



DESCRIZIONE E TEORIA
DESCRIPTION AND THEORY

GENERALITÀ	1
CAMPI DI APPLICAZIONE	2
MATERIALI E NORMATIVA PED (97/23/CE)	2
LO SCAMBIATORE A PIASTRE – FUNZIONAMENTO	2
MATERIALI IMPIEGATI NELLA COSTRUZIONE.....	4
A) LE PIASTRE	4
B) LE GUARNIZIONI.....	5
C) IL TELAIO	5
D) I TIRANTI.....	6
E) CONSIDERAZIONI COMPARATIVE CON LO SCAMBIATORE A FASCIO TUBIERO.....	6
PRESSIONI E TEMPERATURE MASSIME	6
PRESTAZIONI ED EFFICIENZA	6
A) LUNGHEZZA TERMICA	7
B) PORTATE	7
C) PERDITE DI CARICO	8
D) SPORCAMENTO	9
E) TENUTE	10
F) ISPEZIONABILITA' – PULIZIA – ESTENSIONE – RIPARAZIONE	10
CRITERI E CONSIGLI PER LA SCELTA DI UNO SCAMBIATORE.....	11
FORMULE E METODI PER IL CALCOLO TERMICO	12
PERDITE DI CARICO	13
VAPORE D'ACQUA ED ALTRI VAPORI CONDENSATI	15
COMPARAZIONE RIASSUNTIVA TRA SCAMBIATORI A PIASTRE PIANE E SCAMBIATORI A PIASTRE CORRUGATE	15
DATI NECESSARI PER IL CALCOLO TERMICO	16
FATTORI DI CONVERSIONE	17

GENERALITÀ

Gli scambiatori di calore a piastre hanno, rispetto agli altri scambiatori, caratteristiche del tutto particolari. Si contraddistinguono da quelli a fascio tubiero, a spirale, a serpentino, a lamelle ecc., soprattutto per il fatto che, fra tutti, sono gli unici ad essere estensibili. Permettono cioè, anche ad installazione eseguita e per qualsiasi motivo, di aumentare o diminuire la potenza di scambio garantendo, in ogni caso, il perfetto funzionamento dell'impianto. La scelta di un qualunque tipo di scambiatore dipende, come è intuitivo, da un gran numero di fattori. I più importanti sono sicuramente, la natura fisica dei fluidi, le temperature e le pressioni in gioco, le portate, le perdite di carico, la tendenza allo sporco, i materiali utilizzati in relazione al tipo di servizio, la possibilità o meno di effettuare manutenzioni agevoli ed infine il costo. Anzi la valutazione conclusiva per la scelta si fa, giustamente, comparando i costi globali dei vari tipi di scambiatori che siano in grado di risolvere un determinato problema tecnico. Anche fra scambiatori dello stesso tipo (noi ci occuperemo degli scambiatori a piastre in particolare) si pongono problemi di scelta. Ovviamente i fattori da prendere in considerazione sono gli stessi già menzionati e le differenze, tra un costruttore ed un altro, non è detto che siano piccole. In qualche caso, al contrario, la comparazione evidenzia solo disparità di prezzo. Gli scambiatori a piastre, pur avendo tutti più o meno le stesse caratteristiche costruttive e di assemblaggio, si possono suddividere fondamentalmente in due tipologie. Una si contraddistingue dall'avere le piastre di scambio corrugate in varie geometrie ottenute per imbutitura alla pressa ed aventi le guarnizioni in gomma incollate o agganciate alle piastre stesse.

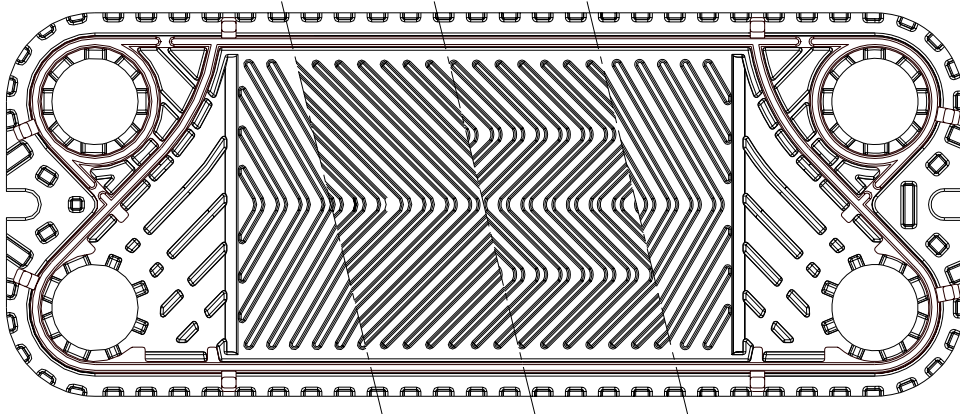


Fig. 1 (Piastra corrugata TECHNO SYSTEM)

L'altra presenta invece piastre lisce (piane), guarnizioni in gomma fissate meccanicamente e facilmente sostituibili, e turbolatori, realizzati in rete metallica, adagiati sulle piastre ed inseriti in apposite sedi nelle guarnizioni medesime. Quest'ultima tipologia è stata studiata, messa a punto e brevettata da TECHNO SYSTEM S.R.L..

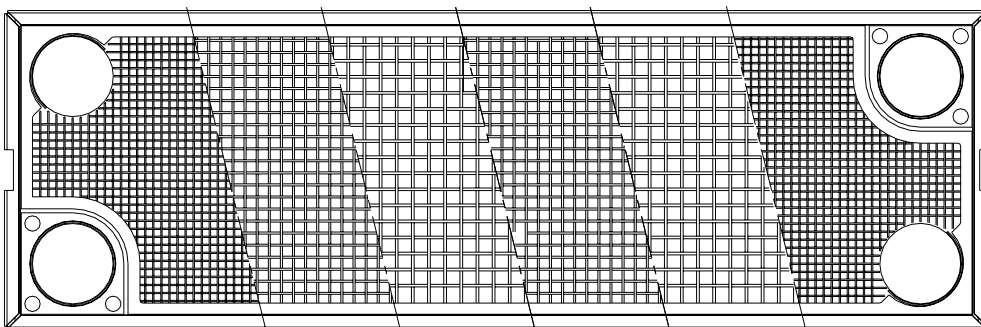


Fig. 2 (Piastra liscia TECHNO SYSTEM)

TECHNO SYSTEM può quindi offrire scambiatori a piastre lisce e corrugate, avendo perciò la soluzione adeguata per ogni problema di scambio termico.

CAMPI DI APPLICAZIONE

I settori di applicazione degli scambiatori di calore a piastre sono ovviamente moltissimi. Soprattutto essi sono molto apprezzati per la compattezza, l'alta efficienza, l'estensibilità, la facilità di manutenzione, la possibilità di complesse circuitazioni e, non ultimo, anche per i costi sempre più competitivi. I campi in cui tali scambiatori stanno quindi sempre più prendendo il sopravvento sono il teleriscaldamento, il recupero energetico, la refrigerazione, l'impiantistica chimica, farmaceutica, alimentare, civile. TECHNO SYSTEM, grazie alle sue particolari soluzioni costruttive maturate dopo lunga esperienza nel settore, ha ancor di più incrementato la possibilità d'impiego degli scambiatori a piastre aumentandone la resistenza alle pressioni differenziali e assolute, rimanendo ovviamente il limite dovuto alle temperature ammissibili per le guarnizioni in gomma (vedi Fig. 8 e Fig. 9).

MATERIALI E NORMATIVA PED (97/23/CE)

Dopo l'entrata in vigore in modo definitivo della direttiva PED (97/23/CE), TECHNO SYSTEM ha scelto immediatamente la strada, già intrapresa da tempo, della Qualità e della Conformità alla Direttiva per tutti i modelli degli scambiatori prodotti.

Questo ha voluto dire per l'Azienda il completamento dell'iter di Certificazione del Sistema interno di Qualità e contestualmente l'acquisizione della Certificazione PED modulo H.

