

INOSSIDABILE 225

DICEMBRE 2021

Inox alto legati nei processi di dissalazione dell'acqua di mare

Processi di dissalazione

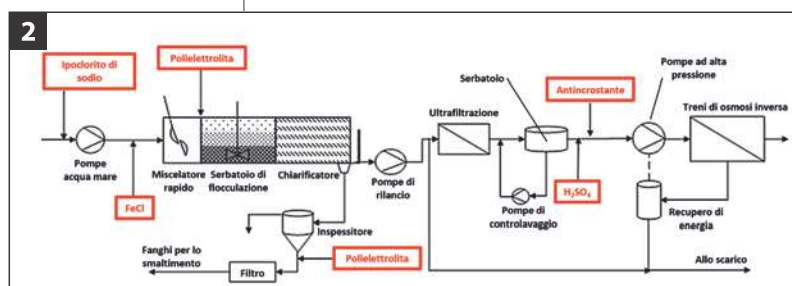
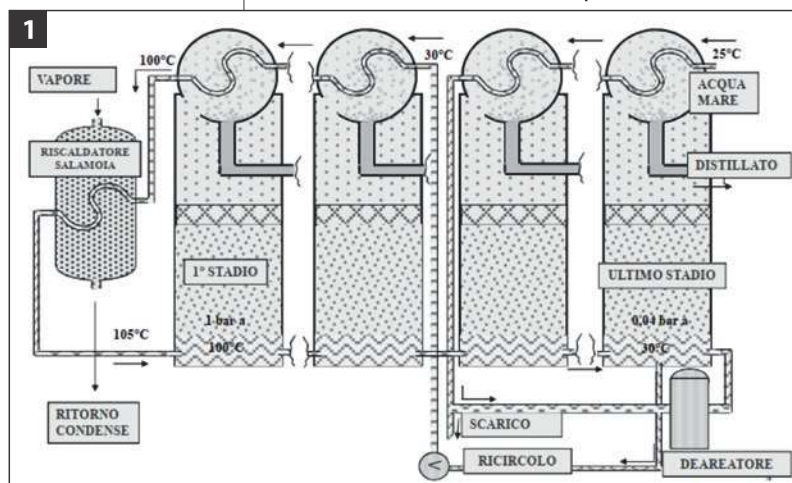
La dissalazione di acqua di mare è un processo industriale utilizzato per ottenere acqua potabile o acqua per uso irriguo o per uso industriale e può essere realizzata con diversi metodi: quelli più comuni sfruttano fenomeni naturali ben noti quali evaporazione o pressione osmotica di una soluzione salina.

Il primo metodo viene attuato per via termica facendo evaporare l'acqua con la successiva condensazione del vapore rilasciato,

mare. Pompando l'acqua di mare contro tali membrane, l'acqua le attraversa e viene raccolta mentre i sali si concentrano e la soluzione concentrata viene rimossa. Tale processo ha trovato sempre maggiore applicazione a partire dagli anni '80 ed è tuttora oggetto di studi per migliorare la qualità delle membrane ottimizzandone la resa.

Gli impianti di dissalazione di tipo multistadio (Fig. 1) sono costituiti da un numero di stadi di evaporazione che normalmente varia, a seconda del rendimento voluto, da un minimo di 15 ad un massimo di 20-22. In questi dissalatori, l'acqua di mare preriscaldata e deaerata, transita nei fasci tubieri installati nelle camere di evaporazione. Fluendo all'interno del fascio tubiero, al cui esterno condensa il vapore rilasciato, l'acqua recupera energia scaldandosi. Una volta uscita dal fascio tubiero che lavora alla temperatura più alta (1° stadio), con il riscaldatore della salamoia si porta l'acqua alla temperatura richiesta e viene quindi immessa nella prima camera di evaporazione. Ciascuno stadio di evaporazione è collegato ad un sistema a vuoto atto a mantenere all'interno dello stadio una pressione leggermente inferiore a quella di equilibrio alla temperatura di esercizio. L'acqua evapora ed il vapore viene condensato all'esterno del fascio tubiero e recuperato come distillato. Il processo si ripete in tutti i successivi stadi che lavorano a temperature e quindi a pressioni via via decrescenti dal primo stadio all'ultimo. Dall'ultima camera di evaporazione parte della salamoia viene estratta e scaricata, mentre una quota parte recuperata, miscelata con l'acqua mare preriscaldata e rimessa in circolo. Un dissalatore di tipo multistadio richiede circa 6-9 m³ di acqua di mare per ogni metro cubo di distillato prodotto.

