	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 1 di 49


PORTOVESME SRL - KSS - PROGETTO REVAMPING

CONTINUOUS DROSSING FURNACE

- CDF -


MANUALE DI PROCESSO E OPERATIVO

01	06/07/2012		Forni Engineering		
00	28/02/2012	Emissione	Forni Engineering		
Rev.	Data	Descrizione della revisione	Redazione	Verifica	Approvazione


 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 2 di 49

INDICE

1. PREMESSA	4
2. INTRODUZIONE	5
3. BACKGROUND STORICO	6
4. DEFINIZIONI	7
5. DOCUMENTI RELATIVI AL PROCESSO	9
6. SOLUZIONI DI PROGETTO	10
7. GESTIONE DEL FORNO	11
7.1. GENERALITÀ	11
7.2. COMMISSIONING E RISCALDAMENTO	12
7.3. START UP	14
7.4. SPILLAMENTO DAL KIVCET	15
7.5. CARICAMENTO DEL FORNO	16
7.6. SPILLAMENTO DELLA METALLINA	16
7.7. SCORIA DEL CDF	17
7.8. PRINCIPALI PARAMETRI DI CONTROLLO DEL FORNO	17
7.8.1 INDICAZIONI PER L'AGGIUNTA DI ZOLFO	19
7.9. INCROSTAZIONI DEL CDF	19
7.9.1. INCROSTAZIONI SUPERFICIALI	20
7.9.2. INCROSTAZIONI DEL BAGNO E DEI CANALI	21
8. FERMATA	22
9. ELEMENTI CRITICI PER LA SICUREZZA	23
9.1 MANCANZA DI ENERGIA ELETTRICA	23
9.2 INTASAMENTO DEL CANALE DEL BULLION DAL KIVCET AL CDF	23
9.3 PERDITA DI PIOMBO DALLA VASCA DEL CDF	23
9.4 PERDITA DI ACQUA DAGLI ELEMENTI RAFFREDDATI	23
9.5 ROTTURA DI UN SERPENTINO DELLA COOLING POT	24
9.6 SPILLAMENTO DELLA METALLINA	24
9.7 FORATURA DEL CANALE TRA IL CDF E LA DELIVERY POT	25
9.8 CROLLO DELLA VOLTA DEL FORNO	25

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 3 di 49

9.9 MANCANZA DI TIRAGGIO DEI GAS	25
9.10 ALTISSIMA TEMPERATURA GAS INGRESSO FILTRO A MANICHE	25
9.11 DISPERSIONE DI CO SOPRA IL FORNO	25
9.12 ROTTURA DI STRUMENTI DI CONTROLLO	26
10. BIBLIOGRAFIA	27
11. SEPARAZIONE DEL RAME: TEORIA	28
12. APPENDICE 1: SOLUBILITÀ DELLO SPEISS NELLA METALLINA	33
13. APPENDICE 2: LOCALIZZAZIONE DELLE INCROSTAZIONI DEL BAGNO	34
14. APPENDICE 3: PROCEDURA DI RIDUZIONE DELLE INCROSTAZIONI DEL BAGNO (HEAT SOAK PROCEDURE)	36
15. APPENDICE 4: INCROSTAZIONI SUPERFICIALI	37
16. APPENDICE 5: LIVELLI DEL PIOMBO E QUOTA DI ESTRAZIONE DELLA METALLINA	39
17. APPENDICE 6: SCHEMA DI FLUSSO	41
18. APPENDICE 7: BILANCI	42
19. APPENDICE 8: BRUCIATORI AUSILIARI PER IL PRE RISCALDAMENTO	46
20. APPENDICE 9: REQUISITI DEL CIRCUITO DI RAFFREDDAMENTO	47
21. APPENDICE 10 : TARATURA MOLLE	48

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 4 di 49

1. PREMESSA

Le informazioni in questo manuale sono basate sull'esperienza di funzionamento di altri CDF (Continuous Drossing Furnaces). Il funzionamento del CDF è molto sensibile a variazioni di processo e richiede molta attenzione da parte degli operatori del forno e dei metallurgisti dell'impianto.


Se le procedure di controllo descritte in questo manuale non sono seguite nel dettaglio, è molto probabile lo sviluppo di incrostazioni che rendono il funzionamento del forno molto difficoltoso.

Le incrostazioni possono svilupparsi in poco tempo e sono molto difficili da rimuovere. Le procedure necessarie per rimuovere le incrostazioni possono danneggiare il refrattario del forno.

Gli spillamenti del bullion dal forno Kivcet devono essere strettamente sincronizzati con il funzionamento del CDF per assicurare che le variabili di processo del CDF rimangano entro i parametri specificati.

La pratiche di gestione del KSS dovranno certamente adottare nuove procedure in funzione della presenza del CDF.

Inoltre, potrebbero nascere nuovi problemi di processo legati al nuovo assetto dell'impianto piombo. In questo caso si dovranno sviluppare nuove procedure che dovranno essere incluse in questo manuale operativo.

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 5 di 49

2. INTRODUZIONE

In ogni lead smelter, le impurità vengono introdotte con la carica nel forno di fusione.

Rame e zolfo sono le impurità più comuni nel bullion.


Quando si raffredda il bullion prodotto nel forno di fusione, la solubilità del rame nel piombo diminuisce e il rame precipita come un solido sotto forma di drosse (solfuri di rame)

Il processo di separazione delle drosse può essere condotto in un innovativo forno chiamato Continuous Drossing Furnace, CDF. Le procedure di funzionamento e controllo dei parametri per il CDF sono descritti nel dettaglio in questo manuale.

Gli operatori e il personale tecnico dell'impianto KSS saranno chiamati ad adottare le presenti procedure ed, eventualmente, a modificarle in funzione della loro cultura operativa.

La comprensione della teoria della decuprazione del piombo richiede un training tecnico.

Il bilancio di massa e il bilancio di calore per i casi base del KSS sono disponibili in Appendice 7.

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 6 di 49

3. BACKGROUND STORICO

Nella pratica operativa le drosse separate dal bullion prodotto nel Kivcet sono schiumate dalle siviere, con gli appositi attrezzi, manualmente o con l'aiuto del carroponte.


Le drosse separate sono processate in un forno chiamato "Dross Retreatment Furnace", DRF. Il rame è recuperato dal DRF in forma di metallina liquida. Il processo di separazione delle drosse e il DRF necessitano di molto personale e comportano gravi problemi di igiene dei luoghi di lavoro.

L'alto contenuto di ossido di piombo nelle drosse rende la scoria del DRF molto corrosiva nei confronti del refrattario, con conseguenti assai brevi campagne di funzionamento del forno. Inoltre il funzionamento del DRF è assai complicato.

La separazione manuale delle drosse e il DRF sono stati sostituiti da un singolo processo, con un design innovativo, sviluppato a Port Pirie in Australia, chiamato Continuous Drossing Furnace, CDF.


IL progetto è stato registrato con Brevetto degli Stati Uniti 3,368,805; Dispositivo per Copper Drossing of Lead Bullion. Ron Davey, 1968.

Il primo CDF è entrato in esercizio a Port Pirie nel sud dell'Australia nel 1962. Molti cambiamenti e innovazioni sono stati aggiunti al progetto originale nel corso degli anni, poiché il CDF si è dovuto evolvere in modo da trattare materiali di alimentazione più complessi.


	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 7 di 49

4. DEFINIZIONI

1. **Metallina:** Miscela liquida di solfuro di piombo e solfuro di rame con piccole quantità di arsenico
2. **Solfuro di piombo:** un minerale composto da piombo e zolfo PbS.
3. **Schiumatura delle drosse:** consiste nel rimuovere la fase solida del materiale che si separa sulla superficie di un bagno di piombo fuso. Le drosse sono solitamente una miscela di Cu_2S , PbS e Pb.
4. **Solfuro di rame:** un minerale composto da rame e zolfo. La forma più comune è Cu_2S .
5. **Speiss;** simile alla metallina tranne che l'arsenico è $> 14\%$ e il rame $> 50\%$. Cu_3As è uno dei minerali nella speiss che si trovano quando c'è carenza di zolfo nel CDF.
6. **Carica:** il materiale solido o liquido caricato nel forno
7. **Bullion:** piombo liquido con qualche impurità, normalmente con purezza da 95 a 98 %
8. **Bullion decuprato:** qualche volta è chiamato CDF Bullion, è bullion fuso con rame 0.08%.
9. **Scoria:** fase liquida o solida nella quale tutti gli elementi sono in stato ossidato.
10. **Fumi:** le componenti volatili che si liberano dalla scoria del CDF; consistono prevalentemente in piombo e stagno ossidati che condensano quando sono raffreddati formando una polvere solida nel condotto o nel filtro a maniche.
11. **Fondente:** è un materiale solido aggiunto al forno che aiuta a rendere più basso il punto di fusione o la viscosità della scoria
12. **Fase:** la forma fisica del materiale; solido, liquido, gas o vapore
13. **Barra di acciaio:** una barra di acciaio di 2-3 cm di diametro e 4 m di lunghezza
14. **By-pass:** termine che vuol dire eliminare temporaneamente l'uso di una unità di funzionamento mentre la precedente e la successiva ancora in funzionamento
15. **Ossidi acidi:** ossidi metallici con una affinità chimica al CaO .
16. **Scoria acida:** scoria con alto contenuto di silice.
17. **Ossidi basici:** ossidi metallici con una affinità chimica a SiO_2 .
18. **Siviera:** un contenitore di acciaio refrattariato o ghisa adatto a contenere materiale fuso
19. **Canala:** una struttura allungata che permette al materiale fuso di scorrere da un forno all'altro. La canale può essere fatta di acciaio e rivestita di refrattario o di rame raffreddato con acqua
20. **Architrave:** la parte di struttura sopra un'apertura nel forno

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 8 di 49

21. **Soglia:** la parte di struttura (normalmente gettata di refrattario) sotto una apertura nel forno
22. **Spalling:** rottura di un mattone di refrattario che avviene su un piano perpendicolare al flusso di calore .
23. **Saldatura ceramica:** tecnica che permette al materiale refrattario liquido di essere spruzzato su una parete del forno quando la parete è ancora calda. Una miscela di refrattario contenente dell'alluminio è spinta pneumaticamente, in una lancia con ossigeno.
24. **Canale:** una apertura nel forno che permette al materiale fuso di fluire in o da una pot senza essere spillato
25. **Argilla:** è un materiale refrattario naturale che consiste prevalentemente in idrosilicato di alluminio, che può essere usato a contatto con il metallo fuso
26. **Stramazzo:** è una piccola barriera sopra la quale può fluire un liquido
27. ΔT : è la differenza di temperatura


	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 9 di 49

5. DOCUMENTI RELATIVI AL PROCESSO

Per i documenti relativi al processo del CDF emessi da Forni Engineering è necessario fare riferimento all'elenco delle specifiche e dei disegni. La specifica n. 12 rev. 2 "filosofia di funzionamento" è allegata ed è parte integrante del presente manuale.

Il P+I diagram è riportato sul disegno N° 36 rev. 4.

I bilanci di massa e di energia sono riportati anche in Appendice 7 di questo manuale.


	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 10 di 49

6. SOLUZIONI DI PROGETTO

Molte specifiche soluzioni e apparecchiature fanno parte del progetto del forno del CDF. In particolare:

- Le 4 pots ausiliarie, esterne al forno e collegate con esso: Circulation pot, Cooling pot, Return pot and Delivery pot.
- Circulation pot e Return pot permettono al piombo di essere raffreddato nella Cooling pot.
- La Delivery pot permette al piombo di essere rimosso dall'area più raffreddata del CDF
- Lo schema di flusso del piombo, critico per la performance del CDF, è visibile in Appendice 6
- Pompa di circolazione con velocità variabile
- Portello dosaggio fondenti posizionato sul tetto
- Porte di ispezione sulle pareti per verificare le incrostazioni del forno e spingere i grumi verso il foro di estrazione della metallina
- Porte di alimentazione del bullion e foro di estrazione della metallina.
- Tre partition walls interne
- Molle sulle pareti laterali che agiscono sulle skewbacks per resistere alla pressione idraulica che provoca il sollevamento dei mattoni.
- Disegni del forno di AMEC
- Disegno dei refrattari di RHI

NB: la logica di funzionamento delle apparecchiature di servizio al CDF è riportata sulla specifica tecnica "Filosofia di funzionamento" N° 12 rev.2, come detto, allegata.

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 11 di 49

7. GESTIONE DEL FORNO

7.1. GENERALITÀ


Il CDF produce 4 flussi in uscita:

- gas
- bullion del CDF
- scoria del CDF
- metallina di rame

Il forno comprende anche 4 pots ausiliarie che sono collegate al forno da canali. Il piombo scorre attraverso il forno e le pots con uno schema sistematico rappresentato in appendice 6. La prima pot è la Circulation pot, che permette al piombo caldo di lasciare il forno e di essere pompato alla Cooling pot. La Cooling pot è un recipiente di acciaio refrattariato, nel quale le serpentine di raffreddamento sono immerse nel flusso di bullion. Il principale vantaggio di questo sistema è che le drosse che solidificano sulla serpentina ritornano gocciolando nel flusso, quando la serpentina è sollevata e sono quindi ri-fuse nel CDF. L'azione delle serpentine di raffreddamento è controllata dalla differenza di temperatura tra il canale della Circulation pot e la Return pot. Il bullion sfiora dalla Cooling pot alla Return pot. La Return pot ha uno sfioro che crea un vortice nel centro della pot, che permette allo zolfo liquido dosato di mescolarsi con il piombo "freddo" che ritorna nel CDF.