La puntuale revisione progettuale e costruttiva di tutti gli scambiatori ha comportato la ridefinizione ed il conseguente miglioramento di tutti i parametri di Sicurezza e Qualità con l'impiego di materiali di elevatissime caratteristiche meccaniche quali il P355 NH (EN 10028) per i piastroni e l'A 193 B7 (ASTM) per i tiranti.

LO SCAMBIATORE A PIASTRE – FUNZIONAMENTO

Gli scambiatori di calore a piastre (vedi Fig. 3) sono costituiti principalmente dai seguenti componenti: il telaio e le piastre.

A) Il telaio, a sua volta, è formato da due piastroni (uno fisso e uno mobile) che, a mezzo di tiranti, bloccano in un unico pacco le piastre di scambio. Esso, dovendo sopportare notevoli pesi e pressioni, è generalmente adeguatamente robusto. Il corretto serraggio dei tiranti consente, tramite lo schiacciamento delle guarnizioni in gomma, la perfetta tenuta dell'apparecchio.

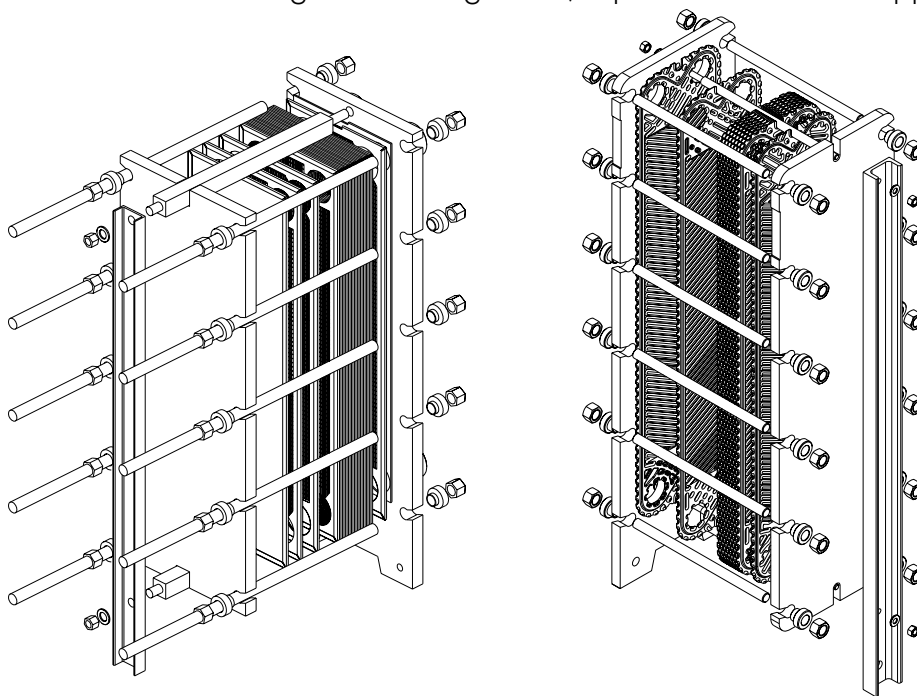


Fig. 3 (Particolare di assemblaggio di scambiatori a piastre TECHNO SYSTEM)

I bocchelli di connessione allo scambiatore, che possono essere realizzati in vario modo (filettati maschio, filettati femmina, predisposti per flange, a saldare ecc.), sono, in genere, collocati sul piastrone fisso per agevolare le operazioni di manutenzione. Questo, come vedremo, non è sempre possibile. Le due barre d'allineamento o di guida delle piastre, sono anch'esse componenti essenziali dello scambiatore e, spesso, svolgono pure una funzione di supporto delle piastre medesime.

B) Le piastre di scambio sono certamente i componenti fondamentali dello scambiatore. Esse, come abbiamo già accennato, possono essere realizzate con varie geometrie e con diverse soluzioni costruttive (vedi Fig. 1, Fig. 2 e Fig. 5).

TECHNO SYSTEM, in base alla lunga esperienza acquisita nelle problematiche dello scambio termico, ne produce fondamentalmente due tipi, di concezione in qualche modo innovativa rispetto ad altre presenti sul mercato.

Nel primo caso sono costituite da lastre di lamiera liscia, da guarnizioni in gomma fissate sotto un bordo ripiegato ad U e da turbolatori in rete inseriti in apposita sede nelle guarnizioni stesse (vedi Fig. 4).

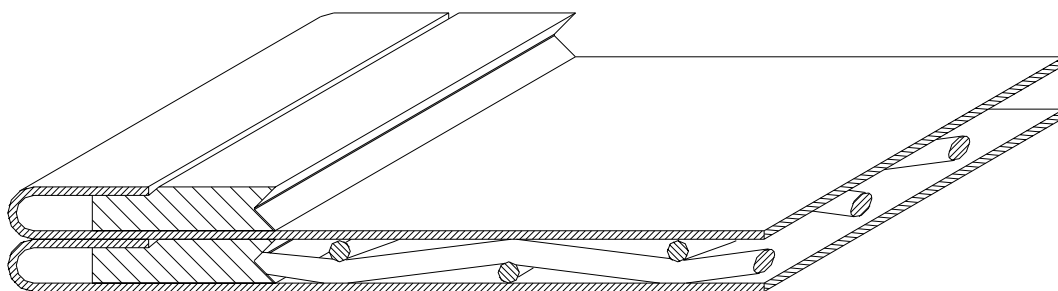


Fig. 4 (Particolare di ancoraggio della guarnizione della piastra liscia)

Questa soluzione è consigliata per fluidi "puliti", per alte pressioni e per tutti quei casi dove è necessario poter ottimizzare lo scambiatore, avendo a che fare con portate e/o con fluidi molto diversi nei due circuiti.

Nel secondo caso le piastre sono composte da lastre corrugate, ottenute di stampaggio, con guarnizioni in gomma fermate per punti.

Il gioco delle guarnizioni fa sì che nel pacco delle piastre i due circuiti si alternino (in controcorrente) in modo che il fluido di un canale scambi con i due contigui.

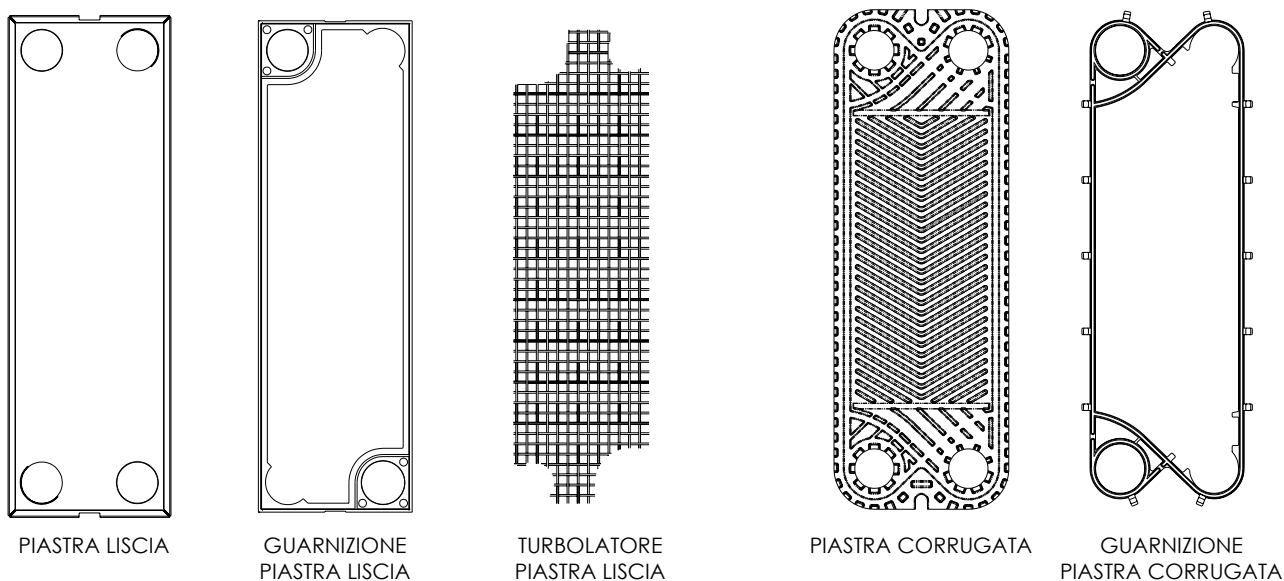


Fig. 5 (Componenti delle piastre TECHNO SYSTEM)

Le disposizioni di flusso (vedi Fig. 6 e Fig. 7) sono normalmente simmetriche con canali in parallelo, ma senza difficoltà, possono disporsi flussi con canali in serie e misti serie-parallelo. La scelta di una disposizione o dell'altra dipende, dal programma termico e dalla "lunghezza termica" (caratteristiche geometriche) delle piastre.

