

Titolo

**STUDIO DI ELEMENTI METALLICI COME OXYGEN GETTERS PER
PIOMBO LIQUIDO. IMPLEMENTAZIONE IMPIANTO DI PROVA PER LA
CHIMICA DEL REFRIGERANTE BID-ONE**

Descrittori

Tipologia del documento: Rapporto Tecnico
Collocazione contrattuale: Accordo di programma ENEA-MSE su sicurezza nucleare e reattori di IV generazione
Argomenti trattati: Caratterizzazione dei Materiali
 Tecnologia dei Metalli Liquidi

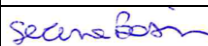
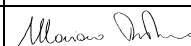
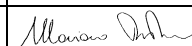
Sommario


Il documento descrive le attività riguardanti lo studio di oxygen getter come additivi per piombo liquido in grado di portare il tenore di ossigeno disciolto a bassi valori. Elementi metallici quali Mg, Ti, Zr e Ta sono stati selezionati per effettuare prove di screening ed individuare il materiale getter più efficace nel rimuovere l'ossigeno dal metallo liquido. Attraverso una prova preliminare, è stato individuato il metodo per l'esecuzione delle prove sperimentale di screening. Contestualmente, è stato concettualizzato un nuovo impianto a piscina denominato BID1 e operante a piombo liquido. Esso verrà impiegato per effettuare studi sui metodi di controllo dell'ossigeno in metallo liquido e, in particolare, per effettuare prove di oxygen getter in piombo liquido in esperimenti di media scala.

Note

Autori: S. Bassini¹
Contributi: A. Antonelli¹, I. Di Piazza¹, M. Angiolini¹
 (1) ENEA


Copia n.
In carico a:

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	26/09/16	NOME	S. Bassini	M. Tarantino	M. Tarantino
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	ADPFISS – LP2 – 131	0	L	2	14


Sommario

Acronimi.....	3
1 Introduzione	4
2 Prove di screening di oxygen getter in piombo liquido	6
2.1 Parte sperimentale	6
2.2 Risultati preliminari	8
3 Implementazione dell'impianto a metallo liquido BID1	9
3.1 Vessel BID1.....	10
3.2 Sistema di controllo e monitoraggio del circuito Gas.....	11
3.3 Sistema di controllo e acquisizione dati (DACS)	12
4 Conclusioni	12
5 Bibliografia	13
6 Appendice	14

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	ADPFISS – LP2 – 131	0	L	3	14

Acronimi

ADS	Accelerator Driven System
AISI	American Iron and Steel Institute
BID1	Brasimone gas-Injection Device 1 (impianto pool a piombo)
DACS	Data Acquisition and Control System
ENEA	Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
LFR	Lead-cooled Fast Reactor
MiSE	Ministero dello Sviluppo Economico
OCS	Oxygen Control System
OG	Oxygen Getter
OS	Oxygen Sensor
P&ID	Pipe and Instrumentation Diagram
TC	Termocoppia

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	ADPFISS – LP2 – 131	0	L	4	14

1 Introduzione

La tecnologia del controllo dell'ossigeno in metalli liquidi come piombo ed eutettico piombo-bismuto è un importante settore di ricerca nello sviluppo dei sistemi nucleari LFR (Lead-cooled Fast Reactor) e ADS (Accelerator Driven System). Il controllo della concentrazione di ossigeno disciolto nel metallo liquido entro un certo intervallo è infatti fondamentale per [1-5]:

1. evitare la contaminazione del metallo liquido con PbO (che si forma quando l'ossigeno raggiunge la concentrazione di saturazione nella lega di piombo);
2. mitigare la corrosione degli acciai strutturali da parte del metallo liquido grazie alla formazione di uno strato di ossido Fe-Cr che agisce da barriera (il piombo liquido e le sue leghe sono altamente aggressive).

La contaminazione da PbO e la corrosione degli acciai strutturali possono essere ridotti bilanciando la concentrazione di ossigeno disciolto in piombo all'interno di un opportuno intervallo. Nello specifico, la concentrazione ottimale è generalmente compresa tra il valore di solubilità dell'ossigeno nel punto più freddo del sistema e il valore minimo di ossigeno per la formazione sugli acciai di magnetite Fe₃O₄ (l'ossido meno stabile che costituisce lo strato di ossido superficiale) nel punto più caldo [1-4]. La concentrazione di ossigeno è da bilanciare mediante opportuni metodi sperimentali in grado di donare e sottrarre ossigeno al metallo liquido [1-4].

