linco baxo

refractories expertise, together

linco baxo group of companies

Linco Baxo Industrie Refrattari

Materiali refrattari e isolanti dal 1949

MANUALE TECNICO DI CANTIERE

Nozioni fondamentali · Stoccaggio · Movimentazione · Posa · Maturazione · Essiccazione · Ispezione

Numero 6 – Rev. luglio 2026

LINCO BAXO Group of Companies
Via C. Boncompagni 51/8 – 20139 Milano, Italia
Tel. +39 02 5520041 – info@lincobaxo.com – www.lincobaxo.com

Il presente manuale deve essere consultato unitamente alle relative schede tecniche e schede di sicurezza dei prodotti

Controllo del documento

Il presente manuale è pubblicato e aggiornato **dall'Ufficio Tecnico di Linco Baxo**. Si tratta di un documento controllato. La versione elettronica conservata da Linco Baxo costituisce la copia originale; le copie stampate o inoltrate non sono controllate e devono essere verificate rispetto all'ultima edizione prima dell'uso.

Cronologia delle revisioni

Edizione	Data	Sintesi delle modifiche	Redatto / approvato
6	Luglio 2026	Manuale Tecnico di Cantiere consolidato: sezioni riorganizzate, terminologia e tabelle armonizzate, aggiunta di linee guida sulla sicurezza, contenuti relativi all'essiccamento/riscaldo e all'ispezione, note e riferimenti incrociati standardizzati.	Reparto tecnico Linco Baxo

Avviso importante e dichiarazione di non responsabilità

Il presente manuale fornisce indicazioni generali relative allo stoccaggio, alla movimentazione, alla posa, alla maturazione, all'essiccamento e all'ispezione dei materiali refrattari Linco Baxo. Esso **non** sostituisce la Scheda Tecnica del prodotto, la Scheda di Sicurezza, le specifiche di progetto, i disegni approvati, le procedure di cantiere o le normative locali. Per applicazioni critiche, condizioni di esercizio insolite o qualsiasi deviazione dalle procedure qui descritte, è necessario consultare preventivamente il Dipartimento Tecnico di Linco Baxo e, ove richiesto, ottenere l'approvazione scritta.

Le prestazioni del prodotto dipendono dal corretto stoccaggio, dalla posa, dalla maturazione, dall'essiccazione, dal riscaldamento, dalle condizioni operative e dalla manutenzione. Le raccomandazioni di Linco Baxo si basano sulle informazioni disponibili al momento della pubblicazione e sulle prassi standard relative ai materiali refrattari. Laddove la posa, la maturazione, l'essiccazione o il funzionamento esulino dal controllo di Linco Baxo, Linco Baxo non può garantire le prestazioni del rivestimento durante l'esercizio.

COME CONSULTARE IL MANUALE

Tutti i lavori in cantiere devono essere conformi alle leggi locali, alle specifiche di progetto e alle procedure di sicurezza del cantiere.

Laddove un valore, un limite di temperatura, l'aggiunta di acqua o una curva di riscaldamento siano specifici del prodotto, fare sempre riferimento alla relativa Scheda Tecnica Linco Baxo.

Convenzioni utilizzate nel presente manuale

- **"deve"** – un requisito rigoroso di sicurezza, contrattuale o tecnico.
- **"dovrebbe"** – pratica consigliata.
- **"può"** – indicazione facoltativa o condizionata.
- **"non deve"** – una pratica vietata.
- **"Nota" / "Importante" / "Sicurezza"** – evidenziano rispettivamente informazioni, controlli chiave e aspetti relativi alla salute e alla sicurezza.

Nel presente manuale, i prodotti sono identificati in base alla loro **tipologia** anziché con il nome commerciale del marchio, salvo diversa indicazione specifica relativa a una particolare formulazione Linco Baxo. I marchi commerciali sono riportati nella Sezione 0.0.

Indice

Controllo del documento 2
Avviso importante e dichiarazione di non responsabilità 2
Indice 3
0.0 – Marchi e gruppi di prodotti 5
1.0 – Introduzione ai prodotti monolitici Linco Baxo 8
1.1 – Nozioni fondamentali sui calcestruzzi 11
1.2 – Nozioni fondamentali sui refrattari plastici 14
1.3 – Nozioni fondamentali sulle masse da pigiatura e sugli intonaci da riparazione 17
1.4 – Nozioni fondamentali sulle malte 20
1.5 – Stoccaggio – Calcestruzzi e malte secche 22
1.6 – Stoccaggio – Masse semiplastiche, plastici refrattari, malte umide, mastici e intonaci 24
1.7 – Durata di conservazione dei refrattari monolitici e materiali scaduti 26
1.8 – Calcestruzzi senza cemento (NCC) a cottura rapida 29
2.1 – Sistemi di ancoraggio (metallici e ceramici) 32
2.2 – Casseforme 35
2.3 – Pianificazione e precauzioni 36
2.4 – Attrezzature e personale 38
3.1 – Miscelazione dei calcestruzzi 40
3.2 – Getto dei calcestruzzi 42
3.3 – Gunitaggio dei calcestruzzi 45
3.4 – Applicazione a cazzuola 48
3.5 – Pompaggio 50
3.6 – Calcestruzzo proiettato 51
3.7 – Calcestruzzi autolivellanti 52
4.1 – Maturazione del calcestruzzo 53
4.2 – Essiccazione all’aria e ventilazione 55
5.1 – Condizioni di bassa temperatura (inferiori a 10 °C) 56
5.2 – Condizioni di alta temperatura (superiori a 32 °C) 58
6.1 – I giunti nei rivestimenti in calcestruzzo 59
7.1 – Principi di essiccazione e riscaldamento 60
7.2 – Ispezione del rivestimento 73
7.3 – Riparazioni 75
8.1 – Campionamento e prove 77
8.2 – Prove pre-installazione e di produzione 78
8.3 – Prove sul rivestimento installato 80
8.4 – Pre-formati 82
8.5 – Prove di laboratorio presso lo stabilimento di Levate (BG) 84
9.1 – Stoccaggio dei refrattari non deperibili 85

9.2 – Linee guida per la posa delle murature 86
9.3 – Linee guida per la posa di malte e miscele di rivestimenti protettivi 89
9.4 – Fibre ceramiche e prodotti associati 91
9.5 – Malte umide, colle e mastici 93
A – Appendice A – Ricerca e basi tecniche 95

0.0 – Marchi e gruppi di prodotti

Scopo

Questa sezione elenca i nomi dei marchi Linco Baxo e il gruppo di prodotti a cui ciascuno appartiene. I nomi dei marchi sono utilizzati in modo coerente in tutto il manuale e non devono essere rinominati. Laddove le indicazioni siano generiche, i prodotti sono identificati in base alla tipologia di materiale monolitico piuttosto che al marchio.