Gli scambiatori con piastre lisce hanno gli attacchi incrociati, mentre quelli con piastre corrugate hanno gli attacchi paralleli non incrociati (vedi Fig. 6 e Fig. 7).

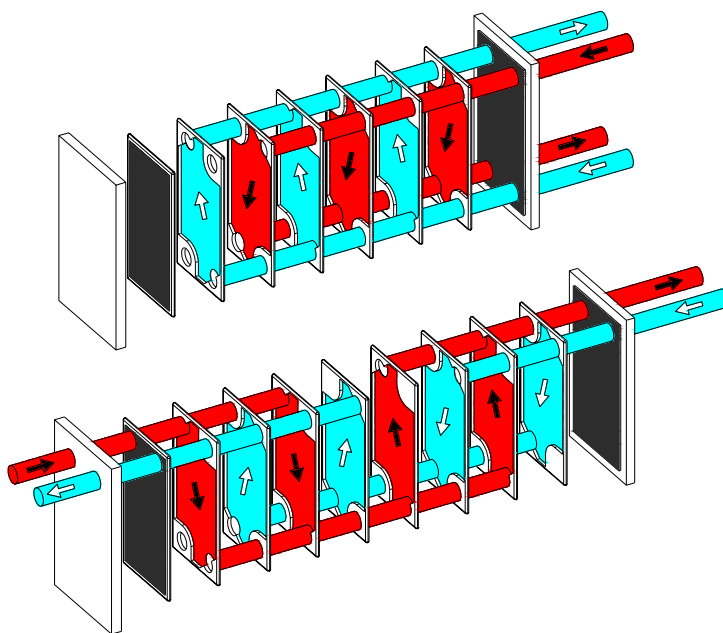


Fig. 6 (Esempi di flusso scambiatore a piastra liscia con turbolatore)

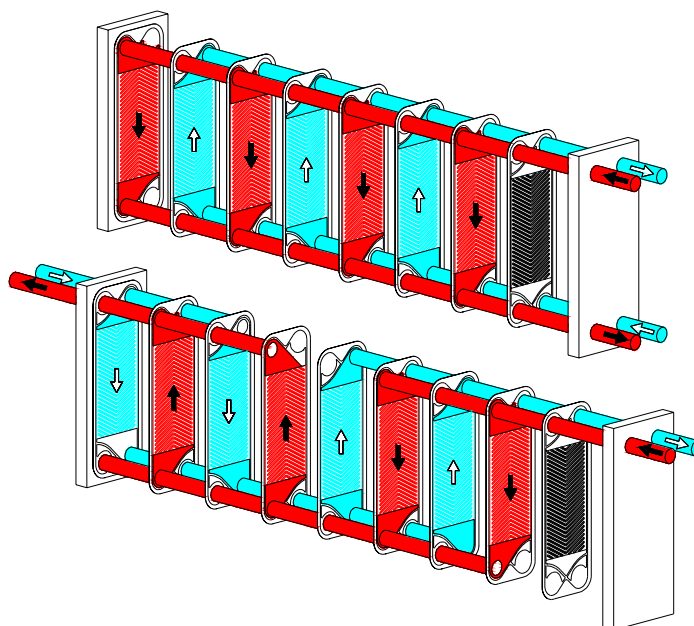


Fig. 7 (Esempi di flusso scambiatore a piastra corrugate)

MATERIALI IMPIEGATI NELLA COSTRUZIONE

A) LE PIASTRE

Le Piastre di scambio possono essere costruite, se corrugate (realizzate quindi per imbutitura), con qualsiasi materiale stampabile con notevoli limitazioni riguardanti i materiali molto duttili e malleabili (per es. il rame) poiché esse rischiano, una volta assemblata nello scambiatore e serrate

(quindi venendo a contatto), di perdere la forma ottenuta di stampaggio modificando in modo irreparabile le intercapedini e i canali di passaggio con ovvie conseguenze. La piastra liscia tipo TECHNO SYSTEM permette anche l'utilizzo di questi materiali. In ogni caso i materiali utilizzati comunemente per le piastre sono: acciaio inox AISI 304, AISI 316, titanio, monel, incoloy, hastelloy, rame (solo piastra liscia) ecc. La scelta del materiale dipende principalmente da compatibilità ed inattaccabilità chimica al contatto con i vari fluidi e quindi, in ultima analisi, dalla più o meno elevata resistenza alla corrosione. Valutazioni finali di costo, in relazione alla tipologia dell'impianto, suggeriranno la scelta definitiva.

B) LE GUARNIZIONI

I materiali con cui vengono realizzate le guarnizioni sono in generale gomme speciali nitriliche, butiliche, etilen-propileniche (EPDM, EPM), siliconiche, fluorurate (FKM, Viton), ecc. Fatte salve le compatibilità chimiche, le temperature massime di impiego di tali gomme risultano le seguenti

Nitrile	120 °C	(Standard Techno System)
Butile	110 °C	
EPDM	155 °C	(Standard Techno System)
EPM	165 °C	
Silicone	210 °C	
FKM (Viton)	210 °C	(Standard Techno System)

Questi valori sono raggiungibili a pressioni di esercizio non superiori alle 25 Ate con scambiatori a piastre lisce mentre con scambiatori a piastre corrugate (con ancoraggio diverso dal precedente), questi limiti si abbassano (vedi Fig. 8).

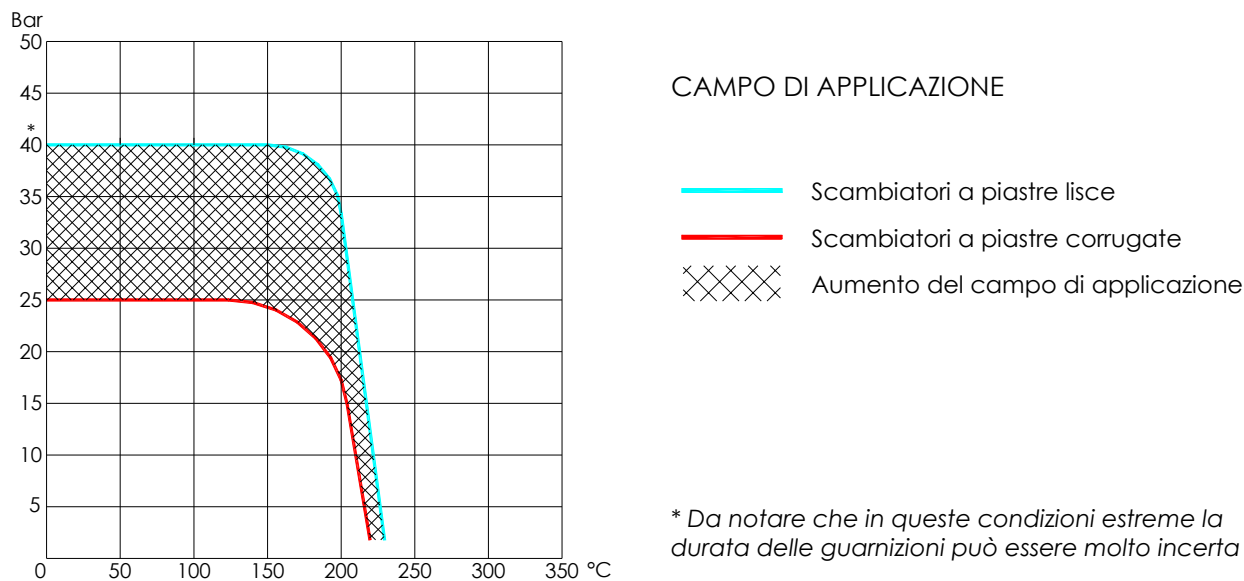


Fig. 8

La tipologia costruttiva della piastra liscia con turbolatore TECHNO SYSTEM fa' sì che, a scambiatore serrato, le guarnizioni contenute all'interno delle piastre siano completamente protette dagli agenti invecchianti delle gomme come raggi ultravioletti, ozono, ecc. e questo ne allunga di molto la vita media.