Tra i vari metodi di controllo della concentrazione di ossigeno, è tenuto in considerazione il metodo basato sui cosiddetti "oxygen getters" [1,2]. Gli oxygen getters sono elementi metallici fortemente affini all'ossigeno, in grado di ossidarsi rapidamente sequestrando l'ossigeno da un ambiente di lavoro che opera ad alta temperatura. In virtù di questa caratteristica, metalli quali titanio, zirconio e loro leghe vengono comunemente impiegati per la purificazione di gas ad alta temperatura da piccole quantità di ossigeno presente come impurezza. Per quanto riguarda le leghe liquide piombo e piombo-bismuto, il solo magnesio è stato testato ed impiegato come oxygen getter per sottrarre ossigeno dal metallo liquido [6-8]. La reazione di deossigenazione del metallo liquido mediante utilizzo di Mg prevede la seguente reazione di competizione:



L'efficienza di un oxygen getter nel rimuovere l'ossigeno dipende da diversi fattori:

- a. propensione del materiale all'ossidazione (termodinamica e cinetica della reazione);
- b. area superficiale del getter (maggiore è l'area, maggiore è l'efficienza);
- c. temperatura (la cinetica di reazione aumenta con l'aumentare della temperatura secondo un andamento di tipo Arrhenius).

Considerando il caso del magnesio, la formazione di MgO secondo la reazione (1) è termodinamicamente favorita dal momento che MgO è molto più stabile di PbO (vedi il diagramma di Ellingham di Figura 1). Inoltre, il magnesio presenta bassissima resistenza all'ossidazione ad alte temperature, esprimendosi con un cinetica di

ossidazione di tipo lineare (vedi Figura 2) che porta all'intero consumo del materiale nel tempo.

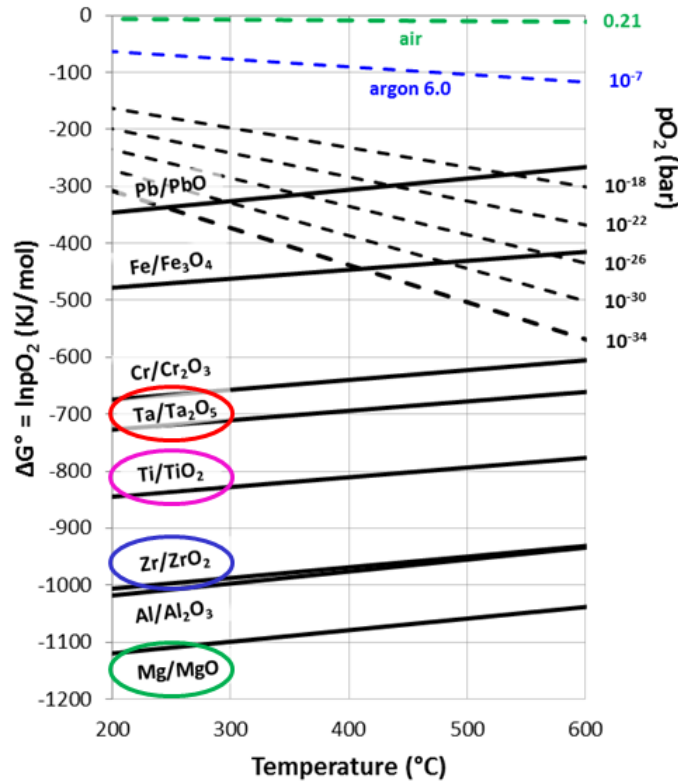


Figura 1: Digramma di Ellingham che riporta la stabilità degli ossidi metallici (espressa come energia libera di Gibbs) in funzione della temperatura dell'ambiente di prova. L'ossigeno è riportato mediante linee di iso-pressione.

