Измерение температуры полимеров

Температура влияет на вязкость расплава, формирование структуры полимера, геометрическую стабильность и механические свойства готовой продукции. Отклонения от технологического режима могут вызывать коробление, неравномерную толщину, ухудшение качества поверхности и термическую деструкцию материала.

Для измерения температуры внутри расплава и технологического оборудования применяют контактные термопреобразователи. Однако при работе с движущимися пленками, листами, трубами, профилями и формованными деталями предпочтителен бесконтактный контроль.

Инфракрасные датчики температуры (пирометры) измеряют тепловое излучение объекта на расстоянии. Их устанавливают на производственных линиях, а результаты передают в контроллеры, регистраторы и системы автоматического управления. Это позволяет контролировать температурный режим без механического воздействия на изделие.



Особенности бесконтактного измерения температуры полимеров

Главная сложность инфракрасной термометрии полимеров связана с различиями в их оптических свойствах. Полиэтилен, полипропилен, поликарбонат, полиэфиры и другие пластмассы по-разному поглощают, излучают и пропускают инфракрасное излучение.

Главная сложность инфракрасной термометрии полимеров связана с различиями в их оптических свойствах. Полиэтилен, полипропилен, поликарбонат, полиэфиры и другие пластмассы по-разному поглощают, излучают и пропускают инфракрасное излучение.

При выборе пирометра необходимо учитывать не только рабочую температуру, но и толщину изделия, состав материала и спектральную чувствительность датчика.

к/т: 8-800-775-09-57, +7 (351) 799-54-26
Россия, г. Челябинск, ул. Гагарина, д.5, оф.507
e-mail: info@rusautomation.ru
www.rusautomation.ru

Коэффициент излучения полимерных материалов

Коэффициент излучения характеризует способность поверхности испускать тепловое излучение относительно абсолютно черного тела при одинаковой температуре.

Для многих непрозрачных полимеров в диапазоне 8–14 мкм характерны сравнительно высокие значения коэффициента излучения, часто около 0,9–0,95. Однако использовать одно значение для всех пластмасс нельзя.

На результат влияют химический состав, наполнители, пигменты, состояние поверхности и рабочий спектральный диапазон прибора.

Если пирометр настроен на коэффициент излучения, который не соответствует реальному материалу, показания будут отличаться от фактической температуры. Для ответственных процессов настройку проверяют на образце продукции при рабочих условиях.

Толщина материала и температурный градиент

Полимеры обладают сравнительно низкой теплопроводностью. При нагреве и охлаждении температура поверхности может заметно отличаться от температуры внутренних слоев.

Например, после выхода из экструзионной головки поверхность толстостенной трубы охлаждается быстрее ее внутренней части. Пирометр, направленный на наружную стенку, не позволяет напрямую определить температуру материала по всему сечению.

Это необходимо учитывать при выборе точек измерения. Даже при нормальной температуре на одном участке изделия на другом возможен локальный перегрев или недостаточный нагрев. Для выявления таких отклонений и оценки равномерности температурного распределения контроль проводят в нескольких точках.

Толщина также определяет прозрачность материала для инфракрасного излучения. Массивные детали часто практически непрозрачны в длинноволновом диапазоне, тогда как тонкие пленки могут пропускать значительную часть излучения.

Спектральный диапазон пирометра для разных полимеров

Спектральный диапазон определяет, на каких длинах волн прибор воспринимает тепловое излучение. Для полимеров этот параметр особенно важен, поскольку прозрачность материала в инфракрасной области зависит от длины волны.

Пирометры 8–14 мкм для непрозрачных полимеров

Длинноволновые инфракрасные датчики с диапазоном 8–14 мкм применяют для измерения температуры многих пластмассовых изделий.

Такой диапазон подходит для контроля толстостенных труб, профилей, листов и формованных деталей, если материал достаточно непрозрачен для соответствующего излучения.

Для ряда пластиков ориентиром служит толщина более 0,4 мм. Однако это не универсальная граница: фактическое пропускание зависит от конкретного полимера, наполнителей и структуры изделия.

При стабильном составе материала и правильно выбранном месте установки длинноволновые пирометры позволяют организовать непрерывный температурный контроль.