Linco – prodotti informi alluminosi

Marchio	Gruppo di prodotti
LICOFEST	Calcestruzzi refrattari densi / isolanti / tissotropici (LCC) / gunitaggio
LINAX	Calcestruzzi universali per riparazioni e gunitaggio
LICO-CLAY	Masse plastiche
LICOTON	Masse semiplastiche
LICODRY	Calcestruzzo refrattario senza cemento a legante chimico (FC)
LICOBLOCK	Sagomati speciali e blocchi preformati
MILBLOCK	Elementi prefabbricati
LB-FILL / LB-STICK	Mastici e adesivi
LICOGLUE	Collante per fibra ceramica
BLAKPOL	Malte secche e pronte all'uso
KWG 311	Cemento antiacido
LB MUL COAT	Intonaco protettivo per fibre ceramiche
LB DUR COATING	Indurente per fibre ceramiche

Baxo – prodotti informi alluminosi

Marchio	Gruppo di prodotti
BAXOCAST	Calcestruzzo refrattario e isolante
BAXOLINE	Calcestruzzo / auto colabile / per riparazione / specifico per alluminio
BAXOPLAST	Masse plastiche da gunitaggio e da getto
BAXOVIBRO	Calcestruzzi tissotropici (LCC – ULCC – NCC)
BAXOGUN	Masse plastiche da gunitaggio e da getto
BAXOFIX / BAXOMIX	Calcestruzzi universali per riparazioni e gunitaggio
BAXOPOL	Cemento plastico pronto all'uso
BAXOCOAT	Intonaco protettivo

Sirma – prodotti informi alluminosi

Marchio	Gruppo di prodotti
SIRCAST	Calcestruzzo refrattario tradizionale
SIRBRATE	Calcestruzzo refrattario a basso tenore di cemento
SIRCHEM	Calcestruzzo refrattario senza cemento
SIRFLOW	Calcestruzzo autolivellante

Marchio	Gruppo di prodotti
PROMOCAST / SIRGUN	Calcestruzzo a medio tenore di cemento
PROMOGUN	Calcestruzzo da gunitare
PROGUN	Calcestruzzo da gunitare a basso tenore di cemento
SIRPLAST	Plastici refrattari
SIRCOL	Cemento pronto uso
SIRQUICK	Calcestruzzi a basso tenore di cemento vibrabili

Kero – Prodotti informi alluminosi e basici

Marchio	Gruppo di prodotti
COLLIGAN	Cemento pronto all'uso
KEROBOND	Malta secca
KEROCAST	Calcestruzzo refrattario
KEROVIB	Calcestruzzo tissotropico (LCC – ULCC – NCC)
KEROMIX	Calcestruzzi e plastici per riparazione
KEROFIX	Calcestruzzi e plastici per riparazione
KEROGUN	Calcestruzzo da gunitare
KEROPATCH	Intonaco refrattario
KERORAM	Massa da pestello
KEROFLOW	Calcestruzzo autolivellante
KEROLAN	Pigiata secca da pestellare
KEROCRETE	Calcestruzzo senza cemento a legante chimico

Maref & Sirma – sagomati speciali

Marchio	Gruppo di prodotti
MAREF + codice di produzione	Mattoni e sagomati speciali refrattari alluminosi e silico alluminosi
ISOM / ALPOR + codice di produzione	Mattoni e sagomati speciali isolanti leggeri
KERA + codice di produzione	Mattoni e sagomati speciali per l'industria ceramica
MAREF + codice di produzione	Prodotti speciali per l'industria del vetro
SIRMA 95AT / 99AT	Mattoni ad alto contenuto di allumina per impieghi gravosi
CARBO + codice di produzione	Mattoni e sagomati speciali in carburo di silicio

Tecref – refrattari prefabbricati

Marchio	Gruppo di prodotti
REF-AL	Refrattari prefabbricati a base di allumina
REF-MUL	Refrattari prefabbricati a base di mullite
REF-COR	Refrattari prefabbricati a base di corindone
REF-ZIRCON	Refrattari prefabbricati a base di zirconio

> **NOTA**
> I nomi dei marchi sono riportati qui solo a titolo di riferimento. La classe, le proprietà e i limiti applicabili a un determinato prodotto sono definiti nella relativa **scheda tecnica**. L'elenco completo e aggiornato dei marchi deve essere confermato con l'Ufficio Tecnico di Linco Baxo prima della pubblicazione.

1.0 – Introduzione ai prodotti monolitici Linco Baxo

Scopo e campo di applicazione

Questa sezione presenta i materiali monolitici Linco Baxo, le modalità di classificazione e le convenzioni utilizzate nel presente manuale. Si applica all'intera gamma di prodotti refrattari e isolanti non sagomati (monolitici).

Informazioni su Linco Baxo

Linco Baxo Industrie Refrattari S.p.A. è un produttore e fornitore italiano di refrattari, facente parte del Gruppo Linco Baxo e attiva **dal 1949**. Il Gruppo dispone di capacità produttive integrate in Italia, che storicamente comprendono malte refrattarie, prodotti plastici, masse da pestello e altri prodotti monolitici (stabilimento di Levate), mattoni e sagomati speciali refrattari (stabilimento di Bondeno / Borgatti) e prodotti sagomati speciali refrattari su misura e prodotti speciali (stabilimento di Bondeno / Zerbinate).

Linco Baxo fornisce materiali refrattari e isolanti per applicazioni industriali ad alta temperatura, tra cui il settore siderurgico, del vetro, petrolchimico, delle fonderie, delle biomasse, dell'incenerimento, del cemento, della ceramica e dei processi termici in generale, oltre che per i forni di riscaldo.

- Know-how e tradizione produttiva italiana nel settore dei refrattari.
- Capacità produttiva integrata nel settore dei refrattari.
- Assistenza tecnica dalla scelta dei materiali fino alla posa e alla messa in funzione.
- Soluzioni refrattarie su misura per il cliente e un controllo di qualità affidabile.
- Assistenza pratica in cantiere e consulenza applicativa.

I prodotti monolitici Linco Baxo sono realizzati con materie prime accuratamente selezionate e miscelate in modo omogeneo. Un principio fondamentale della politica di produzione è **l'esclusione di aggregati riciclati, esauriti o contaminati** da qualsiasi formulazione, salvo diversa indicazione formale e approvazione, in modo che i prodotti siano privi di sostanze inquinanti. Il monitoraggio continuo e il controllo di qualità vengono applicati dalla selezione delle materie prime fino ai test finali, mentre un programma di ricerca e sviluppo supporta sia le formulazioni esistenti che le soluzioni personalizzate.

Materiali e metodi di posa

Linco Baxo produce monolitici refrattari e isolanti contenenti allumina, alluminosilicati, carburo di silicio, zirconio, magnesite, cromite e materiali grafitici, insieme ad altri aggregati refrattari e leganti. A seconda del tipo di prodotto, questi possono essere installati mediante getto, colaggio, vibrazione, applicazione a cazzuola/spatola, gunitaggio, pompaggio, calcestruzzo proiettato.

Classificazione dei prodotti monolitici

I refrattari monolitici sono composti da aggregati e leganti, con l'aggiunta di additivi ove necessario. Sono generalmente classificati in base a:

- **Tipo di legante**: idraulico, chimico, ceramico o a sol-gel.
- **Stato alla consegna** – a secco, premiscelato, pre-inumidito, bicomponente o pronto all'uso.
- **Metodo di posa** – getto, calcestruzzo per gunitaggio, calcestruzzo proiettato, plastico, con pestello, malta, intonaco per riparazioni o rivestimenti protettivi

Questa classificazione strutturata consente una selezione precisa del prodotto, adattata alle condizioni operative e ai requisiti di posa. Di seguito sono riassunti i principali tipi di prodotti monolitici e le corrispondenti marche Linco Baxo.

