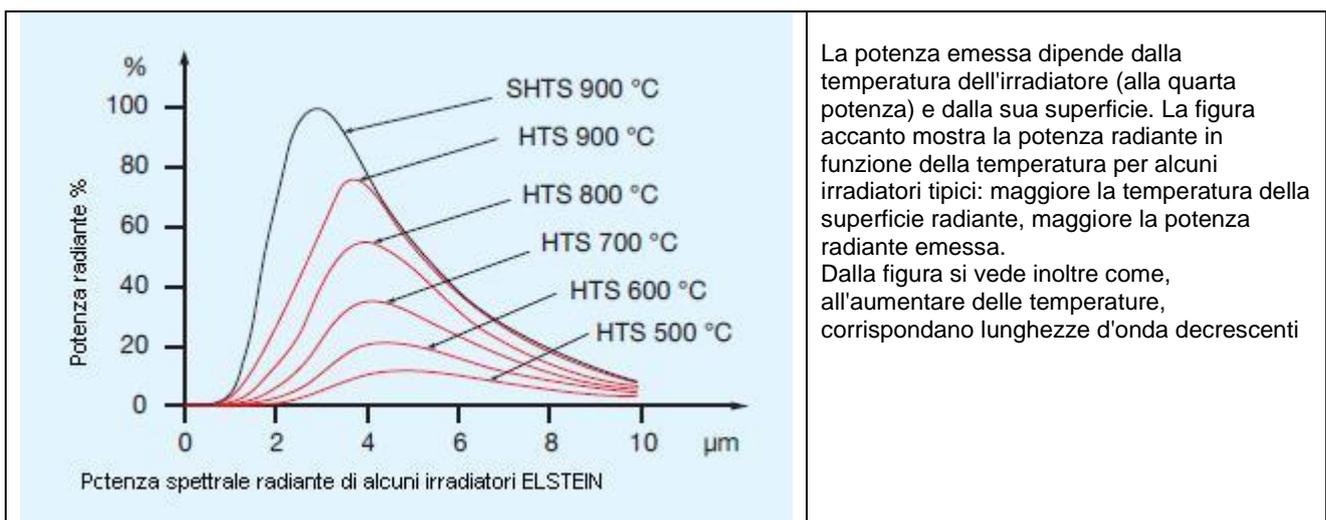
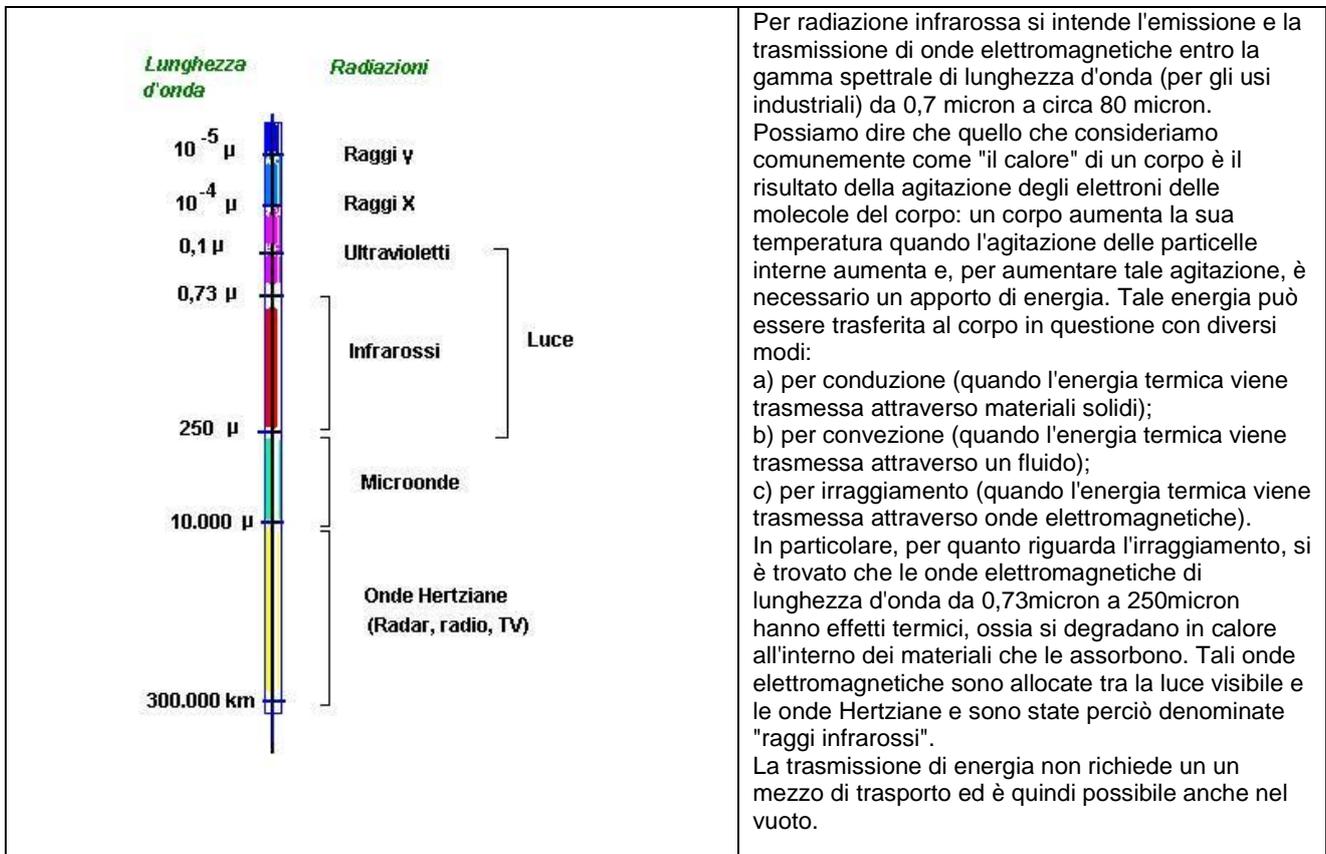
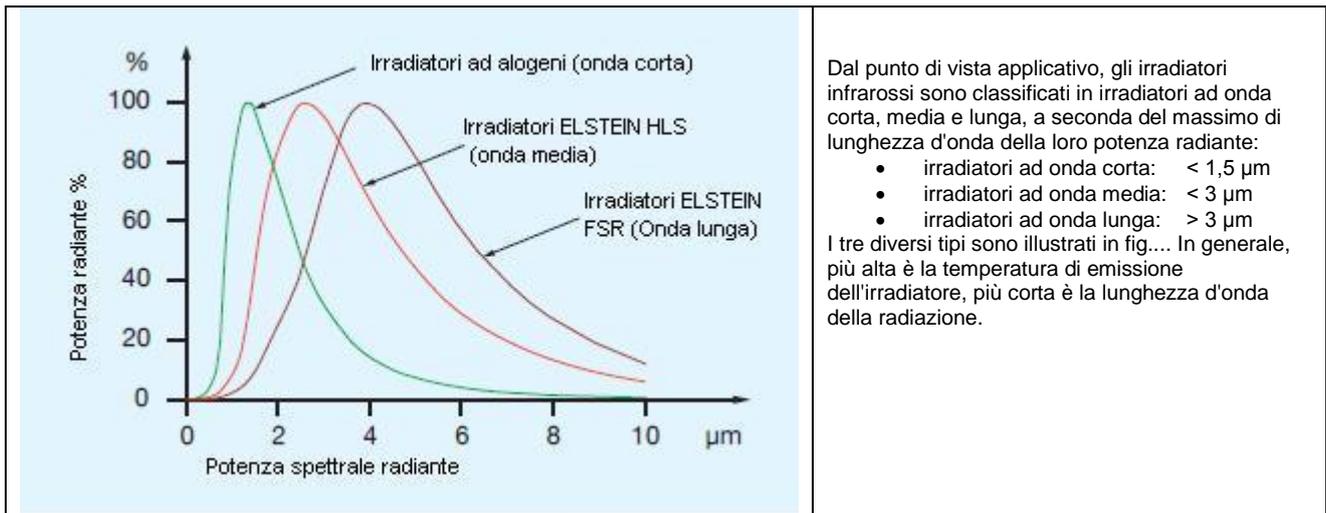


