

ALTERAZIONI DEL MATERIALE

RIFERIMENTI NORMATIVI

Alcuni degli argomenti che seguono sono tratti dalla Biblioteca Tecnica Hoepli - La conduzione dei generatori di vapore di Pierangelo Andreini e Fernando Pierini.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

ALTERAZIONI DEL MATERIALE

Cenni sui complessi processi che si verificano in particolare sulle superfici o pareti di scambio dei generatori e che tendono a modificare le caratteristiche del materiale tanto da ridurne la resistenza.

La degradazione dei materiali con cui sono costruiti i generatori di vapore dipende da una serie di fenomeni, dalle temperature, dalle pressioni e dalle composizioni dei fluidi interessati (acqua, fumi).



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI

L'azione della temperatura

La temperatura tende a degradare il materiale attraverso:

- ❖ la dilatazione termica;
- ❖ lo scorrimento a caldo.

Dilatazione termica - ogni materiale riscaldandosi si dilata dando luogo a spinte e in fase di raffreddamento a contrazioni; se la dilatazione è impedita, si originano sollecitazioni che vanno a sovrapporsi a quelle già esistenti dovute alle pressioni e ai carichi, dando luogo ad un aumento del tormento del materiale.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI

L'insieme delle varie sollecitazioni può raggiungere valori tanto elevati da compromettere la sicurezza.

Inoltre se le membrane non sono in buone condizioni di pulizia, a causa del diminuito scambio, vengono aumentate le dilatazioni e le conseguenti sollecitazioni anormali.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

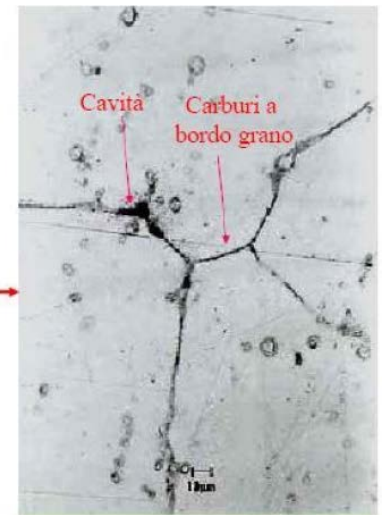
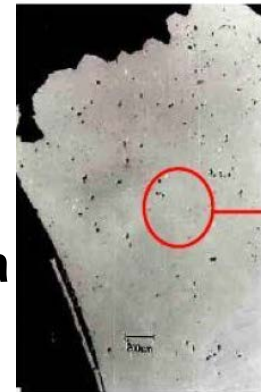
DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Scorrimento a caldo o scorrimento viscoso (in inglese creep)

Gli acciai sottoposti a sforzo a temperatura elevata, subiscono una lenta deformazione plastica (irreversibile), funzione nel tempo della sollecitazione e della temperatura.

La deformazione, che avviene a livello della struttura cristallina, porta alla rottura del materiale.

Per l'acciaio al carbonio la temperatura alla quale il fenomeno diventa importante è superiore a 400 °C.



Formazione di cavità dovute a creep e precipitazione di carburi a bordo grano

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI

L'azione chimica

La temperatura accelera le reazioni chimiche che possono aver luogo nella zona di contatto tra fluido e pareti di scambio termico dando luogo, in particolari condizioni, a reazioni aventi un carattere fortemente corrosivo.

La corrosione è un fenomeno molto complesso, che porta alla formazione di composti chimici che in ultima analisi riducono lo spessore delle membrane; esse sono dovute ad un particolare stato del materiale ed avvengono frequentemente in presenza di materiali diversi o anche di uno stesso materiale a temperature diverse (esempio fasciame del focolare in parte protetto dal refrattario e in parte libero).

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI - CORROSIONI

Le acque di alimentazione contengono spesso sali e altre sostanze che, combinandosi col ferro di cui sono costituite le lamiere, le corrodono.

