



Ricerca di Sistema elettrico

Concettualizzazione di un Impianto per il Monitoraggio del Rateo di Corrosione su Materiali Strutturali Operanti in Piombo

S. Bassini, A. Gessi, A. Antonelli

Concettualizzazione di un Impianto per il Monitoraggio del Rateo di Corrosione su Materiali Strutturali Operanti in Piombo

S. Bassini, A. Gessi, A. Antonelli - ENEA

Settembre 2014

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2013

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto: Sviluppo competenze scientifiche nel campo della sicurezza nucleare e collaborazione ai programmi internazionali per il nucleare di IV Generazione

Obiettivo: Sviluppo competenze scientifiche nel campo della sicurezza nucleare

Responsabile del Progetto: Mariano Tarantino, ENEA

Titolo

Concettualizzazione di un impianto per il monitoraggio del rateo di corrosione su materiali strutturali operanti in piombo

Descrittori

Tipologia del documento:

Collocazione contrattuale: Accordo di programma ENEA-MSE su sicurezza nucleare e reattori di IV generazione

Argomenti trattati:

Sommario

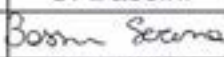
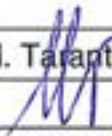
Questo report illustra le specifiche generali e concettuali per la progettazione di una "multipurpose facility" per prove con piombo liquido stagnante. La *facility* serve per lo studio del controllo e del monitoraggio della chimica del piombo in LFR e ADS, che consente di individuare materiali resistenti alla corrosione e determinare condizioni operative sicure per questi sistemi

Note

Autori: S. Bassini, A. Antonelli, A. Gessi

Copia n.

In carico a:

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	23/09/14	NOME	S. Bassini	M. Tarantino	M. Tarantino
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione ADPFISS – LP2 – 070	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 2	di 8
--	--	------------------	----------------------	------------------	----------------

Sommario

Scopo della <i>facility</i> e attività correlate.....	3
Disegno preliminare.....	4
Requisiti di progetto.....	6
Accorgimenti e Suggerimenti.....	6
Riferimenti	7
Appendice.....	8

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione ADPFISS – LP2 – 070	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 3	di 8
--	--	------------------	----------------------	------------------	----------------

Scopo della *facility* e attività correlate

Lo scopo della “*multipurpose facility*” è di condurre studi sul controllo e il monitoraggio della chimica del piombo per applicazioni in *Lead Fast Reactors* e *Accelerator Driven Systems*, con particolare riferimento agli aspetti legati alla corrosione dei materiali strutturali e al sistema di controllo e di monitoraggio dell’ossigeno presente nel sistema.

Per quanto riguarda gli aspetti legati alla corrosione, la *facility* consentirà di effettuare prove di corrosione di acciai in piombo liquido stagnante per lunghi tempi di esposizione e in condizioni di temperatura tipiche per questa tipologia di sistemi nucleari (450-550 °C). Nell’immediato saranno studiati gli acciai strutturali proposti per i LFR e ADS e diverse tipologie di *coating* di maggior interesse. Alcune di queste prove saranno incentrate sull’analisi dell’influenza di elementi metallici in lega come inibitori di corrosione (es. Ti e Zr) e della capacità di inibire la corrosione mediante il fenomeno “soluto/solvente” (aggiungendo nel metallo liquido uno degli elementi di lega dell’acciaio strutturale, ad es. Ni, per limitarne la dissoluzione).

Per quanto riguarda gli aspetti legati al controllo dell’ossigeno, la *facility* sarà progettata in modo tale da poter operare sia in condizioni di alto ossigeno (saturazione, 10^{-3} % w/w), che in condizioni di basso ossigeno ($< 10^{-8}$ % w/w) disciolto nel piombo liquido. Le condizioni di alto e di basso ossigeno saranno ottenute variando il tipo di *cover gas*: Argon per le condizioni di alto ossigeno e miscela Argon/Idrogeno per le condizioni di basso ossigeno. In questo modo sarà possibile mettere a confronto la diversa la resistenza alla corrosione degli acciai nelle due differenti condizioni sperimentali, dato che l’ossigeno influenza il fenomeno di passivazione e quindi la tendenza alla dissoluzione.