In base al metodo di posa e al tipo di legante, le principali famiglie di prodotti monolitici possono essere riassunte come segue:

Tipo	Posa tipica	Tipo di presa
Calcestruzzi	Getto / vibrazione / con aste o bacchette di costipamento	Idraulica, colloidale o chimica
Calcestruzzi autolivellanti	Getto	Chimica o idraulica
Calcestruzzi gunitabili	Spruzzatura pneumatica	Chimica o idraulica
Calcestruzzi pompabili	Pompaggio	Idraulici o chimici (come per i materiali da getto)
Calcestruzzi proiettabili	Spruzzatura pneumatica	Chimica o idraulica
Masse secche	Compattazione manuale o pneumatica	Idraulica, chimica o ceramica
Refrattari plastici (modellabili)	Compattazione manuale o pneumatica	Legante plastico a base di argilla
Cementi secchi vibrabili	Vibrazione a secco	Legante ceramico durante il riscaldamento
Malte	Posa di mattoni	A presa idraulica o all'aria
Cemento per riparazione	A pennello, a spatola o a spruzzo	A presa idraulica o chimica

Calcestruzzi	Marchi Linco Baxo
Calcestruzzi standard, densi e isolanti	LICOFEST, BAXOCAST, SIRCAST, KEROCAST, BAXOLINE, SIRLITE
Calcestruzzi plastici	BAXOPLAST
Calcestruzzi a basso contenuto di cemento (LCC) e a bassissimo contenuto di cemento (ULCC)	LICOFEST PL, BAXOVIBRO, SIRBRATE, PROMOCAST, KEROVIB, SIRQUICK
Calcestruzzi senza cemento (NCC)	LICODRY (FC), KEROCRETE, KEROSEAL
Calcestruzzi da gunitare	LICOFEST TR & G, BAXOGUN, SIRGUN, PROMOGUN, PROGUN, KEROGUN
Calcestruzzi per manutenzione e riparazione	LINAX, BAXOFIX, BAXOMIX, KEROMIX, KEROFIX
Plastici refrattari	LICO-CLAY, SIRPLAST
Masse e cementi secchi	LICOTON, KERORAM
Masse secche	KEROLAN
Malte secche e umide	MALTE LICOTON, BAXOPOL, SIRCOL, COLLIGAN, BLAKPOL, KEROBOND
Intonaci, colle, mastici, stucchi e ritocchi	BAXOCOAT, LB MUL COAT, LB-FILL, LB DUR COATING, LICOGLUE, KWG 311, KEROPATCH

Classificazione dei calcestruzzi in base alla densità

Oltre al tipo di legante e al metodo di posa, Linco Baxo classifica i getti in base **alla densità apparente dopo l'essiccazione in forno a 105 °C**, misurata su provini standard.

Tipo di calcestruzzo	Densità dopo essiccazione in forno a 105 °C
Molto leggero	Meno di 720 kg/m³
Leggero	720–1200 kg/m³
Peso medio	1200–1840 kg/m³
Denso	Oltre 1840 kg/m³

> **NOTA**
> Per garantire chiarezza e coerenza nelle indicazioni, le sezioni seguenti fanno riferimento ai prodotti in base al tipo calcestruzzo piuttosto che al marchio, a meno che non si applichino istruzioni specifiche relative a una particolare formulazione di Linco Baxo.

Quando contattare Linco Baxo

Consultare l'Ufficio Tecnico di Linco Baxo per la scelta dei materiali, per qualsiasi applicazione non trattata in modo esaustivo nel presente manuale e prima di discostarsi dalle procedure raccomandate. Si veda anche **la Sezione 2.3** (Pianificazione e precauzioni).

1.1 – Nozioni fondamentali sui calcestruzzi

Scopo

Questa sezione illustra i fondamenti dei calcestruzzi Linco Baxo: cosa sono, i tipi principali e le regole fondamentali che ne determinano le prestazioni. Le istruzioni dettagliate passo dopo passo sono riportate nella Sezione 3 (miscelazione, getto, gunitaggio, spatolatura) e nella Sezione 4 (maturazione, essiccazione all'aria). I marchi dei calcestruzzi sono elencati nella Sezione 0.0.

Campo di applicazione

Si applica a tutti i calcestruzzi densi e isolanti Linco Baxo forniti sotto forma di polveri secche per la posa tramite getto, colaggio, vibrazione, inserimento con aste o bastoni e per gunitaggio.

Tipi di calcestruzzi

I calcestruzzi sono miscele refrattarie o isolanti di inerti con un legante che vengono miscelate con acqua in cantiere e sviluppano resistenza grazie a un legame idraulico (o, per alcune qualità, chimico/colloidale). Le principali famiglie si differenziano principalmente per il contenuto di cemento (legante):

Classe (in base al contenuto di cemento)	CaO apportato dal cemento su base calcinata[1] secondo ASTM C 401	Caratteristiche tipiche
Calcestruzzo convenzionale / normale (CC)	> 2,5 %	Maggiore contenuto di cemento idraulico; miscelato con più acqua. Robusto e facile da posare; maggiore porosità dopo l'essiccazione.
Calcestruzzo a basso contenuto di cemento (LCC)	1,0 – 2,5 %	Cemento e acqua ridotti; matrice ottimizzata con riempitivi fini. Maggiore densità e resistenza; finestra idrica più ristretta.
Calcestruzzo a bassissimo contenuto di cemento (ULCC)	0,2 – 1,0 %	Come LCC, ma ulteriormente ridotto. Massima densità e resistenza; molto sensibile all'aggiunta di acqua e all'essiccamento.
Calcestruzzo senza cemento (NCC)	≤ 0,2 %	Assenza di cemento di alluminato di calcio; legante alternativo (ad es. silice colloidale / sol o allumina idratabile). Per gli addetti ai lavori attenersi scrupolosamente alle schede tecniche. (vedere la Sezione 1.8 per la gamma LICODRY (FC)

[1] Fasce secondo ASTM C401. La norma ISO 1927-1 riconosce inoltre una qualità a medio contenuto di cemento (MCC) (> 2,5 % CaO, deflocculato).

I calcestruzzi vengono ulteriormente classificati in base al **comportamento di posa** (autolivellanti, vibrabili, pompabili / gunitabili) e **alla densità** (densi vs. isolanti / leggeri). Queste proprietà sono indipendenti dal contenuto di cemento: ad esempio, un prodotto può essere un calcestruzzo autolivellante a bassissimo contenuto di cemento. I due estremi in termini di posa e densità sono:

- **Autolivellante**– scorre e si disaerifica con vibrazioni minime o nulle. L'intervallo di consistenza è ristretto: controllare attentamente l'acqua.

- **Isolante / leggero** – aggregati porosi o leggeri per una bassa conduttività. Resistenza inferiore; posare delicatamente per proteggere i granuli.

