

FORMAZIONE DI BRINA SULLE BATTERIE EVAPORANTI DELLE POMPE DI CALORE

Trattamenti al plasma sottovuoto per migliorarne le prestazioni in condizioni critiche

Di Mauro Grecchi, Responsabile scientifico, E2Tech Srl

E2Tech, società appartenente al Gruppo Energetica specializzata nello sviluppo e produzione di pompe di calore residenziali basate su refrigeranti naturali, ha condotto una ricerca sperimentale su trattamenti superficiali alternativi per alettature delle batterie evaporanti, con lo scopo di migliorare le prestazioni in condizioni critiche (temperature esterne comprese tra 0° e 4 °C e umidità relativa superiore al 90%).

Inizialmente si è condotta una rassegna approfondita di quanto disponibile in letteratura sulla bagnabilità di alette in alluminio, con particolare focus sull'angolo di contatto statico e la sua relazione con la condensazione e la formazione di brina nelle pompe di calore, tenendo in debito conto anche la grande influenza della temperatura e della morfologia superficiale delle lamelle (ad es. per l'alluminio non trattato si osserva una riduzione dell'angolo di contatto da 83° a 23 °C fino a 41° a -5 °C di temperatura ambiente). Al fine di esplorare soluzioni migliorative rispetto alla principale tecnologia correntemente in uso (trattamenti idrofili mediante coating chimico applicato sui coil prima della realizzazione delle alette) e sulla base delle analisi preliminari condotte, ci si è orientati sull'ottenimento di **superfici superidrofobiche volte a garantire capacità autopulenti e una velocità di ghiacciamento e una forza di adesione sensibilmente inferiori**.

Si è passati quindi alla valutazione dell'angolo di contatto su porzioni di alette reali trattate con differenti processi al plasma sottovuoto. Per fare questo è stato necessario realizzare un apparato sperimentale con cella di Peltier che consentisse di misurare l'angolo di contatto anche a basse temperature (fino a -18 °C) e al contempo permettesse di osservare le diverse modalità di formazione e successivo scioglimento del ghiaccio, fornendo così una base solida per la selezione di soluzioni efficaci per la riduzione della formazione di ghiaccio negli scambiatori di calore. Procedendo nella ricerca sono state analizzate in dettaglio svariate serie di campioni, caratterizzati da diversi trattamenti plasma e in alcuni casi con pre-trattamenti volti ad ottimizzare la rugosità superficiale, che si è dimostrata un fattore importante nell'ottenimento di superfici superidrofobiche.