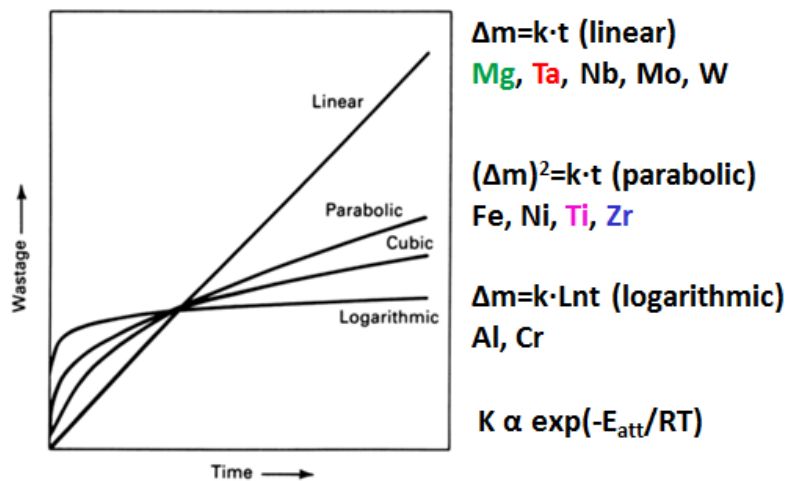



Figura 2: Variazione di peso di diversi metalli in funzione del tempo durante processo di ossidazione a caldo (aria) (cinetica di ossidazione).

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	ADPFISS – LP2 – 131	0	L	6	14

Nell'ambito del piano triennale 2015-2017 dell'Accordo di Programma ENEA-MiSE (Linea Progettuale LP2), ci si è prefisso di studiare l'efficacia di vari elementi metallici come oxygen getters per piombo liquido. Gli elementi metallici scelti per lo studio sono Ta, Ti, Zr e ancora Mg in quanto tutti termodinamicamente e cineticamente inclini all'ossidazione ad alta temperatura (vedi Figura 1 e Figura 2).

In questa prima annualità, lo studio sperimentale si è focalizzato sull'esecuzione di prove di screening degli elementi Ta, Ti, Zr e Mg in piombo liquido, in particolare della messa a punto ed implementazione dell'attrezzatura sperimentale per l'esecuzione delle prove. Le prove di screening hanno lo scopo di individuare l'elemento metallico più efficace nel rimuovere l'ossigeno dal metallo liquido. Una volta individuato l'elemento metallico più efficace in tal senso, esso verrà testato nell'impianto a piscina BID1, appositamente disegnato per lo studio dei vari metodi di controllo dell'ossigeno in metallo liquido. Per questa prova sperimentale, apposite cartucce a maglia fine in acciaio inox verranno utilizzate come supporto per l'immersione dell'oxygen getter nel metallo liquido.

2 Prove di screening di oxygen getter in piombo liquido

2.1 Parte sperimentale

I materiali getter Ta, Ti, Zr e Mg sono stati acquistati nella forma di filo con diametro esterno di 0.5 mm. La forma a filo permette il facile ancoraggio dell'elemento metallico ad un supporto (cannula di allumina) e quindi la sua completa immersione in piombo liquido (diversamente dalla forma polvere che tende a galleggiare). I fili presentano le seguenti purezze: Ta 99.95 %, Ti \geq 99 %, Zr 99.2 %, Mg 99.9+ %. Il piombo è stato prodotto e fornito da Ecobat S.p.a. con purezza del 99.97 %.

Per quanto riguarda l'esecuzione delle prove di screening, una opportuna procedura di test è stata messa a punto per valutare l'efficienza dei vari elementi. Durante l'esecuzione della prova, la maggior difficoltà sta nell'evitare ingressi accidentali di aria (ad es. dovuti ad una perdita di tenuta del sistema di prova) che inficerebbero la misura della variazione di concentrazione di ossigeno nel metallo liquido. Le prove sono effettuate in capsule sperimentali in acciaio come mostrato in Figura 3. Il piombo (circa 5-6 Kg) è contenuto all'interno di un crogiolo di allumina posto sul fondo della capsula. Il piombo è portato prima a fusione e poi alla temperatura di prova grazie ad un collare scaldante posizionato esternamente alla capsula di acciaio. Il coperchio a flangia della capsula è dotato di penetrazioni per l'inserimento dei seguenti componenti: cannula di allumina per l'iniezione (cover o bubbling) del gas (Ar o miscela Ar-H₂), cannula di allumina per l'ancoraggio del filo getter e l'immersione in piombo, sensore di ossigeno del tipo Pt-aria per monitorare la concentrazione di ossigeno in piombo liquido durante la prova.