Cenni di teoria

Con queste note si intende dare qualche semplice nozione di teoria e qualche consiglio pratico sulla applicazione dei raggi infrarossi per uso industriale.





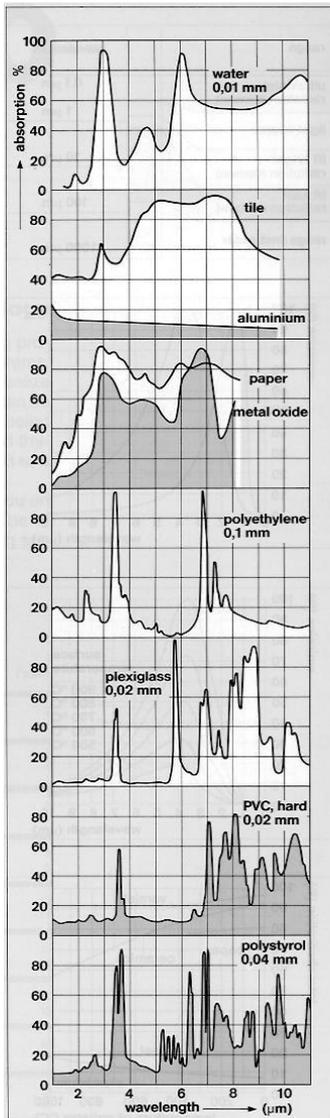
In pratica, qualunque corpo che ci circonda, essendo ad una certa temperatura maggiore dello zero assoluto, emette raggi infrarossi, ossia emette onde elettromagnetiche che, colpendo un altro corpo a minor temperatura, gli trasferiscono la loro energia e l'effetto che ne deriva è un aumento della temperatura di quest'ultimo corpo e un raffreddamento del primo.