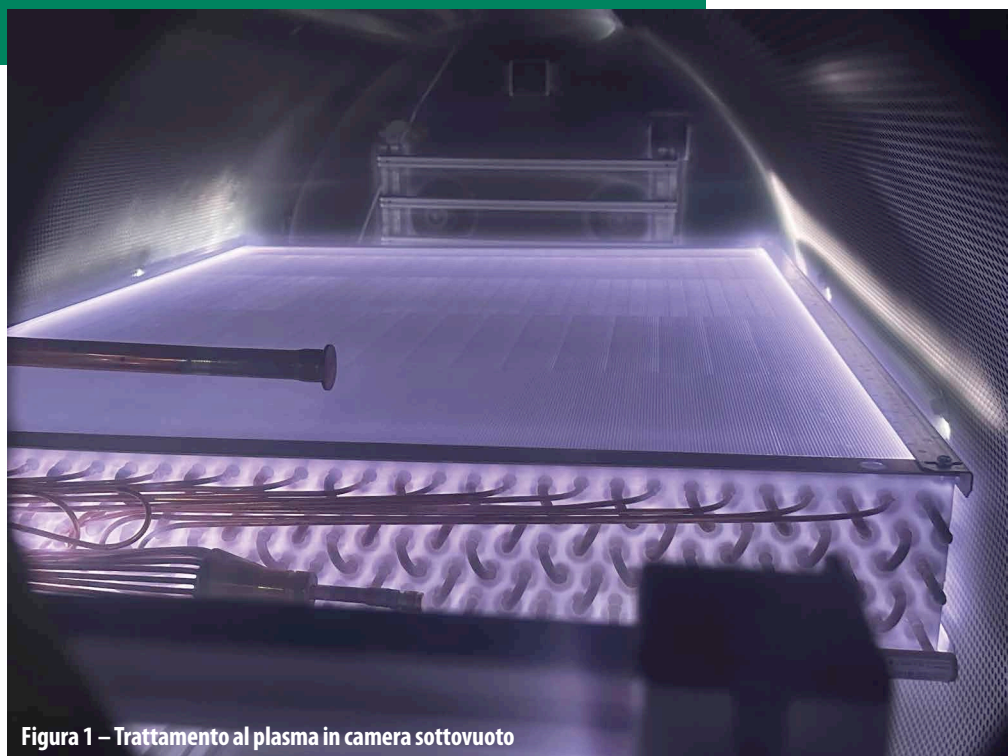


Figura 1 – Trattamento al plasma in camera sottovuoto

Questo **studio sistematico sugli effetti di vari trattamenti al plasma** e delle modifiche superficiali sulle proprietà antighiaccio delle alette in alluminio ha evidenziato l'importanza della chimica e della morfologia superficiale nel raggiungimento di una maggiore idrofobicità e di una ridotta adesione del ghiaccio, fornendo ulteriori preziose informazioni per l'ottimizzazione del design degli scambiatori di calore. Nel passare alla fase di sperimentazione su una macchina funzionante, tra le soluzioni più promettenti (maggiore angolo di contatto a bassa temperatura, minor formazione di ghiaccio e work of adhesion) si è deciso di optare per la migliore che non preveda pre-trattamenti per ridurre e omogeneizzare la rugosità superficiale, in quanto di più difficile implementazione sui coil di alluminio nella produzione in serie. In Tabella 1 sono stati indicati i valori di tensione superficiale ottenuti sui migliori campioni e – per riferimento – i valori dell'alluminio non trattato e con trattamento standard idrofilico.

È stato quindi realizzato un prototipo mediante modifica di una macchina di serie (ModuEvo 12 kW, commercializzata da Paradigma Italia) mediante processo al plasma sottovuoto (figura 1) e successivo coating con formulazione ad acqua a base di silicio e fluoro, coincidente con il campione ID 3 nella tabella 1. Su questo prototipo è stata condotta una campagna di test comparativi rispetto alla macchina di serie. I risultati hanno evidenziato un significativo aumento del tempo di funzionamento prima di avere necessità di un ciclo di sbrinamento e un meccanismo di formazione di ghiaccio differente (figura 3).

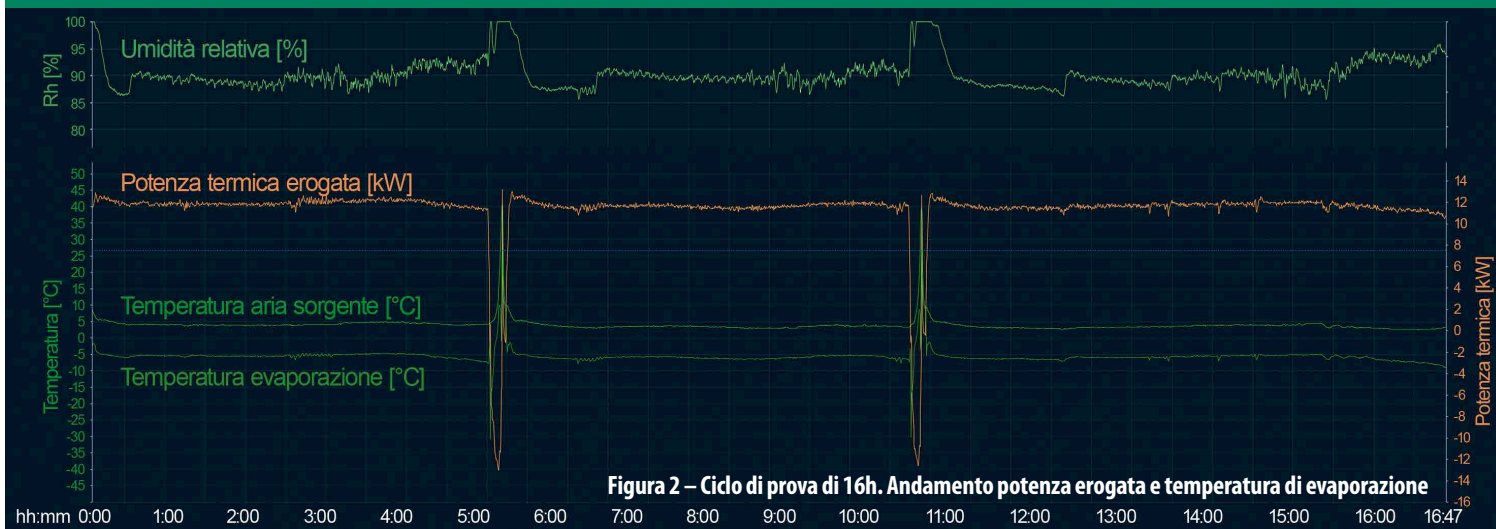


Figura 2 – Ciclo di prova di 16h. Andamento potenza erogata e temperatura di evaporazione