Il forno è dotato di 3 pareti interne (partition walls) che hanno l'altezza idonea affinché la circolazione nel CDF produca la separazione della metallina dal bullion e la deposizione del bullion nella parte bassa del forno. Una delle soluzioni innovative del CDF è che la zona più fredda del forno è nel centro del forno stesso, dove avviene il ritorno dalla Return pot. Questa è la zona dove la metallina si separa dal bullion e forma una fase a sé stante. Il piombo, nella zona bassa del forno è il più freddo e, quindi, il meno ricco di rame; esso passa dal forno alla Delivery pot attraverso un apposito canale. Quando il bullion del kivet entra nel CDF, il livello nella Delivery pot tende ad aumentare; l'aumento di livello mette in marcia la pompa della Delivery pot; dalla Delivery pot il piombo è pompato alle coppelle.

Tutti i passaggi tra CDF e pots tendono ad incrostarsi a causa della precipitazione di metallina e devono essere puliti quotidianamente. Nel forno è presente uno strato di metallina fusa che viene periodicamente estratta. Lo spessore dello strato di metallina è controllato dalla differenza di quota tra il foro di spillamento della metallina e il livello del piombo nella Delivery pot. Se le attività, come ad esempio pulire i canali, non sono eseguite nei tempi programmati, gli effetti sulla gestione del CDF sono gravi e gli sforzi per ripristinare il corretto funzionamento del forno crescono esponenzialmente col trascorrere del tempo.

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 12 di 49

7.2. COMMISSIONING E RISCALDAMENTO

Il primo passo da eseguire è la prova della centralina oleodinamica. Le operazioni raccomandate di commissioning per il controllo del circuito oleodinamico sono riportate sul manuale del fornitore: alcune operazioni specifiche sono sotto ripetute:

- il riempimento del circuito deve essere fatto con l'olio prescritto che ha precise caratteristiche di non propagazione della fiamma
- assicurarsi con il fornitore che abbia pulito il serbatoio della centralina e i cilindri
- flussare con olio le tubazioni inserendo dei by-pass (pressione-scarico) a monte dei cilindri
- controllare ed eliminare eventuali perdite di olio
- assicurarsi che tutti i flessibili siano bloccati con il cavetto metallico di sicurezza
- definire le corse dei cilindri mediante l'indicatore di posizione dello stelo del tipo magnetosonico
- provare le sequenze (vedere la specifica N° 12) anche in combinazione con gli azionamenti pneumatici
- verificare che gli accumulatori siano in grado da soli di effettuare la manovra di estrazione del becco carico piombo dal CDF


Tutti gli elementi raffreddati devono essere testati, lasciando aperto il flusso di acqua per essere certi che non ci siano perdite. Questo controllo deve essere eseguito attentamente in quanto è necessario evitare qualsiasi ingresso di acqua nel forno. Esiste infatti la possibilità che i mattoni di magnesite si idratino con conseguente aumento del volume e danneggiamento del rivestimento refrattario.

La prima operazione dello start-up è il riscaldamento del forno. La rampa di riscaldamento è prodotta dal fornitore dei refrattari. È importante seguire la rampa con attenzione. Prima di iniziare il riscaldamento è opportuno verificare il flusso dell'acqua di raffreddamento in tutti gli elementi raffreddati. Durante il riscaldamento è necessario controllare frequentemente gli elementi raffreddati e, in particolare, le giunzioni delle tubazioni dell'acqua, in quanto è comune che, con l'aumento della temperatura e l'espansione dei refrattari, ci siano delle perdite.

Il forno è dotato di 3 bruciatori (2 in parete e 1 sulla volta). Le operazioni di commissioning dei bruciatori sono riportate sul manuale del fornitore; alcune ulteriori note sono sotto ripetute:

I bruciatori devono essere provati prima dell'inizio del riscaldamento in modo da verificare le sequenze di accensione e blocco. Ogni bruciatore può essere mantenuto in esercizio per un breve periodo assicurandosi che negli elementi raffreddati circoli acqua.

Già in partenza la regolazione di rapporto aria-gas deve essere fissata vicino allo stechiometrico, salvo poi affinarla durante l'esercizio; nel forno devono essere mantenute

 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 13 di 49

delle condizioni debolmente riducenti. Va sempre tenuto ben presente che il GPL è un gas più pericoloso del metano in quanto, essendo più pesante dell'aria, non si disperde e tende a ristagnare. Molta attenzione deve essere posta nel controllo di eventuali perdite di gas.

I bruciatori installati per l'esercizio del CDF potrebbero non essere adeguati per la fase di riscaldamento. Spesso sono utilizzati bruciatori ausiliari per una migliore distribuzione del calore, specie nelle prime fasi del riscaldamento. L'utilizzo dei bruciatori ausiliari è rappresentato in Appendice 8. In alcuni casi l'utilizzo dei bruciatori ausiliari è eseguito da ditte specializzate con le attrezzature necessarie. Parte del ciclo di riscaldamento necessita del monitoraggio delle temperature nelle vicinanze del refrattario con termocoppie provvisorie. Le termocoppie vanno inserite in ogni canale di collegamento tra CDF e pot per misurare la temperatura dei mattoni della suola (vedere Appendice 8); alla fine del riscaldamento le termocoppie vanno rimosse.

È inoltre importante permettere all'umidità presente nel refrattario di evaporare; lo scopo primario del pre-riscaldamento è di permettere ai mattoni di espandere minimizzando il gradiente di temperatura tra la faccia calda e quella fredda dei mattoni. Ci devono essere alcuni fori sulla lamiera di acciaio, in modo da permettere al vapore di fuoriuscire agevolmente. Se, in qualsiasi momento, durante il riscaldamento, si nota l'uscita di vapore, non bisogna fornire ulteriore calore, ma attendere che il vapore smetta di uscire. Una volta che il vapore ha smesso di uscire si riparte con il riscaldamento; nel caso il vapore inizi di nuovo ad uscire, è necessario fermare di nuovo la rampa.

Prima e durante il riscaldamento le compressioni delle molle devono essere registrate, vedere in proposito l'Appendice 10. Inoltre devono essere tenute sotto controllo le temperature dell'acqua in uscita da tutti gli elementi raffreddati per essere sicuri che il flusso sia sufficiente.


Durante l'installazione dei refrattari, è possibile che sia stato inserito materiale combustibile, come carta, tra i mattoni per permettere la loro dilatazione. Nonostante questi giunti di dilatazione, è abbastanza comune che ci siano fenomeni di spalling della faccia calda dei mattoni durante il riscaldamento.

Una volta che la rampa di riscaldamento è completata, il CDF deve essere raffreddato a 700 °C e riempito di piombo pompato nel canale della Delivery pot al CDF. È importante non riempire troppo il CDF con il piombo. Se il livello del piombo raggiunge una quota di 124 mm sotto il livello massimo del canale della delivery pot, è possibile che piombo fuso fuoriesca dallo spazio tra la lamiera di acciaio e la parte bassa del foro di spillamento della metallina. Durante il normale funzionamento questa zona è interessata da metallina che è alto fondente e quindi sigilla tutti gli spazi attorno ai mattoni.

Il livello del piombo può essere misurato all'interno della Circulation pot; la distanza tra il bordo del piattone superiore e il livello del piombo deve essere 630-650 mm.

La temperatura del piombo nel CDF è di circa 450 °C. L'aggiunta di zolfo e la pompa di circolazione sono dimensionati per lavorare a questa temperatura.

Il sistema di alimentazione dello zolfo deve essere testato con una portata di 50 kg/h per assicurare una corretta miscelazione nel flusso di piombo. Il flusso di zolfo deve entrare in

 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 14 di 49

contatto con il piombo nel centro del vortice che si forma nel canale di ritorno nel CDF. (Return pot).

Il raffreddamento del piombo avviene nella Cooling pot. Questa apparecchiatura, in apparenza semplice, deve funzionare bene in quanto il processo del CDF si basa interamente sul raffreddamento del piombo. Le operazioni raccomandate di commissioning sono:

- accurata prova idraulica
- prova di sollevamento e abbassamento di ogni serpentino con taratura dei fine corsa
- prova di chiusura e apertura dell'acqua di raffreddamento con scarico della sovrappressione nel serbatoio di espansione; l'operazione può essere eseguita scaldando con delle fiamme le termocoppie dedicate della Circulation e della Return pot (TI-8508 e TI-8509)

A questo punto è possibile testare il sistema di raffreddamento, continuando a scaldare il piombo presente nel forno con i bruciatori e facendo circolare il piombo con la pompa di circolazione. La serpentina di raffreddamento può essere abbassata nella Cooling pot controllando il ΔT tra la temperatura della Circulation pot (TI-8509) e della Return pot (TI 8508). Dopo aver testato il sistema di raffreddamento è possibile portare la temperatura del CDF a 700 °C. Con temperatura fino a 700°C è preferibile misurare la temperatura nel forno con la termocoppia (TI8511) in quanto il pirometro non dà valori precisi.

Tutti gli apparati del CDF devono essere pienamente operativi.


7.3. START UP

Il forno è ora pronto ad operare con la metallina. È assai vantaggioso avere metallina nel CDF prima che la prima carica di bullion del Kivcet entri nel CDF. Della metallina asciutta può essere caricata nel CDF dal foro di spillamento o dal dosaggio fondenti o dalle portine di ispezione. La metallina ideale per questa operazione ha la seguente composizione:

- 44-48 % rame
- 38-42 % piombo
- 14-15% zolfo
- < 3 % arsenico
- Granulometria < 10 mm

Può essere utilizzata una metallina convenzionale da uno smelter rame, se il contenuto di ferro non supera il 5%. Se la metallina non è disponibile, è possibile utilizzare drosse con più dell' 80 % di rame, alimentate con gradualità.

In ogni caso, dopo l'aggiunta della fase ricca di rame, il bagno sarà povero di solfuro di piombo. Tuttavia, data l'aggiunta di zolfo, il solfuro di piombo sarà creato e si porterà nella zona alta del bagno. Se è stata alimentata metallina, il solfuro di piombo vi si dissolverà

 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 15 di 49

velocemente, creando la metallina da CDF. Se invece sono state alimentate drosse, il solfuro di piombo reagirà con il rame, formando solfuro di rame. Il normale equilibrio tra rame, piombo e zolfo sarà ristabilito.

Il riempimento di metallina deve continuare fino a quando il livello raggiunge il foro di spillamento. Durante questo periodo, la temperatura del forno deve aumentare fino a circa 1.000 °C per assicurare che la metallina rimanga fusa.

La temperatura nel forno viene misurata con il pirometro (TIC-8506); assicurarsi che per fuori servizio del pirometro il medesimo non dia un segnale di bassa temperatura che porti al massimo il carico dei bruciatori.


Nel caso non ci sia nessuna possibilità di alimentare né drosse, né metallina, non resta che la metallina del Kivcet. In questo caso è necessario abbassare il livello del bullion nel CDF per lasciare lo spazio per l'arrivo del bullion del Kivcet. Dopo aver trasferito circa 100 t di bullion dal Kivcet al CDF, dovremmo avere circa 7 cm di metallina sopra al bagno. Quando lo spessore dello strato di metallina raggiunge i 10 cm (si può verificarlo con misura dalle portine laterali) possiamo lasciare che il livello del bagno nel CDF torni ad essere quello operativo. Durante la fase di riempimento con il bullion del Kivcet è importante prestare attenzione che il livello del bagno non sia troppo basso e che, di conseguenza, la metallina non arrivi a toccare la partition wall; questo causerebbe incrostazioni sulla partition wall stessa. Quando il piombo raggiunge il livello massimo del canale della Delivery pot, il livello della metallina deve coincidere con la quota di spillamento della stessa. Lo start up può considerarsi concluso dopo che la metallina è stata spillata dal CDF.

Nonostante sia possibile avviare il CDF senza metallina, tuttavia appare evidente che questo possa creare difficoltà operative in particolare per quanto riguarda le incrostazioni. I primi spillamenti dal Kivcet, normalmente sono ricchi di scoria. Il CDF deve avere una temperatura di 1.250 °C per evitare la solidificazione della scoria. Tuttavia senza l'isolamento termico della metallina, il riscaldamento del CDF non è facile in quanto molto calore è "disperso" nel bagno di piombo. Se invece, prima di spillare dal Kivcet; abbiamo uno strato di metallina, la scoria che solidifica sarà molto minore e facilmente estraibile dal forno con l'aiuto degli operatori.

7.4. SPILLAMENTO DAL KIVCET

Prima di spillare il bullion dal Kivcet, il becco di carico al CDF deve essere in posizione e le canale devono essere pulite. Le incrostazioni devono essere rimosse dai suddetti elementi appena terminato lo spillamento, quando le drosse sono ancora duttili.

È conveniente controllare la temperatura del bullion durante lo spillamento, con una termocoppia portatile, o, se l'operatore è esperto, anche visivamente. Se la temperatura del bullion è meno di 750 °C le drosse andranno a solidificare sulle canale. Se possibile lo spillamento dovrebbe essere evitato fino a che la temperatura del bullion non raggiunge il range 750 - 1.000 °C. Se la temperatura del bullion è sopra i 1.050, allora il flusso di bullion deve essere strozzato sul foro di spillamento, per evitare di sconvolgere il bilancio termico del CDF.

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 16 di 49

La scoria del Kivcet è molto dannosa per la gestione del CDF, quindi è necessario ogni sforzo possibile per evitare che il bullion contenga scoria. Poiché è assai difficile conoscere con precisione il livello del bullion nel Kivcet, gli operatori spesso spillano fino a quando la scoria inizia ad uscire dal foro di spillamento. Si consiglia di tenere sotto controllo lo spillamento del bullion dal Kivcet con continuità, in modo da tappare il foro al primo segno di presenza di scoria. Se gli operatori non sono abbastanza preparati per distinguere il piombo dalla scoria, è probabile che una significativa quantità di scoria o di speiss raggiunga il CDF con conseguenti seri problemi di gestione. Questi materiali sono assai difficili da estrarre una volta entrati nel CDF. I 4 fori di spillamento piombo scaricano in due vaschette dalle quali partono le due canale al CDF. Dalle vaschette è possibile rimuovere con dei mestoli le scorie che galleggiano sul bagno. Nel planche intorno al Kivcet vi è una piccola apertura che permette di scaricare in un contenitore a piano campagna questi fusi (scoria o drossa).