La radiazione emessa da un corpo radiante ha un effetto diverso sui vari corpi irradiati. Infatti tale energia si può suddividere in energia assorbita, riflessa e passante attraverso il materiale; cioè:

$$E_{irr} = E_{ass} + E_{rif} + E_{pass}$$

Il riscaldamento di un materiale deriva dall'energia assorbita, quindi materiali riflettenti (es. metalli lucidi) o trasparenti (es: vetro) risultano difficili da riscaldare con raggi infrarossi.

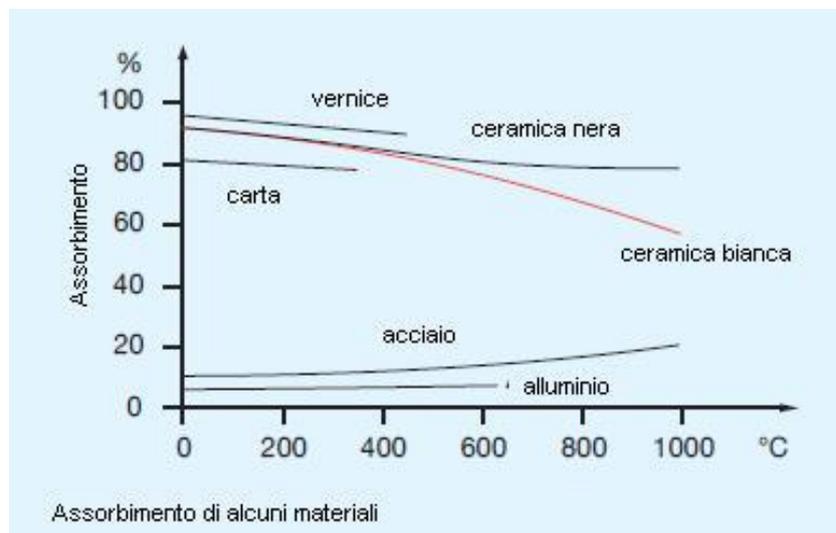
Per realizzare un irradiatore infrarosso bisogna quindi disporre di un corpo caldo e il sistema più pratico per ottenere lo scopo è quello di utilizzare come fonte energetica la corrente elettrica la quale, per il noto effetto Joule, passando in un conduttore avente una data resistenza provoca una dissipazione di potenza proporzionale alla resistenza e al quadrato della corrente, ossia si trasforma in calore.



Diagrammi di assorbimento di alcuni materiali in funzione della lunghezza d'onda

La figura a lato mostra gli spettri di assorbimento di alcuni materiali: dai grafici si nota che molti materiali (specialmente i materiali plastici) hanno un massimo di assorbimento attorno ai 3 μm ; ciò significa che la radiazione attorno a tale lunghezza d'onda sarà assorbita in modo favorevole, mentre su altre lunghezze d'onda la radiazione sarà in buona parte riflessa o passante attraverso il materiale. La lunghezza d'onda di 3 μm è quella tipica degli irradiatori ceramici, che quindi risultano particolarmente adatti per i trattamenti termici industriali.

L'assorbimento di irradiazione da parte di alcuni materiali è illustrato anche dalla figura qui sotto: si vede che mentre l'alluminio e l'acciaio assorbono poco (ed infatti sono usati come riflettori), altri materiali come carta e vernice hanno assorbimenti che si avvicinano al 100%.



Esaminiamo, con le loro caratteristiche principali, I tipi di irradiatori infrarossi comunemente utilizzati nei processi industriali :

infrarossi ceramici:

Costruzione: un filamento resistivo viene annegato in una miscela ceramica che distribuisce la temperatura su tutta la superficie dell'irradiatore.