Requisiti fondamentali (regole d'oro)

- **Utilizzare sacchi interi.** Versare l'intero contenuto del sacco nella betoniera per evitare la eventuale segregazione avvenuta durante il trasporto. Se è necessaria solo una parte di un sacco, mescolare accuratamente a secco l'intero sacco prima di prelevare la quantità richiesta.
- **Conservare correttamente.** I calcestruzzi a presa idraulica assorbono l'umidità atmosferica, il che accorcia il tempo di presa e riduce la resistenza. Tenere i sacchi sigillati, all'asciutto e sollevati da terra, e utilizzarli entro la data di scadenza secondo il principio "primo entrato, primo uscito".
- **Mantenere tutto pulito.** Miscelatori, attrezzi e acqua devono essere privi di materiale indurito e in particolare di cemento Portland, che accorcia il tempo di presa e riduce la resistenza.
- **Preparare la superficie.** La muratura esistente deve essere priva di particelle friabili e accuratamente inumidita. La cassaforma deve essere impermeabile all'umidità e trattata con un agente distaccante.
- **Utilizzare la betoniera adeguata.** Per i calcestruzzi densi: una betoniera a pale; per i calcestruzzi leggeri/isolanti: una betoniera a tamburo. La miscelazione manuale non garantisce un impasto omogeneo e non è raccomandata.
- **Utilizzare acqua pulita.** Utilizzare esclusivamente acqua pulita, potabile e a bassa acidità. Evitare l'acqua contenente solfati, che compromette la resistenza e la struttura. Vedere la Sezione 3.1 per la qualità dell'acqua raccomandata.
- **Controllare l'acqua.** Aggiungere acqua entro i limiti indicati nella Scheda Tecnica. L'eccesso d'acqua è la causa principale delle prestazioni insoddisfacenti.
- **Controllare la temperatura.** Sia la temperatura ambiente che quella del materiale influenzano la presa. Cercare di mantenere la temperatura compresa tra circa 5 e 30 °C, con il materiale e l'acqua adeguatamente condizionati. In condizioni di freddo, utilizzare acqua tiepida (non calda) per raggiungere la temperatura di miscelazione desiderata e non gettare mai il composto su un sottofondo ghiacciato; in condizioni di caldo, utilizzare acqua raffreddata per prolungare il tempo di lavorabilità.
- **Prestare attenzione al tempo di lavorabilità.** Tra l'aggiunta dell'acqua e la presa iniziale esiste un intervallo di tempo limitato entro il quale devono essere completate la posa e la compattazione. Il tempo di lavorabilità si riduce in condizioni di caldo e con miscele a basso tenore di cemento: pianificare le dimensioni dei batch di conseguenza.

PERCHÉ È IMPORTANTE IL CONTROLLO DELL'ACQUA

Un eccesso di acqua di impasto riduce la densità e la resistenza, aumenta la porosità e accresce il rischio di sfaldamento esplosivo durante l'essiccazione.

L'aggiunta d'acqua indicata nella scheda tecnica è un valore di riferimento ottenuto in condizioni di laboratorio; può essere regolata in loco, ma non deve essere superata per i calcestruzzi da getto ad alta densità.

Verifica della lavorabilità – prova della "palla in mano"

Per i calcestruzzi ad alta densità, aggiungere acqua a sufficienza affinché la miscela mantenga la forma di una pallina quando viene fatta rimbalzare delicatamente nel palmo della mano:

- Se la pallina mantiene la sua forma, la consistenza è corretta.
- Se si sbriciola, la miscela è troppo secca.
- Se scivola tra le dita, la miscela è troppo umida.

Una palla calibrata correttamente luccica leggermente, senza un trasferimento apprezzabile di acqua e cemento sul palmo della mano. La prova è descritta in modo più dettagliato nella Sezione 3.1.

Per le classi a basso contenuto di cemento, a bassissimo contenuto di cemento e autolivellanti, la prova della pallina in mano non è applicabile: queste miscele sono calibrate per raggiungere un valore di fluidità o di fluidità da vibrazione target all'interno di un intervallo di acqua molto ristretto. Seguire le istruzioni del TDS e la Sezione 3.1.

Compattazione, in breve

- **I calcestruzzi da getto ad alta densità** vengono compattati immediatamente con un vibratore (fino a circa Ø 50 mm, a seconda dello spessore della parete). Inserirlo rapidamente ed estrarlo lentamente per evitare la segregazione; tenersi lontani da ancoraggi e casseforme. Una volta iniziata la presa, non è più possibile effettuare una ricompattazione.
- **I calcestruzzi leggeri e medi** vengono gettati fino a raggiungere una consistenza plastica; le miscele di peso medio possono essere leggermente compattate con un'asta o un legno, se necessario. Evitare vibrazioni intense, che compattano gli aggregati morbidi e aumentano la densità.

Proteggere il rivestimento fresco

Durante la presa, parte dell'acqua di impasto viene consumata chimicamente; prevenire la perdita precoce di umidità coprendo le superfici esposte con teli di plastica, sacchi bagnati o coperte e mantenere la copertura per almeno 24 ore, anche dopo la rimozione della cassaforma. Proteggere il getto fresco dall'esposizione diretta al sole, dal vento forte e dal gelo. La maturazione completa e l'essiccazione all'aria sono trattate nelle Sezioni 4.1 e 4.2.

> **IMPORTANTE**
> Il tempo di presa deve essere regolato esclusivamente con agenti di presa o ritardanti approvati forniti da Linco Baxo. L'uso di **additivi non autorizzati può compromettere le prestazioni.**

Errori comuni da evitare

- Aggiunta di acqua in eccesso per migliorare la fluidità: riduce in modo permanente la resistenza.
- Utilizzo di un miscelatore a pale per i calcestruzzi isolanti (rompe i granuli morbidi e aumenta la densità).
- Miscelare sacchi parziali senza aver prima miscelato a secco l'intero sacco.
- Rimescolare o rinvenire il materiale che ha iniziato a indurirsi.
- Gettare a temperature inadeguate o su una superficie ghiacciata o non preparata.

Quando contattare Linco Baxo

Per la scelta del tipo di prodotto, la regolazione dell'acqua in cantiere, il controllo del tempo di presa o qualsiasi posa nuova o critica, nonché per programmi di riscaldamento personalizzati (vedere la Sezione 7.1).

Riferimenti incrociati

Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 3.2 Getto · Sezione 3.3 Gunitaggio · Sezione 3.5 Pompaggio · Sezione 3.6 Calcestruzzo Proiettato · Sezione 3.7 Calcestruzzi autolivellanti · Sezione 4.1 Maturazione · Sezione 4.2 Essiccazione all'aria · Sezione 7.1 Essiccazione e riscaldamento.

1.2 – Nozioni fondamentali sui refrattari plastici

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione tratta la preparazione, la posa e la finitura dei refrattari plastici Linco Baxo, con o senza casseri, nonché l'uso corretto del pestello pneumatico. I marchi dei plastici sono elencati nella Sezione 0.0.

Cosa sono i refrattari plastici

I materiali refrattari plastici sono costituiti da aggregati refrattari, argille speciali e leganti, forniti con una consistenza plastica pronta per la posa mediante pestellatura. A differenza dei calcestruzzi, la compattazione principale avviene durante la produzione; in cantiere, la costipazione serve principalmente a modellare e consolidare il materiale piuttosto che a compattarlo ex novo. Sono forniti in cartoni, avvolti in fogli di plastica, e possono essere posati con o senza casseri a seconda della geometria del rivestimento.

I plastici refrattari si distinguono principalmente in base al tipo di legante, che determina il modo in cui sviluppano la resistenza e le modalità di manipolazione:

Tipo di legante	Sviluppa resistenza tramite	Note sulla manipolazione
Termofissaggio (legante argilloso)	Legame ceramico alla prima cottura	Tempo di lavorabilità prolungato; la plasticità può essere ripristinata se il composto si indurisce (vedi sotto).
Presa all'aria / legame chimico (ad es. fosfato)	Indurimento all'esposizione all'aria o a bassa temperatura	Inizia a indurirsi una volta disimballato – posare tempestivamente e mantenere il materiale inutilizzato imballato. Attenersi alla scheda tecnica.

Conservazione e scadenza della vita del prodotto

I plastici refrattari vengono forniti umidi e, con il passare del tempo, si induriscono e perdono plasticità. Conservare sigillati e distesi in un luogo fresco e asciutto, al riparo dal gelo e dal calore diretto, e utilizzare entro la durata di conservazione secondo il principio "primo entrato, primo uscito". Tenere il materiale avvolto fino al momento immediatamente precedente l'uso.