C) IL TELAIO

Per quanto riguarda i materiali dell'incastellatura si utilizzano quasi sempre acciai al carbonio (per es. P355NH) di elevate caratteristiche meccaniche, debitamente verniciati. Per impieghi particolari (per es. nel settore alimentare) possono essere previsti anche telai in acciaio inox con vari tipi di finitura.

D) I TIRANTI

La bulloneria ed i tiranti sono generalmente in acciaio al carbonio (o legato) ad alta resistenza (per es. A193 B7). Anche per i tiranti può essere utilizzato talvolta l'acciaio inox per impieghi non gravosi.

E) CONSIDERAZIONI COMPARATIVE CON LO SCAMBIATORE A FASCIO TUBIERO

Generalmente e soprattutto per i materiali più costosi la scelta finale fra uno scambiatore a fascio tubiero ed uno a piastre è nettamente favorevole a quest'ultimo dato il maggior coefficiente globale di scambio e quindi la minor superficie impiegata. Anche gli spessori sono notevolmente più sottili pur non pregiudicando, per questo, la durata e la sicurezza degli apparecchi. Gli scambiatori a fascio tubiero hanno in generale molte zone di saldatura che, innescando fenomeni di corrosione, possono portare alla foratura anche gli spessori più elevati. Lo scambiatore a piastre lisce offre dei vantaggi riguardo alla corrosione anche rispetto a scambiatori a piastre corrugate poiché rugosità e snervamento del materiale, dovuti appunto allo stampaggio, possono, anche in questo caso, innescare fenomeni corrosivi. La piastra liscia, non stampata né imbutita, da questo punto di vista dà sicuramente le migliori garanzie.

PRESSIONI E TEMPERATURE MASSIME

A) Il diagramma di Fig. 9 mostra quali sono, a seconda del tipo di guarnizione, i campi di temperatura-pressione in cui è possibile impiegare con sicurezza gli scambiatori a piastre. Come si può vedere gli scambiatori a piastre lisce con turbolatore hanno dei campi di applicazione pressione-temperatura più elevati rispetto agli scambiatori a piastre corrugate.

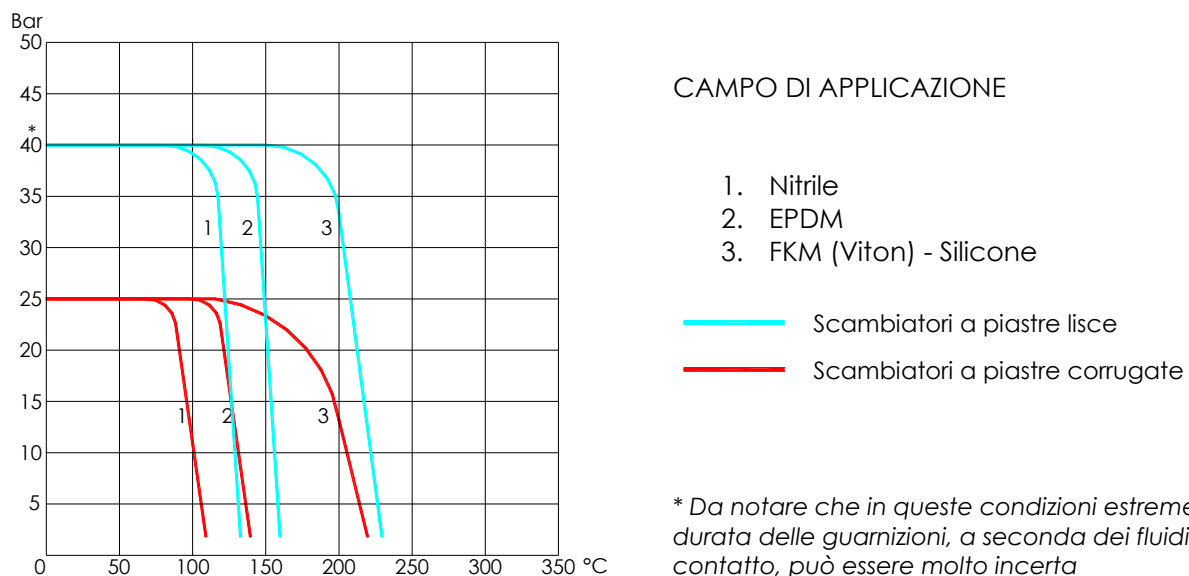


Fig. 9

B) Comparazione con lo scambiatore a fascio tubiero.

Lo scambiatore a fascio tubiero ha ovviamente la possibilità di essere utilizzato in campi di temperatura e pressioni notevolmente più estesi rispetto allo scambiatore a piastre, non essendo limitato da spessori sottili e da guarnizioni in gomma. I limiti, paradossalmente, per questo scambiatore sono alla fine proprio gli spessori troppo elevati e le saldature che, ad elevate pressioni e temperature, a causa proprio di spessori massicci e non uniformi, producono sempre fenomeni di fatica con concentrazioni di sforzo dovuti a vibrazioni e stress termici. Negli scambiatori a piastre questi problemi, non si presentano, data appunto l'uniformità degli spessori e l'assenza di saldature.

PRESTAZIONI ED EFFICIENZA

Normalmente le prestazioni di uno scambiatore di calore sono individuate facendo riferimento ad un certo numero di parametri che caratterizzano il tipo di servizio. Questi parametri sono usualmente la lunghezza termica, le portate, le perdite di carico, i coefficienti di sporco, le tenute, la necessità di manutenzione ecc.

Nel seguito puntualizzeremo in dettaglio i suddetti parametri cercando di chiarirne nel modo migliore i concetti che, d'altra parte, sono di fondamentale importanza per la comprensione di tutta la problematica dello scambio termico.

A) LUNGHEZZA TERMICA

La lunghezza termica di uno scambiatore di calore (talvolta chiamata numero di unità di trasferimento NTU) è definita dal seguente rapporto adimensionale:

$$NTUs = \frac{K \cdot S}{G \cdot c}$$

Dove: K = coeff. globale di scambio (Kcal/m²h°C)
 S = superficie di scambio (m²)
 G = portata massima (kg/h)
 c = calore specifico (Kcal/Kg°C)

Questo valore, per un dato servizio, dev'essere uguale o maggiore di:

$$NTUp = \frac{T_i - T_o}{\Delta T_{ml}}$$

Dove: T_i = temp. ingresso (°C)
 T_o = temp. uscita (°C)
 ΔT_{ml} = diff. di temp. media log. (°C)

Le temperature di ingresso e di uscita si riferiscono ad uno dei due circuiti (solitamente il primario). Gli scambiatori TECHNO SYSTEM, con perdite di carico non particolarmente elevate, riferendosi a scambio acqua/acqua e ad un solo canale, possono raggiungere valori di NTUs uguali o anche maggiori di cinque a passaggio. La lunghezza termica di uno scambiatore, una volta assegnati i fluidi le temperature e le portate, è funzione della superficie di scambio e del coefficiente globale di trasmissione e dipende, in definitiva, dalla sola geometria delle piastre.

Con gli scambiatori TECHNO SYSTEM a piastre lisce l'ottimizzazione della lunghezza termica degli apparecchi diventa una cosa estremamente facile potendo cambiare la geometria delle piastre stesse solo inserendo dei turbolatori con caratteristiche adeguate tra le numerosissime tipologie di reti esistenti in commercio (vedi Fig. 10). Con le piastre corrugate la lunghezza termica è fissa una volta definita la geometria delle stesse.

