

Prima degli attuali generatori con focolare in pressione, la tecnica di costruzione e progettazione delle caldaie tipo "Marina", si era stabilizzata da anni, e le differenze di costruzione tra una fabbrica e l'altra erano minime.

Dopo diversi esperimenti più o meno soddisfacenti, i costruttori di caldaie, sono giunti ad una scelta quasi unanime, orientata verso una caldaia pressurizzata ad inversione di fiamma. Ancora oggi però non si è raggiunta una sostanziale uniformità nei progetti e nella realizzazione di queste apparecchiature.

Nella caldaia pressurizzata ad inversione di fiamma, i carichi termici superficiali sono molto elevati, ed è per questo che si verificano oggi molti più inconvenienti rispetto al passato. Infatti lo sfruttamento delle superfici di scambio acuisce le problematiche derivanti da dilatazione termiche, temperature eccessive, incrostazioni calcaree anche se pur in passato esistenti.

In conclusione, se per produrre una buona caldaia tipo "marina" era sufficiente una buona tecnica costruttiva, per le caldaie pressurizzate di oggi, è necessaria una conoscenza approfondita delle sollecitazioni termiche, dei fenomeni di fatica, delle caratteristiche medie degli impianti e delle acque.

Il percorso dei gas in una caldaia pressurizzata è il seguente:

- 1° Nel cilindro focolare
- 2° Sulla piastra tubiera anteriore
- 3° Nei tubi
- 4° Sulla piastra tubiera posteriore

In sostanza la struttura meccanica di una caldaia pressurizzata è composta da due piastre tubiere (forate), unite tra loro da tre strutture: il focolare o camera di combustione al centro, una corona o più di tubi all'esterno del focolare, il fasciame cilindrico più esterno ancora. Tale struttura, non potrebbe funzionare se non completa di portellone anteriore costituito di lamiera e gettata refrattaria, avente il compito di chiudere il circuito dei gas di combustione e convogliarli nei tubi fino alla piastra posteriore.

Su tali caldaie si possono presentare rotture di diversa tipologia:

- a) Rottura per fessurizzazione (cricca).
- b) Rottura per corrosione da alta temperatura dovuta a decarburazione dei componenti ferrosi.
- c) Rottura per corrosione a bassa temperatura dovuta a fenomeni di condensa.

La rottura per fessurizzazione si verifica su qualsiasi lamiera o tubo o saldatura e dipende in molti casi da un non adeguato trattamento delle acque di alimento del generatore provocando fenomeni di incrostazione che non fanno raffreddare le membrature della caldaia portandole fino alla rottura. Si possono comunque verificare situazioni di impianto talmente anomale da provocare tali rotture anche in caldaie progettate correttamente. Prevalentemente tali cricche si verificano sulle saldatura d'angolo tra il focolare e la piastra tubiera, tra tubo e tubo, oppure semplicemente sulla piastra tubiera. Un altro tipo di rotture dovute a cricche sono quelle che si verificano per sollecitazioni termico- meccaniche, come allungamento e dilatazione del cilindro focolare, dei tubi, ecc.



Le rotture dovute alle alte temperature, per decarburazione dei materiali ferrosi, si verificano quasi esclusivamente sulla parte di inversione della fiamma ovvero nei generatori a inversione di fiamma nella zona adiacente al refrattario del portellone e nei generatori a fiamma passante nella zona di inversione posteriore dove le più sollecitate risultano essere le saldature d'angolo. In poche parole i materiali subiscono una sorta di indurimento e perdono la caratteristica di deformarsi omogeneamente quando le temperature in gioco sono alte. Questo tipo di fenomeni si verificano quando il

bruciatore non è ben regolato e di conseguenza quando le temperature in camera di combustione sono molto alte.

Le rotture dovute alle basse temperature, per effetto di condensa, si verificano sulle superfici posteriori della caldaia quali la piastra tubiera ed i tubi, ed è principalmente questa la causa, dopo molti anni della messa fuori servizio dei generatori.

## ANALISI TERMOMECCANICA DELLA CALDAIA PRESSURIZZATA

Il carico termico superficiale medio (Kcal/h x mq.) di una caldaia non può essere preso in considerazione per giudicare la qualità ed il grado di sollecitazione termica di un generatore.

I generatori di calore, si rompono normalmente nel punto più sollecitato dai carichi termici, da ciò risulta essere evidente che non può essere preso in considerazione il carico termico superficiale quale parametro di qualità di un qualsivoglia generatore.

Se consideriamo due caldaie con lo stesso carico termico superficiale medio e stessa superficie di scambio, ma aventi delle caratteristiche costruttive differenti, ed in particolare la diversa grandezza del focolare, è evidente che la caldaia con focolare più piccolo e con un numero superiore di tubi, è soggetta ad una sollecitazione termica più elevata rispetto a quella con focolare più grande ed avente un numero inferiore di tubi.



Le membrature di una caldaia nel caso di pareti pulite, in condizioni ottimali, dovrebbero raggiungere e mantenere una temperatura costante, nell'arco di un intero ciclo di funzionamento.

Le condizioni ottimali di funzionamento però, spesso non coincidono con quelle reali, è comunque in considerazione di queste ultime che le caldaie sono effettivamente progettate.



Dopo poco tempo di funzionamento della caldaia, l'acqua dell'impianto avrà già depositato sulle pareti/lamiere della caldaia, uno spessore di calcare e detriti variabile dai 2 ai 4 mm.. Tali agglomerati si concentrano principalmente nella parte anteriore del generatore: sul cilindro focolare, sulla piastra tubiera anteriore, sui tubi. Già solo 1 mm. di calcare depositato sulle pareti, porta ad innalzare la temperatura delle stesse da 30° a 50°C, in funzione del carico termico superficiale.

Si possono quindi considerare critiche, le condizioni di funzionamento di un generatore avente depositi di calcare consistenti sulle pareti. Le incrostazioni di calcare hanno un elevatissimo potere isolante: di conseguenza, la parte metallica non viene più raffreddata dall'acqua in circolazione ed il materiale si fessura (cricca) per elevato stress termico a cui viene sottoposto.



Per meglio evidenziare il potere isolante del calcare, si consideri che 1 mm di calcare ha la stessa conducibilità termica di 50 mm di acciaio circa.

Un altro aspetto da considerare è che se l'incrostazione di calcare non è uniforme cioè pochi millimetri di differenza dell'incrostazione nei vari punti della caldaia, causa uno squilibrio termico notevole sul metallo e fortissime sollecitazioni meccaniche

Il fenomeno dei depositi di cui sopra determina un surriscaldamento delle lamiere che è la causa maggiore di rotture dette "Per fatica termica". Evidentemente il focolare raggiunge temperature superiori a quelle dei tubi, dilatandosi maggiormente rispetto agli altri componenti e spingendo verso l'esterno le due piastre tubiere, generando così rotture per dilatazione.

L'elemento che fornisce il calore in caldaia è certamente il bruciatore, pertanto ogni qualvolta si verificano avarie al gruppo termico sarebbe opportuno procedere ad un controllo dello stesso e se necessario ad una nuova regolazione. A questo proposito si consiglia anche di verificare le temperature di combustione al fine di confermare il funzionamento ottimale sia dal punto di vista geometrico della fiamma all'interno del cilindro focolare che dalle caratteristiche di combustione.