Caratteristiche principali:

- possibilità di distribuzione della irradiazione con grande uniformità
- lunghezza d'onda favorevole all' assorbimento da parte dei materiali
- temperature di irradiazione relativamente basse
- inerzia termica relativamente alta: permette una regolazione elettronica più facile
- robustezza e grande durata (il filamento resistivo non è in contatto con l'aria e quindi non subisce ossidazione nel tempo)
- montaggio in qualunque posizione

infrarossi al quarzo:

Costruzione: il filamento resistivo viene inserito in un tubo trasparente di quarzo (resistente alla temperatura)

Caratteristiche principali:

- temperature di irradiazione relativamente alte

- inerzia termica bassa: la velocità di risposta permette l'applicazione o esclusione della irradiazione in pochi secondi ed è per questo motivo che questi irradiatori vengono adottati nei processi non a ciclo continuo
- lunghezza d'onda corta (tuttavia è presente anche l'irradiazione secondaria del contenitore in quarzo che si scalda ed irradia con lunghezza d'onda più lunga)
- svantaggi: fragilità, minore durata, impossibilità di montaggio in verticale, difficoltà di regolazione

infrarossi ad alogeni:

Costruzione e caratteristiche simili agli irradiatori al quarzo, con maggiore temperatura e maggiore velocità di accensione/spegnimento.

infrarossi metallici:

Costruzione: sono resistenze corazzate di varia forma, ormai poco utilizzate per la difficoltà di avere uniformità di irradiazione e per il tipo di montaggio poco adatto applicazioni industriali.

Diagrammi

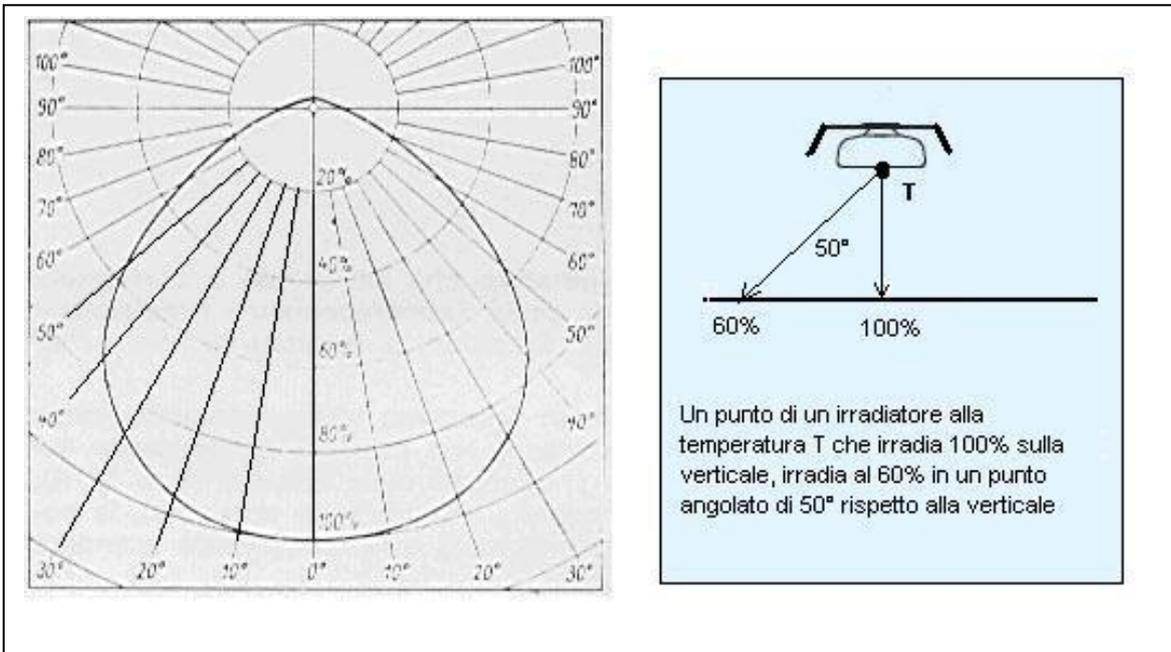
Premettiamo che i diagrammi sotto illustrati sono ricavati da prove di laboratorio e quindi sono da considerare indicativi per le applicazioni pratiche, applicazioni nelle quali compare un numero molto grande di variabili, delle quali difficilmente si potrà tenere conto completamente in sede di calcolo.