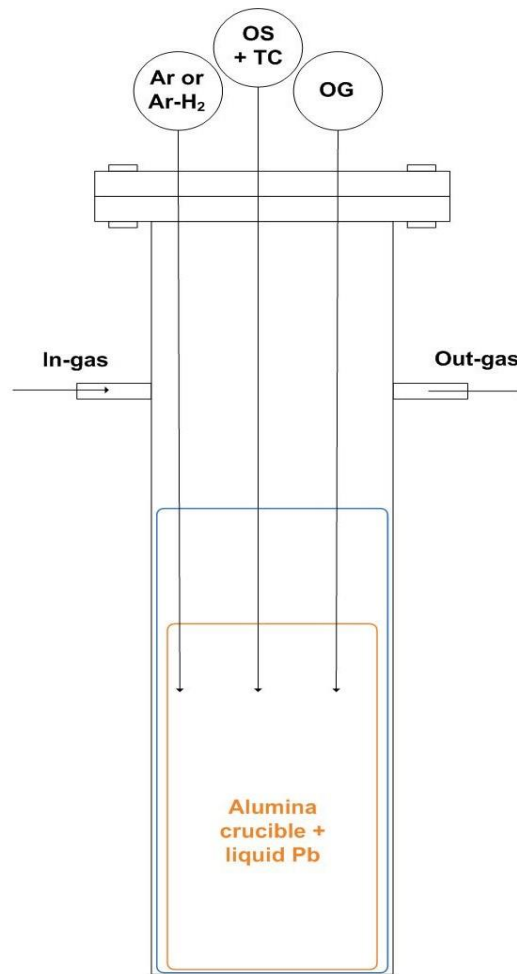


Figura 3: Illustrazione schematica della capsula per prove di oxygen getter in Pb liquido (OS= sensore di ossigeno, TC = termocoppia, OG= oxygen getter).

Per valutare con sufficiente precisione l'efficienza dei vari materiali getter, il piombo all'interno della capsula è inizialmente pesato (quantità nota). La quantità di getter da inserire (con un opportuno eccesso) è calcolata stechiometricamente considerando una concentrazione di ossigeno da rimuovere pari a quella di saturazione secondo le reazioni (1) e (2-4) di seguito riportate:



La procedura operativa individuata per lo screening dei materiali getter in piombo liquido è la seguente:

- 1) purificazione del piombo liquido con miscela gas Ar-10%H₂ alla temperatura di prova, ovvero raggiungimento delle condizioni di basso ossigeno in piombo liquido ($C_o=10^{-7}$ - 10^{-8} % in peso);
- 2) apertura della capsula per consentire la saturazione del piombo con l'ossigeno in aria, ovvero raggiungimento di una concentrazione nota di ossigeno in piombo alla temperatura di prova secondo la relazione di solubilità riportata in [1];

- 3) attuazione del vuoto nella capsula per rimuovere l'ossigeno atmosferico (4 cicli di lavaggio vuoto/argon) e successivo riempimento della capsula con argon (purezza 99.9999 %, sovrappressione 0.5 bar);
- 4) immersione del filo getter in piombo liquido (ancorato alla cannula di allumina) in sovrappressione di argon (0.5 bar) e monitoraggio della concentrazione di ossigeno nel tempo con sensore Pt-aria.

2.2 Risultati preliminari

Una prima prova preliminare è stata effettuata per valutare l'idoneità della procedura operativa precedentemente descritta. A questo scopo, il filo getter di Ti è stato utilizzato con un eccesso del 100% e immerso in piombo alla temperatura di 500°C. Le quantità utilizzate sono riportate in Tabella 1.

Tabella 1: Quantità di Pb e Ti utilizzati per la prova preliminare e valore della concentrazione di ossigeno in Pb a saturazione alla temperatura di prova di 500°C.

Pb (g)	T _{Pb} (°C)	C _{O,sat} (% in peso)	Ti teorico 100% eccesso (g)	Ti prova 100% eccesso (g)
5084	500°C	5.1·10 ⁻⁴	0.139	0.140

La Figura 4 riporta l'andamento del potenziale del sensore e la concentrazione di ossigeno disciolta in piombo durante la prova. La concentrazione di ossigeno è stata ricavata dal valore di potenziale del sensore Pt-aria secondo la formula riportata in [1]. Il materiale getter è stato inserito al tempo 0 quando la concentrazione di ossigeno monitorata dal sensore si è assestata sul valore di saturazione. Analizzando il grafico, si può notare una globale riduzione della concentrazione di ossigeno nel tempo dovuta all'effetto "getter" del Ti. Tuttavia, si notano incrementi della concentrazione di ossigeno dovuti a piccole perdite nella tenuta della capsula (rivelate dal manometro posizionato sulla linea gas).

