

TEORIA INFRAVERMELHO

Irradiação ou radiação térmica é a propagação de ondas eletromagnética emitida por um corpo em equilíbrio térmico causada pela temperatura do mesmo. A irradiação térmica é uma forma de transmissão de calor ou seja, um segundo corpo pode absorver as ondas caloríficas que se propagam pelo espaço em forma de energia eletromagnética aumentando assim sua temperatura

Como as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo, a transferência de calor de um corpo para outro ocorre mesmo se não existir meio material entre os dois, ao contrário da condução térmica e da convecção. A maior parte da irradiação ocorre ao redor de um comprimento de onda específico, chamado de comprimento de onda principal de irradiação, que depende da temperatura do corpo. Quanto maior a temperatura, maior é a frequência da radiação e menor é o comprimento de onda. Em outras palavras, objetos com temperaturas altas produzem uma luz mais "azul", enquanto objetos com temperaturas menores produzem uma luz mais "vermelha".

A energia total radiante por unidade de área e proporcional a quarta potência da temperatura (T) da superfície radiante. Esse mecanismo se dá o nome de "Lei de Stefan-Boltzmann".

$$\text{Rad} = \sigma \cdot T^4 \quad (\sigma = 5,6703 \cdot 10^{-8} \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4))$$

Energia infravermelha é energia radiante que atravessa espaço na forma de ondas eletromagnéticas. Na realidade, ar e gases absorvem pouco infravermelhos. Como resultado, energia infravermelha provê a transferência de calor eficiente sem contato entre a fonte de calor e o material de trabalho.

Aquecimentos infravermelhos freqüentemente são poucos aplicados e suas exigências de capacidade subestimadas devido a uma falta de entendimento dos princípios básicos de transferência para radiação. Quando energia infravermelha de uma fonte vai em direção a um objeto ou área de trabalho, não é absorvida toda a energia. A energia infravermelha pode ser refletida ou pode ser transmitida. Na maioria das aplicações a energia que é refletida ou transmitida não aquece a área de trabalho diretamente e pode ser perdida completamente do processo.

Outro fator importante para considerar, de acordo com as aplicações infravermelhas, é que, a quantia de energia que é absorvida, refletida ou transmitida varia com o comprimento de onda da energia infravermelho e com materiais e superfícies diferentes. Estes e outras variáveis importantes têm um impacto significativo em exigências de energia de calor e desempenho.