Tale geometria può essere disponibile in differenti tipologie per ciascun modello, ottenendo quindi lunghezze termiche differenti. Si può inoltre, miscelare all'interno di un stesso scambiatore due tipi di corrugazione con disegno diverso, ottenendo lunghezze termiche intermedie pur non riuscendo comunque ad ottimizzare i due circuiti l'uno indipendentemente dall'altro.

Lo scambiatore a fascio tubiero, nelle stesse condizioni di cui sopra, può raggiungere valori massimi di NTUs di 0,6 a passaggio. Dal punto di vista della lunghezza termica lo scambiatore a piastre, è nettamente superiore a quello a fascio tubiero tanto che possono essere progettati apparecchi che lavorano con differenze di temperature medie logaritmiche anche di solo 1°C.

B) PORTATE

Le portate max. degli scambiatori a piastre sono determinate, ovviamente, dal diametro dei bocchelli. In generale in essi, per liquidi poco viscosi (per es. l'acqua) sono ammesse perdite di carico fino a 2 mca, corrispondenti a velocità di ca. 6 m/sec.. Per fluidi molto viscosi invece, il fattore limitante la portata max. non è normalmente la caduta di pressione negli attacchi, ma quella nei canali. Fra tutti gli scambiatori a piastre gli unici che permettono una ottimizzazione delle perdite di carico e dei coefficienti di scambio per portate anche molto differenti nei due circuiti (o per fluidi con caratteristiche fisiche diverse) sono senz'altro quelli a piastre lisce con turbolatori costruiti da TECHNO SYSTEM. Essi, come già detto possono avere piastre con geometrie completamente diverse, utilizzando turbolatori a maglia più rada o più fitta e/o con diverso diametro di filo (vedi Fig. 10). Con gli scambiatori a piastre lisce il rapporto fra le portate dei due circuiti può raggiungere il valore di 1:4, cosa forse possibile solo con scambiatori a lamelle.

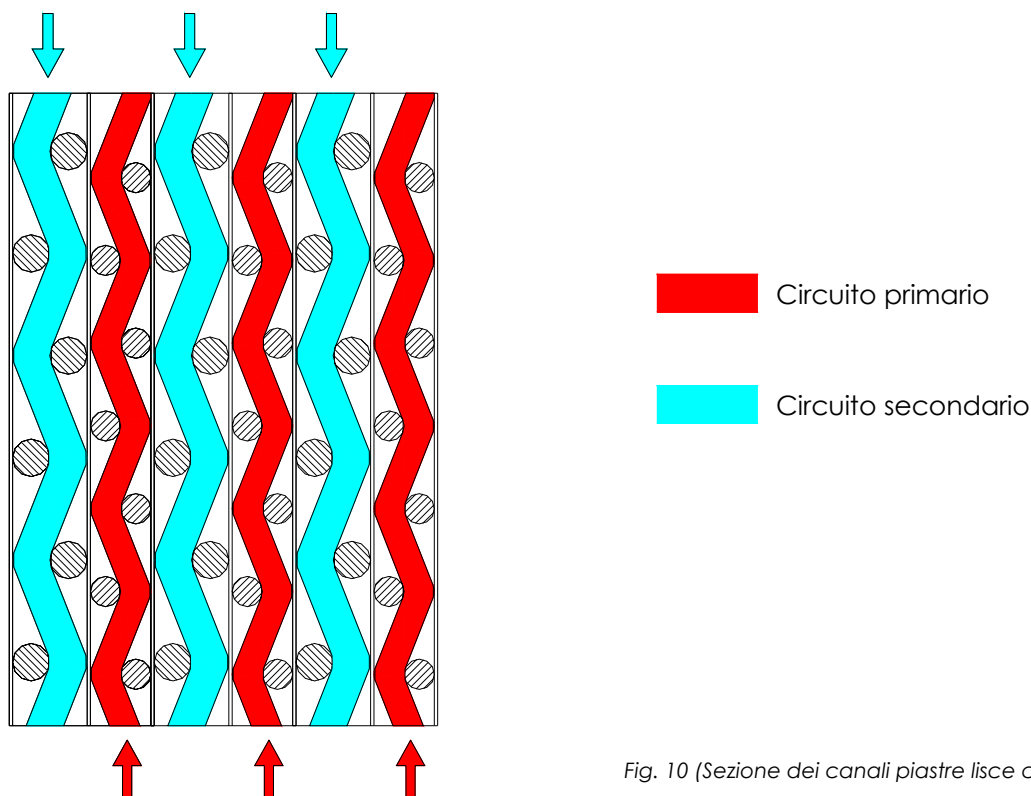


Fig. 10 (Sezione dei canali piastre lisce con turbolatori)

C) PERDITE DI CARICO

La caduta di pressione (nello scambiatore) fra ingresso e uscita, altrimenti definita perdita di carico, non è altro che il risultato della resistenza che incontra il fluido nell'attraversare l'apparecchio e quindi a causa di ciò s'impone, per vincere questa resistenza, un'operazione di pompaggio che sarà tanto più costosa quanto più alta sarà la caduta di pressione per una data portata. Questo spiega come, nel dimensionare uno scambiatore di calore, sia molto importante valutare quali possano essere le perdite di carico massime tollerate. Ovviamente tanto più alte saranno le perdite di carico ammissibili tanto più piccolo ed economico sarà lo scambiatore ma, come contropartita, più oneroso sarà il costo di pompaggio. Valori ragionevoli delle perdite di carico saranno determinati tenendo in debito conto processo, costo dei materiali e di pompaggio. Normalmente nel progettare uno scambiatore di calore c'è la tendenza, per quanto possibile e senza sacrificare troppo i coefficienti di scambio, di contenere al minimo le perdite di carico. Si cerca cioè di realizzare il trasferimento di calore con la massima efficienza possibile. Con materiali poco costosi ciò può essere senza dubbio giustificato. Lo scambiatore TECHNO SYSTEM a piastre data la possibilità di scegliere tra una vastissima gamma di geometrie, permette di avvicinarsi il più possibile alla soluzione ideale, sfruttando al massimo le perdite di carico ammissibili in entrambi i circuiti, anche con portate e/o fluidi molto diversi. Un parametro utile, per quanto detto, per valutare il corretto dimensionamento di uno scambiatore di calore è il numero di Jensen (J_e) che indica la perdita di carico specifica:

$$J_e = \frac{\Delta P}{NTUp}$$

(mca) (bar) (kPa)

Per scambio acqua/acqua i valori ottimali di questo parametro (dal punto di vista dei costi totali di apparecchio e di esercizio), a seconda dei materiali di costruzione, sono compresi tra 2 e 10 mca. Per esempio utilizzando acciaio inox J_e può valere ca. 4 mca. Ovviamente i valori più alti si riferiscono ai materiali più costosi. Per fluidi diversi dall'acqua i valori ottimali del numero di Jensen sono in generale notevolmente più alti.

D) SPORCAMENTO

Una cosa molto importante, da valutare con attenzione, è la tendenza che ha ogni fluido (salvo rare eccezioni) a formare sulle superfici di scambio pellicole di sporco e incrostazioni fino a veri e propri intasamenti. Qualitativamente si può affermare che i fattori che influenzano il più o meno rapido sporciamento di uno scambiatore sono senza dubbio la velocità dei fluidi, lo stato e la geometria delle superfici di scambio. La velocità, che all'interno di qualsiasi scambiatore è continuamente variabile in direzione e modulo da punto a punto ed anche nello stesso punto a causa del percorso accidentato che il fluido è costretto a seguire, influenza moltissimo la tendenza allo sporciamento in quanto è responsabile diretta della turbolenza e della forza erosiva della corrente oltreché del tempo di contatto con la superficie e dello spessore dello strato laminare.

Per quanto detto le parti critiche dello scambiatore riguardo allo sporciamento sono quelle in cui la velocità è più bassa. In alcune zone si possono avere anche dei punti di stasi con velocità praticamente nulle.