Le perdite di tenuta dovranno essere evitate nelle prove di screening vere e proprie al fine di valutare correttamente l'efficienza del processo. Inoltre, le prove di screening verranno eseguite con un eccesso minore di materiale getter (20%).

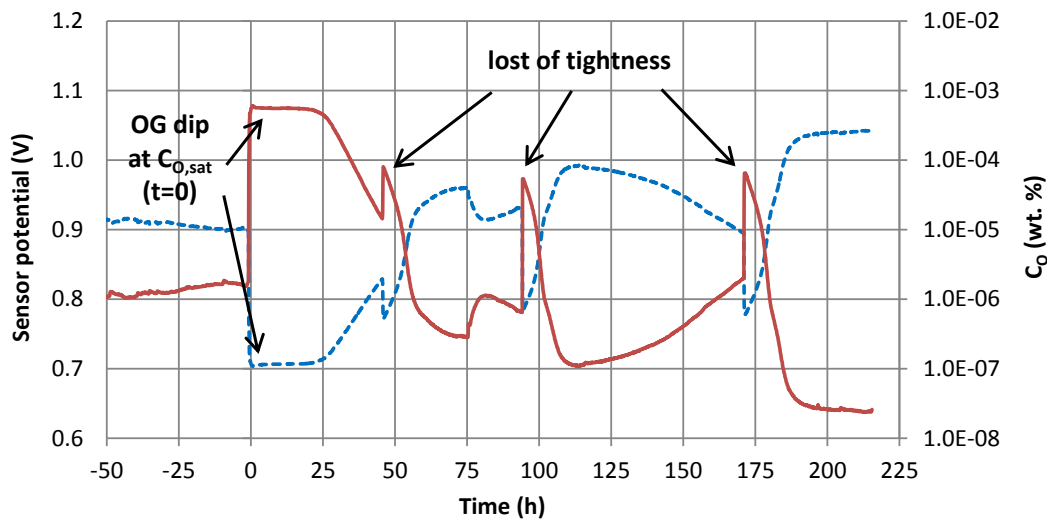


Figura 4: Andamento del potenziale del sensore e della concentrazione di ossigeno nel tempo in piombo liquido a 500°C con getter di Ti (100% di eccesso).

3 Implementazione dell'impianto a metallo liquido BID1


L'impianto a piombo liquido BID1 (Brasimone gas-Injection Device 1) è un impianto a piscina di medie dimensioni pensato e progettato con lo scopo di realizzare una "multipurpose facility" che sia di supporto sperimentale allo sviluppo di un sistema di controllo dell'ossigeno nei sistemi a piscina operanti a piombo liquido. In particolare, l'attività di ricerca a cui è destinato l'impianto BID1 consiste in:

- 1) studio di oxygen getter (Zr, Ti, Mg e Ta) quali additivi in grado di condizionare a bassi livelli di ossigeno il piombo liquido;
- 2) studio del metodo bubbling gas (Ar/H₂ e Ar/aria) per controllare la concentrazione di ossigeno disciolta nel piombo liquido (OCS, Oxygen Control System);
- 3) studio del metodo cover gas (Ar/H₂ e H₂/H₂O/Ar) per controllare la concentrazione di ossigeno disciolta nel piombo liquido (OCS);
- 4) test e qualifica di sensori potenziometrici per ossigeno in metallo liquido;
- 5) test e qualifica di sensori per la fase gas (idrogeno, ossigeno, vapore acqueo);
- 6) test e qualifica della strumentazione per la miscelazione dei componenti gassosi.

A tale scopo, l'impianto BID1 è stato concettualizzato considerando i seguenti sistemi principali:

- vessel per la qualifica di oxygen getter, sensori di ossigeno per il piombo liquido e materiali strutturali;
- sistema di controllo e monitoraggio del circuito gas (in-gas e out-gas);
- sistema di controllo e acquisizione dati (DACs).