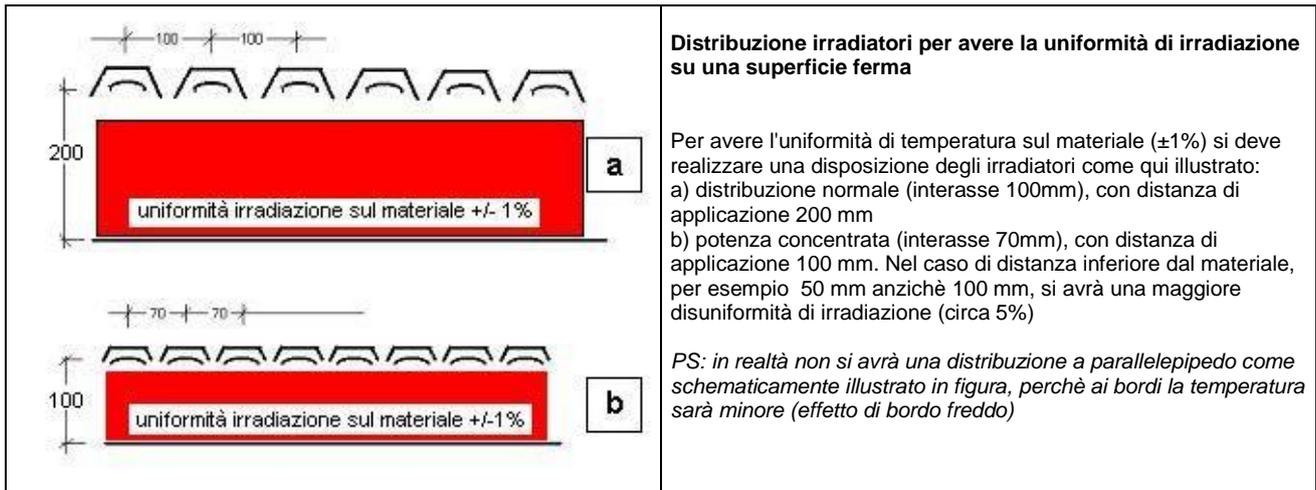
Distribuzione delle radiazioni

Gli irradiatori ceramici sono prodotti in differenti modelli con diverse dimensioni modulari. Ogni punto dell'irradiatore emette radiazioni in ogni direzione. La distribuzione spaziale della energia irradiata in ogni direzione dipende dalla dimensione dell'irradiatore e da eventuali riflettori. Le curve in figura si riferiscono ad un singolo irradiatore che funziona da solo, quindi la curva a campana evidenzia che, allontanandosi dalla verticale con angoli crescenti, il materiale da scaldare riceve meno irradiazione, in quanto meno raggi colpiscono la unità di superficie. Nell'esempio, la porzione di superficie ad un angolo di 50° riceve il 60% dell'irradiazione (posta =100% la irradiazione sulla verticale). E' come l'irradiazione solare che diminuisce dall'equatore andando verso i poli.

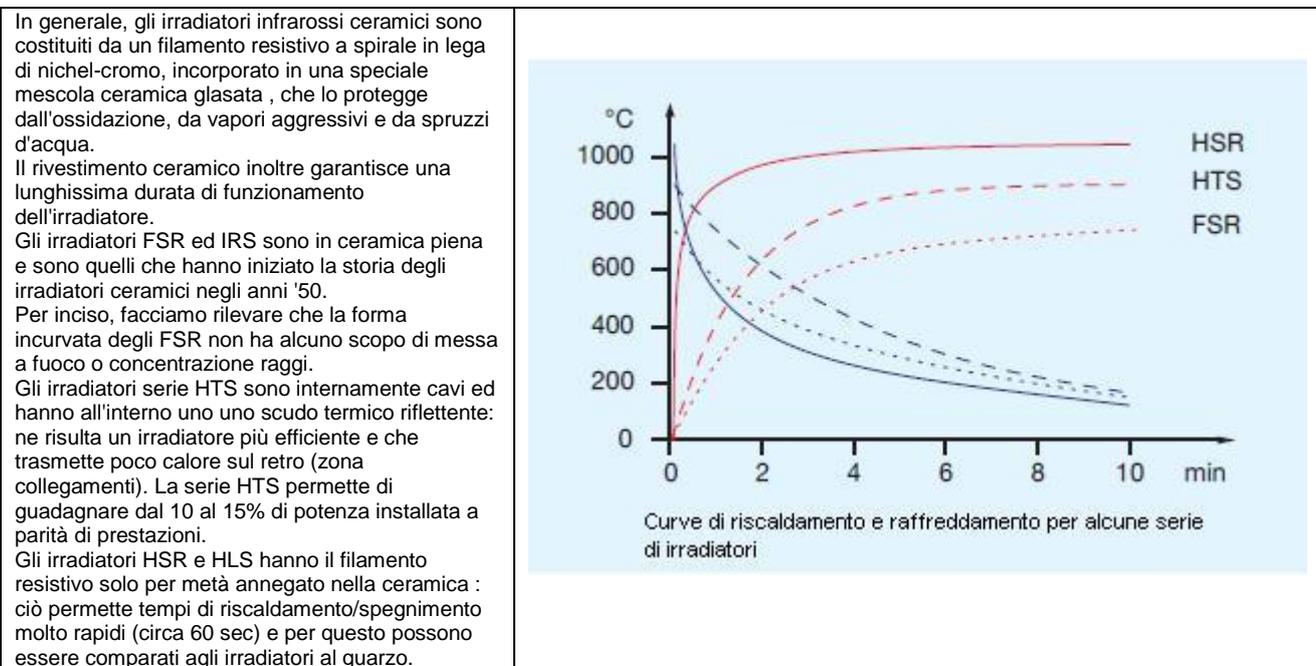
Per avere una uniformità di irradiazione su una superficie ferma, si devono quindi comporre gli irradiatori secondo geometrie in cui negli spazi tra un irradiatore e l'altro i raggi si sommino.