La corretta gestione dello spillamento del Kivcet è fondamentale per il buon funzionamento del CDF.

7.5. CARICAMENTO DEL FORNO


Il flusso del bullion deve essere controllato frequentemente durante lo spillamento, per essere sicuri che non si formino restringimenti nelle canale. Il bullion in arrivo dal Kivcet produce un flusso di piombo pulito attraverso il canale di alimentazione della Delivery pot. Il piombo caldo fluisce nel CDF e si distribuisce appena sotto lo strato di metallina. Durante questo transitorio, il sistema di raffreddamento è in difficoltà e la temperatura del bullion aumenta 10 -20 gradi sopra la norma, in funzione della temperatura e del flusso del materiale in arrivo. Se necessario è possibile ridurre il flusso del piombo in arrivo dal Kivcet strozzando il foro di spillamento con un'asta metallica dotata di un puntale in grafite. In questo modo si riduce il picco di temperatura nei canali delle Circulation e Delivery pot.

Durante il caricamento del bullion al CDF è inoltre possibile aumentare il flusso ricircolato di piombo per favorire la stabilizzazione della temperatura. Appena terminato il caricamento il flusso deve essere ridotto per essere sicuri di avere le necessarie condizioni di calma del bagno del CDF.

7.6. SPILLAMENTO DELLA METALLINA

Nei primi CDF erano utilizzati fori di spillamento. A causa della difficoltà operativa, i fori di spillamento sono stati sostituiti con un grande elemento raffreddato che permette lo spillamento sopra uno stramazzo di argilla. La scoria e la metallina sono estratte assieme. È molto importante spillare bene tutta la scoria e rimuovere tutte gli accumuli che galleggiano sulla superficie di metallina.

Una diga di 5 centimetri è installata sul canale di spillamento della metallina, permettendo in tal modo l'accumulo di metallina nel forno. Il canale di estrazione della metallina è dotato di una porta azionata da un cilindro pneumatico. Quando ci sono grumi sulla

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 17 di 49

superficie, è possibile manovrare la porta in modo da controllare il deflusso dei grumi e limitare quindi la possibilità di produrre pericolosi schizzi.

7.7. SCORIA DEL CDF

La scoria del CDF è costituita prevalentemente da ossidi di rame, ferro, zinco, piombo, silicio e stagno. La maggior parte di questi ossidi raggiunge il CDF nel flusso di bullion a causa delle condizioni riducenti presenti nel KIVCET. Un'altra impurità che può arrivare dal KIVCET è la scoria del KIVCET a causa di poca dimestichezza degli operatori allo spillamento.

Inoltre, in certe condizioni, può essere trasferito nel CDF anche lo Speiss (ferro, rame, arsenico, antimonio e stagno).

Normalmente lo stagno e il piombo fumigano rapidamente dalla scoria del CDF. Mantenere una buona viscosità della scoria nel CDF è un aspetto importante. La scoria del CDF deve essere estratta con la metallina, indipendentemente dalla sua origine.

In alcuni casi la scoria potrebbe essere sotto forma di grumi solidi che devono essere estratti dal condotto di carico della metallina. Una estesa superficie di scoria fusa favorisce la cinetica di fumigazione dello stagno; le incrostazioni sulle pareti, poiché limitano la superficie del bagno fuso, contrastano con la fumigazione dello stagno.


7.8. PRINCIPALI PARAMETRI DI CONTROLLO DEL FORNO

Molti campionamenti devono esser eseguiti ogni giorno. Le prove devono essere condotte per assicurarsi che la metallurgia del CDF sia entro i limiti di controllo. I principali parametri di controllo del CDF sono:

- Il contenuto di scoria nel bullion del KIVCET (da minimizzare)
- Le condizioni riducenti della fiamma del bruciatore (da mantenere)
- Il contenuto di rame nella carica
- Il contenuto di stagno nella carica
- Il dosaggio di zolfo

Ottimizzare queste variabili è un aspetto critico per la gestione del CDF. Le eventuali procedure per riportare il processo del CDF sotto controllo necessitano di molto tempo e sono assai complesse.

La metallina del CDF è controllata dal rapporto Cu/S. Un livello basso di zolfo si ha come conseguenza di molto rame e poco piombo nella metallina. Quando il rame nella metallina supera il 50%, il rapporto Cu/S sarà maggiore di 3,5. Se la quantità di rame aumenta ulteriormente, ci sarà una quantità di zolfo insufficiente per reagire con tutto il rame e si formerà Speiss Cu₃As con alto punto di fusione. Questo fenomeno si evidenzierà con livelli maggiori di As contenuto nella metallina. Il rischio che comporta lo Speiss è discusso in dettaglio in Appendice 1.

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 18 di 49

L'aggiunta di zolfo, che si somma allo zolfo del bullion proveniente dal Kivcet, deve essere verificata strettamente, controllando il rapporto Cu/S nella metallina. Lo zolfo deve essere aggiunto nella Return pot, sotto forma di flusso liquido continuo, immesso nel vortice di scarico, nel centro della pot.

Il canale della Return pot deve essere pulito frequentemente in modo che il vortice di scarico rimanga sufficiente a garantire la miscelazione dello zolfo. Anche qualche ora di interruzione dell'aggiunta di zolfo può comportare incrostazioni dovute a Speiss.

La metallina non deve essere estratta durante il caricamento del bullion. Il livello della metallina deve essere misurato 3 volte al giorno, usando un'asta di ferro immessa nella porta di ispezione sulla parete del forno. Lo spessore dello strato di metallina deve essere compreso tra 20 e 30 cm.

La metallina è più isolante del piombo. La conseguenza è che un giusto spessore dello strato di metallina permette di raffreddare il bullion, mantenendo la maggior temperatura possibile sullo strato di metallina e quindi la scoria fusa.

Il gradiente di temperatura nel bagno del CDF è illustrato in Appendice 4.

Lo spessore dello strato di metallina può essere usato come variabile operativa che dipende dalle necessità di raffreddare il bullion o di dare più calore alla scoria.

I dettagli dei livelli (piombo e metallina) e la quota di estrazione della metallina sono illustrati in Appendice 5.

La fumigazione di stagno e indio è favorita mantenendo i bruciatori a condizioni lievemente riducenti. Generalmente un buon obiettivo iniziale per i bruciatori, è tenere un ossigeno pari all'80-90% dello stechiometrico. La composizione dei gas di scarico dovrebbe essere maggiore del 2% in CO e maggiore del 1,5% in Idrogeno. Tutte le portine devono rimanere il più possibile chiuse, in quanto circa l'80% del combustibile è utilizzato per riscaldare gli ingressi di aria. Il set-point del tiraggio dovrebbe essere mantenuto a -10 Pa. Il contenuto previsto di SO₂ nei gas di scarico del CDF è 350-450 ppm. Il circuito di raffreddamento è un processo che permette di controllare il raffreddamento nel centro del forno. L'ingresso del piombo raffreddato provoca un ripido gradiente termico nel bagno.


In questa zona la solubilità del rame nel piombo diminuisce e il rame precipita e forma una fase diversa chiamata metallina e galleggia sulla superficie del bagno.

Per creare il gradiente termico, è necessario sottrarre calore al piombo.

Il raffreddamento è ottenuto in una pot vicino al forno dove 2 serpentine di acciaio sono inserite nel flusso di piombo ricircolato dentro al forno.

Le due serpentine possono essere gestite separatamente in funzione della necessità di raffreddamento. Il sistema di raffreddamento deve mantenere la temperatura del bullion nella Return pot a 390°C ± 15°C. Se la temperatura del piombo nella Return pot è maggiore, le serpentine sono inserite nel flusso di piombo.

Ci devono essere alcuni secondi di ritardo dopo aver inserito la serpentina nel piombo, prima di aprire l'acqua di raffreddamento. Normalmente sulla serpentina si formano delle incrostazioni, che devono essere rimosse periodicamente. Le incrostazioni possono essere

 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 19 di 49

rimosse, chiudendo l'acqua di raffreddamento per un breve periodo, e quindi sollevando le serpentine dal flusso di piombo. Vedere in proposito la specifica "Filosofia di funzionamento" N° 12.

Il circuito di raffreddamento è predisposto per permettere lo sfogo dell'eventuale vapore prodotto. La pulizia delle incrostazioni deve essere eseguita regolarmente, ogni 5 cicli di raffreddamento. Il set-point della temperatura del circuito di raffreddamento ed il flusso di circolazione del bullion sono due parametri importanti.

Il flusso di circolazione deve basarsi su una delta T del bullion (temperatura del bullion del Kivcet – temperatura del bullion del CDF) e su un noto flusso di carica del Kivcet. Valori tipici del flusso di circolazione sono 350-450 t/h, la temperatura della Circulation pot è maggiore di 425°C e il delta T attraverso la Cooling pot è di circa 20°C.


7.8.1 INDICAZIONI PER L'AGGIUNTA DI ZOLFO

Descrizione: Specificazione Metallina	Analisi della metallina			
	Rapporto d'analisi Rame/ Zolfo	Rapporto d'analisi Rame/ Piombo	Arsenico nella Metallina	Commenti
Superiori ai valori di specificazione	Cu/S >3.4	Cu/Pb > 1.75	As >4%	Va aggiunto zolfo o si ha formazione di speiss As ₃ Cu
Entro i valori di specificazione	Cu/S 2.8 -3.4	Cu/Pb 1 - 1.75	As 0.4 - 4%	Composizione ideale della metallina
Inferiori ai valori di specificazione	Cu/S <2	Cu/Pb <1	As < 0.3%	Troppo zolfo per il contenuto di rame nel bullion del Kivcet

7.9. INCROSTAZIONI DEL CDF

Nel CDF possono presentarsi 2 tipi di incrostazioni:

- incrostazioni superficiali

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 20 di 49

- incrostazioni nel bagno

Nei due casi le cause che provocano le incrostazioni, così come i rimedi per rimuoverle sono completamente differenti.

E' importante segnalare che, con buona approssimazione, le incrostazioni che si formano in 1 ora di attività del CDF in condizioni critiche, necessitano di 1 giorno per essere rimosse. Il tempo per rimuovere le incrostazioni è lungo in quanto il meccanismo controllante è il trasporto di calore.

7.9.1. INCROSTAZIONI SUPERFICIALI

Come detto, le condizioni riducenti nel Kivcet, comportano la dissoluzione di Ferro, Silicio e Zinco nel bullion, elementi che andranno a formare la scoria nel CDF.

Per ulteriori indicazioni sulle incrostazioni superficiali si veda l'Appendice 4.

Ci sono varie ragioni per cui la scoria del CDF può diventare una incrostazione superficiale:


1. la scoria non è estratta con la necessaria regolarità e l'ossido di piombo fumiga, alzando il punto di fusione
2. il punto di fusione della scoria si alza a causa di un accumulo di Stagno. Per esempio, durante la fusione delle incrostazioni del Kivcet, l'ingresso di Stagno nel CDF può aumentare fortemente
3. lo spessore troppo piccolo dello strato di metallina provoca un eccessivo raffreddamento della scoria
4. i bruciatori non mantengono le necessarie condizioni riducenti per avere sufficiente fumigazione dello Stagno

Le incrostazioni della scoria avvengono prevalentemente nella zona della Circulation pot a causa della minore temperatura del bullion.

Le incrostazioni più tenaci possono essere rotte con aste di metallo oppure con lance termiche attraverso le portine di ispezione. I grumi che si formano devono essere estratti dal foro di spillamento della metallina. Il modo migliore per indirizzare i grumi verso il foro di uscita è utilizzare degli idonei "rastrelli" attraverso le portine di ispezione. Il miglior modo per assicurarsi che non stiano avvenendo depositi di incrostazioni è tenere costantemente controllata la composizione della scoria. Il rapporto tra componenti acidi e basici della scoria deve essere minore di 0,55 come indicato in Appendice 4.

Un ingresso di Stagno dal Kivcet maggiore di 0,5% deve essere considerato pericoloso.

Dal bilancio di massa in Appendice 7 ($Sn < 0,05\%$) sembra tuttavia poco probabile che lo stagno possa provocare incrostazioni nel CDF.

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 21 di 49

Quando inizia a formarsi un leggero strato di incrostazione, la migliore azione da fare è aggiungere PbO. E' necessario porre attenzione a non riscaldare troppo la scoria, provocando in tal modo eccessiva fumigazione di PbO.

Incrostazioni più spesse, con elevato contenuto di Stagno possono essere rimosse alimentando coke con granulometria 5-15 mm sopra la superficie della scoria.

Dopo l'aggiunta di PbO è meglio alimentare anche borato di sodio o soda ash.

Poiché la fumigazione aiuta ad abbassare lo stagno e poiché la fumigazione è direttamente collegata all'area superficiale, è importante mantenere la superficie del bagno nel CDF maggiore possibile.

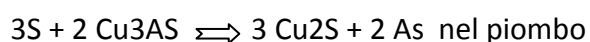
7.9.2. INCROSTAZIONI DEL BAGNO E DEI CANALI

Per incrostazioni del bagno si intendono materiali che solidificano a 50-150 cm di profondità all'interno del bagno fuso. Tali incrostazioni si presentano quando lo Speiss, altofondente, viene a contatto con superfici relativamente fredde. La localizzazione di queste incrostazioni è illustrata in Appendice 2.