Preparazione

Substrato

- Rimuovere tutta la polvere, le scorie, le incrostazioni e i detriti sciolti, quindi pulire accuratamente la superficie di lavoro.
- Verificare che gli ancoraggi siano del tipo corretto, posizionati correttamente e in buone condizioni prima di iniziare la posa (vedere la Sezione 2.1).
- Laddove specificato nella scheda tecnica, inumidire leggermente il sottofondo.

Materiale

- Disimballare il plastico. È possibile posare pezzi interi, spezzati o tagliati su misura per ottenere lo spessore di parete richiesto.
- Se il materiale si è seccato prima dell'uso, ripristinarne la plasticità come segue: disimballare il cartone; disporre il materiale su fogli di plastica; coprirlo con sacchetti bagnati o panni umidi; lasciare che il materiale recuperi gradualmente l'umidità.

IMPORTANTE

Non immergere il materiale in acqua né aggiungere acqua direttamente, salvo diversa indicazione specifica nella Scheda Tecnica. L'aggiunta di acqua o di altri materiali non autorizzati può compromettere la plasticità, l'adesione, la resistenza meccanica e la durata.

Riconfezionamento del materiale congelato

Se il materiale si è congelato nei cartoni, trasferirlo in un'area a una temperatura non inferiore a 15,5 °C (60 °F) e lasciarlo scongelare lentamente nell'arco di 2–3 giorni; lo scongelamento rapido produce una consistenza morbida e non uniforme. Mantenere intatto l'imballaggio protettivo durante lo scongelamento e disporre i blocchi in modo che l'aria calda possa circolare attorno ad essi. Il materiale è utilizzabile una volta completamente scongelato e dopo aver recuperato la sua lavorabilità originale.

IMPORTANTE

I plastici a legante chimico non possono essere ricondizionati una volta congelati e devono essere smaltiti.

Posa

- Posizionare le prime fette contro la superficie preparata e premerle a mano per ottenere l'adesione iniziale, quindi aumentare lo spessore con pezzi successivi, mantenendo una buona continuità tra di essi.
- Ove possibile, posare perpendicolarmente all'area di sollecitazione. Lo spessore di ogni strato compattato è determinato dallo spessore delle fette posate.
- Irruvidire ogni strato compattato prima di applicare quello successivo, per migliorare l'adesione ed evitare la laminazione tra gli strati.
- Installare utilizzando un martello manuale da circa 1–1,5 kg o un martello pneumatico. Il martello pneumatico deve essere dotato di una testa di costipazione larga e piatta, con un diametro di circa 20–50 mm.
- La testa di costipazione può essere in acciaio o in gomma dura; la sua forma e il suo diametro dipendono dal materiale applicato, dalla geometria del rivestimento e dall'esperienza dell'operatore. Per la maggior parte delle applicazioni si raccomanda l'uso di un costipatore da banco; un costipatore da pavimento può essere utilizzato dove lo spazio lo consente.
- Prestare attenzione al tempo di lavorazione: le miscele a presa all'aria iniziano a indurirsi una volta esposte all'aria – compattare e rifinire ogni area prima che si indurisca.

Ancoraggio

Le aree di superficie superiore a 1 m² devono essere fissate con ancoraggi adeguati; i lavori in quota e sulle volte richiedono una maggiore quantità di ancoraggi (vedere la Sezione 2.1).

Trattamento e finitura successivi

- Modellare i plastici tagliandoli o rifinendoli alle dimensioni richieste, quindi irruvidire la superficie con una tavola chiodata o uno strumento simile.
- **Fori di sfiato:** praticare dei fori con un perno d'acciaio (di circa 3 mm di diametro) a intervalli sfalsati di circa 150–200 mm, preferibilmente attraverso l'intero spessore della parete, inclinati verso l'alto di circa 30–45°, per migliorare l'essiccazione.
- **Controllo del ritiro:** intagliare la superficie con una tavola di circa 1 mm di spessore fino a circa un quarto dello spessore della parete. Le sezioni risultanti non devono superare all'incirca gli 800–900 mm. Nelle zone dei bruciatori, posizionare le intaccature trasversalmente alla sezione più sottile.
- Controllare la superficie finita per verificare l'assenza di crepe, cavità o aree scarsamente compattate.

Pestello pneumatico per materiali plastici



Un costipatore pneumatico è un utensile ad aria compressa utilizzato per posare e compattare materiali refrattari plastici all'interno di forni, caldaie, inceneritori, forni per il trattamento termico e apparecchiature simili. Genera colpi rapidi e ripetuti che riducono i vuoti e le sacche d'aria e migliorano la densità e la resistenza finali del rivestimento.

Prima dell'uso

1. Verificare che la pressione dell'aria sia conforme alle specifiche dell'attrezzatura, **normalmente compresa tra 5 e 7 bar,** salvo diversa indicazione.
2. Controllare lo stato dei tubi flessibili e dei raccordi pneumatici.
3. Indossare i dispositivi di protezione individuale (casco, occhiali di sicurezza, guanti, protezioni acustiche, scarpe antinfortunistiche).
4. Collegare il pestello alla rete di aria compressa.
5. Eseguire una prova a vuoto prima di iniziare la posa.

Costipazione e compattazione

- Iniziare dalle zone più profonde e procedere per strati, generalmente di 50–100 mm di spessore.
- Compattare ogni strato fino a ottenere una massa omogenea e compatta.
- Inclinare leggermente la testa del pestello (circa 45°, ove possibile) per evitare la stratificazione tra gli strati.
- Fare in modo che le aree battute si sovrappongano leggermente per evitare giunti deboli e riempire completamente gli spazi attorno agli ancoraggi e agli angoli.
- Non mantenere il pestello nella stessa posizione troppo a lungo, poiché ciò causa un'eccessiva densificazione locale e una compattazione non uniforme.

> **NOTA**
> Una corretta compattazione aumenta la densità e la resistenza meccanica, riduce la porosità, migliora l'adesione agli ancoraggi al substrato e prolunga la durata del rivestimento. I pestelli pneumatici e gli accessori possono essere forniti da Linco Baxo su richiesta.

Essiccazione e riscaldamento iniziale

Dopo la posa, seguire un programma controllato di essiccazione e riscaldamento in conformità con la Scheda Tecnica pertinente o le specifiche di progetto. Il riscaldamento controllato rimuove gradualmente l'umidità residua e sviluppa le proprietà del rivestimento in modo sicuro fino alla temperatura di esercizio. A differenza dei getti idraulici, i plastici refrattari non richiedono un periodo di maturazione a umido prima del riscaldamento. Vedere la Sezione 7.1.

> **SICUREZZA**
> Un riscaldamento troppo rapido può causare la formazione di vapore interno, fessurazioni, sfaldamenti o distacco del rivestimento. Gli utensili pneumatici rappresentano un rischio acustico: è obbligatorio l'uso di protezioni acustiche.

Quando contattare Linco Baxo

Per le curve di riscaldamento relative a installazioni specifiche o nuove, la progettazione di ancoraggi per grandi superfici e la fornitura di attrezzature per la posa.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.3 Miscele da compattazione · Sezione 2.1 Ancoraggi · Sezione 7.1 Essiccazione e riscaldamento.

1.3 – Nozioni fondamentali sulle masse da pigiatura e sugli intonaci da riparazione

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione tratta la preparazione e la posa delle pigiate e dei materiali di riparazione Linco Baxo, sia per i sistemi monocomponenti che per quelli bicomponenti. I marchi sono elencati nella Sezione 0.0.