I pannelli da noi realizzati sono già costruiti in modo da ottenere l'uniformità di irradiazione sulla superficie.





Costruzione



La costruzione normale è per irradiatori a 230V.

Come costruzioni speciali, si possono avere irradiatori per diverse tensioni e potenze.

Tenere presente che la tensione di alimentazione (V) è direttamente collegata alla potenza (P) erogata dall'irradiatore stesso ed al valore resistivo (R) dell'irradiatore, secondo la legge di Ohm:

$$V = RI$$

$$P = VI$$

$$P = V^2 / R$$

Da qui si deduce anche che una tensione di alimentazione diversa da 230V (in più o in meno) produce effetti quadratici sulla potenza erogata dalla resistenza. Ad esempio se la tensione di alimentazione fosse del 5% inferiore al valore nominale (cioè = $0,95 V_n$), la potenza corrispondente sarebbe $(0,95)^2 = 0,90 P_n$. Cioè la potenza erogata dall'irradiatore sarebbe del 10% inferiore a quella nominale.

I terminali possono essere ordinati più lunghi di quelli standard, ma tale lunghezza non può superare i 400 mm per motivi di sicurezza.

ORIONE DI BISTULFI srl - Via Moscova, 27 - 20121 MILANO

tel: 026596553-4 Fax: 026595968
info@orionesrl.it - www.orionesrl.it

Gli irradiatorii infrarossi devono essere montati ed utilizzati secondo le istruzioni fornite dal costruttore. Gli irradiatorii vengono montati sui rispettivi riflettori tramite le molle in dotazione e devono risultare distanziati di circa 3 mm tra uno e l'altro, per evitare contatti tra le ceramiche con minori possibilità di dispersione nei punti di contatto e eventuale sopraelevamento di temperatura puntuale.

Gli irradiatorii ELSTEIN possono essere usati anche in condizioni di **vuoto**, ma non sono adatti per applicazioni in ambienti a rischio esplosione, a meno di particolari accorgimenti.

La vita degli irradiatorii ELSTEIN dipende dalle condizioni di uso e dalle temperature di funzionamento. La tabella qui sotto dà la vita tipica di alcuni irradiatorii (tensione standard 230 V) usati in condizioni normali:

a 400°C circa 20.000 ore (es: FSR 250W)
a 700°C circa 10.000 ore (es: FSR 1000W)
a 900°C circa 8.000 ore (es: HTS 1000W)
a 1100°C circa 2.000 ore (es: HLS 750W)

Temperatura limite: sugli irradiatorii è stampato un valore di temperatura massima. Questa temperatura non è la temperatura dell'irradiatore ma è la temperatura a cui l'irradiatore non deve mai arrivare, pena il suo possibile danneggiamento o precoce invecchiamento. Tale temperatura viene segnalata e deve essere tenuta presente in quegli impianti in cui la parte irradiante risulta particolarmente chiusa o dove c'è scarso ricambio d'aria, per cui la temperatura può salire in modo incontrollato. In questi impianti, non potendo meccanicamente modificare la costruzione, si consiglia vivamente di prevedere uno o più irradiatorii con termocoppia incorporata e controllo automatico di temperatura.

Temperatura tipica di funzionamento:

I vari irradiatorii hanno le caratteristiche riportate nelle rispettive tabelle di dati.

In particolare, si segnala che la "Temperatura tipica di funzionamento" indicata è la temperatura **media** misurata in **laboratorio** sul fronte dell' irradiatore, montato su un riflettore. Tale temperatura potrà essere diversa dalla temperatura reale dell'irradiatore sull'impianto. Infatti questa temperatura dipende da molti fattori legati alle diverse condizioni di installazione e funzionamento dell'impianto (es: presenza o meno di altri irradiatorii attorno, presenza di riflettori laterali, estrazione aria/fumi, caratteristiche di assorbimento/riflettività del materiale da riscaldare, distanza di applicazione, coibentazione impianto, tempi di funzionamento, ecc).

In generale, gli irradiatorii dovrebbero essere scelti in modo che la temperatura reale sia inferiore alla temperatura tipica di funzionamento almeno del 15%, anche per avere un margine di controllo per la regolazione.

Marchature

Su ogni irradiatore sono stampati sul fronte: la marca, il tipo, la potenza e la tensione nominali, la temperatura massima ammissibile (v. sopra). Sul retro il marchio CE e la data di fabbricazione.

Dimensionamento di un impianto e problemi legati alle alte temperature

Si distinguono principalmente due casi: irraggiamento su superficie ferma (es. termoformatura) e irraggiamento su materiali in movimento (tutti i trattamenti che avvengono su nastro trasportatore).