Una certa quantità di speiss è sempre presente nel CDF. Tuttavia, come descritto nel capitolo relativo ai parametri di controllo, quando il rapporto Cu/S è maggiore di 3,5, l'arsenico lascia il bullion e forma Speiss reagendo con il rame non legato allo zolfo.

Anche poche ore di interruzione del dosaggio di zolfo comportano un aumento della formazione di Speiss. Lo Speiss è la componente predominante nelle incrostazioni del bagno.


La tendenza di formazione di Speiss, in caso di mancanza di zolfo è il solo motivo per cui è necessario un continuo dosaggio di zolfo nel canale di ritorno al CDF



L'effetto della solubilità dello Speiss nella metallina quando c'è una mancanza di zolfo è illustrata in Appendice 1.

Le incrostazioni del bagno normalmente avvengono sulle superfici fredde come le pareti, i canali o il fondo del forno. Tuttavia se le condizioni metallurgiche di formazione delle incrostazioni si mantengono, lo Speiss inizia a solidificare in tutti i punti del forno sotto il punto di fusione. In questo caso è necessario applicare una procedura particolare, descritta in Appendice 3. La procedura prevede di interrompere il funzionamento del CDF per 3-5 giorni e il riscaldamento del forno fino alla fusione dello Speiss. Tutto ciò può richiedere che il Kivcet sia in stand-by e/o che il bullion by-passi il CDF.

L'utilizzo di esplosivo per rimuovere le incrostazioni è sconsigliato a causa di danni che può provocare al rivestimento refrattario e agli elementi in rame.

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 22 di 49

8. FERMATA

Una ragione per cui è necessario fermare il CDF è il danneggiamento del canale di alimentazione della Delivery pot. Se il canale si fora, piombo più caldo e meno raffinato andrà nella delivery pot, con conseguente perdita di efficacia del CDF. In questo caso è necessario sostituire il canale. Sono state anche eseguite riparazioni più veloci che hanno previsto la chiusura del foro con refrattario plastico, con forno in stand by.

Un altro motivo per cui è necessario fermare il CDF è l'usura della parte alta del canale della Circulation pot, dovuta ad eccessivo utilizzo delle lance termiche. Non è possibile riparare questo tipo di danno senza fermare il CDF.

Inoltre è necessario fermare il forno in caso di caduta di mattoni dal tetto o eccessiva riduzione dello spessore del tetto stesso. Questa evenienza si manifesta con l'aumento di temperatura del tetto che produce un irraggiamento di calore tale da rendere impossibile la permanenza di un operatore sulla piattaforma del tetto.


Un altro motivo di fermata del CDF è il danneggiamento delle pareti laterali. L'usura e lo spalling dei mattoni delle pareti rende necessario l'intervento di ripristino dello spessore mediante saldatura ceramica o con completa sostituzione del rivestimento.

Le pareti laterali sono spinte verso l'altro dal bullion e dalla penetrazione del bullion nei giunti a causa dei cicli produttivi del forno.

Le fusioni di rame che costituiscono il canale di spillamento della metallina e la soglia del foro caricamento del bullion possono essere sostituite senza uno shut-down.

Il CDF deve essere invece spento per sostituire le altre giacche di rame.

La Cooling pot non è dotata di drenaggio del piombo.

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 23 di 49

9. ELEMENTI CRITICI PER LA SICUREZZA

9.1 MANCANZA DI ENERGIA ELETTRICA

La mancanza di energia elettrica è potenzialmente pericolosa e può causare danni al CDF. A riguardo vedere il paragrafo dedicato sulla specifica N° 12.

9.2 INTASAMENTO DEL CANALE DEL BULLION DAL KIVCET AL CDF

Sia il canale, sia il becco di caricamento sono soggetti a intasamenti dovuti alle incrostazioni di scoria e/o di drosse.

Le sezioni del canale e del becco sono relativamente piccole per cui, se non tenute pulite, si può avere la tracimazione del bullion. E' importante che la zona sotto i canali e i becchi sia inibita all'accesso.

Dovendo pulire la parte posteriore del becco è necessario accedere al piano di ispezione intermedio; l'accesso a questo piano è permesso solo con tutti e 4 i fori di spillamento chiusi in modo sicuro.

9.3 PERDITA DI PIOMBO DALLA VASCA DEL CDF


Questo pericolo è decisamente remoto in quanto la vasca di contenimento del piombo è dimensionata con ampi margini statici. La condizione di pericolo sarà preannunciata da formazione di zone surriscaldate della lamiera indicative di cedimento del rivestimento refrattario.

9.4 PERDITA DI ACQUA DAGLI ELEMENTI RAFFREDDATI

Le perdite di acqua dagli elementi raffreddati rappresentano un serio problema sia per il possibile rilascio di energia, sia per la possibilità di idratare i mattoni di refrattario. Se la magnesite dei mattoni è esposta al vapore, il volume dei grani aumenta molto, distruggendo la struttura del mattone.

Gli elementi cointeressati al bagno si dividono in due gruppi:

- elementi in rame montati sulla volta (bruciatore, uscita gas, ingresso fondenti)
- elementi in rame di spillamento della metallina

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 24 di 49

I più pericolosi sono quest'ultimi in quanto a contatto frequente con la metallina; essi sono dotati di termocoppie inserite nella fusione di rame. Questi valori di temperatura insieme con la temperatura dell'acqua di raffreddamento ed il valore di flusso in ingresso ed uscita sono riportati in sala controllo ed allarmati.

Anche l'analisi del bagno è importante; la presenza di PbS può determinare il dilavamento del becco della metallina con foratura della serpentina ed uscita di acqua.

Tutti gli elementi raffreddati devono essere verificati, controllando la temperatura di uscita dell'acqua ogni settimana. Un'alta temperatura dell'acqua può significare una riduzione dello spessore di refrattario, o di rame, o un minore flusso di acqua. Una riduzione della temperatura dell'acqua può significare un distaccamento del tubo della fusione e uno sporcamento interno del tubo. Tutti gli elementi raffreddati devono essere ispezionati sempre quando si presenta l'opportunità. Le rotture superficiali sono il principale criterio di sostituzione dell'elemento.

Ogni qualvolta si ha il sospetto di un elemento che perde acqua (allarme di delta portata acqua, presenza di vapore, sovrappressioni nel forno) è fondamentale chiudere l'acqua e per nessuna ragione alimentare piombo al CDF.

I bruciatori in una prima fase possono essere mantenuti in funzione per eliminare le tracce di idrogeno salvo poi fermali per cercare di salvare l'elemento non raffreddato.

9.5 ROTTURA DI UN SERPENTINO DELLA COOLING POT


L'evento è pericoloso e va gestito con attenzione allontanandosi rapidamente dal forno. Le operazioni da eseguire sono:

- estrarre dal bagno ambedue i serpentini tramite il pulsante di emergenza
- bloccare la circolazione dell'acqua con le elettrovalvole e mandare al serbatoio di espansione la miscela acqua-vapore
- fermare l'alimentazione del bullion al CDF (se in funzione)
- fermare la pompa di circolazione della Circulation pot (42-P-801)

9.6 SPILLAMENTO DELLA METALLINA

Lo spillamento della metallina è una operazione che richiede attenzione. Il flusso potrebbe essere maggiore del previsto a causa del non perfetto funzionamento dello stramazzo di argilla. Un altro aspetto è la presenza di umidità nelle siviere quando si inizia lo spillamento. Inoltre è necessario fare attenzione nel rimuovere i grumi galleggianti dal foro di spillamento della metallina. La caduta nella siviera dei grumi può provocare schizzi pericolosi per gli operatori.

La siviera potrebbe anche essere soggetta a cricche con perdita parziale del contenuto.

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 25 di 49

9.7 FORATURA DEL CANALE TRA IL CDF E LA DELIVERY POT

Questo non rappresenta un pericolo per gli operatori ma è purtroppo un serio inconveniente per il CDF.

Infatti nel canale entra del piombo ad un livello più alto e quindi ancora ricco di drosse per cui il processo del CDF perde molto della sua funzionalità. La presenza di piombo sporco è un indicatore di questo problema.

Pur essendo complesso è possibile riparare in forma provvisoria la foratura del canale agendo dall'esterno con il forno pieno di fuso.

9.8 CROLLO DELLA VOLTA DEL FORNO

Il pericolo è molto raro ma non può essere totalmente escluso. Per effetto del rigonfiamento ed innalzamento delle pareti, la volta può subire delle deformazioni anche importanti che preludono al crollo. Il fenomeno è lento e progressivo; vanno prese per tempo le decisioni tali da impedire che l'evento abbia luogo.

9.9 MANCANZA DI TIRAGGIO DEI GAS


Il fuori servizio del ventilatore di tiraggio 43-K-801 o l'intasamento del condotto dei gas può portare alla mancanza di tiraggio. In questa condizione è necessario fermare i bruciatori 42-BR-801 A/B/C e l'alimentazione del bullion se è operativa; poiché manca anche l'aspirazione dei gas d'igiene si può avere dispersione di vapori nel locale del forno.

9.10 ALTISSIMA TEMPERATURA GAS INGRESSO FILTRO A MANICHE

Per cause varie: blocco della serranda (42-TV-8510) ingresso aria di raffreddamento, mancanza di adeguato tiraggio, elevata postcombustione del CO, si può avere una temperatura elevata dei gas in ingresso al filtro 43-FC-801. Se l'apertura della serranda dell'aria falsa appena a monte del filtro non è sufficiente è necessario bloccare i bruciatori 42-BR-801 A/B/C e, se operativa, l'alimentazione del bullion.

9.11 DISPERSIONE DI CO SOPRA IL FORNO

I bruciatori del CDF funzionano di norma in condizioni substechiometriche; nel forno vi è un'atmosfera riducente con formazione di CO fino al 2% in vol ed inoltre viene mantenuta una depressione vicina allo zero per impedire l'ingresso di aria. Se la volta del forno non è a perfetta tenuta (in special modo dopo un lungo periodo di esercizio) si potrebbe avere dispersione di CO nell'ambiente. L'accesso al piano sopra al forno non può essere inibito in quanto vi sono vari componenti che richiedono ispezioni.

 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 26 di 49

Per ovviare ad un indubbia condizione di pericolo per gli operatori si possono seguire due strade:

- montare un analizzatore di CO con un lampeggiante che segnala la soglia di pericolo per l'operatore
- inibire l'accesso a chi non è dotato di opportune attrezzature: maschera e respiratore


9.12 ROTTURA DI STRUMENTI DI CONTROLLO

La rottura di alcuni strumenti importanti, oltre a determinare una mancanza di informazioni per gli operatori, può innescare delle condizioni di pericolo.

I misuratori di temperatura e portata dell'acqua di raffreddamento agli elementi raffreddati sono importanti per la conoscenza dello stato funzionale degli elementi ma non influenzano la marcia del CDF.


Altri strumenti possono avere delle conseguenze più negative:

- **Pirometro ottico (TT-8506)**
La misura entra nel controllo dei bruciatori, la mancanza del segnale fa sì che i bruciatori si regolino automaticamente alla portata minima. La successiva regolazione dovrà essere effettuata dagli operatori in modo manuale.
- **Termocoppia (TT-8511)**
La misura manda in blocco i bruciatori per altissima temperatura.
- **Indicatore di pressione (PT-8502) nel forno e Indicatore di temperatura dei gas (TT-8510)**
Vale quanto detto per il pirometro
- **Indicatori di livello nelle 3 pots (LT-8505, LT-8503, LT-8504)**
La mancanza del segnale dà solo l'allarme
- **Indicatori di temperatura nella Circulation e nella Return pots (TT-8509, TT-8508)**
Poiché il ΔT tra queste due temperature comanda i serpentine di raffreddamento è importante che, anche in caso di fuori servizio di una sola delle due, il comando dei serpentine passi da automatico a manuale e venga gestito dall'operatore fino al ripristino dell'elemento di misura in avaria.
- **Indicatore di portata zolfo liquido (FT-8501)**
Lo strumento ha la funzione di dosare lo zolfo liquido alla Return pot sulla base delle esigenze del processo. L'avaria dello strumento riduce al minimo la portata di zolfo. Le ulteriori azioni vengono eseguite in manuale dall'operatore.