Tipi di legante e fornitura

- **Le masse da pigiatura a legante ceramico (codice “K”)** vengono fornite pronte all’uso, alla giusta consistenza, in sacchi ermetici multistrato che mantengono efficace il legante.
- **Le masse da pigiatura a legante chimico (codice “CH”)** vengono fornite come sistema bicomponente: l’aggregato secco/semi umido in sacchi o secchi e il legante liquido in fusti o serbatoi.
- **Gli intonaci** possono essere monocomponenti o bicomponenti e possono essere applicati mediante costipamento o spatolatura, mentre le masse da pigiata vengono applicate esclusivamente mediante costipamento.

Preparazione della superficie

La muratura esistente deve essere priva di particelle non aderenti. In alcuni casi, prima della posa, la superficie viene trattata con un primer/legante liquido: attenersi alle istruzioni relative al prodotto.

Miscelazione e ricomposizione

Le miscele “K” pronte all’uso normalmente non richiedono alcuna preparazione. Se la miscela si è seccata eccessivamente a causa di un lungo stoccaggio, o qualora si utilizzi un sistema bicomponente, prepararla in un miscelatore a pale:

1. Miscelare la componente inerte da sola per circa 1–2 minuti.
2. Aggiungere circa due terzi del legante liquido specificato, quindi aggiungere il resto gradualmente durante la miscelazione fino a raggiungere la consistenza richiesta – normalmente entro 3–4 minuti.
3. Per una miscela “K” parzialmente secca, ripristinare la consistenza aggiungendo acqua tramite un ugello irroratore, seguendo le quantità e la procedura indicate da Linco Baxo.

IMPORTANTE

Non aggiungere acqua alle masse da pigiatura. È possibile aggiungere una quantità limitata di acqua (circa il 3–5%) solo alle riparazioni. Verificare sempre con l’Ufficio Tecnico di Linco Baxo il metodo di ricomposizione e la consistenza desiderata per le riparazioni.

Cassaforma

Posizionare la cassaforma in modo che la direzione di pestellatura sia verticale rispetto all’area sollecitata. A causa delle elevate forze in gioco durante la posa, la cassaforma deve essere solida e resistente all’abrasione all’interno, nonché trattata con un agente distaccante (ad es. petrolio greggio o cera) per facilitarne la rimozione ed evitare l’adesione. Vedere la Sezione 2.2.

Pigiatura

La pigiatura viene eseguita con pestelli pneumatici. La testa del pestello può essere in acciaio o gomma dura; la sua forma e il suo diametro dipendono dal materiale applicato, dalla geometria del rivestimento e dall’esperienza dell’operatore. Per la maggior parte delle applicazioni si raccomanda l’uso di un pestello da banco; un pestello da pavimento può essere utilizzato dove lo spazio lo consente. I dati operativi tipici sono:

Parametro	Valore tipico
Frequenza	circa 15 Hz a 6 bar
Corsa del pistone	150–180 mm
Forza d'impatto	2,5–4,5 m·kp (≈ 25–45 J)
Testa del battitore	base rettangolare di circa 70 × 20 mm, levigata a forma di cuneo

- Utilizzare un'asta del pistone angolare (triangolare o quadrata) per mantenere la testa del pestello in una direzione stabile; la testa a cuneo garantisce una migliore compattazione dello strato.
- Posare la massa da pigiatura dietro la cassaforma in strati di altezza non superiore a 50 mm e compattare accuratamente ogni strato.
- Irruvidire ogni strato compattato prima di applicare quello successivo, specialmente su superfici piane come i focolari.
- Laddove siano installati degli ancoraggi, prestare particolare attenzione all'adesione tra l'ancoraggio e il materiale.

NOTA

Non continuare ad aggiungere materiale durante la Pigiatura. Riempire e compattare completamente uno strato alla volta; il riempimento continuo durante la costipazione impedisce la formazione di una massa monolitica adeguata.

Rimozione della cassaforma e trattamento successivo

La cassaforma può essere rimossa immediatamente dopo la pigiatura, a condizione che l'unità pigiata non venga disturbata prima del riscaldamento.

Ricondizionamento del materiale congelato

Se il materiale si è congelato nella confezione, trasferirlo in un'area con una temperatura non inferiore a 15,5 °C (60 °F) e lasciarlo scongelare lentamente nell'arco di 2–3 giorni; lo scongelamento rapido produce una consistenza morbida e non uniforme. Mantenere intatto l'involucro protettivo durante lo scongelamento e disporre i blocchi in modo che l'aria calda possa circolare attorno ad essi. Il materiale è utilizzabile una volta completamente scongelato e dopo aver recuperato la sua lavorabilità originale.

IMPORTANTE

Le masse da pigiata e gli intonaci di riparazione a legante chimico non possono essere riutilizzate una volta congelate e devono essere smaltite.

Essiccazione e riscaldamento

Salvo diversa indicazione nella Scheda Tecnica pertinente o nelle specifiche di progetto, per le masse da pigiata si applica il seguente programma indicativo:

Fase	Programma
Mantenere a 100 °C	24 h
Mantenimento a 200 °C	48 h
da 200 a 600 °C	20 °C/h
da 600 °C alla temperatura di esercizio	30 °C/h

NOTA

Linco Baxo può fornire curve di riscaldamento specifiche o relative a nuovi impianti. Per i principi generali di essiccazione e riscaldamento, consultare la Sezione 7.1.

Note di sicurezza

SICUREZZA

I pestelli pneumatici rappresentano un rischio significativo in termini di rumore e vibrazioni; utilizzare protezioni acustiche e gestire l'esposizione alle vibrazioni mano-braccio. I leganti chimici bicomponenti possono essere irritanti o corrosivi: seguire la Scheda di Sicurezza e indossare DPI adeguati.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.2 Materiali modellabili · Sezione 2.1 Ancoraggi · Sezione 2.2 Casseforme · Sezione 7.1 Essiccazione e riscaldamento.

1.4 – Nozioni fondamentali sulle malte

Scopo e campo di applicazione

Questa sezione tratta la preparazione e l'uso delle malte a secco e a umido Linco Baxo per la posa di muratura ed elementi prefabbricati. I marchi sono elencati nella Sezione 0.0; la stuccatura della muratura è trattata nella Sezione 9.2.

Tipi di legante

Le malte sono classificate in base al loro tipo di legante – idraulico, ceramico o chimico – che determina le modalità di miscelazione, la necessità o meno di inumidire preventivamente la superficie e il tempo di lavorabilità a disposizione.

Miscelazione – malte secche

- Utilizzare acqua potabile, a meno che non sia specificato un altro liquido legante, e utilizzare attrezzi puliti.
- Utilizzare l'intero contenuto di un sacco; se si utilizza solo una parte del sacco, mescolare accuratamente prima l'intero sacco.
- Regolare la consistenza di lavorazione aggiungendo acqua entro un margine di **± 10%** rispetto alla quantità indicata.
- Si consiglia l'uso di un miscelatore a pale; piccole quantità possono essere miscelate con una spatola o una cazzuola.
- Miscelare le malte leganti idrauliche e altamente reattive con acqua in piccole porzioni (fino a circa 20 kg) e utilizzarle entro il loro tempo di lavorabilità di circa **30 minuti**.
- Lasciare riposare le malte adesive a presa ceramica per circa 1 ora dopo l'aggiunta dell'acqua prima dell'uso.