Gli impianti di dissalazione di tipo multiplo effetto sono costituiti da un numero di camere (chiamate "effetti") di evaporazione che solitamente varia a seconda del rendimento voluto; anche in questi dissalatori le camere di evaporazione sono collegate ad un sistema a vuoto il quale mantiene all'interno di ciascuna camera una pressione leggermente inferiore a



praticamente esente da sali. La dissalazione per distillazione, è un processo che è stato applicato industrialmente fin dagli anni '50 e può essere realizzata secondo due diversi processi industriali, la dissalazione tramite impianti multistadio o Multi Stage Flash (MSF) oppure tramite impianti a multiplo effetto o Multi Effects Distillation (MED).

Il secondo metodo sfrutta il fenomeno della pressione osmotica di due soluzioni a differente concentrazione salina poste ai due lati di un setto semipermeabile. Il processo industriale viene realizzato tramite membrane sintetiche che risultano permeabili alle molecole di acqua ed impermeabili ai sali disciolti nell'acqua di

Fig. 1
Schema di dissalatore di tipo multistadio

Fig. 2
Schema di impianto di dissalazione per osmosi inversa

quella di equilibrio alla temperatura di esercizio. L'acqua di mare surriscaldata rispetto alla temperatura di esercizio della camera in cui viene iniettata, non appena nebulizzata rilascia vapore che viene condensato e raccolto sotto forma di distillato, da ciascun effetto di evaporazione la salamoia (brine) viene scaricata. Un dissalatore di tipo multiplo effetto deve essere alimentato con circa 5-6 m³ di acqua di mare per ogni metro cubo di distillato prodotto.

Negli impianti di dissalazione per osmosi inversa (**Fig. 2**), l'acqua di mare viene preventivamente filtrata e purificata quindi, mediante potenti pompe dette pompe di alta pressione (circa 60-65 bar), viene alimentata alle membrane semipermeabili. Parte dell'acqua passa attraverso le membrane e viene raccolta come permeato, la salamoia concentrata è invece scaricata. Gli impianti di dissalazione per osmosi inversa richiedono circa 2,5-4 m³ di acqua di mare per ogni m³ di permeato prodotto.

Selezione dei materiali

In entrambe le tipologie di dissalazione, termica o per osmosi inversa, l'acqua di mare trattata richiede particolare attenzione nella selezione dei materiali che devono essere utilizzati nella realizzazione degli impianti di trattamento e che rimarranno a contatto con l'acqua di mare o soluzioni saline durante l'intera vita dell'impianto. Le due tecniche descritte richiedono considerazioni differenti e, come vedremo, portano a utilizzare diversi tipi di inox e, soprattutto, con diversi quantitativi.

I principali fattori che vanno tenuti in considerazione nella selezione dei materiali da utilizzare sono:

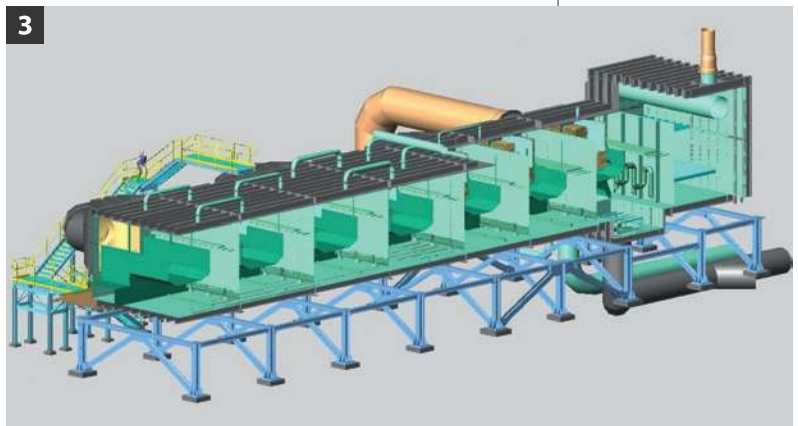
- fluido a contatto;
- presenza di ossigeno o dosaggio di sostanze chimiche;
- temperatura di esercizio;
- pressione di esercizio;
- parte di impianto o equipaggiamento in esame e necessità di resistenza strutturale ed alla corrosione.

Dissalazione termica

Nella dissalazione termica gli acciai sono selezionati sulla base delle condizioni di lavoro:

- fluido: acqua di mare, salamoia, distillato, gas incondensabili (CO₂, O₂, miscele clorurate, bromine) in presenza di vapore di acqua;

- presenza di ossigeno: concentrazione da pochi ppb ad alcuni ppm a seconda delle sezioni di impianto;
- presenza di sostanze chimiche: nella sezione di ingresso dell'acqua di mare si ha presenza di ipoclorito in soluzione (atteso max. 1 ppm); possibile dosaggio saltuario di acidi per pulizia impianto;
- temperatura di esercizio: da 20-35 °C in ingresso, fino a 110-112 °C nella sezione di impianto a più alta temperatura;
- pressione di esercizio: da vuoto assoluto a 6 bar.