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 27 di 49

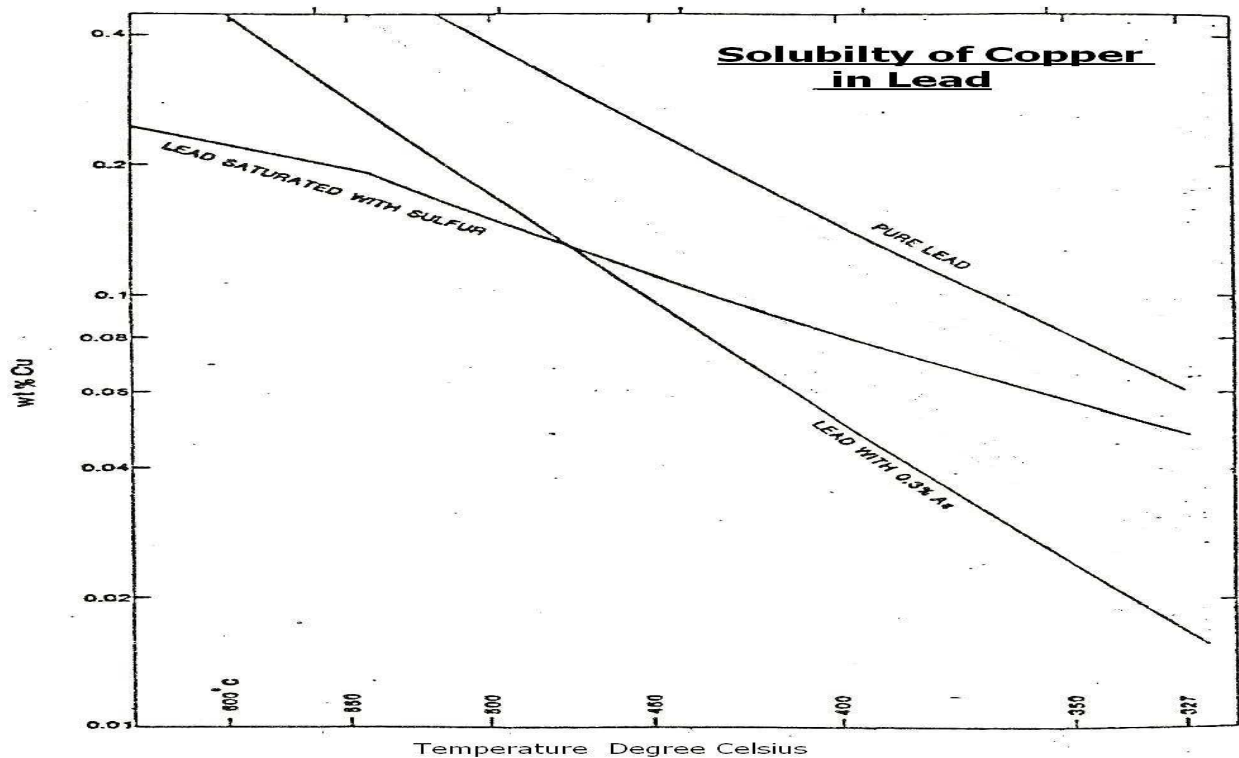
10.BIBLIOGRAFIA

- Development of a Continuous Copper Drossing Process for Lead Bullion; Australian Institute of Mining, J. McNicol August, 1963.
- Phase systems concerned with the Copper Drossing of Lead; Australian Institute of Mining and Metallurgy. T.R.A. Davey, 1963.
- Continuous Copper Drossing of Lead Bullion; American journal of Metals, W. Peck and J. McNicol, 1966.
- Copper Lead Sulfur Systems at High Temperature Application of Continuous Copper Drossing; Australian Institute of Mining and Metallurgy, R. Moffatt and G. Willis 1975.
- Copper separation and Recovery at BHAS Port Pirie Australia, Australian Institute of Mining and Metallurgy. J. Fern, 1983 .
- Improved Decopperising of Lead Bullion at Port Pirie; Non Ferrous Smelting Symposium BHAS Australia, P Wiltshire 1989
- Refining Developments at BHAS Port Pirie; Primary and Secondary Lead Processing Canadian Institute of Mining and Metallurgy, T. Banytis, August 1989.


 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 28 di 49

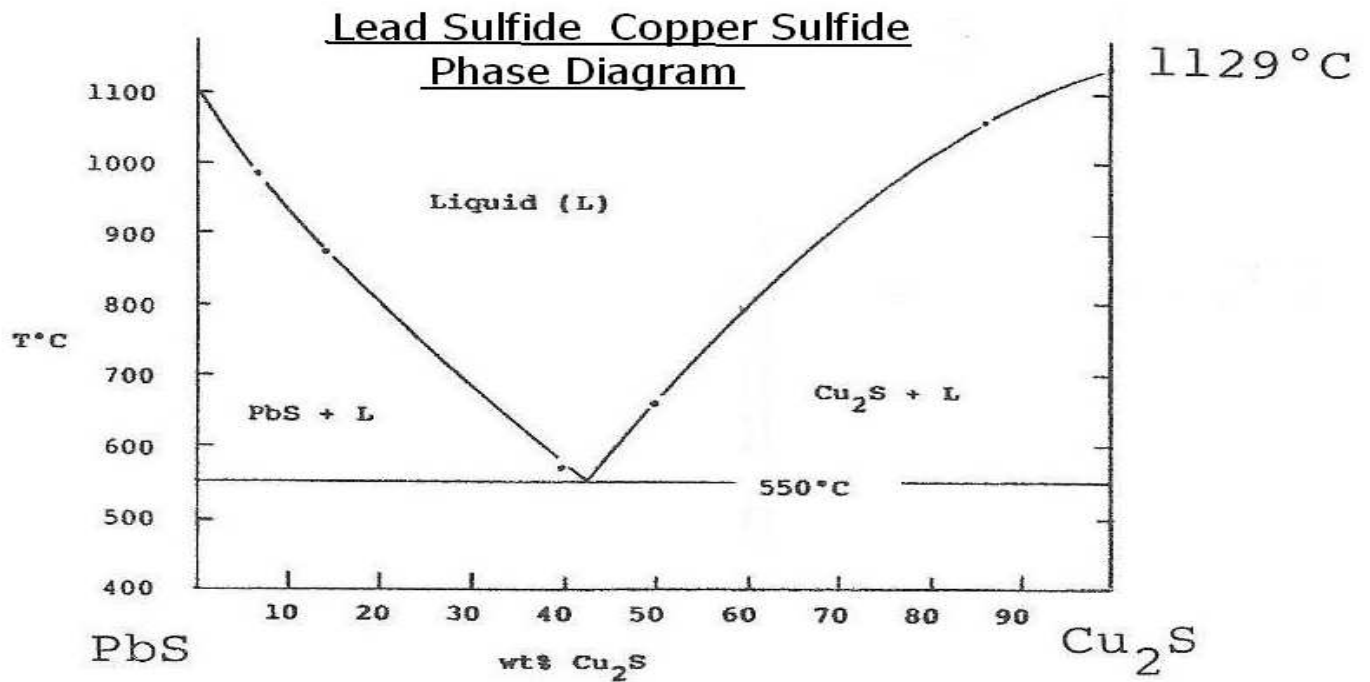
11.SEPARAZIONE DEL RAME: TEORIA

La solubilità del rame e di altri elementi nel piombo fuso dipende dalla temperatura. Di conseguenza, raffreddando la miscela rame-piombo avviene la separazione di una fase ricca di rame.




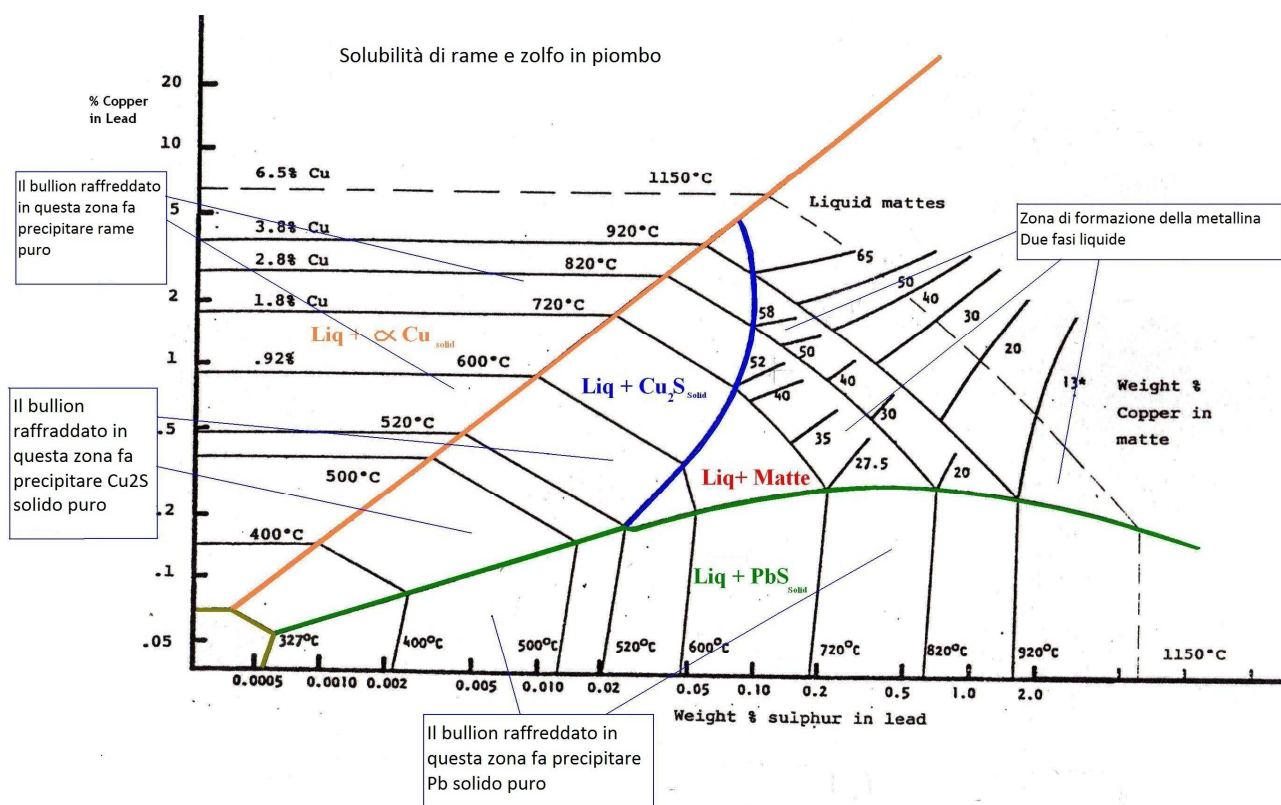
A causa del raffreddamento nel CDF si crea una notevole differenza di temperatura tra la parte alta e la parte bassa del bagno. I due principali composti che si separano dal piombo dentro il CDF sono il solfuro di piombo e il solfuro di rame. Dal diagramma binario si vede che i due composti hanno un ampio campo di solubilità; la miscela fusa è chiamata metallina.

 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 29 di 49



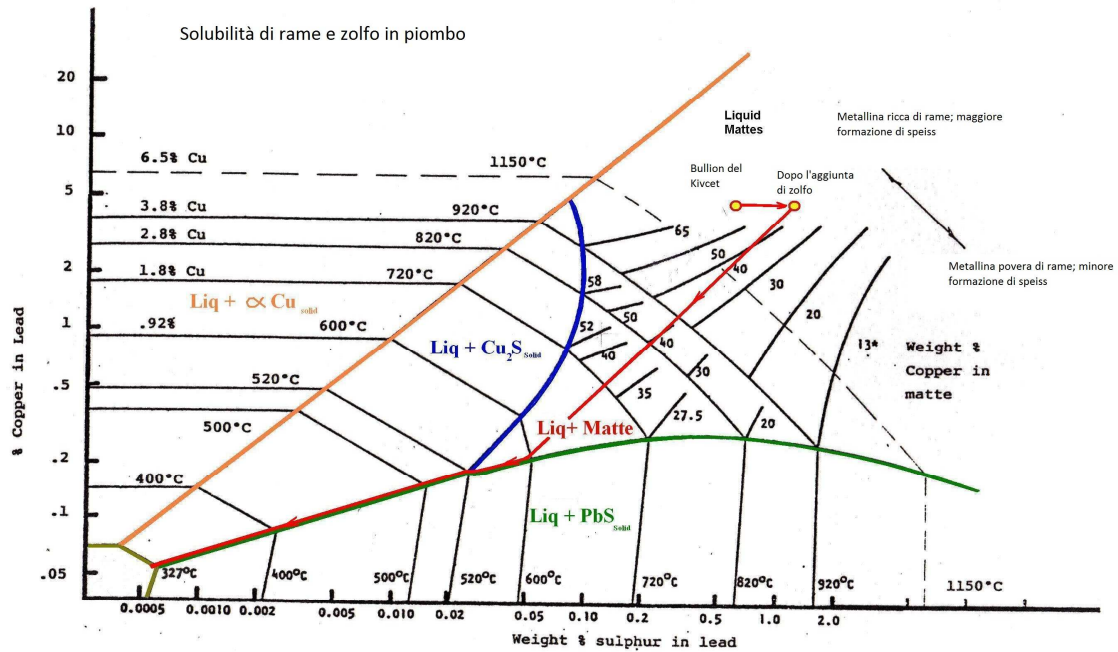
Il diagramma ternario di piombo, rame e zolfo permette di spiegare l'affinità tra la metallina e il bullion (povero di rame). La linea nera rappresenta una metallina con il 50% di rame. La linea è trasposta dal diagramma binario a quello ternario. É inoltre evidente il ruolo critico dello zolfo nella metallurgia del CDF


 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 31 di 49



La composizione del bullion prodotto dal Kivcet di Portovesme può essere rappresentata del diagramma ternario piombo, rame, zolfo. Dal diagramma si può determinare la composizione della metallina in equilibrio con il bullion; nel caso rappresentato 55% di contenuto di rame. La linea rossa rappresenta la curva di raffreddamento del bullion nel CDF. Il rapporto rame / zolfo diventa 3,6 se si aggiunge zolfo in quantità pari alla metà di quello presente nella metallina dopo l'aggiunta.