Malte umide

Le malte umide sono pronte all'uso e vengono fornite già premiscelate in secchi. Se una malta pronta all'uso ha subito segregazione a causa dell'invecchiamento, di solito può essere ripristinata rimescolandola con una frusta montata su un trapano.

Preparazione della superficie (sottofondo)

Le superfici da stuccare devono essere pulite e prive di polvere. La pre-umidificazione dipende dal tipo di malta:

Tipo di incollaggio	Pre-umidificazione
Legame idraulico	Necessaria
Legante ceramico	Consentito
Legame chimico	Vietato

Lavorazione

- **Temperatura minima di lavorazione: 5 °C.**
- **La larghezza del giunto non deve superare i 2 mm.**
- Stendere la malta in modo uniforme sulle superfici da unire, quindi inserire il mattone.
- Eliminare i residui di malta indurita e mantenere puliti gli attrezzi di lavoro.

Primo riscaldamento

- Per la malta a presa idraulica, attendere circa 24 ore prima del primo riscaldamento.
- La curva di riscaldamento non dipende dal tipo di malta, ma dalla natura dell'intero rivestimento.

> **NOTA**
> Poiché il primo riscaldamento è determinato dal rivestimento completo, seguire il programma di riscaldamento previsto per il rivestimento nel suo complesso (Sezione 7.1), non quello relativo alla sola malta.

Errori comuni da evitare

- Inumidire preventivamente una superficie prima di applicare una malta a legante chimico (vietato).
- Rimescolare una malta che ha superato il proprio tempo di lavorabilità.
- Giunti più larghi di 2 mm, che indeboliscono la muratura e aumentano gli effetti di ritiro.
- Aggiunta di acqua in eccesso.
- Utilizzo di attrezzi sporchi o di acqua di impasto contaminata.
- Applicazione della malta su superfici polverose o contaminate.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.6 Stoccaggio · Sezione 9.2 Posa della muratura · Sezione 9.3 Posa di malte e rivestimenti · Sezione 7.1 Essiccazione e riscaldamento.

1.5 – Stoccaggio – Calcestruzzi e malte secche

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione fornisce le istruzioni di stoccaggio per i calcestruzzi e le malte secche Linco Baxo, che sono materiali deperibili confezionati in sacchi di carta multistrato su pallet avvolti in pellicola termoretraibile. Un corretto stoccaggio protegge il legante e ne preserva la durata di conservazione.

Requisiti fondamentali

- Conservare in un magazzino fresco, asciutto e ventilato, sollevando i sacchi dal pavimento e tenendoli lontani dalle pareti.
- Proteggere da umidità, pioggia, gelo, luce solare diretta e calore eccessivo.
- Mantenere il più a lungo possibile la pellicola termoretraibile originale attorno al pallet come protezione aggiuntiva.
- Stoccare i pallet separandoli per tipo di materiale, denominazione commerciale, data di produzione e lotto di produzione.
- Non impilare i pallet contenenti malte isolanti, per evitare di comprimere i granuli di aggregato leggeri e morbidi.

IMPORTANTE
L'umidità può innescare la presa del legante all'interno del sacco e ridurre la resistenza del getto. Il materiale che ha subito l'effetto dell'umidità deve essere scartato.

Stoccaggio all'aperto (quando inevitabile)

Se i calcestruzzi e le malte secche devono essere stoccati all'aria aperta, collocarli su una piattaforma ventilata sollevata da terra e coprirli con teloni resistenti in modo che né la pioggia né l'umidità del terreno raggiungano i sacchi. Assicurare un'adeguata ventilazione sotto la copertura per impedire la formazione di condensa ed effettuare un'ispezione visiva periodica (almeno mensile) dei sacchi stoccati all'aperto, verificando l'integrità dei teloni e l'assenza di infiltrazioni d'acqua o condensa al di sotto di essi. Coprire il pavimento dell'area di stoccaggio con un telo di plastica per impedire all'umidità di risalire dal terreno.

Condizioni di freddo e caldo

Condizione	Azione
Freddo	Conservare al riparo dal gelo in modo che l'acqua di impasto non si congeli al momento dell'aggiunta. Se non è possibile un deposito al riparo dal gelo, spostare i sacchi in un'area più calda a una temperatura non inferiore a 15 °C per almeno 48 ore prima di aggiungere l'acqua.
Caldo	Mantenere i pallet asciutti e il più freschi possibile, mai esposti alla luce diretta del sole. Prima della miscelazione, spostare i pallet in un luogo più fresco a una temperatura di circa 18–20 °C per almeno 48 ore.

Condizioni tipiche di conservazione e durata di conservazione

Come regola generale, se conservato in un luogo fresco, asciutto e ventilato a una temperatura non superiore a +35 °C e non inferiore a +1 °C, con umidità relativa del 60% ± 10%, si prevede la seguente durata di conservazione:

Tipo di prodotto	Durata di conservazione indicativa
Calcestruzzi standard, densi e isolanti	12 mesi
Malte secche, a legante chimico	12 mesi
Calcestruzzi LCC, ULCC, NCC	9 mesi
Miscela bicomponente – inerte secco	12 –18 mesi
Miscela bicomponente – legante idraulico	12 mesi
Miscela bicomponente – legante chimico	6 – 9 mesi

NOTA
I calcestruzzi possono essere forniti, su richiesta del cliente, sotto forma di miscela bicomponente. Questa opzione può essere presa in considerazione per cantieri remoti o progetti all'estero in cui la posa è prevista molto tempo dopo la data di consegna e dove si prevedono lunghi tempi di trasporto o di stoccaggio.

Tuttavia, questa modalità di fornitura richiede un corretto dosaggio e una corretta miscelazione dei componenti in cantiere. Qualsiasi scostamento dalle proporzioni prescritte può influire sulle proprietà finali del materiale. Per questo motivo, l'opzione di fornitura bicomponente deve essere valutata caso per caso con il supporto tecnico di Linco Baxo.

Prima dell'uso

- Verificare che il prodotto rientri nei termini di scadenza.
- Ispezionare i sacchi per verificare che non presentino danni o infiltrazioni di umidità.
- Non utilizzare materiale che presenti segni di presa o formazione di grumi.
- Utilizzare sempre per primi i lotti di produzione più vecchi (primo entrato / primo uscito).

Materiale alla scadenza o oltre la scadenza

I calcestruzzi e le malte secche che sono stati conservati oltre la loro durata di conservazione non sono raccomandati per la posa, anche se sembrano in buone condizioni. Le loro proprietà potrebbero essere compromesse e le prestazioni del rivestimento potrebbero risentirne.

Il materiale scaduto non deve essere utilizzato senza una previa valutazione e una conferma scritta da parte di Linco Baxo. Qualora il materiale non sia più ritenuto idoneo all'uso, è necessario provvedere alla sua sostituzione prima della posa. Si veda la Sezione 1.7 per la valutazione completa del materiale scaduto. In caso di dubbi, rivolgersi a un esperto di refrattari Linco Baxo.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.6 Stoccaggio di masse semiplastiche, plastici refrattari, malte umide, mastici e intonaci
Sezione 1.7 Durata di conservazione e materiale scaduto · Sezione 9.1 Stoccaggio di refrattari non deperibili.

1.6 – Stoccaggio – Masse semiplastiche, plastici refrattari, malte umide, mastici e intonaci

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione fornisce istruzioni di stoccaggio per le famiglie di prodotti contenenti umidità, dove la priorità è prevenire la perdita di umidità (e, nel caso dei leganti chimici, mantenere efficace l'adesione).

