

IL SOLE D'ARCHIMEDE

di PAOLO MARTINI*

Il solare termodinamico a concentrazione a collettori parabolici lineari consente di convertire la radiazione solare

in energia termica utilizzando un concentratore costituito da superfici riflettenti, che seguono il moto del Sole. La caratteristica peculiare di questa tecnologia, che la distingue e la rende vantaggiosa rispetto alle altre energie rinnovabili, è la possibilità di modulare l'erogazione dell'energia raccolta (dispacciabilità), ovvero di poter rilasciare l'energia elettrica in base alle esigenze dell'utenza. Per fare ciò i collettori parabolici lineari accumulano l'energia termica prodotta in appositi serbatoi di stoccaggio, consentendo alla centrale di funzionare anche in mancanza di luce diretta, con cielo nuvoloso e nelle ore notturne.

L'energia termica raccolta verrà trasformata in energia elettrica mediante cicli Rankine in turbomacchine. Nel tubo ricevitore scorre un fluido termo-vettore che raggiunge temperature comprese tra 400 °C e 550 °C e che può essere di varia natura. Nelle centrali attualmente in esercizio sono impiegati oli minerali o sintetici che possono raggiungere temperature fino a 400 °C; possono essere anche utilizzati acqua pressurizzata (DSG), gas o aria. Una miscela costituita da nitrati di sodio e di potassio (sali fusi), non inquinante, economica e disponibile in grandi quantità, è in grado di raggiungere temperature superiori a 550 °C. La scelta di utilizzare sali fusi per trasportare e immagazzinare il calore, invece dell'olio diatermico utilizzato dalle centrali di meno recente generazione, permette di lavorare a temperature più alte, di migliorare il rendimento e di semplificare la configurazione dell'impianto.

A differenza del solare fotovoltaico, come pure dell'energia eolica, il solare termodinamico è in grado di produrre energia elettrica in modo continuo, con possibilità di recuperare anche i cascami di calore per produrre, per esempio, acqua dolce dal mare.

Sali fusi vs olio

Le centrali a collettori parabolici lineari attualmente in esercizio impiegano come fluido termovettore oli minerali o sintetici (benzene) che non possono raggiungere temperature superiori ai 400 °C. A temperature simili infatti gli oli si degradano, limitando l'efficienza del ciclo a vapore. I sali fusi, invece, solitamente utilizzati nello *storage*, se impiegati come fluido termovettore superano la soglia imposta dall'olio, raggiungendo oltre 550 °C. Ne consegue non solo un'ottimizzazione dell'impianto ma anche una riduzione dei costi.

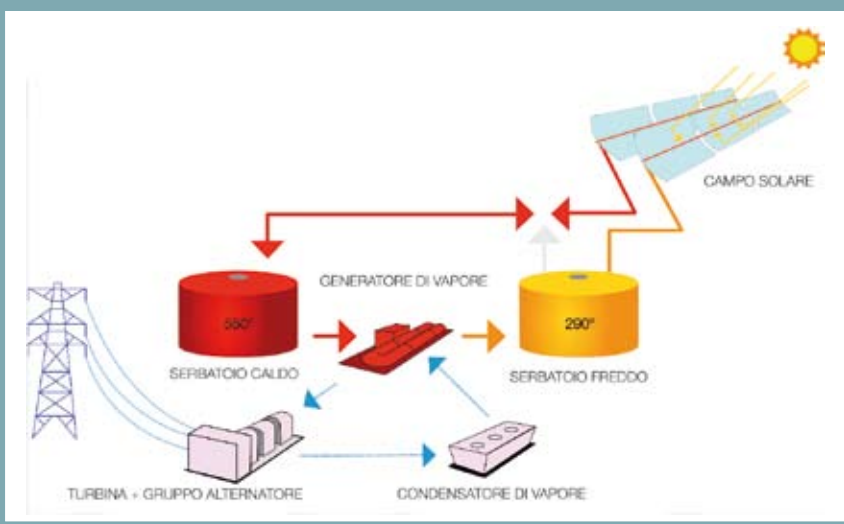
In particolare:

- lo scambiatore di calore

IL SOLE TERMODINAMICO IN ITALIA È ALL'AVANGUARDIA SIA NELLE APPLICAZIONI, SIA NELLA RICERCA

FIGURA 1

CENTRALE SOLARE TERMODINAMICA A COLLETTORI PARABOLICI LINEARI CHE IMPIEGA SALI FUSI QUALE FLUIDO TERMOVETTORE



del sistema di accumulo termico viene eliminato poiché il fluido in circolazione dal campo solare al sistema di accumulo è lo stesso;

- le elevate temperature raggiunte comportano una riduzione del volume dei serbatoi di *storage* di 2/3 il che determina un impatto sui costi del 30%.

Il costo complessivo della centrale a sali fusi, se paragonato a quello di un impianto a olio delle stesse dimensioni e di pari accumulo, si riduce del 20%, con un incremento dell'efficienza del 6%.

Il tubo ricevitore solare

Grazie al rivoluzionario rivestimento spettralmente selettivo, ideato e sviluppato da ENEA, i tubi ricevitori di Archimede Solar Energy massimizzano l'assorbimento della radiazione solare e minimizzano la dispersione termica, raggiungendo temperature superiori ai 550 °C. Il tubo ricevitore è costituito da un tubo interno, nel quale scorre il fluido termo-vettore, e da uno esterno. Il tubo interno, costituito da uno speciale acciaio stabilizzato al titanio, è rivestito con CERMET, un sofisticato materiale nano composito a elevato coefficiente di assorbimento della radiazione solare e bassa emissività fototermica; il tubo esterno, invece, è in vetro borosilicato con trattamento antiriflesso per aumentarne la trasmittanza. Tra i due tubi c'è un'intercapedine in alto vuoto necessaria a minimizzare gli scambi termici. Alle estremità si trovano due soffiotti metallici che hanno la funzione di compensare le dilatazioni termiche differenziali tra vetro e acciaio e che permettono il funzionamento ottimale del tubo sul collettore solare.

Il Coating

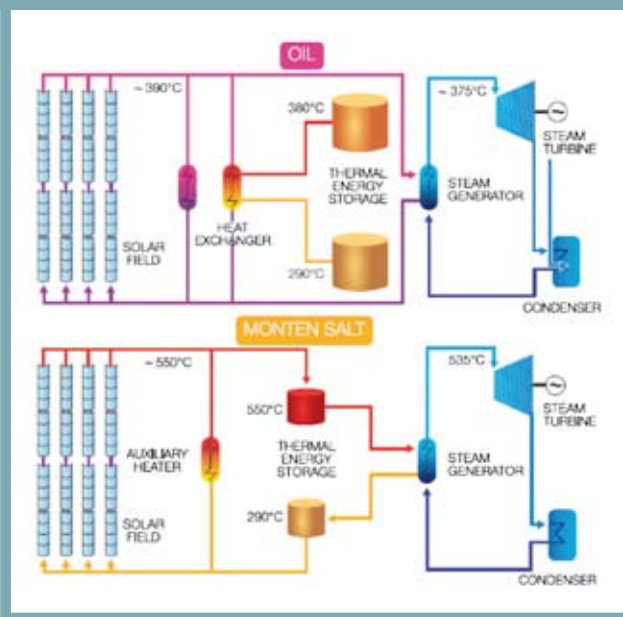
Il *coating* è un rivestimento spettralmente selettivo composto da uno strato metallico, riflettore di infrarossi, sul quale viene depositato uno strato assorbitore della radiazione solare di tipo CERMET. Il rivestimento è completato da uno strato antiriflesso costituito da uno o più strati di materiale ceramico. Archimede Solar Energy applica sul tubo di acciaio un innovativo *coating*, sviluppato e brevettato da ENEA, che possiede un'elevata efficienza fototermica in termini di assorbanza solare e di emissività termica, con stabilità termo-meccanica e termo-chimica a 600 °C. Quest'ultima peculiarità è il requisito fondamentale per l'impiego, come fluido termo-vettore, dei sali fusi, che operano alle alte temperature di 550 °C. Misure eseguite dai laboratori dell'ENEA hanno confermato valori di emissività $\leq 15\%$ alla massima temperatura di 580 °C e un coefficiente di assorbimento della radiazione solare del 95%. L'ottima efficienza fototermica consente una riduzione significativa del costo livellato dell'energia elettrica e l'aumento della produttività. Il *coating* viene mantenuto sotto vuoto e protetto da un involucro di vetro per minimizzare le perdite termiche convettive del tubo ricevitore solare.