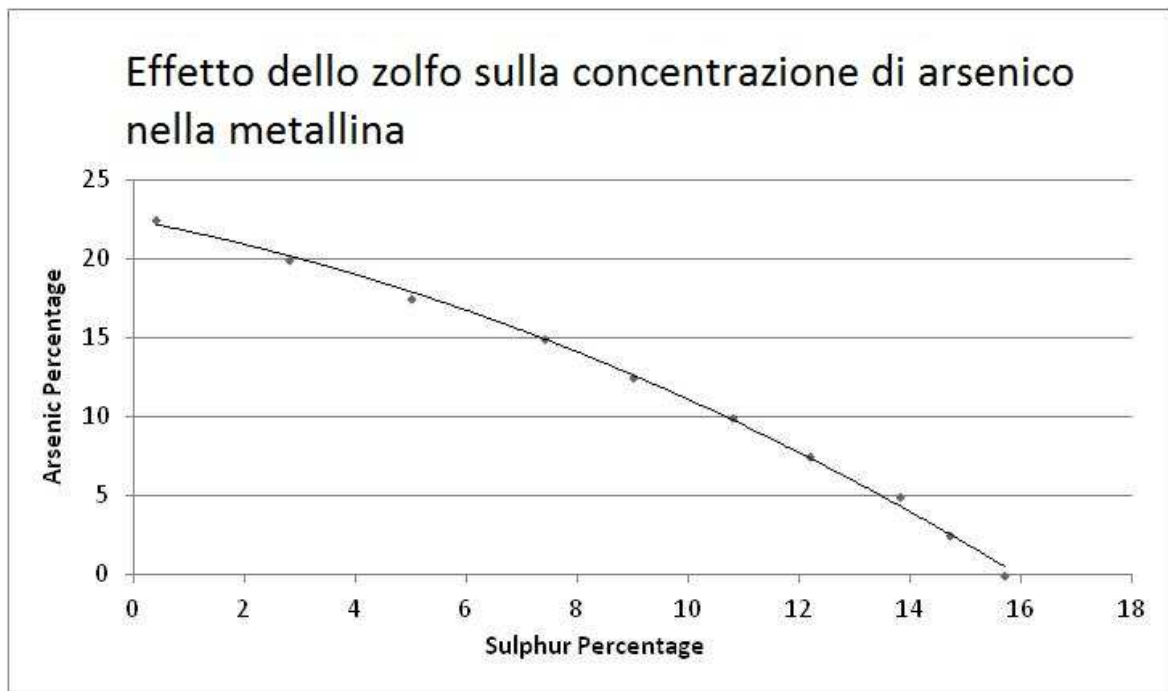
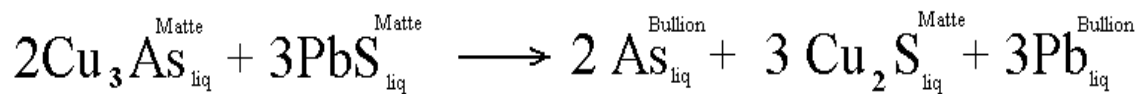
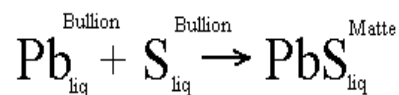
Se si segue l'andamento della linea rossa, si vede che interseca la linea di separazione della fase liquid + PbS ; questo significa che una quota di PbS solido precipita sulle pareti fredde e nei canali del CDF. È sempre presente una piccola quantità di speiss in sospensione nel bullion del CDF che tende a reagire con il PbS solido precipitato. Prima di aggiungere zolfo la speiss è più reattiva e può sottrarre PbS dalla metallina. La gestione prevede di aggiungere sufficient zolfo nel CDF in modo da spostare l'arsenico dalla metallina al bullion del CDF.

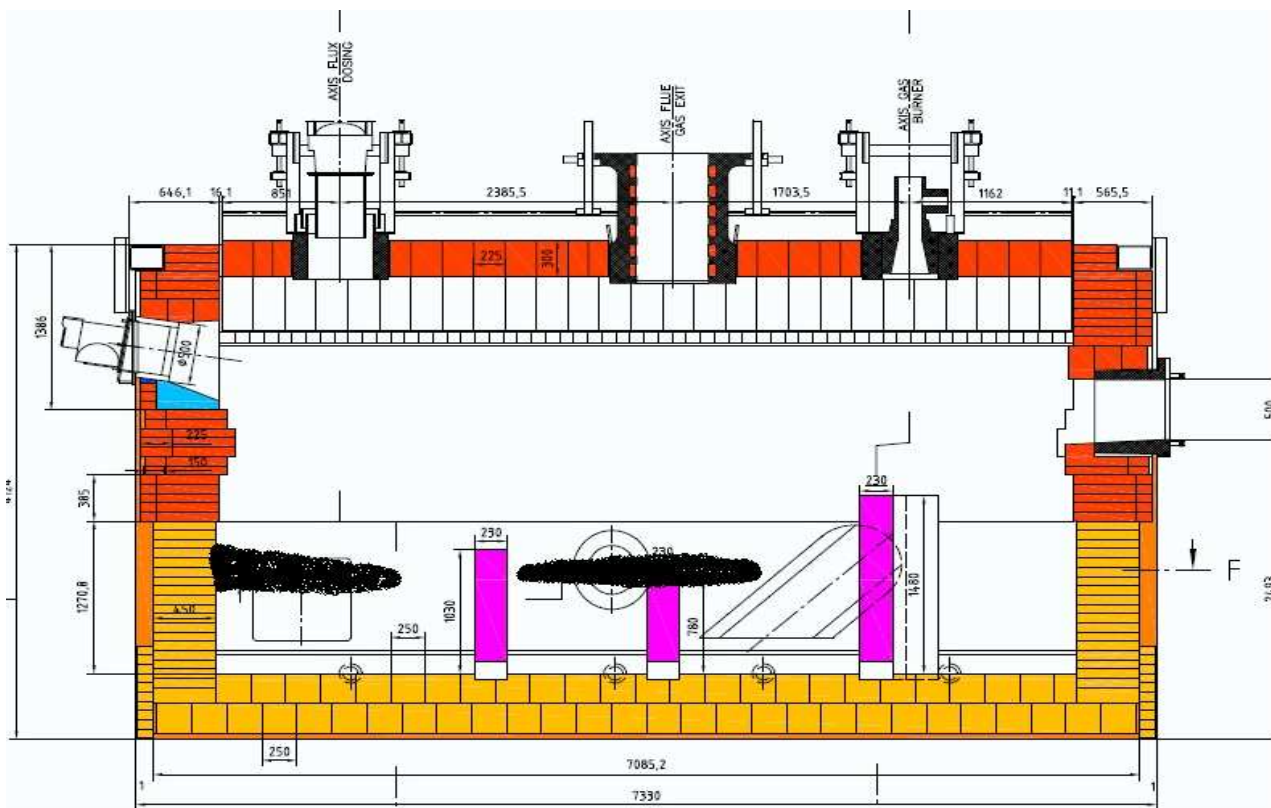


 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 33 di 49

12.APPENDICE 1: SOLUBILITÀ DELLO SPEISS NELLA METALLINA

Nel grafico sotto riportato, è rappresentata la relazione tra zolfo e arsenico nella metallina. Quando il rapporto rame/zolfo supera il limite di 3, il rame in eccesso inizia a reagire con l'arsenico formando speiss (Cu₃As). Lo speiss, che è alto fondente, tende a solidificare sulle superfici più fredde formando incrostazioni nel bagno. L'aggiunta di zolfo è necessaria per mantenere basso il rapporto rame/zolfo nella metallina. Questo permette all'arsenico di rimanere disciolto nel bullion.

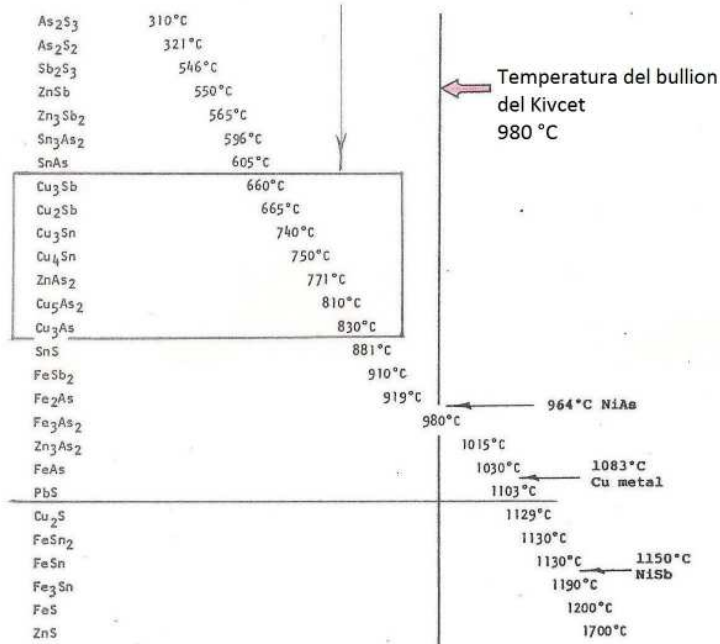






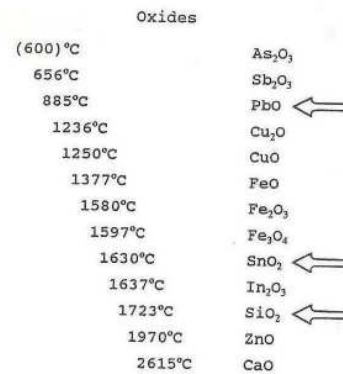
Gli elementi che compongono le incrostazioni che si formano e che si fondono con lo spillamento della metallina sono in questo gruppo


Punto di fusione della metallina e della scoria nel CDF



Alcune fasi che escono dalla soluzione con il piombo hanno punto di fusione molto alto. Esse causano problemi nei canali e sullo strato di scoria del CDF.

I punti di fusione dei più comuni solfuri, arseniuri, antimonidi e ossidi sono rappresentati in questo diagramma




 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 36 di 49

14.APPENDICE 3: PROCEDURA DI RIDUZIONE DELLE INCROSTAZIONI DEL BAGNO (HEAT SOAK PROCEDURE)

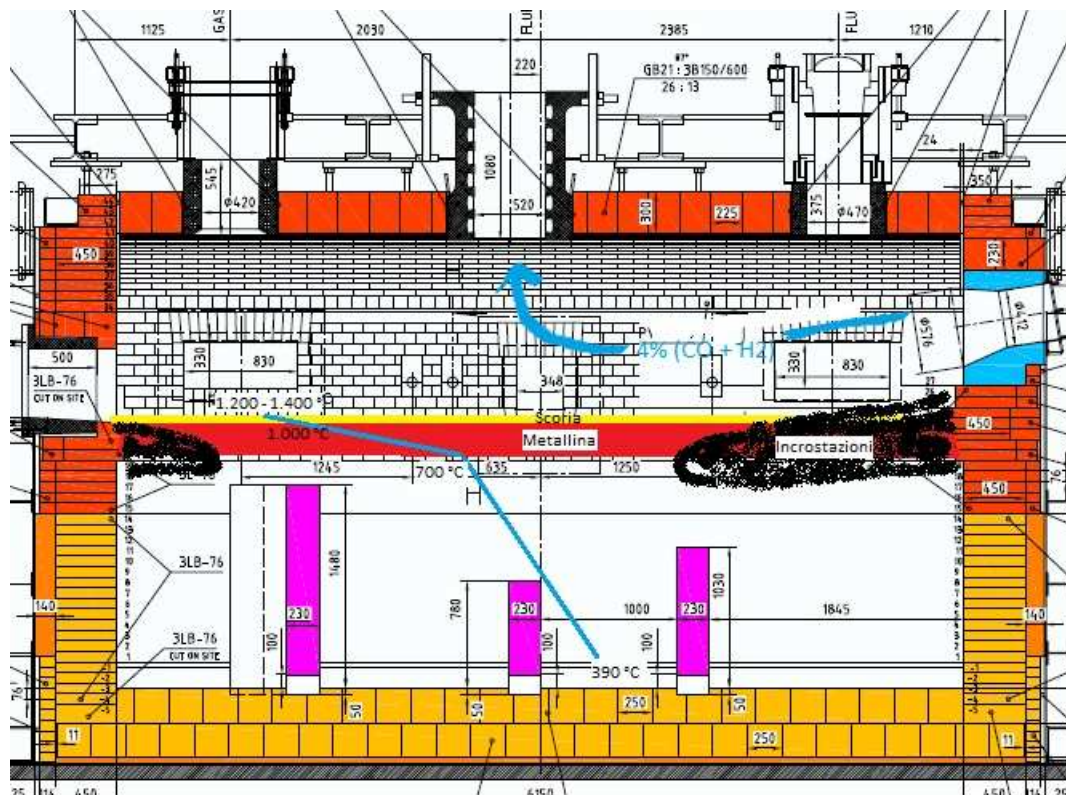
La procedura si applica per rimuovere le restrizioni nei canali e le incrostazioni profonde del bagno


- L'alimentazione di rame al Kivcet deve essere minimizzata nelle precedenti 24 ore
- Tutta la metallina e tutta la scoria deve essere rimossa dal CDF; potrebbe essere necessario pompare bullion nel CDF dalle coppelle
- Posizionare termocoppie nel canale della Delivery Pot
- Disinstallare la pompa di circolazione
- Per fondere le incrostazioni nel canale della Circulation pot potrebbe essere necessario pompare piombo pulito nella Circulation pot stessa
- Raggiungere i 750 °C nel fondo del CDF
- Spillare tutta la scoria e tutta la metallina appena si formano
- Potrebbe essere necessario pompare piombo nei canali per aiutare la fusione delle incrostazioni per mescolamento; 5 minuti di pompaggio ogni 2 ore di riscaldamento
- Durante il pompaggio gli operatori devono utilizzare trivelle e aste per rompere le incrostazioni che si sono rammollite e pulire i canali
- Reinstallare la pompa di circolazione e farla funzionare per alcune ore senza utilizzare le serpentine di raffreddamento per assicurarsi che tutte le incrostazioni che si sono indebolite risalgano sulla superficie del bagno
- Iniziare a usare le serpentine di raffreddamento e portare il bullion a 425 °C

 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 37 di 49

15.APPENDICE 4: INCROSTAZIONI SUPERFICIALI


L'accumulo di scoria equivale alla differenza tra la formazione e lo spillamento della scoria stessa. Se l'accumulo aumenta troppo, la scoria inizia a solidificare sulla superficie del bagno. Lo strato di metallina permette di mantenere la temperatura della scoria più alta possibile, cosa che aiuta la sua rimozione durante gli spillamenti. L'evaporazione di piombo e di stagno è facilitata da un'atmosfera riducente. La fumigazione della scoria è correlata alla quantità di superficie del bagno libera da incrostazioni; questo è il motivo principale per cui è necessario eliminare le incrostazioni superficiali. L'ossido di piombo aiuta a ridurre la temperatura di fusione della scoria; tuttavia è uno dei primi composti che fumigano. Per questo motivo, in caso di una interruzione dell'attività del CDF per un periodo maggiore di 16 ore, è necessario spillare tutta la scoria presente; in caso contrario tutto il piombo fumiga e il punto di fusione della scoria aumenta con conseguente formazione di incrostazioni superficiali.