1) Irreggiamento su superficie ferma: si deve di solito ottenere l'uniformità di irraggiamento su tutta la superficie da trattare. Ciò si ottiene disponendo gli irradiatorii secondo una certa geometria dipendente dal tipo di irradiatore. Si considera poi la superficie da irradiare e si dimensiona la piastra radiante, rispettando le esigenze geometriche sopra dette, in modo da ricoprire (con un margine di almeno qualche centimetro per lato) tutta la superficie da riscaldare. Si determina in tal modo la forma della piastra, ossia il numero totale di irradiatorii infrarossi necessari.

2) Irreggiamento su superficie in movimento: è il caso di forni e linee che trattano materiali trasportati su nastro o tramite catena.

Per avere un irraggiamento uniforme dei materiali basta avere l'uniformità in senso perpendicolare alla traslazione; il moto stesso poi provvede a dare lo stesso trattamento termico nell'altro senso.

L'impianto qui è concettualmente più semplice, in quanto basta montare i pannelli (che assicurano già l'uniformità nel senso della loro lunghezza) in numero sufficiente a garantire il tempo di irraggiamento necessario, tenuto conto della velocità di traslazione del materiale.

Si passa poi a determinare la potenza da assegnare agli irradiatorii. Tale potenza dovrà essere scelta tenendo presente la temperatura richiesta sul materiale, lo spessore e il tipo di materiale, il tempo di irraggiamento, il tipo di forno (se aperto o coibentato), ecc.

La scelta della potenza è senz'altro problematica in quanto, tenuto conto delle variabili e degli imprevisti termici che si presentano in ogni singolo impianto, non è agevole procedere col calcolo, ma bisogna decidere in base alla pratica. In mancanza di esperienza di casi analoghi precedenti, si effettuano delle prove su campioni.

Tuttavia con l'avvento dei regolatori elettronici di temperatura (di cui si parla più avanti), questa scelta è diventata meno critica e, praticamente, basta non eccedere troppo con la potenza, potendo sempre regolare in meno.

Collegamenti elettrici: dato che i collegamenti elettrici degli irradiatorii sono sistemati in parti soggette ad alte temperature, bisogna prevedere conduttori opportunamente costruiti. Occorre tenere presente che oltre i 200°C il rame dei conduttori viene attaccato dall'ossigeno dell'aria e diventa fragile. Pertanto è opportuno prevedere cavi in rame

ORIONE DI BISTULFI srl - Via Moscovia, 27 - 20121 MILANO

tel: 026596553-4 Fax: 026595968
info@orionesrl.it - www.orionesrl.it

nichelato in modo che la superficie di rame dei conduttori elementari risulti più protetta; con tale accorgimento, si arriva a temperature di 300-350°C.

Dal punto di vista dell'isolamento, i cavi rivestiti in silicone resistono fino a 200°C; quelli in Teflon fino a circa 250°C.

Meglio prevedere cavi in rame nichelato con rivestimento di più strati di elettrovetro, che garantiscono resistenza fino a 300°C con punte di breve durata a 350°C. I cavi con conduttori in Nichel garantiscono funzionamento anche a temperature superiori: tuttavia il Nichel ha una conduttività molto inferiore a quella del rame (circa 1/4) : pertanto si dovrebbero avere sezioni 4 volte superiori, con notevoli problemi di installazione e di costo.

Dove è possibile e per brevi percorsi è possibile utilizzare sbarrette in acciaio inox (con comportamento analogo al Nichel) montate su isolatori in porcellana.

Come il rame, anche l'ottone subisce l'attacco dell'ossigeno a temperature oltre i 200°C: attenzione quindi alle morsetterie e capicorda, che dovrebbero essere in nichel o acciaio inox.

Dilatazioni: gli irradiatori vengono montati su strutture metalliche che, a seconda della temperatura, sono soggette a dilatazioni.

Il coefficiente di dilatazione dell'alluminio è di 0,024 mm/°C per ogni metro lineare; per l'acciaio 0,012 mm/°C per metro lineare. Perciò per una variazione ad esempio di 100°C avremo delle dilatazioni per ogni metro di lunghezza del pannello pari a 2,4 mm per l'alluminio e di 1,2 mm per l'acciaio.

Bisogna quindi lasciare alle strutture la possibilità di muoversi nel senso delle dilatazioni; generalmente si prevedono delle asole con dadi autobloccanti non serrati a fondo. Oppure si applicano dadi speciali di scorrimento che permettono il movimento nel senso delle dilatazioni. In ogni caso non si dovrebbe mai, almeno per strutture relativamente lunghe, bloccare un pannello da entrambe le parti.