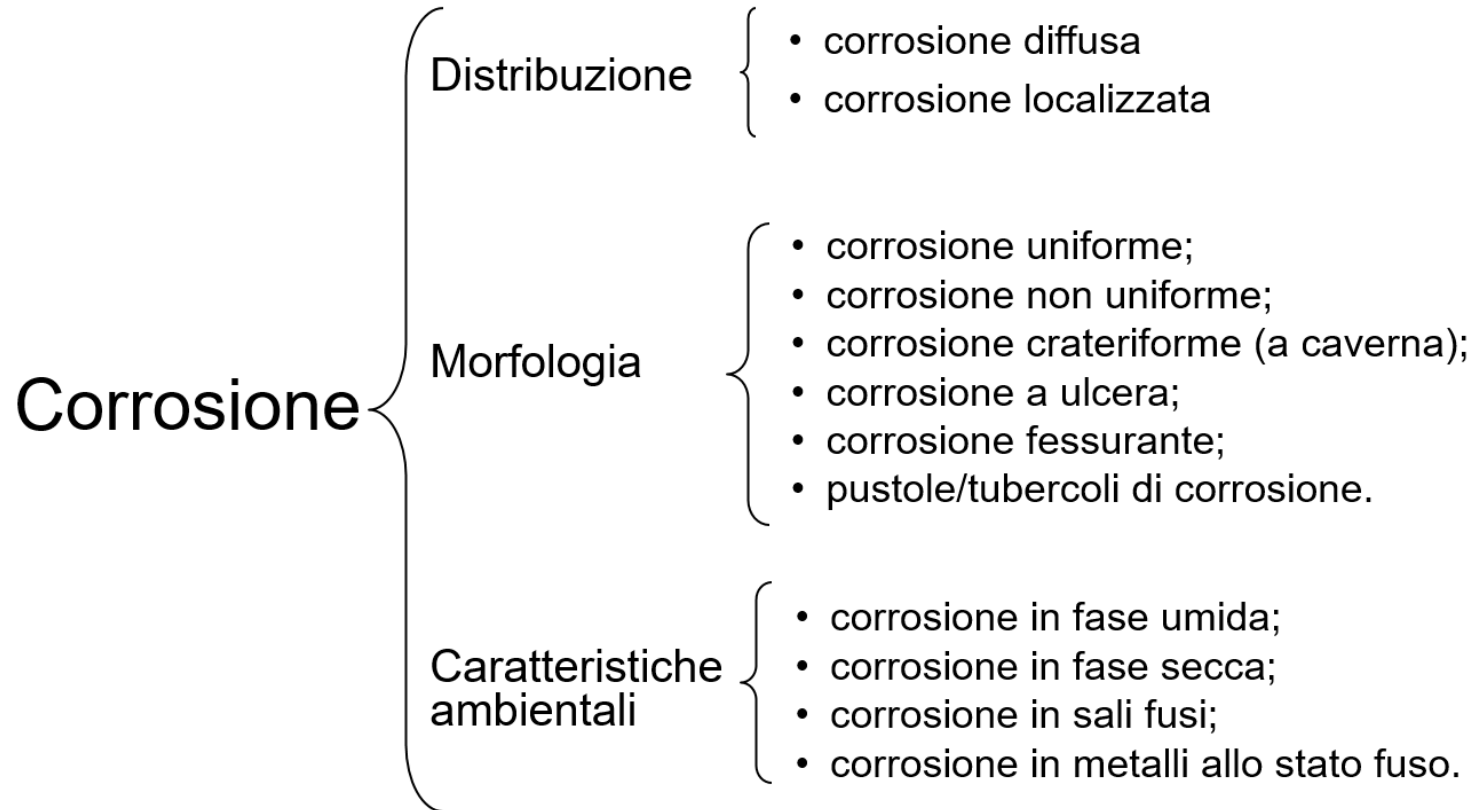
Le corrosioni sono anche dovute:

- ❖ all'ossigeno e all'acido carbonico, quando nell'acqua sono presenti questi gas;
- ❖ a correnti elettriche prodottesi nell'ambito del generatore per effetto elettrolitico o provenienti dall'esterno (correnti vaganti).