Особенности измерения тонких полимерных пленок

Тонкие пленки из полиэтилена, полипропилена и других полимеров могут частично пропускать излучение в диапазоне 8–14 мкм. В таком случае пирометр воспринимает не только собственное излучение пленки, но и излучение объектов за ней.

Для подобных материалов применяют специализированные узкополосные пирометры, работающие в областях интенсивного поглощения полимера.

Например, длину волны около 3,43 мкм используют для некоторых пленок из полиэтилена, полипропилена и полистирола. Значение около 7,9 мкм подходит для ряда полиэфирных, полиуретановых и фторполимерных материалов.

При выборе необходимо учитывать толщину, химический состав и структуру пленки. Для многослойной продукции спектральные характеристики отдельных слоев могут существенно различаться.

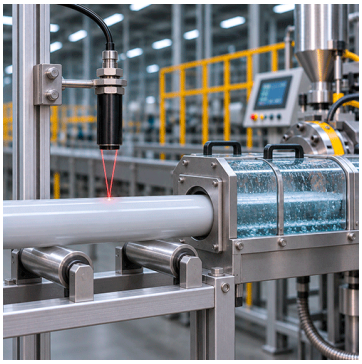
Пирометры 8–14 мкм не являются универсальным решением для тонких полимерных пленок. Применимость конкретного прибора подтверждают по оптическим свойствам материала или результатам пробных измерений.

Применение инфракрасных датчиков в производстве полимеров

Дистанционное измерение востребовано на участках, где материал перемещается, изменяет форму или должен сохранять чистоту поверхности. Пирометры устанавливают в точках, где температура связана с качеством изделия и стабильностью технологического режима.

Экструзия труб и профилей

При экструзии инфракрасные датчики размещают после формующей головки, перед калибрующими устройствами или на участках охлаждения. Измерение температуры выходящего профиля помогает обнаруживать отклонения теплового режима, влияющие на формирование размеров и качество поверхности.



Для толстостенных труб показания наружного датчика можно использовать при контроле охлаждения. Для оценки температуры внутренних слоев, дополнительно учитывают теплопередачу через стенку.

к/т: 8-800-775-09-57, +7 (351) 799-54-26
Россия, г. Челябинск, ул. Гагарина, д.5, оф.507
e-mail: info@rusautomation.ru
www.rusautomation.ru

Термоформование листовых полимеров



При термоформовании лист нагревают до температуры, обеспечивающей необходимую деформируемость материала. Недостаточный нагрев ухудшает формуемость, а чрезмерный способен вызвать провисание, изменение толщины и повреждение поверхности. Пирометр устанавливают после нагревательной секции, чтобы измерять температуру заготовки непосредственно перед формованием.
Для крупных листов одного датчика может быть недостаточно. Если температура распределяется неравномерно, используют несколько измерительных точек или тепловизионный контроль.

Производство полимерных пленок



На пленочных линиях температура влияет на вытяжку, ориентацию, охлаждение и стабильность толщины материала. Бесконтактный контроль позволяет наблюдать за температурой движущегося полотна без механического воздействия на него. Главное условие применения пирометра – соответствие его спектрального диапазона оптическим характеристикам пленки. Для тонких материалов это особенно важно из-за возможного влияния излучения валов и нагревателей.

Литье пластмасс под давлением



При литье под давлением пирометры применяют для измерения температуры поверхности деталей после извлечения из пресс-формы. Результаты позволяют сравнивать условия охлаждения в последовательных производственных циклах и обнаруживать температурные отклонения перед последующими операциями. Такой контроль полезен при серийном изготовлении изделий, чувствительных к остаточному нагреву и температурным деформациям.

Сварка и термическая обработка



При сварке пластмасс температура нагретых поверхностей влияет на формирование соединения. Инфракрасные датчики используют для контроля доступных участков перед соединением деталей, а также на операциях термоусадки и поверхностного нагрева. При кратковременном воздействии тепла учитывают быстродействие прибора и продолжительность прохождения изделия через измерительную зону.

