



N° 1 prototipo di coating per ricevitore operante in vuoto a temperatura di 550 °C, depositato su tubo di acciaio (LA1.19)

A. D'Angelo, C. Diletto, S. Esposito, A. Guglielmo, G. Rossi

N° 1 PROTOTIPO DI COATING PER RICEVITORE OPERANTE IN VUOTO A TEMPERATURA DI 550 °C, DEPOSITATO SU TUBO DI ACCIAIO (LA1.19) A. D'Angelo, C. Diletto, S. Esposito, A. Guglielmo, G. Rossi (TERIN-STSN-SCIS)

Dicembre 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero della Transizione Ecologica - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - III annualità 2021

Obiettivo: *Sistema Elettrico*

Progetto: '1.9 Solare Termodinamico''

Linea di attività: *LA1.19 N° 1 prototipo di coating per ricevitore operante in vuoto a temperatura di 550 °C, depositato su tubo di acciaio.*

Responsabile del Progetto: Alberto Giaconia, ENEA

Indice

SOMMARIO.....	3
1 INTRODUZIONE.....	4
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	5
2.1 PROTOTIPO DI COATING PER RICEVITORE SOLARE OPERANTE IN VUOTO A TEMPERATURA DI 550 °C, DEPOSITATO SU TUBO DI ACCIAIO	5
3 CONCLUSIONI.....	7

Sommario

Come previsto nel PTR del progetto, sono stati ultimati i lavori relativi alla LA1.19 con la realizzazione di un prototipo di coating per ricevitore solare operante in vuoto a temperatura di 550 °C, depositato su tubo di acciaio. Il prototipo di coating, sviluppato e realizzato nell'ambito di questo progetto, è stato depositato su un tubo di acciaio inossidabile con diametro esterno 70 mm, spessore di parete 3 mm e lunghezza 60 cm. Il prototipo di coating realizzato presenta prestazioni fototermiche e di durabilità incrementate rispetto a quelle dei coating dei tubi ricevitori solari attualmente disponibili sul mercato ed è stato depositato mediante processi robusti ed efficienti, quindi, particolarmente adatti per la produzione industriale. In questo rapporto sono riepilogate le caratteristiche principali del prototipo di coating ed è mostrata un'immagine del prototipo di coating depositato sul tubo di acciaio.

1 Introduzione

Il prototipo di coating mostrato in questo report è stato realizzato nell'ambito di questo progetto per operare in vuoto alla temperatura di 550 °C. I materiali utilizzati per realizzare il prototipo di coating sono stati il W, in qualità di riflettore IR, un multistrato CERMET di W-Al₂O₃, in qualità di assorbitore solare, l'Al₂O₃, l'SiO₂ e un CERMET di W-Al₂O₃ a basso contenuto metallico, in qualità di strati dell'antiriflesso. Tutti i processi impiegati per depositare i diversi strati del coating sono robusti ed efficienti, quindi, particolarmente adatti per la produzione industriale. Il prototipo di coating realizzato presenta un miglioramento dell'emissività termica (ϵ_{th}), a 550 °C, di circa mezzo punto percentuale rispetto a quella massima dichiarata per il coating del tubo ricevitore ASE, unico prodotto disponibile sul mercato di comprovata efficienza fototermica e affidabilità per la temperatura operativa di 550 °C. L'assorbanza solare (α_s) non ha mostrato, invece, alcun significativo miglioramento rispetto a quella minima dichiarata per il coating del tubo ricevitore ASE. L'altro parametro molto importante, che ha permesso di evidenziare un miglioramento delle prestazioni del prototipo di coating, è la durabilità. La stima di questo parametro ha mostrato un'assenza di degrado dell'emissività termica a 550 °C del prototipo di coating, così come accade per il coating del tubo ricevitore ASE, e un degrado dell'assorbanza solare pari allo 0.48% dopo 25 anni di servizio a 550 °C, rispetto a un degrado dell'assorbanza solare del coating del tubo ricevitore ASE pari a 1,65% dopo 25 anni di servizio alla stessa temperatura di esercizio. È evidente che il prototipo di coating è più performante in termini di stabilità ottica e chimico-strutturale rispetto a quello del tubo ricevitore ASE. Nel paragrafo successivo è mostrato il progetto ottico del prototipo di coating, la curva di riflettanza con i parametri fototermici di assorbanza solare ed emissività termica a 550 °C e, infine, l'immagine del prototipo di coating depositato su un tubo di acciaio inossidabile con diametro esterno 70 mm, spessore di parete 3 mm e lunghezza 60 cm.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