Emissores Infravermelhos e Temperatura da Fonte

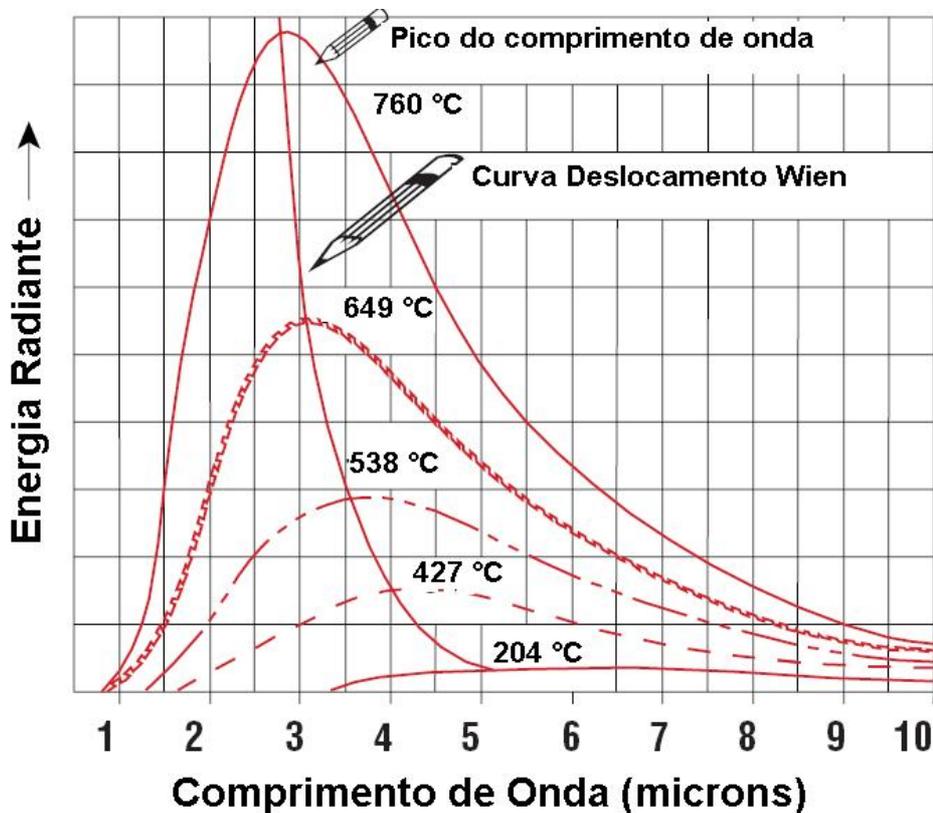
A quantia de energia radiante emitida de uma fonte de calor é proporcional à temperatura de superfície do material emissor. Isto é descrita pelo Stefan-Boltzmann Lei que estabelece que a energia total radiada de um corpo negro ideal é diretamente proporcional à quarta parte potência de sua temperatura absoluta termodinâmica. Quando mais alto a temperatura, maior a produção e mais eficiente a fonte.

Emissividade de uma Fonte Ideal

Emissividade é a habilidade de um objeto em emitir energia infravermelha. A energia emitida indica a temperatura de um objeto. Emissividade pode ser um valor de 0 (refletida por um espelho) até 1.0 (corpo negro). Muitos materiais orgânicos, revestidos ou superfícies oxidadas podem ter valores de emissividade próximos do 0.95

A habilidade de uma superfície para emitir radiação está definida pelo termo emissividade. O mesmo termo é usado para definir a habilidade de uma superfície para absorver radiação. Uma fonte infravermelha ideal radiaria ou absorveria 100% de toda a energia brilhante. Este ideal é chamado de "perfeito" corpo negro com uma emissividade de unidade ou 1.0. A distribuição espectral de um emissor infravermelho ideal está abaixo.

Distribuição Espectral do Corpo Preto para Várias Temperaturas



Obs: O gráfico acima mostra a Curva de Deslocamento Wien, muito importante na escolha de um equipamento térmico, pois de acordo com a mesma, podemos escolher a temperatura e o comprimento de onda dos Aquecedores compatíveis com as características de emissividades dos materiais a ser aquecido.

De acordo com o gráfico, quando a temperatura aumenta, a curva se desloca para esquerda do espectro eletromagnético, diminuindo o comprimento de onda.

Emissividade

Na prática, estão a maioria dos materiais e superfícies “corpos cinzas” tendo uma emissividade ou fator de absorção menor que 1.0 para propósitos práticos, pode ser assumido que um emissor pobre, normalmente é um absorvedor pobre. Por exemplo, alumínio polido tem uma emissividade de 0.04 e é um emissor muito pobre. É altamente refletivo e é difícil de aquecer com energia infravermelha. Se a superfície de alumínio é pintada com um esmalte, a sua emissividade aumenta a 0.85 - 0.91 e é facilmente aquecido com energia infravermelha.