Il P&ID concettuale dall'impianto BID1 è riportato in Appendice. Nei paragrafi di seguito è riportata una descrizione sintetica dei sistemi che costituiscono l'impianto.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	ADPFISS – LP2 – 131	0	L	10	14

3.1 Vessel BID1

Il vessel dell'impianto BID1 (vedi Figura 5) costituisce la sezione di prova per lo studio degli strumenti di controllo e monitoraggio dell'ossigeno disciolto nel metallo liquido (oxygen getter, iniezione di miscele di gas, sensore di ossigeno per metallo liquido). Le dimensioni del vessel sono tali da contenere circa 150L di piombo liquido.

Il vessel è progettato con penetrazioni sul coperchio a flangia in numero e dimensioni idonee per l'inserimento nel metallo liquido della seguente strumentazione e componenti (vedi P&ID in Appendice):

- Agitatore meccanico;
- Sensore per l'ossigeno in ceramica;
- Termocoppie;
- Linea ingresso cover gas;
- Linea ingresso bubbling gas;
- Linea scarico gas;
- Cartuccia contenente l'oxygen getter.

L'ingresso dei componenti è ottenuto mediante contro-flange modificate con raccordi a compressione tipo Swagelok al centro. Il vessel è equipaggiato di cavi scaldanti per la gestione della temperatura del metallo liquido. È inoltre prevista una linea di scarico del piombo.

La miscela di gas è introdotta sia mediante sistema di gorgogliamento sul fondo del vessel (bubbling gas) sia sistema di copertura sul pelo libero (cover gas).

Il corpo del vessel e tutta la strumentazione che lavora a contatto con il metallo liquido sono realizzate in acciaio inossidabile austenitico AISI 321, ad eccezione del sensore di ossigeno che è costituito da materiale ceramico (zirconia stabilizzata).

L'agitatore meccanico, posizionato in modo asimmetrico sulla flangia di copertura, garantisce il miscelamento del piombo e l'uniformizzazione del tenore di ossigeno.

I dati di progetto e di esercizio del vessel sono i seguenti:

- Fluido di processo: Piombo Fuso
- Temperatura di esercizio: 550°C
- Pressione di esercizio sul fondo del vessel: 1.2 barg
- Pressione di esercizio cover gas: 0.2 barg
- Temperatura di Progetto: 600°C
- Pressione di Progetto: 0.5 barg
- Diametro interno Vessel: 478 mm
- Altezza Vessel (fondello escluso): 1000 mm
- Altezza cover gas dal fondo: 600-800 mm
- Materiale: AISI 321