In particolare per l’operatività dei LFR a ADS risulta di notevole interesse la possibilità di lavorare nelle condizioni di basso ossigeno, poiché in tal modo si evita il rischio di *plugging* generato dalla formazione degli ossidi di piombo quando si lavora in saturazione. Inoltre la *facility* sarà progettata per consentire, nell’ambito di questa analisi, la verifica dell’efficacia degli *oxygen getters* (materiali fortemente affini all’ossigeno, ad es. Ti e Ta), quali additivi capaci di condizionare e mantenere il bagno di piombo liquido ad un basso tenore di ossigeno disciolto.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione ADPFISS – LP2 – 070	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 4	di 8
--	--	------------------	----------------------	------------------	----------------

Per quanto riguarda gli aspetti legati al monitoraggio, il sistema sarà dotato di sensori per la determinazione del tenore di ossigeno nel cover-gas e nel piombo liquido.

Per la fase gas sarà utilizzato un *oxygen gas analyzer*. Quando una miscela argon/idrogeno è impiegata come cover gas, un igrometro posizionato in entrata e in uscita permette di determinare indirettamente il tenore iniziale di ossigeno nel gas grazie alla quantità di acqua prodotta [1].

Per quanto riguarda la determinazione nel piombo liquido, saranno utilizzati dei sensori elettrochimici per ossigeno di nuova produzione, dei quali dovrà essere preventivamente testata l'affidabilità e l'accuratezza. Tali sensori, costituiti dal sistema Pt/aria come elettrodo di riferimento e da *Ytria Stabilized Zirconia* come elettrolita selettivo, sono stati sviluppati e costruiti dalla FER-Strumenti S.r.l. di Milano in collaborazione con ENEA, allo scopo di ottenere sensori per la determinazione di ossigeno nelle leghe di piombo liquido altamente affidabili e resistenti.

In sintesi, la “multipurpose facility” servirà ad effettuare:

1. prove di corrosione di materiali:
 - in condizioni di alto e basso ossigeno disciolto,
 - in presenza di oxygen getters,
 - in presenza di soluto (effetto soluto/solvente).
2. prove per componenti del sistema:
 - sensori per l'ossigeno disciolto in piombo liquido,
 - sensori per l'ossigeno per la determinazione nella fase gas,
 - igrometri per la determinazione di acqua nella fase gas.

Disegno preliminare

Sulle base dell'esperienza maturata nell'utilizzo delle capsule sperimentali KIT per l'esposizione di acciai in piombo liquido [2], il Laboratorio di Chimica del Piombo di ENEA propone per la facility in oggetto il disegno preliminare di seguito descritto, che prevede una struttura facility simile a quella delle capsule, come mostrato in Appendice.

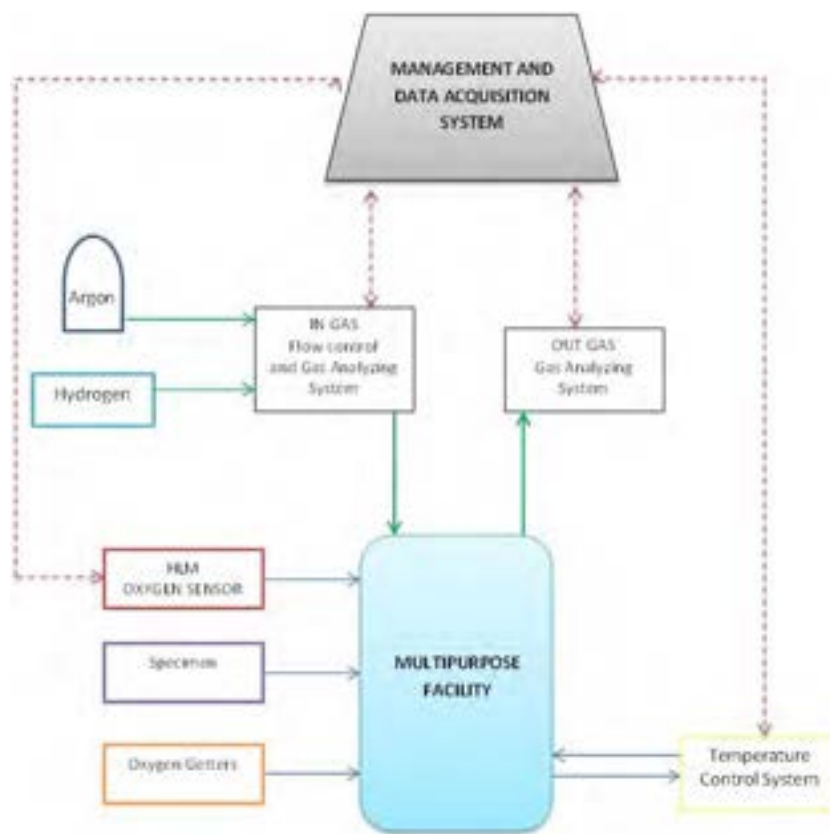
ENEA Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione ADPFISS – LP2 – 070	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 5	di 8
---------------------------------------	--	------------------	----------------------	------------------	----------------