Veja a Tabela de Emissividade Abaixo

Metal	Polido	Rugoso	Oxidado
Alumínio	0,04	0,055	0,11-0,019
Inox 304	0,17	0,57	0,85
Inox 430	0,17	0,57	0,85
Bronze	0,03	0,06-0,2	0,60
Cobre	0,018-0,02	—	0,57
Ouro	0,018-0,035	—	—
Aço	0,12-0,40	0,75	0,80-,095
Inoxidável	0,11	0,57	0,80-,095
Chumbo	0,057-0,075	0,28	0,63
Níquel	0,45-0,087	—	0,37-0,48
Prata	0,02-0,035	—	—
Estanho	0,04-0,065	—	—
Zinco	0,045-0,053	—	0,11
Ferro Galvanizado	0,228	—	0,28
Materiais Variados			
Asbesto			0,93-0,96
Tijolo			0,75-0,93
Carbono			0,927-0,967
Vidro Liso			0,937
Carvalho Aplanado			0,895
Papel			0,924-0,944
Plástico			0,86-0,95
Porcelana Vitrificada			0,924
Quartzo áspero fundido			0,932
Material refratário			0,65-0,91
Borracha			0,86-0,95
Água			0,95-0,963
Pinturas , Lacas, Vernizes			
Laca Preto/ Branco			0,8-0,95
Esmalte (Qualquer cor)			0,85-0,91
Pinturas de óleo (Qualquer cor)			0,92-0,96
Pinturas em alumínio			0,27-0,67

Absorção

Uma vez que a energia infravermelha é convertida em calor na superfície, o calor é transmitido para região através de condução. Materiais como metais têm condutividade térmica alta e tem uma distribuição rápida e uniforme ao longo desta região. Reciprocamente, plásticos, madeira e outros materiais têm baixa condutividade térmica e podem desenvolver temperaturas de superfície altas, antes que temperaturas internas aumentem apreciavelmente. Esta pode ser uma vantagem ao usar aquecimento infravermelho para secagem de pintura, curando camadas ou evaporando solventes substratos não metálicos .

Refletividade

Materiais com baixa emissividade freqüentemente são bons refletores. Ouro polido com uma emissividade de 0.018 é um refletor infravermelho excelente que não oxida facilmente. Alumínio polido com uma emissividade de 0.04 é uma segunda escolha excelente. Porém, uma vez que a superfície de qualquer metal começa a oxidar-se ou acumular sujeira, sua emissividade aumenta e sua efetividade como refletor diminui.

Transmissão

A Maioria dos materiais, com a exceção do vidro e alguns plásticos, são opacos para infravermelho e a energia é absorvida ou refletida. Normalmente podem ser ignoradas perdas de transmissão. Alguns materiais, como vidro, filme de plástico claro e tecidos abertos, pode transmitir porções significantes da radiação incidente e deveria ser avaliado cuidadosamente.

Parâmetros de Aplicação com Infravermelho

Na maioria das vezes em que falamos de Aplicações industriais com aquecimento infravermelho que incluem processo de **cura** (pós, pinturas, epoxies, adesivos etc), **secagem** (água, solventes, tintas, adesivos etc) e **aquecimento de produtos** (preaquecimento, posição de solda, encolhimento, ajustando, conformando, moldando, amolecendo, e incubando). A seguir teremos algumas diretrizes que podem ser usadas na avaliação e solução de problemas de aquecimento com infravermelho, pelo processo ser tão versátil com inúmeras aplicações não será possível listar soluções a todo problema.

Para determinação do melhor meio de aquecimento para a aplicação sugerimos que se utilize uma lista de conferencia, como a que esta abaixo descrita, alguns itens destas listas serão discutidos posteriormente, nos tópicos seguintes:

1. Produto ser aquecido
2. Dimensões físicas e tamanho
3. Cobertura na superfície ou solventes, se houver
4. Características de absorção infravermelhas
5. Taxa de produção: peso/hora, peça por hora etc
6. Como é manipulado durante o aquecimento, se é contínuo ou tem paradas
7. Tempo de resposta dos elementos aquecedores (se for crítico para o processo)
8. Nível de potência em watts/cm^2 e sua relação temperatura e tempo (quando conhecida)
9. Temperatura inicial de trabalho
10. Temperatura final de trabalho
11. Ventilação (se presente ou exigido)
12. Provisão de potência
13. Limitações de espaço físico para aquecimento

Características de Absorção de Infravermelho

Como previamente discutido, muitos materiais, particularmente plásticos, absorvem radiação infravermelha seletivas. O quadro seguinte provê dados em alguns materiais de plástico comuns e as temperaturas de fonte indicadas para aplicações de termoformagem.