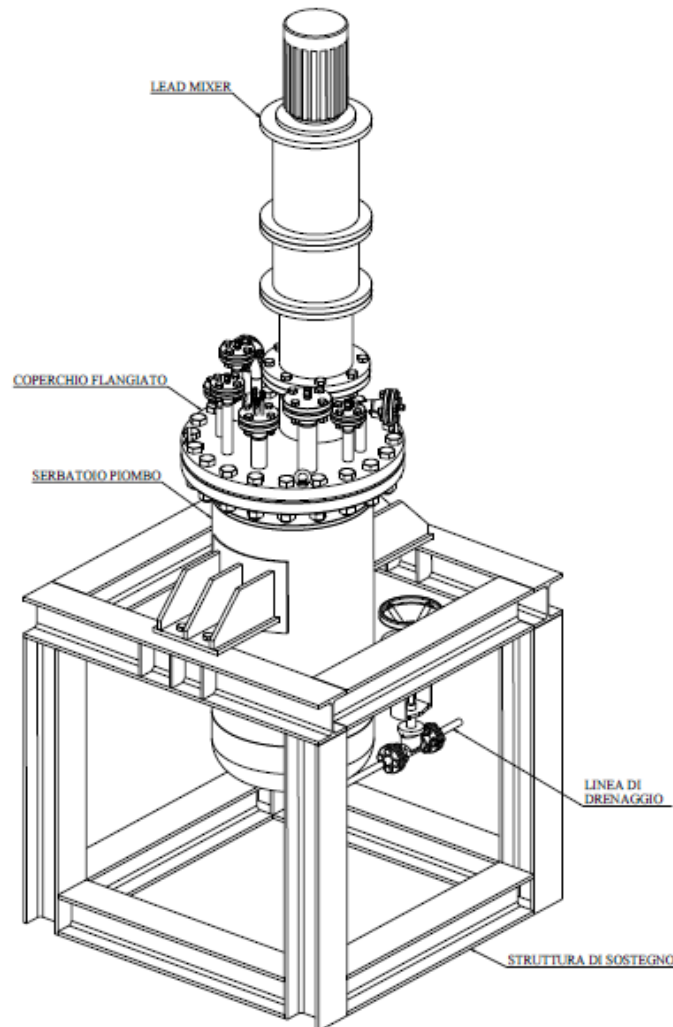



Figura 5: Disegno concettuale (vista isometrica) del vessel dell'impianto a metallo liquido pesante BID1.

3.2 Sistema di controllo e monitoraggio del circuito Gas

Il tenore di ossigeno disciolto nel metallo liquido è regolato mediante aggiunta dei componenti gassosi idrogeno e ossigeno diluiti ad una opportuna concentrazione con gas argon. L'idrogeno puro è prodotto a bassa pressione mediante generatore elettrolitico da laboratorio. L'ossigeno è introdotto utilizzando aria compressa.

L'in-gas è controllato e regolato in modo tale da dosare opportunamente le concentrazioni dei gas a monte del vessel. Per ciascuna miscela gassosa bicomponente (Ar/H₂ o Ar/aria) è previsto un sistema di controllo del gas costituito da due controllori di portata sui due gas da miscelare (vedi P&ID in Appendice).

L'impianto è stato pensato considerando l'ingresso via bubbling delle due miscele Ar/H₂ e Ar/aria. Per quanto riguarda l'introduzione via cover gas, è previsto l'ingresso di argon puro al posto della miscela argon/aria per evitare una eccessiva ossidazione del pelo libero.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	ADPFISS – LP2 – 131	0	L	12	14

Le condizioni sperimentali prevalenti sono di portata di gas imposta attraverso il bubbling o il cover gas. Un trasduttore di pressione (0-1 barg) monitora la pressione nel cover gas, ed una elettrovalvola di scarico garantisce il mantenimento di una leggera sovrappressione (200 mbar) secondo il set point fissato.

Il gas in uscita dall'impianto è monitorato mediante sensore (igrometro) per valutare indirettamente l'andamento del livello di ossigeno nell'impianto attraverso la misura del vapore acqueo sulla linea di scarico.

3.3 Sistema di controllo e acquisizione dati (DACS)


L'intero processo del sistema è gestito attraverso sistema di controllo ed acquisizione dati da PC remoto. Il sistema DACS acquisisce tutti i segnali strumentali del sistema fisico - temperature, pressioni, tenore di ossigeno, tenore di umidità in uscita - e controlla i parametri sperimentali in una specifica condizione di prova: temperatura e pressione del sistema, numero di giri del motore dell'agitatore, sovrappressione nel cover gas e composizione delle miscele gassose (Ar/H₂, Ar/aria) da iniettare.

Il sistema DACS gestisce anche il controllo potenza relativo ai cavi scaldanti che equipaggiano il vessel esternamente. Tale controllo è effettuato tramite PID con set point di temperatura sulla termocoppia di controllo dei cavi.

4 Conclusioni

Nella prima annualità del piano triennale 2015-2017 dell'Accordo di Programma ENEA-MiSE, si è proceduto all'acquisto dei materiali e della strumentazione necessaria per effettuare prove di screening di oxygen getter al fine di individuare un elemento getter in grado di purificare efficientemente il piombo liquido dall'ossigeno. I getter selezionati per questa ricerca sono il magnesio, il tantalio, il titanio e lo zirconio. Attraverso una prova preliminare del getter di Ti, si è messo a punto il metodo di esecuzione della prova stessa.

Si è inoltre proceduto alla concettualizzazione dell'impianto a piscina BID1 operante a piombo liquido per eseguire studi sui metodi di controllo dell'ossigeno in sistemi a metallo liquido pesante. In particolare, l'impianto verrà utilizzato per testare in un esperimento di media scala gli oxygen getter più efficienti tra i materiali metallici selezionati (Mg, Ta, Ti e Zr).