к/т: 8-800-775-09-57, +7 (351) 799-54-26
Россия, г. Челябинск, ул. Гагарина, д.5, оф.507
e-mail: info@rusautomation.ru
www.rusautomation.ru

Бесконтактные датчики температуры DOBENY для полимеров



Для дистанционного измерения температуры полимерных изделий можно использовать инфракрасные датчики DOBENY, представленные в каталоге «РусАвтоматизации».

Для контроля непрозрачных пластмассовых поверхностей подходят исполнения с рабочим спектральным диапазоном 8–14 мкм. Они отличаются температурными диапазонами, выходными сигналами, быстродействием и конструктивными особенностями.

В таблице приведены конкретные модификации, которые можно рассмотреть для полимерного производства.

Модель DOBENY	Диапазон измерений	Выходной сигнал	Время отклика	Возможное применение
IRT/.01-300A	0…+300 °C	4–20 мА	300 мс	Контроль поверхности труб, профилей и листов
IRT/DT.01-300A	0…+300 °C	4–20 мА	300 мс	Контроль температуры на экструзионных и формовочных линиях
IRT/DT.01-300RTU	0…+300 °C	RS-485	75 мс	Цифровой температурный контроль движущихся изделий
IRT/LAS.01-300A	0…+300 °C	4–20 мА	300 мс	Измерение температуры ограниченных участков поверхности

Все указанные исполнения работают в спектральном диапазоне 8–14 мкм. Их применение предполагает достаточную непрозрачность измеряемого полимера в этой области спектра.

DOBENY IRT/A – для стационарного контроля

Датчики серии IRT/A подходят для непрерывного измерения температуры поверхности с передачей результата в систему автоматизации.

Модификация IRT/.01-300A имеет токовый выход 4–20 мА, степень защиты IP65 и питание 24 В постоянного тока.

Прибор можно установить на экструзионной линии для контроля температуры непрозрачного профиля или листовой заготовки. Его применение целесообразно, когда не требуется регистрация очень коротких температурных изменений.

к/т: 8-800-775-09-57, +7 (351) 799-54-26
Россия, г. Челябинск, ул. Гагарина, д.5, оф.507
e-mail: info@rusautomation.ru
www.rusautomation.ru

DOBENY IRT/DT – для производственных линий

Серия IRT/DT включает модификации с аналоговыми и цифровыми выходами.

Для серии заявлены оптическое разрешение 20:1, спектральный диапазон 8–14 мкм и степень защиты IP64. Время отклика зависит от исполнения.

Например, IRT/DT.01-300A с выходом 4–20 мА имеет время отклика 300 мс.
Для исполнения IRT/DT.01-300RTU с интерфейсом RS-485 в каталоге указано 75 мс.

Наличие разных интерфейсов позволяет подобрать вариант под архитектуру системы управления и требования к скорости регистрации температуры.

DOBENY IRT/LAS – для точного позиционирования

Модификация IRT/LAS.01-300A серии IRT/LAS оснащена двойным лазерным наведением. Это упрощает установку прибора относительно контролируемой поверхности.

Такое исполнение удобно при измерении температуры узких профилей, отдельных участков формованных деталей и изделий сложной геометрии.

При этом лазерное наведение помогает позиционировать измерительную область, но не устраняет ограничений, связанных со спектральной прозрачностью материала.

Как выбрать и установить пирометр для полимерного производства

При подборе оборудования необходимо согласовать характеристики датчика с материалом, размерами изделия и динамикой технологического процесса.

Основные критерии выбора:

- **Спектральный диапазон.** Определяет пригодность прибора для конкретного полимера с учетом толщины и состава.
- **Диапазон измерений.** Должен охватывать рабочие температуры и возможные отклонения технологического режима.
- **Оптическое разрешение.** Влияет на размер измерительного пятна при заданном расстоянии до объекта.
- **Время отклика.** Определяет способность датчика регистрировать быстрые температурные изменения.
- **Условия эксплуатации.** Учитывают температуру окружающей среды, загрязнения, вибрации и расположение нагревательных элементов.
- **Выходной сигнал.** Выбирают по совместимости с контроллером, регистратором или другой системой сбора данных.