Coating anti-riflesso

Sulla superficie dei tubi di vetro dei ricevitori viene applicato un trattamento antiriflesso idrofobico, progettato e

FIGURA 2

CONFRONTO TRA OLIO E SALI FUSI



brevettato presso i laboratori spagnoli del CIEMAT, in grado di aumentare la trasmittanza solare a valori superiori al 96%. Il procedimento di deposizione e la composizione chimica del film sono tali da massimizzare l'adesione e la resistenza all'abrasione. Da ciò ne deriva un miglioramento della qualità e della durabilità nel tempo. Archimede Solar Energy ha completato lo sviluppo del tubo ricevitore solare attraverso innovazioni sia di processo che di prodotto. Il processo produttivo, completamente automatizzato, si struttura in due fasi parallele, destinate alla realizzazione dell'assieme in vetro e di quello in acciaio, convergenti in una terza fase di assemblaggio e collaudo prestazionale. Una nuova giunzione vetro - metallo è stata ottimizzata per mantenere le condizioni di vuoto di disegno, riducendo la dispersione termica al solo irraggiamento e aumentando di conseguenza le prestazioni del tubo ricevitore; i macchinari di nuova generazione impiegati permettono un ciclo di lavorazione più breve e un pieno controllo sulle qualità del manufatto.

Nella linea di lavorazione dell'acciaio, invece, viene depositato un film spettralmente selettivo che permette al tubo ricevitore di assorbire una maggiore quantità di energia solare e di minimizzarne le perdite; le innovazioni di processo si sono focalizzate sull'impiego di nuovi materiali (target) ottimizzati per un rateo di deposito superiore, una maggiore resistenza meccanica e una riduzione della gestione di processo. Ciò permette la produzione su larga scala di tubi ricevitori solari con totale controllo dell'omogeneità e uniformità del film spettralmente selettivo. Il nuovo prodotto quindi possiede prestazioni ottiche e termomeccaniche che lo rendono unico nel mercato di riferimento (tecnologia del solare termodinamico a concen-

TECNOLOGIA SOLARE

Archimede Solar Energy (ASE), società del Gruppo Angelantoni Industrie S.p.A. partecipata al 45% da Siemens, è l'unico produttore al mondo di un ricevitore solare commercialmente disponibile per centrali termodinamiche, a tecnologia parabolico lineare, che utilizzano nitrati di sodio e potassio (sali fusi) quale fluido termovettore. Un impianto solare termodinamico a concentrazione sfrutta la componente diretta della radiazione solare per la produzione di energia elettrica. In aggiunta ai tradizionali metodi di captazione di energia solare presenti nei comuni impianti solari termici, questo tipo di impianto introduce un ciclo termodinamico con turbina a vapore (Ciclo Rankine) per la trasformazione dell'energia termica in energia elettrica, attraverso la produzione di vapore, come avviene nelle centrali convenzionali. Siemens entra nel capitale dell'Archimede Solar Energy nel 2008, acquistando una quota partecipativa del 28% per incrementare la propria posizione lungo la catena del valore e diventare il fornitore leader di soluzioni per impianti solari termodinamici. Due anni dopo, la multinazionale tedesca incrementa la sua partecipazione al 45% con l'obiettivo di favorire un rapido sviluppo della nuova linea produttiva di tubi ricevitori. La produzione a pieno regime avrà una capacità annua di 140.000 tubi ricevitori solari, pari a circa 250 MW elettrici