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	ADPFISS – LP2 – 131	0	L	13	14

5 Bibliografia

- [1] “Handbook on Lead-bismuth Eutectic Alloy and Lead Properties, Materials Compatibility, Thermal-hydraulics and Technologies”, OECD/NEA (2015).
- [2] N. Li, “Active control of oxygen in molten lead-bismuth eutectic systems to prevent steel corrosion and coolant contamination”, J. Nucl. Mater. 300 (2002) 73-81.
- [3] G. Muller, A. Heinzl, G. Schumacher, A. Weisenburger, “Control of oxygen concentration in liquid lead and lead–bismuth”, J. Nucl. Mater. 321 (2003) 256-262.
- [4] J.-L. Courouau , J.-C. Robin, “Chemistry control analysis of lead alloys systems to be used as nuclear coolant or spallation target”, J. Nucl. Mater. 335 (2004) 264-269.
- [5] C. Schroer, O. Wedemeyer, J. Konys, “Aspects of minimizing steel corrosion in liquid Lead-alloys by addition of oxygen”, Nucl. Eng. Des. 241 (2011) 4913-4923.
- [6] G. Ilinev, “Research results on the corrosion effects of liquid heavy metals Pb, Bi and Pb–Bi on structural materials with and without corrosion inhibitors”, Nucl. Eng. Des. 217 (2002) 167–177.
- [7] J. R . Weeks, C. J . Klamut, “Reactions Between Steel Surfaces and Zirconium in Liquid Bismuth”, Nucl. Sci. Eng. 8 (1960) 133-147.
- [8] C. Fazio, I. Ricapito, G. Scaddozzo, G. Benamati, “Corrosion behaviour of steels and refractory metals and tensile features of steels exposed to flowing PbBi in the LECOR loop”, J. Nucl. Mater 318 (2003) 325–332.

6 Appendice

Descrizione	Servizio
R01	Riduttore di Pressione Argon
R02	Riduttore di Pressione Aria Compressa
M01	Valvola a Sfera
M02	Valvola impresso gas in linea Cover Gas
M03	Valvola di rim andata gas in linea Bubbling Gas
M04	Valvola a Sfera
M05	Valvola generale Argon
M06	Valvola di rim andata a Trasduttore di Pressione PT01
M07	Valvola di rim andata alla V001
M08	Valvola a Sfera
M09	Valvola a Sfera
M10	Valvola a Sfera
M11	Valvola mandata dirogono a BR02
M12	Valvola a Sfera
M13	Valvola di bypass allimentazione linea Argon 6.0
M14	Valvola a Sfera
M15	Valvola di rim andata Gas Mix a linea Cover Gas
M16	Valvola a Sfera
M17	Valvola di rim andata alla V002
MR01	Valvola di ritorno linea Cover Gas
MR02	Valvola di ritorno linea Bubbling
MR03	Valvola di ritorno linea Argon a Mix DiOx
MR04	Valvola di ritorno Argon a Mix DiOx e Mix O ₂
MR05	Valvola di ritorno Argon a Mix O ₂
MR06	Valvola di ritorno uscita da Mix DiOx
MR07	Valvola di ritorno uscita da Mix O ₂
MR08	Valvola di ritorno Linea IN GAS Automatico
NS01	Valvola a Sifonello
NS01	Valvola di scarico/drenaggio Vessel S1
V001	Elettrovalvola proporzionale a Solenoide
V002	Elettrovalvola a Solenoide
VP01	Valvola di Sicurezza
VP01	Valvola di sovrappressione meccanica 0.7 bar
HB01	Guardia Idraulica
HB01	Guardia Idraulica 0.3 bar
TC01	Termocoppie K inox lung.
TC02	Termocoppie K inox lung
TC03	Termocoppie K inox lung.
TC04	Termocoppie K inox lung.
HEATER TC	Termocoppie Cavi Scaldanti
BR01	Mass Flow Controller
BR02	Regolatore elettronico BRONKHORST Flusso dirogono
BR03	Regolatore elettronico BRONKHORST Flusso Argon
OS01	Sensore Ossigeno
HG01	Ignometro
PT01	Trasduttore di Pressione
AG01	Aggitatore con motore elettrico
MIX DEOX	Camera di Miscelazione Argon 6.0 + Idrogeno
MIX OX	Camera di Miscelazione Argon 6.0 + Aria Compressa
LV01	Sensore di Livello

Project:	ESNIR
Title:	BID1 General