Di norma ciò non avviene negli scambiatori a piastre in quanto si hanno sempre delle ottime distribuzioni di flusso (vedi Fig. 11). Una buona distribuzione di portata oltreché all'interno di un singolo canale dev'essere assicurata anche fra i canali in parallelo. Gli scambiatori TECHNO SYSTEM hanno dato prova in molteplici impieghi di avere, anche da questo punto di vista, ottimi requisiti. In particolare gli scambiatori a piastre lisce riguardo allo sporciamento e alle incrostazioni, hanno prodotto nell'impiego pratico risultati estremamente validi con fluidi di ogni tipo. Le superfici perfettamente lisce delle piastre, non avendo appigli, ostacolano il formarsi della pellicola di sporco o di calcare ed in più il turbolatore in rete ha, con i suoi continui movimenti dovuti alle dilatazioni termiche, un marcato effetto disgregante e in qualche modo autopulente riguardo alle incrostazioni dure. D'altra parte i liquidi troppo sporchi o meglio con particelle troppo grandi in sospensione (diametri dell'ordine del mm.) non sono adatti ad essere trattati con scambiatori a piastre. Solo con scambiatori TECHNO SYSTEM a piastre corrugate di particolare geometria si sono ottenuti risultati soddisfacenti. Molto più dannoso e causa quasi sempre d'intasamenti è comunque il contenuto di fibre. In questo caso è più opportuno prevedere l'impiego di scambiatori a spirale oppure scambiatori con passaggi molto ampi e, se possibile, di facile manutenzione poiché è praticamente inevitabile la fermata per intasamento.

PIASTRA LISCIA CON TURBOLATORE

PIASTRA CORRUGATA

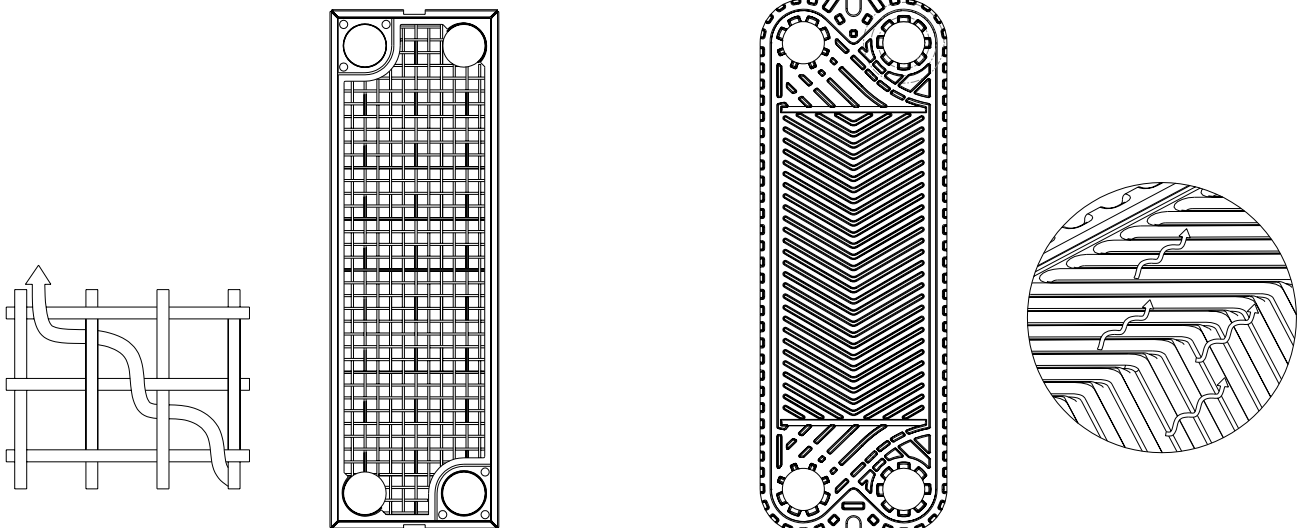


Fig. 11 (Distribuzione del flusso e turbolenza)

Nel dimensionamento degli scambiatori di calore il progettista deve porre particolare attenzione nel valutare la più o meno elevata tendenza allo sporciamento dei vari fluidi maggiorando in modo adeguato le superfici di scambio, in modo da tenere conto del sensibile aumento della resistenza alla trasmissione del calore dovuto, appunto, a depositi di sporco e/o ad incrostazioni. Per gli scambiatori a fascio tubiero, data la difficoltà reale ad ottenere una buona distribuzione del flusso ed avendosi zone di stasi o comunque di bassa velocità, il progettista deve adottare valori dei

coefficienti di sporramento (fouling factors) anche fino a 10 volte più elevati rispetto a quelli comunemente adottati per gli scambiatori a piastre (vedi tabella sotto) per lo stesso servizio.

Tabella dei valori di sporramento (valori indicativi)

TIPO DI FLUIDO	PHE	THE
Acqua pura	0.00001	0.00005
Acqua dura	0.00003	0.00015
Acqua di torre	0.00005	0.00025
Acqua industriale	0.00006	0.00030
Acque sporche	0.00010	0.00050

unità
(m²h°C/Kcal)

Nella tabella abbiamo indicato con PHE gli scambiatori a piastre e con THE quelli a fascio tubiero.

E) TENUTE

Ciascuna piastra è dotata di una guarnizione che definisce il canale per lo scambio termico, alternando gli anelli di tenuta intorno ai fori sinistri e destri.

Le guarnizioni delle piastre corrugate non sono incollate ma sono fermate per punti sulla piastra.

Inoltre le guarnizioni di tenuta degli scambiatori a piastre lisce con turbolatori, per il loro particolare sistema di bloccaggio (vedi Fig. 4), permettono di raggiungere pressioni notevolmente elevate in quanto è praticamente garantita l'impossibilità di espulsione delle stesse. La Fig. 12 mostra inoltre che la sezioni a V dell'alloggio del turbolatore assicura un ulteriore incremento alla tenuta.

Per tutti i tipi di piastre la doppia tenuta della guarnizione intorno ai fori non consente la miscelazione dei due fluidi dato che, semmai, avremmo un gocciolamento all'esterno.

PIASTRA LISCIA CON TURBOLATORE

PIASTRA CORRUGATA

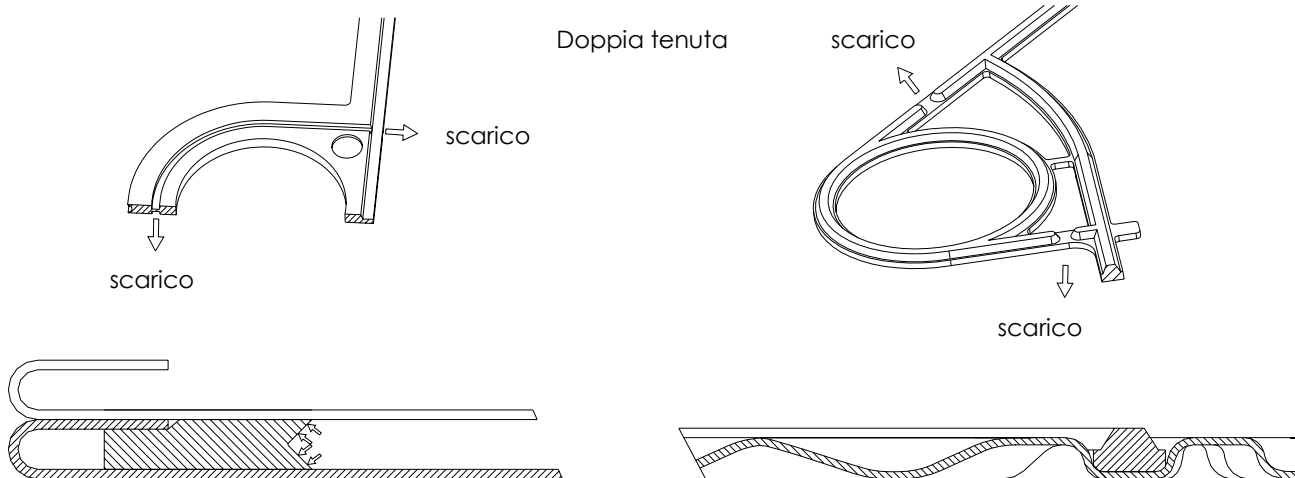


Fig. 12 (Particolari di tenuta)

F) ISPEZIONABILITA' – PULIZIA – ESTENSIONE – RIPARAZIONE

Per quanto riguarda questi aspetti è certo che lo scambiatore a piastre è senz'altro imbattibile poiché, essendo completamente smontabile con facilità, consente pulizie ispezioni e riparazioni sul posto. Queste operazioni sono generalmente difficoltose o addirittura impossibili con altri tipi di scambiatori. In particolare, come già ricordato, gli scambiatori TECHNO SYSTEM in tutte le versioni consentono la rapida sostituzione delle guarnizioni non incollate ma solamente contenute nella sede apposita oppure fermate per punti. L'estensibilità infine è la peculiarità primaria dei soli scambiatori a piastre.