Il corpo principale è costituito da un cilindro di acciaio. Un crogiolo di allumina, alloggiato all'interno del cilindro, serve da contenitore del piombo liquido ed evita il contatto tra il metallo e la parete di acciaio del cilindro. Il riscaldamento del sistema è ottenuto per mezzo di una resistenza avvolta sulla superficie esterna del cilindro.

Il coperchio del cilindro è dotato di fori per l'inserimento all'interno del piombo dei dispositivi necessari per l'esecuzione delle prove:

- portacampione (o più portacampioni),
- termocoppia interna per il bagno di piombo,
- sensore elettrochimico per la determinazione dell'ossigeno in fase liquida,
- cannula di gorgogliamento del cover gas,
- agitatore per l'omogeneizzazione del bagno,
- dispositivo di prelievo del piombo liquido per analisi chimica,
- dispositivi vari (oxygen getters, barrette di metallo per prove soluto/solvente, ecc.).

Di seguito è riportato lo schema a blocchi della facility.



 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione ADPFISS – LP2 – 070	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 6	di 8
--	--	------------------	----------------------	------------------	----------------

Requisiti di progetto

Di seguito sono elencati i requisiti di progetto della facility. Alcuni di essi sono stati individuati sulla base dell'esperienza avuta con le capsule sperimentali (il cui utilizzo in relazione a taluni aspetti operativi risulta difficoltoso e poco flessibile).

- Possibilità di testare più di un campione nello stesso bagno di piombo (impiego di più portacampioni o di un portacampione adatto all'aggancio di più provini),
- Possibilità di regolazione dell'altezza del portacampione, così poter variare il livello di piombo nel crogiolo a seconda dell'utilizzo (impiego di raccordi swagelock per chiusura ermetica all'atmosfera)
- Sistema di campionamento del metallo liquido (campionamento automatico oppure tramite pipette in vetro usa e getta),
- Sistema di agitazione del bagno di piombo (agitazione meccanica, gorgogliamento del gas,...), per ottimizzare la dispersione dell'idrogeno e la disossidazione del piombo liquido e omogeneizzare il metallo liquido in caso di prelievo,
- Sistema di controllo e di circolazione del cover gas (generatore di idrogeno, analizzatori gas, igrometri, flussimetri),
- Sistema di controllo della pressione interna (monometro, valvola di sicurezza in caso di sovra-pressione),
- Struttura facilmente movimentabile (per facilitarne l'utilizzo e la manutenzione),
- Facilità di svuotamento e di pulizia del crogiolo di allumina (una possibile soluzione potrebbe essere l'impiego di un cestello in acciaio che contenga il crogiolo e permetta di sollevarlo quando è pieno di piombo),
- Sistema di scarico da azionare in caso di rottura accidentale del crogiolo (rubinetto).

Accorgimenti e Suggerimenti

Di seguito è riportato un elenco di alcuni accorgimenti e suggerimenti per il progetto e la costruzione della facility:

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione ADPFISS – LP2 – 070	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 7	di 8
--	--	------------------	----------------------	------------------	----------------

- Evitare il contatto diretto tra piombo liquido e dispositivi in acciaio, al fine di evitare contaminazioni. Il contatto diretto può essere evitato mediante impiego di allumina o di acciai ricoperti con materiale insolubile (es, Ta, Ti, Al),
- Utilizzare crogioli di allumina con le seguenti dimensioni: 220mm di altezza, 125mm diametro esterno, 110 diametro interno (capacità 2200ml), già disponibili,
- Valutare la possibilità di realizzare più coperchi con fori di diverse dimensioni, per l'inserimento di altri dispositivi di prova (es. oxygen getters).
- Realizzare sul coperchio fori sufficientemente larghi, per facilitare l'estrazione dei dispositivi (in caso di incrostazione da ossidi di piombo) o consentire l'inserimento di dispositivi più voluminosi (ad es. piccole reti a maglie contenenti gli oxygen getters).