	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 38 di 49

Le incrostazioni di superficie sono minimizzate quando c'è un certo rapporto tra ossidi acidi e basici. Il silicio e lo stagno formano ossidi acidi mentre il piombo, il ferro e lo zinco formano ossidi basici. Dai diagrammi di fase si vede che i silicati di-basici hanno i più bassi punti di fusione, che si riflettono in una ottima formula di flussanti per la scoria. Come detto, se la scoria non è regolarmente spillata dal CDF, l'ossido di piombo tende a fumigare per primo. Il risultato è che il rapporto acidi/basi tende a crescere e la scoria diventa più viscosa. La soluzione migliore per limitare le condizioni di formazione di incrostazioni, è aggiungere ossido di piombo nel bagno del CDF.

$$\frac{\% \text{SiO}_2 + \frac{1}{2} \% \text{Sn}}{\frac{1}{4} \% \text{Pb} + \% \text{Fe} + \% \text{Zn}} = 0.55$$

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 39 di 49

16.APPENDICE 5: LIVELLI DEL PIOMBO E QUOTA DI ESTRAZIONE DELLA METALLINA

Il livello di piombo nel CDF è regolato dal filo superiore del canale che collega il CDF alla Delivery pot.

Il livello teorico, quando fluisce il piombo, è 4735 cioè 10 mm sopra il filo del canale di cui sopra che è 4725. E' chiaro che quando non vi è flusso di piombo il livello si abbassa fino a raggiungere il filo del canale.

Il livello del piombo nella Circulation pot è a quota 4742. All'interno della pot è montata la pompa di circolazione il cui tubo di aspirazione è posizionato a 27 mm sotto il livello del piombo.


Lo spessore dello strato di metallina è controllato dalla differenza di quota tra il becco della metallina e il livello del bullion nella delivery pot. La quota del filo inferiore interno del becco, inteso pulito e nella posizione originale da progetto, è 4806.

La densità della metallina è $6,23 \text{ t/m}^3$ mentre la densità del bullion è $10,2 \text{ t/m}^3$. A causa della più bassa conducibilità termica della metallina è importante gestirne lo spessore dello strato. Se lo strato di metallina è troppo spesso, il bullion sotto alla metallina può diventare troppo freddo; se lo strato di metallina è troppo sottile il calore trasferito al piombo diventa eccessivo con conseguente raffreddamento della scoria. Dopo molti anni di esperienza, si può dire che lo spessore ottimo è 200 mm. Uno stramazzo di creta deve essere posizionato sopra il becco di spillamento della metallina, per facilitare gli spillamenti periodici. Tra uno spillamento e l'altro, lo spessore della metallina cresce, tuttavia, al termine dello spillamento lo spessore deve avere la dimensione ottima. Nel tempo la quota del becco di spillamento della metallina aumenta a causa dell'espansione della parete. È quindi importante verificare annualmente la quota di spillamento della metallina ed eventualmente aumentare il livello del bullion nel canale della Delivery pot; in questo modo si mantiene la differenza di quota necessaria per avere il corretto spessore dello strato di metallina.

Con le premesse di cui sopra è facile calcolare lo spessore di metallina nelle varie situazioni di variazione dei livelli del piombo e della metallina.

Condizione A

- non vi è flusso di piombo in uscita dal canale della Delivery pot, il livello del piombo è a quota 4725
- la metallina è stata spillata fino al livello inferiore del becco a quota 4806
- la distanza tra le due quote è 81 mm
- lo spessore della metallina risulta 207 mm

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 40 di 49

Condizione B


- vi è flusso di piombo e il livello del piombo è a quota 4735
- la metallina è stata spillata tutta e il livello è il medesimo della condizione precedente 4806
- la distanza tra le due quote è 71 mm
- lo spessore della metallina risulta 182 mm (questo è lo spessore minimo della metallina)

Condizione C

- non vi è flusso di piombo e il livello del piombo è a quota 4725
- la metallina, fermata dalla creta, è al massimo livello prima dello spillamento cioè a quota 4855
- la distanza tra le due quote è 130 mm
- lo spessore della metallina risulta 333 mm (questo è lo spessore massimo della metallina)

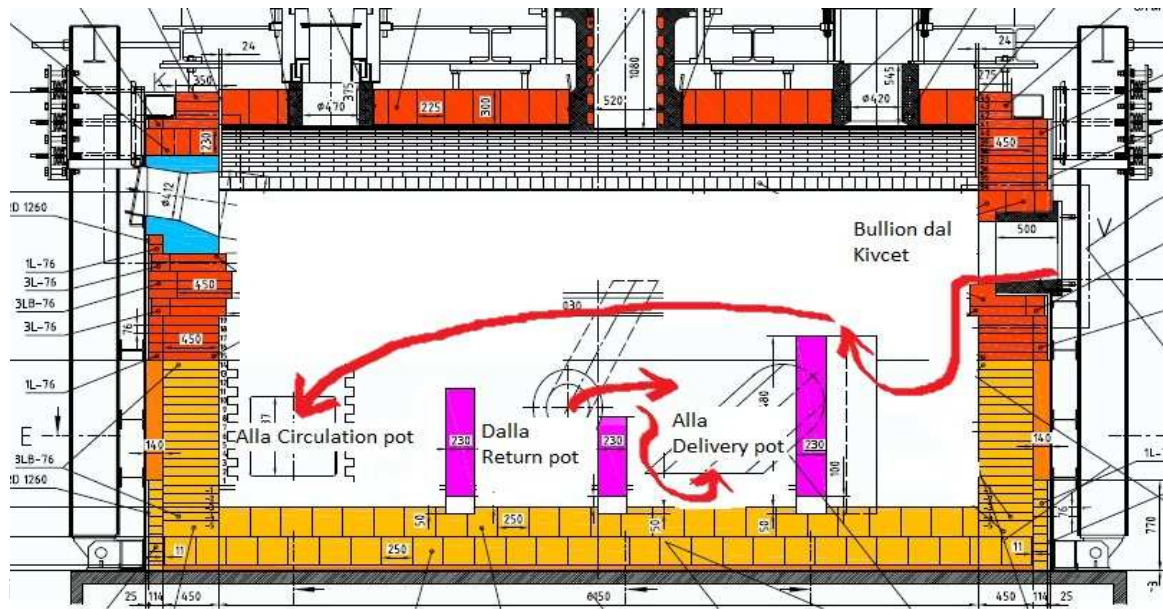
Nella realtà operativa i livelli avranno posizioni intermedie e così pure sarà lo spessore della metallina. Per ottenere lo spessore della metallina bisogna dividere la differenza di livello tra metallina e piombo per 0,39, sempre che i valori dei relativi pesi specifici siano quelli sopra riportati.

Tutti i livelli del CDF sono riportati sul disegno N° 25.

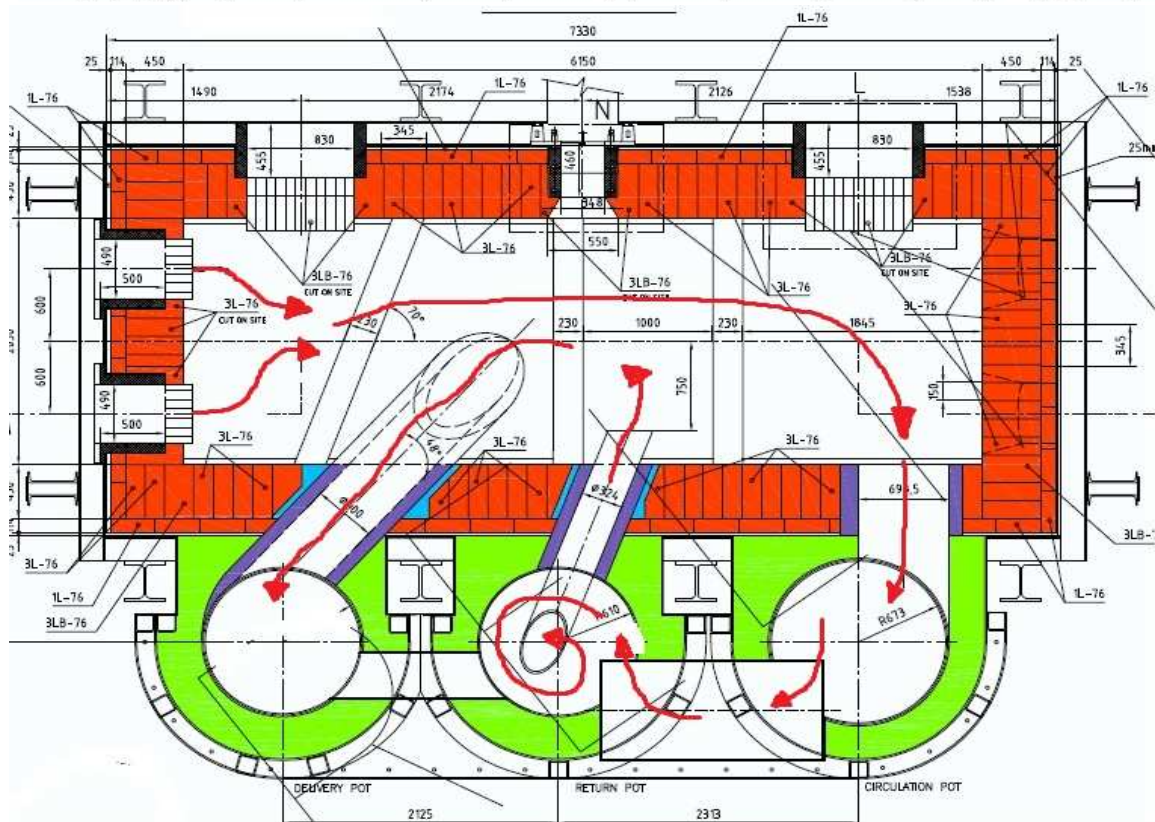
 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 41 di 49


17.APPENDICE 6: SCHEMA DI FLUSSO

Vista laterale



Vista



 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 42 di 49

18.APPENDICE 7: BILANCI


I bilanci di massa e di energia completi sono contenuti nell'apposita specifica. Sono qui riportati solo gli aspetti principali.

Scenario 2b Rev 02	Mass Balance of Elements in CDF															
	Lead				Copper			Sulfur			Cadmium			Tin		
Description		Conc %	Mass kg/hr	Dist %	Conc %	Mass kg/hr	Dist%	Conc %	Mass kg/hr	Dist%	Conc %	Mass kg/hr	Dist%	Conc %	Mass kg/hr	Dist%
Inputs	kg/hr															
KIVCET Bullion	9600	90.65	8702	100	4.36	418.6	100	0.60	57.6	50	0.011	1.06		0.22	21.12	
KIVCET Slag	33															
Sulfur Elemental	57.7							100	57.7	50						
	9691								115.3							
Outputs																
CDF Bullion	8826	95.9	8467	97.3	0.07	6.19	1.48	0.046	4.0	3.5				0.05	4.52	21
CDF Matte	723	22.9	165	1.90	55	397.3	95	14.5	104.6	90.7				0.33	2.37	11
CDF Slag	90.5	38.4	34.8	0.40	16	14.65	3.5	2.9	2.7	2.3				10.33	9.36	44
CDF Fume	67.6	51.5	34.8	0.40	0.6	0.419	0.10	6.0	4.03	3.5				7.22	4.88	23
	9707		8413			419	100		115.3			1.06			21.12	100

- I valori blu derivano dai bilanci di VNIltsvetmet; i valori rossi derivano da esperienza operativa del CDF
- Il bullion del Kivcet e le analisi derivano dai bilanci del forno Kivcet di VNIltsvetmet
- I valori delle altre colonne derivano dalle differenze
- Le scorie del kivcet contengono 6 kg di ossigeno. La scoria è una fase separata che è trascinata dal bullion del Kivcet durante lo spillamento
- La distribuzione degli elementi nel bullion, nella metallina, nella scoria e nei fumi derivano da distribuzione storica dai dati di input
- Il peso del bullion del CDF, della metallina, dei gas e della scoria si basano sui pesi totali degli elementi
- La massa della colonna "altro" è stata distribuita in base al rapporto della massa delle uscite dal CDF
- L'ossigeno è calcolato dalla somma degli ossigeni delle fasi ossidate
- Il dettaglio del bilancio di massa della metallina è trattato nella sezione metallina del bilancio di calore
- Il rame nella metallina si basa sul 95% di distribuzione dell'ingresso di rame nella metallina


- (3,79)

[illegible]

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 44 di 49

- Il volume dell'ossigeno è incluso nel volume del carbonio e dell'idrogeno come CO₂ e H₂O
- Per il GPL si considera C₄H₁₀ 75% e C₃H₈ 25%. La reazione con ossigeno considerata è $C_3.75 H_9.5 + 6.125 O_2 \Rightarrow 3.75 CO_2 + 4.75 H_2O$