Nuova sede legale e stabilimento produttivo

equivalenti e saranno creati 200 posti di lavoro, figure professionali di alta specializzazione. L'investimento totale che Angelantoni e Siemens hanno sostenuto per la *start-up* di ASE è stato di oltre 50 milioni di Euro e in particolare ha riguardato l'industrializzazione di prodotti e processi, la realizzazione del nuovo stabilimento, del quartier generale e della centrale dimostrativa. Lo stabilimento ad alta tecnologia, realizzato in tempi brevissimi, è un *benchmark* in termini di eccellenza con macchinari interamente customizzati e processi innovativi a elevato grado di automazione; la sede legale è un edificio sostenibile in Classe Energetica A+ che coniuga massima efficienza

energetica con qualità architettonica. La facciata, a tripla pelle in legno, vetro e lamiera microforata, consentirà la riduzione del fabbisogno di energia termica del 50% in estate e fino all'80% in inverno. A lato dello stabilimento è in fase di realizzazione una centrale dimostrativa di 350 kW *'stand-alone'* e cioè un impianto per attività di Ricerca & Sviluppo e formazione che produce energia elettrica impiegando fonte solare. Il complesso è stato inaugurato nel Settembre 2011 e all'evento hanno partecipato importanti personalità pubbliche e imprenditori, sia nazionali che internazionali, fra cui la Presidente di Confindustria Emma Marcegaglia, il Premio Nobel Carlo Rubbia e i vertici di Siemens e Angelantoni Industrie.

trazione a sali fusi). L'azienda ha poi diversificato la sua attività realizzando un prodotto che opera con fluidi termovettori a più basse temperature, risultato già competitivo nel settore di riferimento.

Archimede e progetti in sviluppo

L'idea di utilizzare i sali fusi come fluido termovettore è stata fortemente sostenuta dal Premio Nobel per la fisica Carlo Rubbia durante la sua presidenza in ENEA. Da qui l'origine del progetto Archimede che ha contemplato la realizzazione della prima centrale solare termodinamica che utilizza sali fusi quale fluido termovettore, presso la centrale termoelettrica

di Priolo Gargallo (Siracusa). Il progetto Archimede, iniziato nel 2001, si è sviluppato nel corso degli anni e in diverse fasi. L'introduzione, infatti, di notevoli innovazioni progettuali ha richiesto una fase preliminare di ricerca, sviluppo e sperimentazione dei componenti, sia in laboratorio che sul campo, in condizioni reali di esercizio, e una fase successiva di sperimentazione su un impianto dimostrativo, di taglia significativa per il trasferimento della tecnologia all'industria.

Poiché il fine delle attività di ricerca era quello di arrivare allo sviluppo di prodotti industriali con caratteristiche di prestazione e costo che consentissero la diffusione su larga scala di questa tecnologia, molte delle attività sono state condotte in