Оптическое разрешение и размер изделия

Оптическое разрешение обычно обозначают отношением D:S, где D – расстояние до объекта, S – номинальный диаметр измерительного пятна. Например, при оптическом разрешении 20:1 и расстоянии 400 мм номинальный диаметр пятна составляет около 20 мм.

Контролируемая поверхность должна полностью перекрывать измерительную область. При колебаниях положения изделия предусматривают дополнительный запас, чтобы в поле зрения не попадали элементы оборудования.

Быстродействие на движущихся линиях

Время отклика особенно важно при измерении быстро перемещающихся изделий. Если скорость линии составляет 1 м/с, за 300 мс материал проходит 300 мм. Датчик с таким откликом не сможет достоверно воспроизвести все кратковременные температурные изменения на существенно меньших участках.

Для контроля плавных изменений температуры этого быстродействия может быть достаточно. Если требуется обнаруживать короткие перегретые зоны, выбирают более быстрый прибор и проверяют соответствие его характеристик скорости процесса.

Особенности установки

Пирометр размещают так, чтобы измеряемая поверхность оставалась в поле зрения при всех рабочих режимах. Необходимо исключать влияние посторонних источников теплового излучения, особенно нагревателей и горячих металлических элементов.

При высокой запыленности предусматривают защиту или продувку оптики. Температура окружающей среды в месте установки должна соответствовать допустимому диапазону прибора.

Отдельное внимание уделяют измерению через смотровые окна. Обычное стекло не подходит для большинства пирометров 8–14 мкм, поскольку плохо пропускает излучение в этом диапазоне.

Использование пирометров в системах автоматизации

Инфракрасные датчики температуры могут применяться для мониторинга, регистрации отклонений и автоматического регулирования технологических процессов.

При использовании аналогового выхода 4–20 мА измеренное значение передается на вход ПЛК или регистратора. Цифровые исполнения позволяют организовать обмен данными по поддерживаемым интерфейсу и протоколу.

На экструзионных линиях температурный сигнал используют для контроля стабильности охлаждения. При термоформовании его можно включить в систему управления нагревателями.

Если точка измерения удалена от зоны нагрева, при настройке регулирования учитывают транспортное запаздывание. Изменение мощности нагревателя отражается на показаниях пирометра только после перемещения материала к измерительной зоне.

Кроме того, необходимо учитывать тепловую инерцию изделия. Неправильная настройка регулирования может вызвать колебания температуры и ухудшить стабильность процесса.

Часто задаваемые вопросы

Можно ли измерять температуру прозрачного полимера инфракрасным пирометром?
Да, если материал достаточно непрозрачен в спектральном диапазоне прибора. Прозрачность для видимого света не означает прозрачности для инфракрасного излучения. Для тонких пленок могут потребоваться специализированные узкополосные пирометры.

Влияет ли цвет пластика на показания пирометра?
Сам по себе видимый цвет не определяет коэффициент излучения в ИК-диапазоне. Однако пигменты и наполнители способны менять излучательные свойства поверхности. При изменении рецептуры материала настройки прибора рекомендуется проверять.

Можно ли бесконтактно измерить температуру внутри полимерного изделия?
Обычный инфракрасный пирометр не измеряет непосредственно температуру внутренних слоев непрозрачного изделия. Для оценки температуры внутри материала используют тепловые модели, экспериментальные зависимости или дополнительные средства измерения.

Нужно ли перенастраивать пирометр при переходе на другой полимер?
Не всегда, но проверка необходима. Материалы с различным составом и структурой могут иметь разные спектральные характеристики. В отдельных случаях требуется не только изменение коэффициента излучения, но и выбор другого спектрального диапазона прибора.

Для подбора бесконтактного датчика температуры необходимо знать тип полимера, толщину изделия, рабочие температуры, скорость производственной линии и условия установки. По этим данным инженеры «РусАвтоматизации» помогут выбрать подходящую модификацию пирометра и согласовать ее характеристики с требованиями технологического процесса.

к/т: 8-800-775-09-57, +7 (351) 799-54-26
Россия, г. Челябинск, ул. Гагарина, д.5, оф.507
e-mail: info@rusautomation.ru
www.rusautomation.ru