Riferimenti

- [1] I. Ricapito, C. Fazio, G. Benamati, *Preliminary studies on PbO reduction in liquid Pb–Bi eutectic by flowing hydrogen*, Journal of Nuclear Materials 301 (2002) 60–63.
- [2] *Experimental Capsule for exposure of Steels to Oxygen-containing Lead Alloys: Technical documentation and user instructions*, Corrosion Department of Institute for Applied Materials Material Process Technology (KIT), January 2013.

Appendice

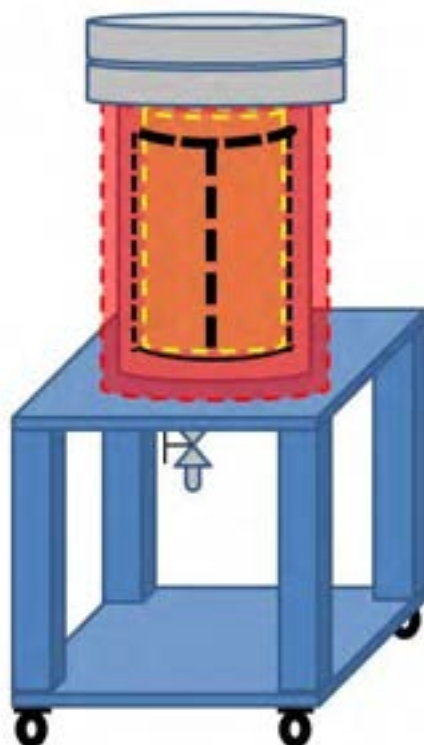


Fig.1: Cilindro con valvola di scarico e carrello di movimentazione.

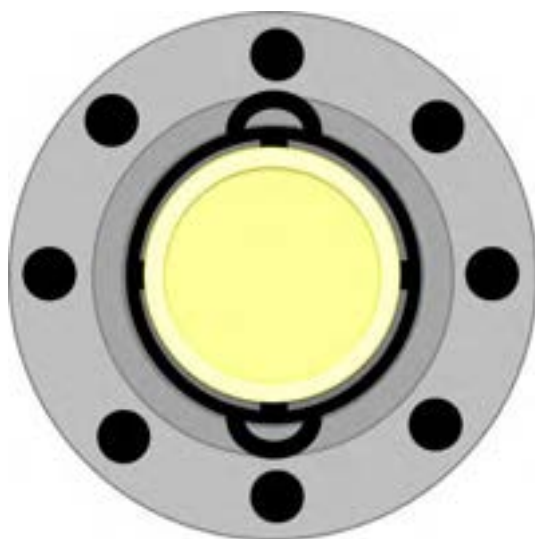


Fig.2: Vista dall'alto del cilindro, contenente il crogiolo di allumina e il cestello per il sollevamento.

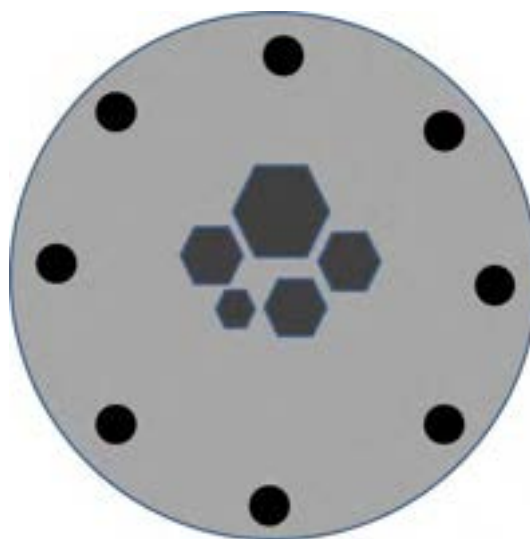


Fig.3: Vista dall'alto del coperchio del cilindro, con i fori per l'inserimento dei componenti.