CRITERI E CONSIGLI PER LA SCELTA DI UNO SCAMBIATORE

Compatibilmente con il campo di temperature e pressioni (vedi grafico di Fig. 8) gli scambiatori a piastre TECHNO SYSTEM possono essere impiegati con grandi vantaggi nella maggior parte dei casi seguenti.

- A) Scambio liquido/liquido in tutti i campi di viscosità. Essi dati gli elevati coefficienti di scambio e l'ottima distribuzione del flusso, hanno sempre una minor superficie a parità di condizioni. Questo per il fatto già più volte accennato della possibilità di ottimizzare la geometria delle piastre in funzione delle viscosità dei fluidi e delle portate. Per le alte viscosità prendere in considerazione l'impiego (consigliato) delle piastre corrugate L.
- B) Condensazione vapori. Entro i limiti già ricordati l'utilizzo degli scambiatori a piastre TECHNO SYSTEM da ottimi risultati in quanto essi permettono, l'ottimizzazione dei parametri essenziali. Una limitazione all'impiego degli scambiatori a piastre è data dalle grandi portate con basse pressioni che richiederebbero bocchelli di grandissimo diametro. L'artificio del doppio ingresso può essere una via d'uscita praticabile permettendo di suddividere la portata totale in due, con la creazione di un bocchello aggiuntivo sul piastrone mobile. Questo però non sempre è accettabile.
- C) Gas ed aria compressi. Gli scambiatori TECHNO SYSTEM possono essere utilizzati con successo date le ottime tenute e la flessibilità consueta.
- D) Fluidi sporchi senza contenuto di fibre. In questo caso sono utilizzabili solo gli scambiatori a piastre corrugate TECHNO SYSTEM. L'altra soluzione è data dall'impiego degli scambiatori a spirale.
- E) Fluidi ad alte pressioni e temperature. Gli unici apparecchi impiegati sono solamente gli scambiatori a fascio tubiero progettati e costruiti ad hoc.
- F) Fluidi altamente corrosivi. Sono previste soluzioni speciali con scambiatori realizzati principalmente in grafite.

*** *** ***

Riassumendo l'utilizzo degli scambiatori di calore a piastre TECHNO SYSTEM può essere previsto in tutta una vasta gamma di problematiche d'impianto consentendo sempre, rispetto ad altre soluzioni, enormi vantaggi di ordine tecnico ed economico. Tutto ciò ovviamente entro i ben noti elevati limiti di temperatura e pressione.

La versatilità degli scambiatori TECHNO SYSTEM, nelle varie soluzioni costruttive, impone quindi di esaminare sempre, come prima scelta, l'opportunità del loro impiego.

Per applicazioni dove i fluidi dei due circuiti abbiano caratteristiche fisiche notevolmente differenti (soprattutto la viscosità) o solo portate molto diverse, gli scambiatori TECHNO SYSTEM, come già diffusamente spiegato, possono senz'altro risolvere meglio di altri il problema tecnico. Le pressioni e le temperature, le più alte in assoluto relativamente a scambiatori a piastre, possono essere raggiunte solo grazie alle guarnizioni di disegno particolare e al loro sistema di bloccaggio (vedi Fig. 4) con notevole incremento del campo di applicazione tradizionale di questi scambiatori.

FORMULE E METODI PER IL CALCOLO TERMICO

Le formule di base per il dimensionamento degli scambiatori di calore a piastre sono le seguenti:

$$(1) \quad Q = K \cdot S \cdot \Delta T_{ml}$$

Dove: ΔT_{ml} = Salto termico medio logaritmico
 Δt = Salto termico di un circuito
 K = Coefficiente globale di scambio
 S = Superficie di scambio
 c = Calore specifico
 G = Portata massica
 T_i, T_o = Temp. ingr. e uscita primario
 t_i, t_o = Temp. ingr. e uscita secondario

$$(2) \quad Q = c \cdot G \cdot \Delta t$$

$$(*) \quad \Delta T_{ml} = \frac{(T_i - t_o) - (T_o - t_i)}{\ln \frac{(T_i - t_o)}{(T_o - t_i)}}$$

Le quantità di calore (1) e (2) devono ovviamente essere uguali, esprimendo la (1) le calorie trasferite attraverso la superficie di scambio, la (2) le calorie cedute o assorbite da uno dei fluidi.

Da $K \cdot S \cdot \Delta T_{ml} = c \cdot G \cdot \Delta t$ deriva (3) $\frac{K \cdot S}{c \cdot G} = \frac{\Delta t}{\Delta T_{ml}}$

Il primo membro della (3) è la lunghezza termica dello scambiatore o della piastra (a seconda se S e G sono la superficie e la portata totale oppure la superficie e la portata di un canale), il secondo la lunghezza termica di processo. In pratica il primo termine sarà sempre maggiore del secondo poiché un certo grado di sovradimensionamento sarà di norma richiesto. Per calcolare la superficie di scambio con la (1) o con la (3) bisogna è ovvio, conoscere K che è dato da:

$$(4) \quad K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{s}{\lambda} + f}$$

Dove: α_1 = Coeff. liminare di parete 1
 α_2 = Coeff. liminare di parete 2
 s = Spessore della parete
 λ = Conducibilità della parete
 f = Coeff. totale di sporcamento

Per determinare K per mezzo della (4) dobbiamo ancora conoscere α_1 e α_2 essendo gli altri termini noti. I coefficienti α_1 e α_2 si ricavano normalmente da formule del tipo:

$$(5) \quad \alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_f}{De}$$

Dove: Nu = Numero di Nusselt
 λ_f = Conducibilità del fluido
 De = Diametro equivalente (**)

Il numero adimensionale di Nusselt, a sua volta, si calcola con la seguente espressione:

$$(6) \quad Nu = A \cdot Re^a \cdot Pr^b \cdot Vi^c$$

Dove: A, a, b, c = Costanti sperimentali
 Re = Numero di Reynolds
 Pr = Numero di Prandtl
 Vi = Rapporto tra viscosità di massa e viscosità del film

I numeri di Reynolds e di Prandtl sono dati, com'è noto, da:

$$(7) \quad \boxed{Re = \frac{\rho \cdot V \cdot De}{\mu}}$$

$$(8) \quad \boxed{Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda_f}}$$

Dove: ρ = densità
 V = velocità
 μ = Viscosità dinamica
 c = Calore specifico

Conoscendo le costanti sperimentali A,a,b,c possiamo quindi calcolare il numero di Nusselt e con esso a_1 , a_2 e infine K. Purtroppo tutti questi calcoli, pur se fondamentalmente semplici non sono immediati e normalmente, trattandosi di calcoli iterativi, vengono eseguiti con l'ausilio del computer. Tuttavia nei casi più comuni e con fluidi noti (adottando opportuni coefficienti di correzione quando ci si discosta dalle condizioni standard) si può ricorrere per lo meno per un primo dimensionamento di massima, al calcolo grafico di cui daremo un esempio nel seguito. Le costanti sperimentali A,a,b,c degli scambiatori TECHNO SYSTEM, con le varie geometrie dei turbolatori e delle piastre, risultano avere i seguenti valori:

$$\begin{aligned} A &= 0.15 \div 0.45 \\ a &= 0.63 \div 0.90 \\ b &= 0.30 \div 0.45 \\ c &= 0.06 \div 0.21 \end{aligned}$$