Le corrosioni, secondo il tipo di caldaia, si producono generalmente in determinati punti; ad esempio si notano spesso corrosioni interne presso l'orifizio di scarico, perché qui più facilmente si raccolgono i fanghi e vi ristagnano bolle d'aria.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI - CORROSIONI

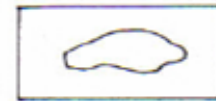


LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI - CORROSIONI

Esempi di Corrosione localizzata

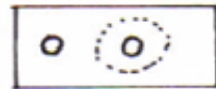
- ULCERA: $D \gg H$



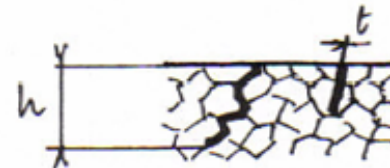
- CRATERE: $D \approx H$



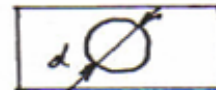
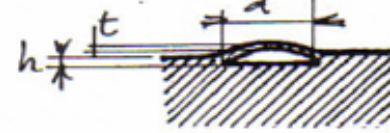
- PITTING: $D < H$
punta di spillo
caverna



- CRICCA: $T \ll H$
 $T \ll L$
intergranulare
transgranulare



- BLISTER



- PUSTOLA



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI - CORROSIONI

I più comuni tipi di corrosioni sono :

- ❖ piccole e superficiali, in tal caso si chiamano vaiolature;
- ❖ profonde ed in tal caso si chiamano pustole.

Le corrosioni sono meno pericolose se isolate, mentre se sono allineate o ravvicinate possono indebolire notevolmente le strutture.



Esempi di vaiolature

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Incrostazioni e corrosioni lato fumi

Sulle superfici delle caldaie esposte ai prodotti della combustione si formano depositi di fuliggine, cenere e scorie, che riducono fortemente lo scambio di calore e quindi danno luogo a sensibili riduzioni sia del rendimento che della producibilità (quantità di vapore che riesce a produrre in un'ora) del generatore .

La fuliggine è carbonio incombusto misto a ceneri; le ceneri sono generate dalle impurezze inorganiche presenti nel combustibili e sono trascurabili nei distillati (gasolio) e nel gas (metano).

La composizione chimica delle ceneri varia secondo il tipo di combustibile (i componenti più comuni sono: calcio, magnesio, ferro, sodio, vanadio); vengono chiamate scorie i residui dei combustibili solidi.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Incrostazioni e corrosioni lato fumi

A seconda del tipo di deposito (che può essere polverulento e incoerente o compatto ed aderente e qualche volta anche vetroso), possono bastare minimi spessori per ridurre di molto lo scambio termico e per aumentare notevolmente le perdite per calore sensibile.

Le corrosioni da composti di vanadio e di sodio si verificano, quando il generatore è in marcia, nelle zone ad alta temperatura.

Le ceneri depositate vengono rimosse facilmente con l'impiego, in servizio, dei soffiatori di fuliggine; le incrostazioni tenaci, dovute a ceneri fuse vengono rimosse a freddo con mezzi meccanici o con additivi disincrostanti che si iniettano in camera di combustione con il combustibile

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Incrostazioni e corrosioni lato acqua-vapore

Nel caso di caldaie, alimentate con acqua poco depurata, le superfici lato acqua sono soggette ad incrostazioni.

Sono cioè soggette alla formazione di depositi che normalmente sono costituiti da carbonati di calcio e magnesio con percentuali più o meno elevate di solfati e silicati ed eventualmente di sostanze organiche e di ossidi di ferro.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Incrostazioni e corrosioni lato acqua-vapore

Se non viene fatto alcun trattamento interno i depositi si ispessiscono sino a raggiungere, se non si interviene tempestivamente, uno spessore tale da ridurre lo scambio termico (aumento delle perdite per calore sensibile, a causa della temperatura elevata dei fumi) e compromettere la stessa resistenza del materiale (surriscaldamento delle pareti).

Nelle caldaie alimentate con acqua depurata o addolcita, la formazione dei depositi è molto più lenta, ma non è completamente evitata; anche nel caso di generatori alimentati con acqua demineralizzata le superfici possono essere soggette a degradazione.