Tabella 1 – Valori di tensione superficiale

ID	Superficie	Componente polare [mN/m]	Componente dispersiva [mN/m]	Tensione superficiale totale [mN/m]
1	Alluminio non trattato	38,2	26,3	64,5
2	Alluminio con coating idrofilico	46,0	25,7	71,7
3	Alluminio con trattamento superidrofobico E2Tech	1,0	22,0	23,0
4	Alluminio con pretrattamento KOH e trattamento superidrofobico E2Tech	2,0	8,0	10,0

È emersa altresì la necessità di ottimizzare i parametri del ciclo di sbrinamento (temperatura di condensazione target, dripping e post dripping). In quasi tutte le condizioni di funzionamento si è ottenuta una minor riduzione del COP pesato con gli sbrinamenti, rispetto al COP puntuale misurato con batteria pulita, a tutto vantaggio dell'efficienza complessiva della macchina. A titolo di esempio si è riusciti a **limitare a due il numero di sbrinamenti durante un test di funzionamento continuo alla massima potenza con aria sorgente a temperatura di b.s. compresa tra 2 e 4°C**

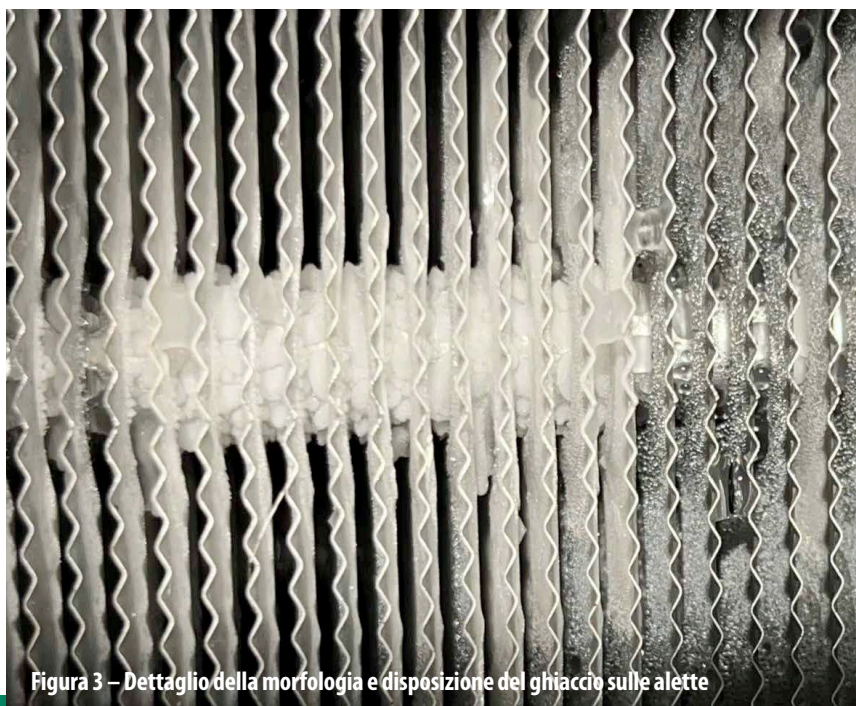


Figura 3 – Dettaglio della morfologia e disposizione del ghiaccio sulle alette

CHI È E2TECH?

E2TECH nasce dall'esperienza di Energetica SpA Società Benefit, holding italiana che, con le aziende del Gruppo, da 25 anni propone sistemi di climatizzazione sostenibili, ad alta efficienza energetica. Nello stabilimento produttivo di E2TECH, situato a Borgo Chiese (TN), vengono progettate e realizzate pompe di calore di ultima generazione. Un Made in Italy dai contenuti tecnici innovativi, che si distingue per l'altissima qualità della progettazione e dei componenti, sia in termini di prestazioni che di sostenibilità.

e Rh sempre superiore al 90% (figura 2 - mediamente uno sbrinamento ogni 5 h e 36 minuti). Si è altresì evidenziata inoltre la necessità di ottimizzare la geometria dello scambiatore, al fine di sfruttare appieno i possibili vantaggi dell'utilizzo di lamelle superidrofobiche e garantire un efficace sbrinamento in tutte le condizioni nel campo di funzionamento degli apparecchi.

In conclusione, il trattamento mediante deposizione tramite plasma sottovuoto volto all'ottenimento di superfici superidrofobiche rappresenta una soluzione estremamente interessante per massimizzare le prestazioni di una pompa di calore operante in condizioni critiche di temperatura ed umidità della sorgente aria, come spesso avviene ad esempio nella pianura padana, e sicuramente meritevole di ulteriori approfondimenti e sviluppo.



Figura 4 – Macchina utilizzata per la sperimentazione