Se si utilizzano dadi autobloccanti, questi devono essere resistenti alle temperature: in particolare, l'insero di blocco non deve essere in plastica, ma in metallo

Dispersioni:

Allo scopo di migliorare il rendimento del processo di irradiazione, si consiglia di rivestire le pareti del forno di materiale riflettente (lamiera cromata, acciaio inox), in modo da convogliare la maggior quantità possibile di irradiazioni sul materiale da trattare.

Infatti può apparire strano che per trattare un materiale a 100°C si debba impiegare un irradiatore con temperatura superficiale di 600°C: Bisogna tenere presente che, delle radiazioni emesse dalla sorgente, solo una parte raggiungerà il bersaglio (cioè il materiale da riscaldare): infatti una parte delle radiazioni andrà a colpire le pareti del forno, un'altra parte verrà captata dal pulviscolo atmosferico interposto, un'altra parte ancora andrà a scaldare il riflettore posto sul retro dell'irradiatore e sarà tanto maggiore quanto più tale riflettore sarà sporco o comunque poco riflettente.

Una parte di questo calore disperso in realtà è recuperabile sotto forma di calore di convezione, chiudendo il più possibile il forno.

Applicazioni

In generale gli irradiatori infrarossi vengono impiegati in quelle applicazioni industriali in cui si deve trasferire calore ad un materiale senza contatto oppure si devono accorciare i tempi di riscaldamento rispetto ai forni a convezione.

Applicazioni industriali tipiche:

- termoformatura
- essiccazione di vernici, colle e spalmati
- riscaldamento film plastici per confezionamento e accoppiamento
- riscaldamento materiali termoretraibili
- asciugatura materiali umidi

Impieghi speciali:

- riscaldamento civile
- uso zootecnico in allevamenti
- saune
- riscaldamento cibi

Certificazioni

Tutti i materiali elettrici forniti sono certificati CE.

I pannelli, costruiti come illustrato nelle descrizioni del presente catalogo, sono pure certificati CE.

In particolare, risultano in conformità con quanto previsto dalle seguenti Direttive Comunitarie, con la relativa legislazione nazionale di recepimento:

- Direttiva Bassa Tensione (73/23 - 93/68)
- Compatibilità elettromagnetica (89/336 - 92/31 -93/68)
- Direttiva Macchine (89/392) ove ritenuta applicabile

Sono state inoltre rispettate le seguenti Norme armonizzate:

EN 60519-1, ottobre 2011

Sicurezza negli impianti elettrici di riscaldamento

EN 60 204 - 1

Sicurezza delle apparecchiature; componenti elettrici

EN 292/1 - EN 292/2

Sicurezza delle apparecchiature; principi generali per la progettazione

EN 60 335 - 1 e succ. varianti

Sicurezza degli apparecchi di uso domestico e

EN 60 335 -2 -30

similare - Norme Generali

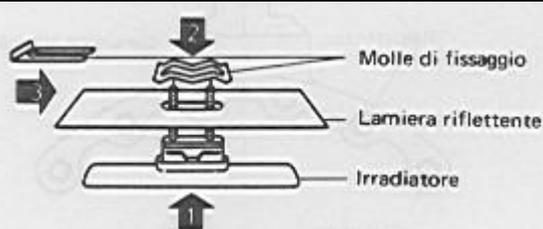
Sicurezza degli apparecchi elettrici di uso domestico e

similare - Parte II: Norme particolari per gli

apparecchi di riscaldamento dei locali

Montaggio

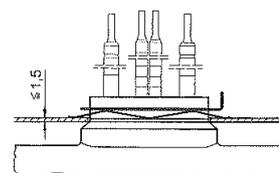
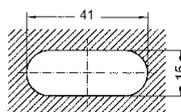
Ogni irradiatore per usi industriali viene fornito con molle di fissaggio che permettono il montaggio elastico dell'elemento su una lamiera riflettente.



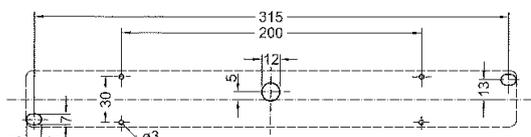
In figura sono illustrate le dime di foratura per il montaggio di irradiatori di diversi tipi

DIME DI FORATURA PER IRRADIATORI CERAMICI

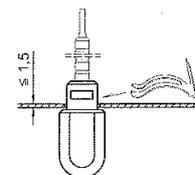
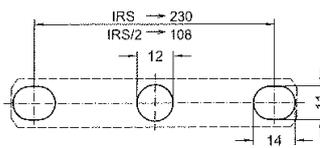
Elstein Standard



Elstein FSL



Elstein IRS, IRS/2



Istruzioni per il montaggio ed uso degli irradiatori sono date nell'apposita sezione "Istruzioni per uso e sicurezza"

ORIONE DI BISTULFI srl - Via Moscova, 27 - 20121 MILANO

tel: 026596553-4 Fax: 026595968

info@orionesrl.it - www.orionesrl.it