2.1 Prototipo di coating per ricevitore solare operante in vuoto a temperatura di 550 °C, depositato su tubo di acciaio

In questo paragrafo è presentato il prototipo di coating realizzato nell'ambito di questo progetto per operare in vuoto alla temperatura di 550 °C, depositato su un tubo di acciaio inossidabile con diametro esterno 70 mm, spessore di parete 3 mm e lunghezza 60 cm. I materiali utilizzati per realizzare il prototipo di coating sono stati il W, in qualità di riflettore IR, un multistrato CERMET di W-Al₂O₃, in qualità di assorbitore solare, l'Al₂O₃, l'SiO₂ e un CERMET di W-Al₂O₃ a basso contenuto metallico, in qualità di strati dell'antiriflesso. In Tabella 1 è riportato il progetto ottico in base al quale è stato realizzato il prototipo di coating ottimizzato per i 550 °C. Come si può osservare, l'assorbitore solare è formato da 6 strati CERMET realizzati con potenza applicata al target di W decrescente da 900 W a 400 W a partire dal primo strato CERMET depositato sul riflettore IR di W. In Tabella 1 è mostrata anche la struttura del filtro antiriflesso formato da un primo strato di SiO₂, scelto perché stabile ad alta temperatura e con indice di rifrazione in grado di minimizzare la prima riflessione all'interfaccia aria-coating, seguito da un CERMET di W-Al₂O₃ a basso contenuto metallico e, infine, da uno strato di Al₂O₃.

Tabella 1. Progetto ottico del coating sviluppato per applicazioni in vuoto a 550 °C

N° strato	Sigla Materiale	Spessore (nm)
1	SiO ₂	77.5
2	C300W	21.2
3	Al ₂ O ₃	14.7
4	C400W	5.8
5	C500W	6.3
6	C600W	6.8
7	C700W	7.3
8	C800W	15.7
9	C900W	16.8
10	W	122

In Figura 1 è mostrata la curva di riflettanza del coating realizzato che presenta un'assorbanza solare pari a 95.62% e un'emissività termica, a 550 °C, pari a 10.23%. I parametri fototermici riportati in Figura 1 sono quelli del coating as-grown mentre quelli che determinano l'efficienza fototermica di un coating sono valutati dopo l'assestamento termico. Nella fattispecie, l'assestamento termico porta a un peggioramento del parametro α_s , che passa dal valore as-grown di 95.62% al valore dopo assestamento di 95.10%, e a un miglioramento di ϵ_{th} a 550 °C, che passa dal valore as-grown di 10.23% al valore di 9.87% successivo all'assestamento. Questi valori dei parametri fototermici dopo assestamento hanno evidenziato un miglioramento di ϵ_{th} a 550 °C di circa mezzo punto percentuale rispetto a quella massima dichiarata per il coating del tubo ricevitore ASE, e un'invarianza di α_s rispetto a quella minima dichiarata per il coating del tubo ricevitore ASE.

Il coating appena descritto è stato depositato su un tubo di acciaio inossidabile con diametro esterno 70 mm, spessore di parete 3 mm e lunghezza 60 cm, e il prodotto finale dell'attività appena descritta è mostrato in Figura 2.