Incrostazioni lato acqua

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Incrostazioni e corrosioni lato acqua-vapore

La circostanza che permette a queste superfici di resistere all'azione dell'acqua è la formazione sulle pareti di una pellicola di magnetite (Fe_3O_4) nelle condizioni di esercizio, che, essendo molto compatta ed inerte nei confronti dell'acqua, protegge efficacemente il metallo sottostante.

Lo strato di magnetite non deve superare certi limiti, perché riduce di molto lo scambio termico e, quindi, può provocare il surriscaldamento della parete con conseguenti riduzioni delle caratteristiche del materiale.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Le corrosioni da ossigeno

Sono pericolose, perché di tipo localizzate e possono rapidamente causare perforazioni.

Questo tipo di corrosione è particolarmente probabile durante le fermate ed i riavviamenti, per le quantità di aria che vengono aspirate dal sistema durante il raffreddamento, per la maggiore solubilità dell'ossigeno nell'acqua fredda.



Corrosione da ossigeno

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

DEGRADO DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Corrosioni alcaline

Se l'ambiente è debolmente alcalino, è favorita la formazione dello strato protettivo, mentre una forte concentrazione alcalina causa corrosioni intercristalline dovute all'azione dell'idrogeno che, formatosi in quell'ambiente, si diffonde nell'acciaio rendendolo fragile.

Il fenomeno della fessurazione caustica è molto diminuito, sia perché la soda caustica non è più impiegata come alcalinizzante, sia perché le giunzioni sono realizzate mediante saldatura anziché chiodatura.



Fragilità caustica

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

I RIFERIMENTI NORMATIVI

La prevenzione del degrado inizia in sede di progetto del generatore di vapore, continua nella fase di fabbricazione e prosegue durante tutta la vita dell'apparecchiatura attraverso interventi di ispezione e manutenzione.

I riferimenti normativi nella fase di costruzione

I generatori di vapore, come tutte le attrezzature a pressione devono ottemperare ai RES (requisiti essenziali di sicurezza) previsti dalla direttiva 2014/68/EU che analizza la fase di progettazione, fabbricazione ed immissione sul mercato.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

I RIFERIMENTI NORMATIVI

I riferimenti normativi nella fase di utilizzo

- ❖ D.M. 1/12/2004 n. 329 per quanto riguarda la messa in servizio;
- ❖ D.M. 11/4/2011 per quanto riguarda le verifiche di riqualificazione periodica;
- ❖ D. Lgs 81/08 e s. m. (art. 71 comma 4 lettera a) punto 2).

D.M. 1/12/2004 n. 329 - art. 4 e 14

Regolamenta i controlli di legge cui sono sottoposti i generatori di vapore nella fase di prima installazione ovvero di messa in servizio ed in caso di riparazione.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

I RIFERIMENTI NORMATIVI

DM 11/4/2011 - all. II punti 4.2, 4.3, 4.3.2, 4.4

Regolamenta i controlli di legge ovvero le verifiche di Riquilificazione periodica cui sono sottoposti i generatori di vapore durante il loro esercizio.

In particolare i generatori di vapore devono essere sottoposti ad Ispezione interna ogni due anni (DM 11/4/2011 - all. II punti 4.3, 4.3.1**).**

Le ispezioni, condotte in di tutte le parti visibili interne ed esterne soggette a pressione, servono a verificare lo stato generale di conservazione e stabilità dell'apparecchiatura in particolare si verifica la presenza o meno di anomalie quali corrosioni, deformazioni, erosioni, incrinature, sfogliature, incrostazioni, ecc.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

I RIFERIMENTI NORMATIVI

D. Lgs. 81/08 e s. m.

L'art. 71 comma 4 lettera a) punto 2 recita che le attrezzature di lavoro (il generatore di vapore è un'attrezzatura di lavoro), devono essere oggetto, da parte del datore di lavoro, di idonea manutenzione al fine di garantire nel tempo la permanenza dei requisiti di sicurezza.