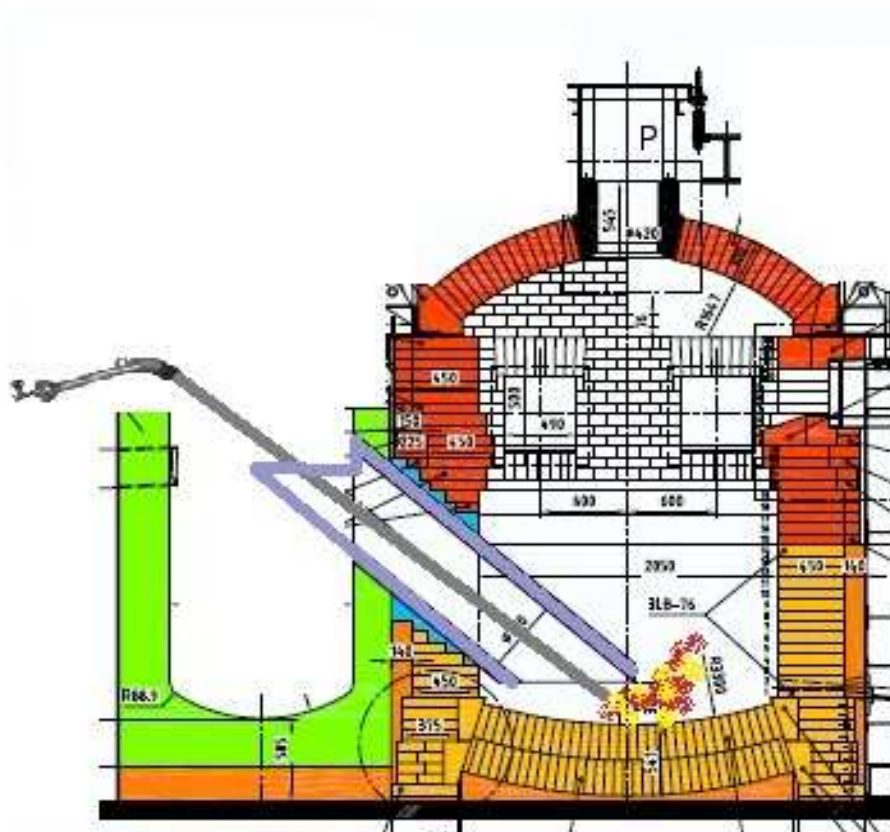
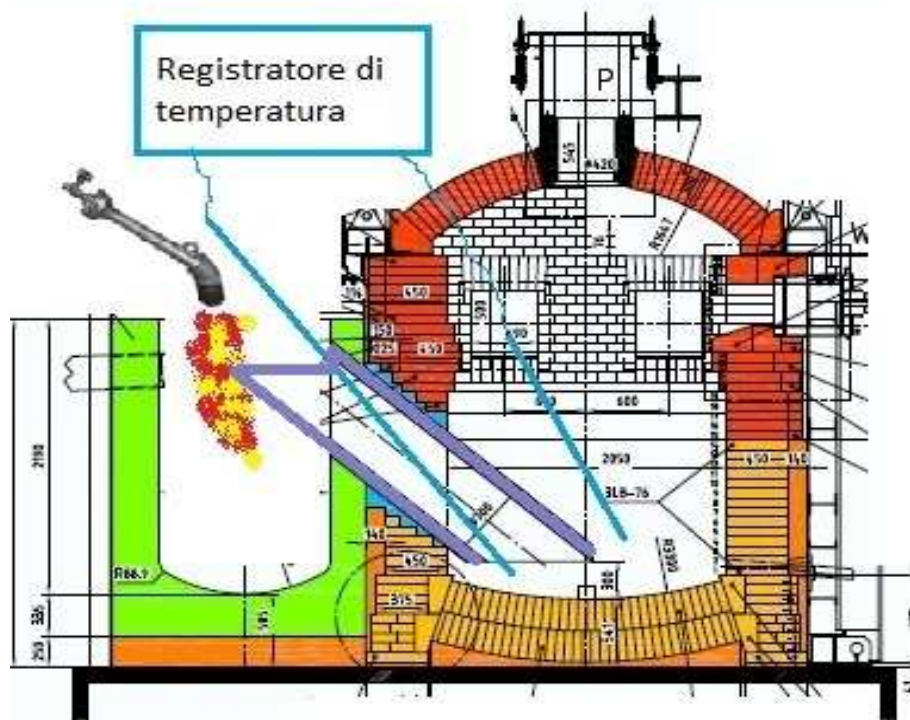
Tutti i calcoli dei bilanci di massa e di energia sono disponibili su foglio excel. I bilanci di energia si basano su noti dati termodinamici. Nel bilancio di energia si assume che tutte le reazioni avvengano a 298 K. Il calore sensibile dei reagenti che sono a temperature più alte è considerato un ingresso di energia; il calore sensibile dei prodotti che sono a temperature più alte è considerato un'uscita di energia. Il circuito di raffreddamento del piombo è esterno al CDF e consiste in una pot con un serpentino alimentato con acqua di raffreddamento. Questo circuito è necessario per assicurare un significativo gradiente di temperature nel piombo sotto lo strato di metallina. Questo permette alla metallina di separarsi dal Piombo. Dall'esperienza il circuito di raffreddamento esterno deve sottrarre 251 Mcal/h per mantenere la necessaria temperature nella parte bassa del bagno. Tale quantità di calore è da rimuovere assumendo il contenuto di calore della metallina pari a 47 Mcal/h: quando il contenuto di rame aumenta, il contenuto di calore della metallina aumenta; la quantità di calore sottratta con il circuito di raffreddamento deve aumentare della stessa quota. Il calore del GPL è aggiunto fino a quando l'ingresso e l'uscita di calore sono bilanciati. È importante notare che, a causa della poca efficienza di riscaldamento del CDF, il 92% del calore del GPL lascia il forno con i gas di scarico.

 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 45 di 49


Scenario 2b rev 02 Process stream	Overall Heat Balance of CDF					
	Temperature	Flow Rate		Heat of Reaction	Sensible Heat	Total
	Deg Celsius	Mass kg/hr	Volume Nm3/hr	DHr°298 Mcal/hr *	DHs Mcal/hr	
Inputs						
KIVCET Bullion	950 C	9598		0	418.8	
KIVCET Slag entrained	950 C	33.03		-46.48	5.16	
Elemental Sulfur	140 C	57.67		0	1.96	
LPG Combustion	25 C		120	3000	0	
Combustion Air	25 C		3496	0	0	
Ingress Air	25 C		1000	0	0	
Total				2954	426	3379
Outputs						
CDF Bullion	390 C	8826		0	166	
CDF Matte	800 C	723.1		-68.17	73.88	
CDF Slag	1350 C	90.3		-61.0	18.19	
CDF Fume	1400 C	67.0		-44.0	15.37	
CDF Off Gas	1400 C		4782		2757	
Furnace Losses					250	
External Water cooling.					273	
Total				-173.2	3553	3380



19.APPENDICE 8: BRUCIATORI AUSILIARI PER IL PRE RISCALDAMENTO

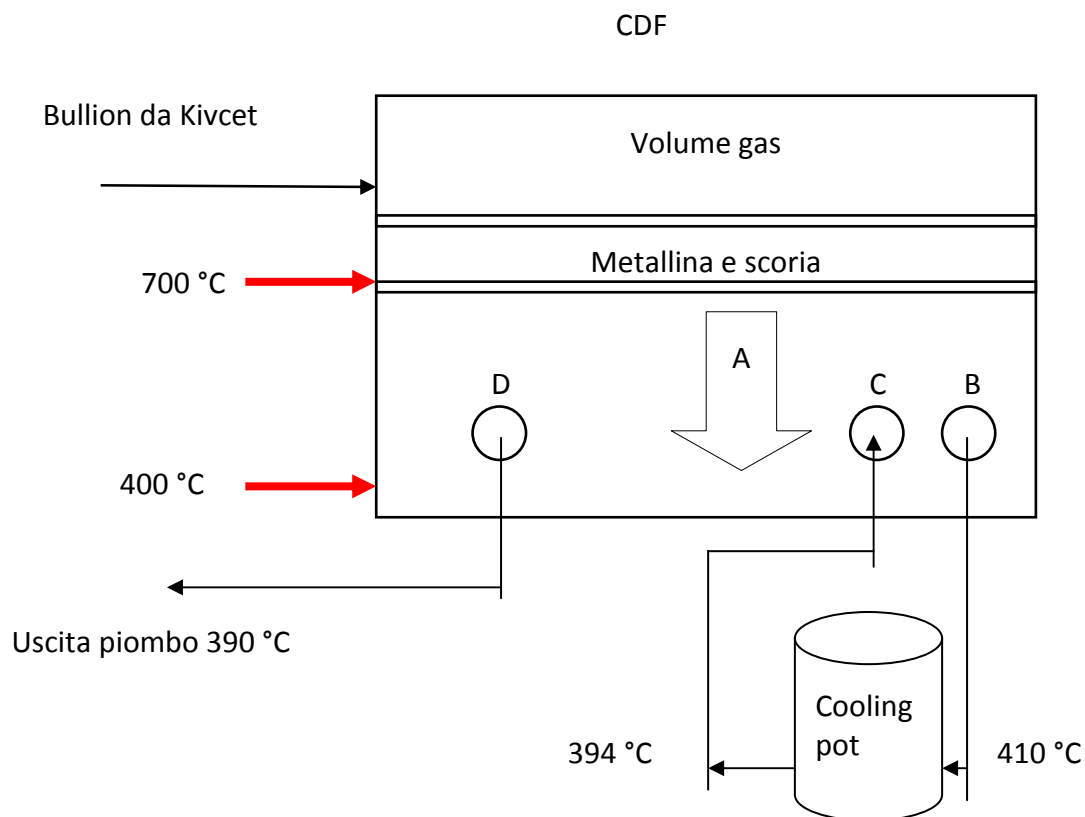


La disposizione dei bruciatori provvisori di riscaldamento e delle termocoppie è valida anche per le Circulation e Delivery pots.

 FORNI ENGINEERING	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 47 di 49

20.APPENDICE 9: REQUISITI DEL CIRCUITO DI RAFFREDDAMENTO

Il CDF è caratterizzato da un vigoroso sistema di raffreddamento del fondo del forno. Tale sistema determina la formazione di un ripido gradiente di temperatura nel bagno fuso: da circa 700 °C del piombo al livello della metallina, fino ai 400 °C del piombo sul fondo del forno. La temperatura dei gas è di circa 1.400 °C; la temperatura della scoria è di circa 1.350 °C; la temperatura della metallina è di circa 800 °C.




A - flusso di calore verso il basso del forno; il calore è rimosso nella Cooling pot esterna al CDF

B - uscita piombo dal CDF verso la Circulation pot

C - ingresso del piombo nel CDF dalla Return pot dopo l'aggiunta di zolfo

D - uscita dal piombo dalla Delivery pot

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 48 di 49

21.APPENDICE 10 : TARATURA MOLLE

Il forno CDF è dotato di più serie di molle aventi differenti funzioni:

- molle a filo aventi la funzione di supporto dei 3 telai posizionati sulla volta in refrattario ovvero: il dosaggio fondenti, l'uscita gas e il bruciatore.


A queste molle viene data una precarica che permette di contrastare il peso delle apparecchiature che gravitano sopra i rispettivi telai.

- molle a tazza aventi la funzione di compressione dei mattoni della volta al fine di eliminare le fessure e quindi i passaggi d'aria. Queste molle vengono precaricate in modo da serrare la volta già prima del preriscaldamento.

Durante il preriscaldamento, e quindi durante la marcia normale, le molle vanno controllate periodicamente per impedire che siano superati i limiti di compressione suggeriti dal fornitore. Quando ci si avvicina alla compressione massima il piatto di contrasto va allontanato in modo da ricondurre condizioni operative delle molle entro limiti accettabili e non mandarle in compressione totale danneggiandole.

Elenco molle installate sul forno CDF:

- N° 4 molle per telaio di supporto giacca di rame del dosaggio fondenti
 - Tipo 9 – 4028 – 11 : molla a filo rettangolare
 - spinta ogni millimetro di compressione 7kg,
 - $L_0 = 178\text{mm}$
 - $\Delta L \text{ precarico} = 25\% = 133\text{mm}$ (spinta 312Kg x4)
 - $L_{\text{max compressa}} = 40\% = 107\text{mm}$ (spinta 500Kg x4)
 - Carico applicato della giacca, supporto e varie 1200kg
- N° 4 molle per telaio di supporto giacca di rame bruciatore
 - Tipo 9 – 4028 – 11 : molla a filo rettangolare
 - spinta ogni millimetro di compressione 7kg,
 - $L_0 = 178\text{mm}$
 - $\Delta L \text{ precarico} = 25\% = 133\text{mm}$ (spinta 312Kg x4)
 - $L_{\text{max compressa}} = 40\% = 107\text{mm}$ (spinta 500Kg x4)
 - Carico applicato della giacca, supporto e varie 1500kg

	KSS - progetto di revamping	N. Documento 14
	CDF – manuale di processo e operativo	Pagina 49 di 49

- N° 4 molle per giacche di rame uscita gas
 - Dettaglio pos. 38 dwg AMEC n° K739-M-0504 : molla a filo dia 19.1 mm
 - spinta ogni millimetro di compressione 9.5kg,
 - $L_0 = 489\text{mm}$
 - ΔL precarico = 35% = 170mm (spinta 1620Kg x4)
 - $L_{\text{max compressa}} = 55\% = 276\text{mm}$ (spinta 2700Kg x4)
 - Carico applicato delle giacche, refrattario, dispositivo ingresso aria falsa 6500kg
- N° 4 gruppi ognuno con 3 pacchi da 10 molle (totale 120) per dispositivi di compressione volta in refrattario
 - Dettaglio pos. 8 dwg AMEC n°K739-M-0502 rev. 1 : molle a tazza tipo 021/100
 - Dia. est. 150, Dia int. 61, sp. 5
 - $L_0 = 10 \times 10,3 = 103\text{mm}$
 - ΔL precarico: al 25 % 13,25 mm
 - massima compressione 75% = 63,25 mm (spinta corrispondente per ogni pacco molle 3104 Kg)

Sul disegno N° 45 è riportato il diagramma di compressione delle molle a tazza con le spinte e le relative corse.