La formula (6) è valida solo in regime turbolento. Com'è noto il passaggio dal regime turbolento al regime laminare avviene per moto in tubazioni o in canali con valori del numero di Reynolds di ca. 2100 mentre per esempio, negli scambiatori a piastre TECHNO SYSTEM possiamo avere moto turbolento anche con valori di Re uguali o inferiori a 10. In regime laminare il numero di Nusselt risulta espresso dalla formula:

$$(9) \quad \boxed{Nu = A \cdot Re^a Pr^b \left(\frac{De}{L}\right)^c Vi^c}$$

Con: $A = 1.80 - 4.50$
 $a = 0.24 - 0.39$ (in media 0.33)
 $c = 0.10 - 0.18$

PERDITE DI CARICO

Le perdite di carico che si hanno in uno scambiatore a piastre si possono calcolare con la seguente formula:

$$(10) \quad \boxed{\Delta P = 4f \frac{\rho \cdot V^2 \cdot L}{2De}}$$

L = lunghezza della piastra

$$(11) \quad \boxed{f = \frac{M}{Re^n}}$$

con M e n costanti sperimentali

I simboli utilizzati nella (10) e nella (11) sono tutti ormai noti salvo f che è il cosiddetto coefficiente di sfregamento o di attrito.

A queste perdite, per avere le perdite totali dello scambiatore, bisogna aggiungere ovviamente le cadute di pressione nei bocchelli che sono date da:

$$(12) \quad \boxed{\Delta P = m \frac{\rho \cdot V^2}{2}}$$

con m normalmente uguale ad 1

I valori sperimentali di M ed n per gli scambiatori TECHNO SYSTEM sono, a seconda delle geometrie delle piastre e dei turbolatori, i seguenti:

$$\begin{aligned} M &= 0.90 \div 4.80 \\ n &= 0.12 \div 0.39 \end{aligned}$$

In regime laminare la (11) diventa

(13)

$$f = \frac{M}{Re}$$

con $M = 38$

Anche per le perdite di carico può essere utilizzato un metodo soddisfacente di calcolo grafico (v. esempio nel seguito).

(**)
$$De = \frac{4S}{P}$$

Dove: S = sezione canale
 P = perimetro bagnato

Riportiamo adesso a conclusione di questa monografia, lasciando in appendice grafici ed esempi, alcuni valori (indicativi) dei coefficienti globali di scambio ottenibili con scambiatori TECHNO SYSTEM. I valori della seguente tabella si riferiscono a casi con perdite di carico comprese tra 3 e 6 mca e con valori normali dei coefficienti di sporcamento. Con altri fattori di sporcamento K può essere anche notevolmente inferiore.

FLUIDI		K (Kcal/m ² h°C)
Primario	Secondario	
acqua	acqua	3000 - 6300
alcol etil.	acqua	1000 - 3000
olio sae 10	acqua	450 - 1200
solventi	acqua	1000 - 3000
soluzioni	acqua	900 - 2400
salamoia	acqua	1800 - 3900
aria compr.	acqua	150 - 600
vapore	acqua	2700 - 6300
vapore	olio	450 - 1200
vapore	solventi	900 - 3000
vapore	soluzioni	750 - 2400
NH ₃ condens.	acqua	2500 - 5400
freon	acqua	1500 - 3000

VAPORE D'ACQUA ED ALTRI VAPORI CONDENSATI

L'impiego del calcolo grafico per questo tipo di problematiche implicanti un cambiamento di fase, non è certamente consigliabile in quanto è difficile riuscire a sintetizzare in modo chiaro, in dei grafici appunto, tutte le variabili in gioco. In casi di questo genere l'ausilio del computer diventa fondamentale e perciò bisogna rivolgersi a programmi di calcolo dedicati.

COMPARAZIONE RIASSUNTIVA TRA SCAMBIATORI A PIASTRE PIANE E SCAMBIATORI A PIASTRE CORRUGATE

PIASTRE	Lisce con turbolatore	Corrugate
GUARNIZIONI	Non incollate, contenute su tutto il perimetro esterno delle piastre.	Incollate o bloccate per punti.
INVECCHIAMENTO GUARNIZIONI	Lentissimo; il bordo delle piastre che le contiene le protegge dagli agenti invecchianti quali raggi ultravioletti, ozono, ecc.	Abbastanza accentuato, specialmente quelle non incollate, in quanto manca un'adeguata protezione.
VITA MEDIA GUARNIZIONI	Oltre cinque anni, anche dopo molte manutenzioni.	Generalmente meno elevata.
SOSTITUZIONE GUARNIZIONI	Non essendo incollate può essere eseguita sul posto senza particolari problemi.	Quelle non incollate sono di sostituzione estremamente semplice.
LUNGHEZZA TERMICA PIASTRA	Può essere ottenuta la lunghezza voluta su un circuito indipendentemente dall'altro solamente inserendo un turbolatore della giusta geometria; ottimizzando in questo modo efficienza e perdite di carico.	La corrugazione delle piastre impedisce di poter avere geometrie differenti sui due circuiti perciò è impossibile l'ottimizzazione indipendente di essi.
PRESSIONI	Lo scambiatore TS da' garanzie di tenuta anche con pressioni assolute e differenziali fino a 40 bar (costruzioni speciali).	Le massime pressioni raggiungibili non differenziali sono i 25 bar.
MANUTENZIONE	Da eseguire con particolari accorgimenti. Attenersi scrupolosamente alle indicazioni fornite nel manuale di uso e manutenzione.	Generalmente più semplice della manutenzione della piastra liscia nelle operazioni ordinarie.
MANEGGEVOLEZZA	Delicata soprattutto per i modelli di grandi dimensioni.	Generalmente agevole

DATI NECESSARI PER IL CALCOLO TERMICO	1	2	3	4
Natura dei fluidi (densità, viscosità, conducibilità, calore specifico)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperatura max. di esercizio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pressione max. di esercizio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Coefficienti di sporcamento (fouling factors) o sovradimensionamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perdite di carico ammissibili (primario e secondario)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperatura ingresso primario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperatura uscita primario	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Portata primario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Temperatura ingresso secondario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperatura uscita secondario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Portata secondario		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Potenzialità			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

N.B. Sono necessari e sufficienti i dati di una singola colonna.

FATTORI DI CONVERSIONE

1 kcal	_____	4.185 kJ	Quantità di calore
1 kJ	_____	0.239 kcal	
1 kcal/h	_____	1.163 W	Potenza
1 W	_____	0.860 kcal/h	
1 CV	_____	633 kcal/h	
1 mca	_____	9.81 kPa	Perdite di carico
1 kPa	_____	0.102 mca	
1 bar	_____	100 kPa	
1 kPa	_____	0.01 bar	
1 kcal/Kg°C	_____	4.185 kJ/kg°C	Calore specifico
1 kJ/kg°C	_____	0.239 kcal/kg°C	
1 kcal/mh°C	_____	1.163 W/m°C	Conducibilità
1 W/m°C	_____	0.860 kcal/hm°C	
1 cP	_____	0.001 Ns/ m ²	Viscosità
1 Ns/m ²	_____	1000 cP	
1 mPa s	_____	0.001 Ns/m ²	
1 kg/m ³	_____	0.001 gr/cm ³	Peso specifico
1 gr/cm ³	_____	1000 kg/m ³	
1 kcal/m ² h°C	_____	1.163 W/ m ² °C	Coeff. di trasmissione
1 W/ m ² °C	_____	0.860 kcal/m ² h°C	
1 m ² h°C/Kcal	_____	0.860 m ² °C/W	Coeff. di sporcamento
1 m ² °C/W	_____	1.163 m ² h°C/kcal	

La presente monografia è stata interamente realizzata dall'Ufficio Tecnico della TECHNO SYSTEM.

Tutti i diritti sono riservati.

È vietato riprodurre anche in modo parziale la presente documentazione senza autorizzazione scritta rilasciata da Techno System.

Techno System si riserva inoltre il diritto di modificare, senza obbligo di preavviso, le caratteristiche tecniche e costruttive di tutti i prodotti ivi riportati.