного производства.

Лампы КГТ (Кварцевые Галогеновые Тепловые), широко применяются в технологических процессах сушки и нагрева, полимеризации и обработки пластмасс в выдувных машинах для производства ПЭТ бутылок и других целей. Для удешевления производства ламп КГТ для нити накала используют материалы невысокого качества и дешевые комплектующие, что ведет к большому разбросу в их спектре излучения и плохо сказывается на равномерном распределении тепла. Как правило на дешевые лампы не найти их спектральной характеристики и пиковой длины волны, судить о которых можно лишь по указываемой производителем величине температуры цветовой волны, в диапазоне 2500-2800 К.

Использование галогеновых нагревателей для нагрева листа в термоформовании требует оснащения их отражателями. Однако либо для удешевления стоимости, либо просто по незнанию, производитель оборудования бюджетного или домашнего исполнения не оснащает нагреватели отражателями и, как правило, использует длинные лампы с большой мощностью подключения (от 1 кВт). Отсутствие отражателей не дает возможности рассеивать тепло, а учитывая, что в таких установках используется, как правило, только односторонний нагрев, а регулирования мощности нагревателей не производится, то это приводит к локальному перегреву материала, большому выделению химических веществ из листа пластика и ухудшает качество поверхности будущего готового изделия.

Применяют лампы КГТ обычно в самодельных установках для вакуумного формования листовых пластиков.

Внимание!!! Мы также не можем обойти стороной эту тему, так как многие из конкурентов GEISS, пытаясь хоть как-то привлечь клиентов на свою сторону, сплошь и рядом предлагают галогеновые нагреватели типа «**SPEEDIUM**», заявляя, что галогеновые нагреватели типа «**FLASH**» - это прошлый век и давно устарели, а вот именно нагреватели «**SPEEDIUM**» есть самое последнее слово в науке и технике и только их нужно использовать.

Такие заявления являются либо прямым лукавством и введением клиента в заблуждение, либо незнанием того, что именно GEISS AG (в отличие от других) совместно с **Philips** много лет назад как раз таки и разрабатывали галогеновые нагревательные элементы «**SPEEDIUM**», для возможности формования листов пластика, на которых присутствуют поверхности с различными цветами или даже прозрачность. Такие задачи формования в основном стоят у компаний по производству рекламы, которые формуют,

например, листы прозрачного акрила с уже напечатанными на них с помощью специальных принтеров и термостойких чернил изображениями.



Так как у разных цветов разная поглощающая и отражающая способность к инфракрасному излучению, а некоторые участки могут вообще быть прозрачными и плохо поглощать тепловую энергию, то для их эффективного и самое главное равномерного нагрева, требовался нагревательный элемент, который бы обладал и свойствами галогенового и кварцевого нагревателя одновременно. С этой целью и были разработаны нагреватели **«SPEEDIUM»**, которые имеют среднюю между кварцевыми (3 μm) и галогеновыми «Flash» (1 μm) длину волны инфракрасного излучения равную $\sim 1,6 \mu\text{m}$. Это позволяет более эффективно нагревать листы с разными цветами на поверхности и особенно прозрачные материалы.

На прозрачных материалах «SPEEDIUM» более эффективен по нагреву чем «Flash», а на одноцветных материалах наоборот, «Flash» является самым эффективным и производительным, чем все остальные.

Подводя итог, можно отметить, что галогенные и кварцевые излучатели используются в промышленных вакуум-формовочных машинах, которые обеспечивают равномерный нагрев. Их можно использовать для самых разных видов полимеров.

Керамические инфракрасные нагреватели обычно используются при изготовлении продукции, которая не требует высокоточной детализации.

Лампы КГТ устанавливаются в основном на машинах бюджетного или домашнего (гаражного) исполнения.

Надеемся, что предоставленная информация будет для Вас полезной.