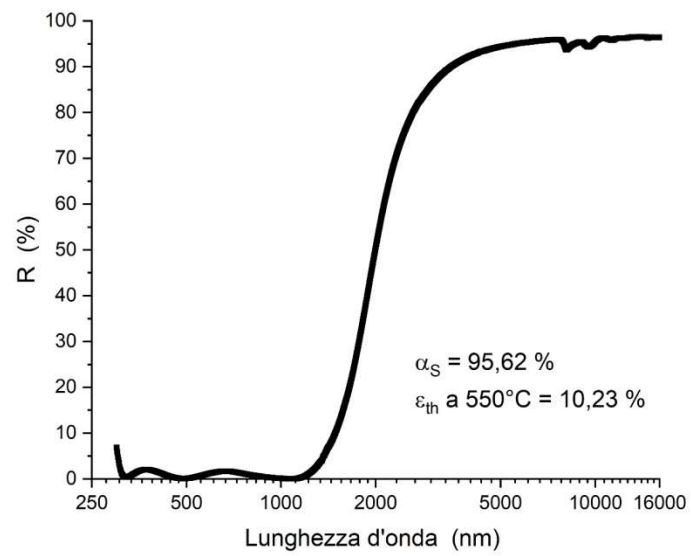


Figura 1. Riflettanza del coating realizzato per operare in vuoto a 550 °C



Figura 2. Immagine del prototipo di coating realizzato per operare in vuoto alla temperatura di 550 °C, depositato su tubo di acciaio

3 Conclusioni

Come previsto dalla terza annualità del PTR 2019-2021 del progetto, l'attività descritta nel presente rapporto tecnico ha riguardato la realizzazione, mediante processi di interesse industriale, di un prototipo di coating per ricevitore solare operante in vuoto a temperatura di 550 °C, depositato su tubo di acciaio. Il prototipo di coating è stato depositato su un tubo di acciaio inossidabile con diametro esterno 70 mm, spessore di parete 3 mm e lunghezza 60 cm, ed è caratterizzato da prestazioni fototermiche e di stabilità ottica e chimico-strutturale incrementate rispetto a quelle dei coating dei tubi ricevitori attualmente disponibili sul mercato.

I materiali utilizzati per realizzare il coating in grado di operare in vuoto alla temperatura di 550 °C sono stati il W, in qualità di riflettore IR, un multistrato CERMET di W-Al₂O₃, in qualità di assorbitore solare, l'Al₂O₃, l'SiO₂ e un CERMET di W-Al₂O₃ a basso contenuto metallico, in qualità di strati dell'antiriflesso.

Il prototipo di coating realizzato presenta un'emissività termica, a 550 °C, pari a 9,87%, circa mezzo punto percentuale più bassa rispetto a quella massima dichiarata per il coating del tubo ricevitore ASE, unico prodotto disponibile sul mercato di comprovata efficienza fototermica e affidabilità per la temperatura operativa di 550 °C. L'assorbanza solare non ha mostrato, invece, alcun significativo miglioramento rispetto a quella minima dichiarata per il coating del tubo ricevitore ASE. Il parametro che più ha evidenziato il miglioramento delle prestazioni del prototipo di coating è rappresentato dalla durabilità. La stima di questo parametro ha mostrato un'assenza di degrado dell'emissività termica a 550 °C del prototipo di coating, così come accade al coating del tubo ricevitore ASE, e un degrado dell'assorbanza solare pari allo 0.48% dopo 25 anni di servizio a 550 °C, rispetto a un degrado dello stesso parametro del coating del tubo ricevitore ASE pari a 1,65% dopo 25 anni di servizio alla stessa temperatura di esercizio. Questo risultato evidenzia il miglioramento ottenuto in termini di stabilità ottica e chimico-strutturale del prototipo di coating rispetto a quello del tubo ricevitore ASE.

Infine, il prototipo di coating per ricevitore solare in grado di operare in vuoto alla temperatura di 550 °C è stato depositato su un tubo di acciaio inossidabile con diametro esterno 70 mm, spessore di parete 3 mm e lunghezza 60 cm, e l'immagine del tubo di acciaio ricoperto con il prototipo del coating è mostrata nel presente rapporto tecnico.