In linea con quanto sopra indicato, le considerazioni e l'esperienza portano a selezionare i seguenti acciai inox nelle diverse sezioni di impianto:

- acqua mare aerata: EN 1.4547 (UNS S31254) o EN 1.4410 (type 2507) aventi un valore del PREN > 40;
- acqua mare de-aerata o salamoia de-aerata: UNS S31803 o EN 1.4162 (UNS S32101);
- distillato, acqua potabile: EN 1.4404 (type 316L);
- gas incondensabili: EN 1.4404, preferibilmente nelle versioni ad alto contenuto di molibdeno (EN 1.4432/EN 1.4435), o EN 1.4410.

Equipaggiamenti quali pompe e valvole verranno realizzati a partire da fusioni, mentre le unità di dissalazione verranno realizzate utilizzando principalmente lamiere con spessori dai 4-8 mm per particolari non strutturali e da

Fig. 3
Spaccato di evaporatore termico di tipo multistadio

Fig. 4
Vista d'insieme del dissalatore di tipo multistadio

8-15 mm per parti strutturali, pareti divisorie, tetto e fondo dell'evaporatore. Lamiere sono usate anche per la realizzazione delle tubazioni di diametro maggiore. In **Fig. 3** è rappresentato uno spaccato di un dissalatore multistadio.

Le pareti divisorie, il fondo, il tetto e le pareti laterali dell'evaporatore che compaiono colorate in verde sono realizzati con lamiere di acciai alto legati.



Acciai nella dissalazione per osmosi inversa

Le condizioni operative alle quali sono sottoposti gli acciai nella dissalazione per osmosi inversa sono:

- fluido: acqua di mare, salamoia, permeato;
- presenza di ossigeno: alcuni ppm a seconda della solubilità dell'ossigeno in acqua di mare;
- presenza di sostanze chimiche: nella sezione di ingresso dell'acqua di mare si ha presenza saltuaria di ipoclorito in soluzione (atteso max. 2 ppm), dosaggio di acidi/basi per correzione pH e per pulizia impianto;
- temperatura di esercizio: da 20-35 °C;
- pressione di esercizio: fino a 70 bar.

Di conseguenza la selezione dei materiali è:

- acqua mare aerata o salamoia aerata: EN 1.4410 con PREN > 40;
- permeato, acqua potabile: EN 1.4404.

La selezione indicata riguarda:

- equipaggiamenti quali pompe e valvole che verranno realizzati a partire da fusioni;
- tubazioni per acqua mare e salamoia ad alta pressione.

Da quanto descritto si intuisce come gli impianti ad osmosi inversa si presentino

notevolmente più "compatti" rispetto agli impianti termici, siano essi multistadio (MSF) o a multiplo effetto (MED). In **Fig. 4** è riportata la vista d'insieme di un dissalatore multistadio. In **Fig. 5** si notano le tubazioni verticali di alimentazione dell'acqua di mare alle membrane: per un impianto ad osmosi inversa, lavorano ad una pressione di circa 60-65 bar e sono realizzate in EN 1.4410. Le tubazioni che operano a pressioni inferiori, dell'ordine dei 5-10 bar sono di norma realizzate con materiali plastici quali ad esempio vetroresina. In **Fig. 6** è rappresentata la pompa di alta pressione utilizzata per alimentare l'acqua di mare alle membrane di osmosi inversa realizzata in getto duplex Gr. 5A (ASTM A995).

Quantitativi di acciai inox utilizzati negli impianti di dissalazione

I quantitativi di acciai alto legati utilizzati per la realizzazione degli impianti di dissalazione dipendono principalmente da due fattori:

- tipologia dell'impianto (termico/osmosi inversa);
- potenzialità dell'impianto.

Dall'esperienza risulta che per un impianto di dissalazione termica di medie dimensioni, che produce circa 1500 m³/h di distillato, sono necessarie 900-1000 tonnellate di acciai inox. Nella valutazione di tale quantitativo è considerato quanto serve per la realizzazione del dissalatore, delle tubazioni di collegamento e dei diversi equipaggiamenti quali pompe e valvole per il dissalatore ed i principali sistemi ausiliari.

Per gli impianti ad osmosi inversa, l'utilizzo di inox alto legato è limitato a pompe, valvole e tubazioni che lavorano a pressione maggiore. Per tali impianti è richiesto un quantitativo di acciaio decisamente inferiore rispetto ai dissalatori termici, per cui, per un impianto di dissalazione che produce 1500 m³/h di permeato, occorrono circa 30-40 tonnellate dei materiali succitati.

Come tutte le installazioni industriali, anche gli impianti di dissalazione, siano essi termici o per osmosi inversa, sono soggetti ad un fattore scala per cui aumentando la taglia dell'impianto, l'aumento dei quantitativi di acciaio non sarà lineare con la capacità produttiva installata.

Si ringrazia la società Fisia Italimpianti SpA per il materiale fornito.

Fig. 5
Tubi verticali di convogliamento acqua mare alle membrane di osmosi inversa

Fig. 6
Pompa alta pressione