stretta collaborazione con l'industria italiana e in particolare modo con Archimede Solar Energy, il cui contributo ha permesso l'individuazione delle soluzioni più praticabili in una produzione in serie dei tubi ricevitori. Quest'ultima fase si è conclusa nel 2010 con l'entrata in funzione dell'impianto di Priolo Gargallo. Il progetto prende il nome da Archimede, il famoso matematico greco, che usò - secondo la tradizione - specchi ustori per bruciare le navi romane durante l'assedio di Siracusa. Numerose aziende italiane investono nella tecnologia del solare termodinamico a concentrazione. Il *Solar Energy Report* del 7 Aprile 2011, stilato dall'Energy & Strategy Group del Politecnico di Milano, spiega che in Italia si è creata una filiera "integrata" nel settore degli impianti a tecnologia CSP, che comprende lo sviluppo e la specializzazione della componentistica e la produzione di energia elettrica. I progetti che sono attualmente in fase di sviluppo o autorizzazione, e nei quali Archimede Solar Energy è coinvolta per la fornitura di tubi ricevitori solari a sali fusi, prevedono la realizzazione di centrali solari di diverse dimensioni per più di 150 MW. In questo contesto si inserisce a ottobre 2009 la nascita di Anest, con l'obiettivo di raggruppare la filiera italiana del CSP. L'Associazione al momento conta 2.015 associati diversi per dimensioni: grandi aziende come Marcegaglia, Techint, Archimede Solar Energy, Biosolar Flenco, Enel Green Power, Toto; medie aziende come Almeco, FERA, Reflex, Turboden, Xeliox, Nur Energie; piccole aziende come Trivelli Energia, Solo Rinnovabili, Solar Brain, Struttura Informatica, Costruzioni Solari, Sitalcea, Innova, Dedalo Esco.

Archimede Solar Energy partecipa poi a numerosi altri progetti in ambito internazionale. Tra i più importanti va menzionato il progetto MATS (Multipurpose Applications by Thermodynamic Solar). Il progetto ha come obiettivo la costruzione di un impianto solare termodinamico in Egitto, che utilizzerà i tubi ricevitori solari a sali fusi di Archimede Solar Energy e che produrrà energia elettrica, calore, raffred-



mento e acqua dissalata, attraverso l'integrazione dell'energia solare con altre fonti energetiche localmente disponibili, quali biomasse e impianti di dissalazione. Partecipano al progetto ENEA, in qualità di coordinatori, e i più importanti centri di ricerca in Egitto e in Europa tra cui ASRT, NREA, CEA, ISE. Come partner industriali invece intervengono Tecnimont KT, Ronda Group, Orascom Construction Industries e Delft Environment.

Nel Giugno 2011 è stato poi concluso un accordo di collaborazione con Chiyoda Corporation, EPC contractor giapponese leader mondiale nella progettazione di impianti, per sviluppare e creare nuove opportunità commerciali nel settore del solare termodinamico a concentrazione in Medio Oriente e in Nord Africa. L'accordo con Chiyoda rappresenta un passo importante nella strategia di sviluppo di Archimede Solar Energy perché, entro il 2025, il mercato delle centrali solari termodinamiche in MENA Region prevede una base installata di 3,9 GW con una media di più di 250 MW/anno. Nell'ambito del progetto di ricerca High-Performance Solar Thermal Power, promosso dal Ministero tedesco per l'Ambiente, la Conservazione della Natura e la Sicurezza Nucleare, il settore Energy di Siemens in collaborazione con alcuni partner tra cui il Centro Aerospaziale tedesco (DLR), K+S AG, Senior Berghöfer GmbH e Steinmüller Engineering GmbH, costruirà una centrale elettrica pilota con la tecnologia a sali fusi utilizzando i tubi ricevitori di Archimede Solar Energy. L'impianto pilota, lungo 600 metri, utilizzerà la tecnologia a sali fusi per un funzionamento più efficiente delle turbine a vapore per la generazione di energia. Le sperimentazioni riguarderanno il perfezionamento della miscela a sali fusi, l'ottimizzazione dell'impianto e delle strategie di gestione. Il progetto Desertec, infine, ha l'obiettivo di realizzare centrali solari termodinamiche nel deserto del Sahara per la produzione di energia elettrica che sarà trasferita, tramite cavi sottomarini, in Europa. Carlo Rubbia ha stimato che, coprendo lo 0,3% dei deserti africani e mediorientali con impianti CSP, si potrebbe soddisfare il fabbisogno energetico del mondo intero. ■

*Business Development and Sales Director - Archimede Solar Energy

FIGURA 3