Plástico	Bandas de Absorção	Temperatura da Fonte
	(microns)	(Celsius)
LPDE	3.3 - 3.9	487-650
HDPE	3.2 - 3.7	530-650
PS	3.2 - 3.7	530-650
	(2.2 - 2.5)	136 - 197
PVC	1.65 - 1.8	1300-1500
	(2.2 - 2.5)	900 - 1061
PPMA	1.4 - 2.2	1061-1315
PA-66	1.9 - 2.8	780-1270
Celulose	2.2 - 3.6	550-1060
Acetado	5.2 - 6	204-302

Relação entre Tempo e Temperatura

Uma etapa crítica na avaliação para aplicação em infravermelho é determinar o tempo necessário para que a temperatura se desenvolva na área de trabalho e com o tempo necessário para reter esta temperatura, a fim de atingir os resultados (curando ou secando). A tabela a seguir mostra a relação entre tempo e temperatura dos materiais para cura e secagem por infrared.

Curando	Substrato	Temperatura da Superfície (°C)	W/Cm ²	Tempo (minutos)
Tintas Alquídicas	Aço	177	0,60	3
Tintas Epoxy	Aço	197	1,25	5
Tinta Acrílica	Aço	217	1,25	2
Pintura a Pó	Aço	222	2,01	6

Tempo de Resposta do Elemento Aquecedor

Algumas aplicações, tais como o aquecimento contínuo da película de papel ou plástica, requerem uma parada programada rápida dos aquecedores caso haja obstrução repentina. Nestas aplicações, a radiação residual dos aquecedores infravermelhos e o equipamento associado devem ser considerados. A radiação residual do elemento é uma função da temperatura versus sua massa. As lâmpadas e os tubos de quartzo têm a massa relativamente baixa e a radiação infravermelha ainda desprende-se do fio da resistência significativamente dentro dos segundos após o desligamento. Entretanto, a capa de quartzo age como uma fonte secundária da radiação e continua radiando a energia considerável. Os elementos blindados com metal têm mais massa e tempo de resposta ligeiramente mais lento. Os painéis com grande área têm a maior massa e a resposta mais lenta para ambos, para aquecimento e resfriamento.

Características dos Aquecedores Infravermelhos mais Comercializados

Aquecedores com Fio de Níquel				
Fonte Infravermelho	Tubo de Quartzo	Resistência Tubular	Cerâmica	Cerâmica Revestida
Fonte da Temperatura (°C)	Até 871°C	Até 816°C	Até 871°C	93 - 871°C
Brilho	Vermelho Brilhante ou Alaranjado	Vermelho Brilhante	Vermelho Escuro	Vermelho Cereja
Configuração Típica	Tubo 3/8" ou 1/2"	Tubo 3/8" ou 1/2"	Várias Formas	Painel Liso
Tipo de Fonte	Linha	Linha	Área Pequena	Área Larga
Pico de Comprimentos Ondas (microns)	2,55	2,68	3-4	2,25 -7,9
Densidade Máxima de Potência	1,4-1,88 W/cm ²	3,94 W/cm ²	Até 3,87 W/cm ²	3,87 W/cm ²
Watts por centímetro Linear	13,4-17,7	17,7-21,7	N/A	N/A
Conversão da Eficiência da energia do infravermelho	40-62%	45-56%	45-50%	45-55%
Tempo de Resposta Aquecer/Esfriar	1-2 Minutos	2-4 Minutos	5-7 Minutos	5-8 Minutos
Sensibilidade da Cor	Médio	Médio	Médio	Baixo a Médio
Resistência a Choque Térmico	Excelente	Excelente	Bom	Bom
Aspereza Mecânica	Bom	Excelente	Bom	Bom