Imballaggio per famiglia di prodotti

Prodotto	Imballaggio
Plastici refrattari	Cartoni precompattati; i plastici refrattari monocomponenti contengono già l'umidità necessaria per la posa.
Masse da pestello – Gamma K (ceramica)	Sacchi ermetici multistrato, per evitare che il legante chimico perda efficacia; le miscele monocomponenti contengono già l'umidità necessaria.
Masse da pestello – Gamma CH (chimica)	Bicomponenti: inerte secco in sacchi multistrato, legante in secchi.
Malte e stucchi	Secchi; i prodotti per riparazioni possono essere bicomponenti, solitamente in secchi.
Intonaci, colle e prodotti di finitura	A uno o due componenti, in sacchi multistrato o secchi.

Requisiti fondamentali

- **Evitare la perdita di umidità,** specialmente quando i prodotti vengono consegnati in paesi caldi con bassa umidità atmosferica.
- Coprire il pavimento dell'area di stoccaggio con un telo di plastica prima di immagazzinare i prodotti, per impedire all'umidità di migrare verso il suolo.
- Tenere i prodotti sigillati nella loro confezione originale fino al momento dell'uso.

Trasporto

Proteggere l'imballaggio da danni meccanici e dall'ingresso di umidità durante il trasporto. Conservare i prodotti nella loro confezione originale e, qualora si utilizzino sistemi bicomponenti per spedizioni a lunga distanza, verificare che entrambi i componenti rimangano correttamente sigillati all'arrivo.

Condizioni tipiche di stoccaggio e durata di conservazione

Parametro	Valore
Temperatura ambiente	25 °C ± 5 °C
Umidità relativa dell'aria	60% ± 10%
Durata di conservazione (per la maggior parte dei prodotti, se conservati correttamente)	circa 9 mesi
Durata di conservazione – malte umide	circa 6 mesi

> **NOTA**
> I valori indicativi di durata di conservazione presuppongono una corretta conservazione. Qualora la Scheda Tecnica indichi un valore diverso, prevale quanto riportato nella Scheda Tecnica. Consultare la Sezione 1.7 prima di utilizzare qualsiasi materiale al termine o oltre la sua durata di conservazione.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.5 Stoccaggio di calcestruzzi e malte secche · Sezione 1.7 Durata di conservazione e materiale scaduto.

1.7 – Durata di conservazione dei refrattari monolitici e materiali scaduti

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione spiega perché i refrattari monolitici hanno una durata di conservazione limitata, i rischi legati all'utilizzo di materiale scaduto e le migliori pratiche per la verifica, lo stoccaggio e lo smaltimento. Si applica a tutti i prodotti monolitici (calcestruzzi, malte, masse da spruzzo, masse da pestello, plastici, mastici e intonaci) e ai relativi leganti liquidi forniti separatamente.

Perché la durata di conservazione è importante

L'utilizzo di refrattari monolitici scaduti può comportare gravi rischi operativi, tecnici e di sicurezza. Questi derivano principalmente dal deterioramento o dalla reazione prematura dei sistemi leganti, alluminato di calcio, leganti chimici e SILCO GEL e dall'umidità assorbita durante lo stoccaggio. Questi fattori possono compromettere le prestazioni e, in casi gravi, portare a cedimenti strutturali, distacchi esplosivi o esplosioni di vapore durante il riscaldamento.

I mattoni refrattari precotti possono generalmente essere conservati per diversi anni in condizioni adeguate. I refrattari monolitici, tuttavia, hanno solitamente una durata di conservazione rigorosamente limitata – **in genere fino a un massimo di 12 mesi dalla data di produzione** – salvo diversamente specificato nella relativa documentazione tecnica. La durata di conservazione dipende dal sistema legante: i leganti liquidi e a base di SILCO GEL hanno spesso una durata più breve e non devono mai essere esposti al gelo, poiché il congelamento fa gelificare il SILCO GEL e lo rovina in modo irreversibile. Attenersi sempre alla durata di conservazione indicata nella scheda tecnica del prodotto specifico.

Rischi strutturali e operativi

Rischio	Cosa succede
Carbonatazione	Maggiore tendenza alla carbonatazione, con formazione di depositi di sali solubili che compromettono la struttura di adesione e possono causare il degrado prematuro del rivestimento.
Esplosioni di vapore e distacchi esplosivi	L'umidità assorbita può trasformarsi istantaneamente in vapore se riscaldata troppo rapidamente, generando un'elevata pressione interna.
Deterioramento prematuro del rivestimento	L'alluminato di calcio, i leganti chimici e la silice colloidale possono reagire prematuramente o degradarsi, riducendo l'adesione e la resistenza meccanica.
Danni alle apparecchiature	In caso di cedimento del rivestimento, il mantello potrebbe essere esposto a temperature estreme, causando deformazioni, surriscaldamento o fusione del mantello.
Ridotta resistenza agli shock termici	Una densità, un'adesione e una microstruttura inadeguate rendono il rivestimento più soggetto a fessurazioni, sgretolamenti o distacchi in presenza di cicli termici.
Contaminazione del processo	La desquamazione, la formazione di polvere o lo sfaldamento possono contaminare il prodotto nei processi di lavorazione del vetro, dell'acciaio e simili.
Maggiore perdita di energia	Gli strati compromessi o assottigliati perdono la funzione isolante, aumentando la dispersione termica e il consumo di combustibile e creano punti caldi pericolosi.

Rischi per la salute e l'ambiente

- **Polvere di silice cristallina respirabile.** La manipolazione, la rottura o la rimozione di materiali refrattari degradati può generare silice cristallina respirabile dispersa nell'aria, che può causare gravi malattie professionali, tra cui la silicosi e il cancro ai polmoni. Utilizzare DPI adeguati e misure di controllo delle polveri.
- **Irritazione da polvere e sostanze chimiche.** La polvere dispersa nell'aria proveniente da materiali refrattari deteriorati e leganti cementizi può irritare o danneggiare la pelle, gli occhi e le vie respiratorie superiori; la polvere di cemento alcalino può inoltre causare irritazioni chimiche o ustioni.

SICUREZZA

Silice cristallina respirabile – limiti indicativi di esposizione professionale (TWA su 8 ore): limite vincolante UE 0,1 mg/m³; eventuali limiti più restrittivi previsti da paesi clienti o siti specifici devono essere verificati localmente.

Verificare i limiti di esposizione nazionali applicabili e le misure di controllo delle polveri con il responsabile della sicurezza del cantiere prima di procedere alla demolizione dei materiali refrattari.

Riconoscimento di materiale sospetto

Mettere da parte e segnalare, senza installarlo, qualsiasi materiale che presenti:

- Grumi induriti, «palline» o una massa parzialmente indurita in un calcestruzzo o in una miscela in polvere.
- Polvere incrostata, umida o indurita, oppure imballaggi strappati, bagnati o danneggiati.
- Leganti liquidi o in sol che siano gelificati, separati, congelati o scoloriti.
- Plastici o masse secche che si sono indurite, seccate o che presentano segni di muffa.
- Etichetta di lotto mancante, illeggibile o scaduta.

Movimentazione e buone pratiche

- **Verificare la confezione e i certificati di lotto.** Controllare la data di produzione, la data di scadenza, le condizioni della confezione e la documentazione relativa al lotto prima di applicare qualsiasi materiale monolitico.
- **Rispettare i requisiti di stoccaggio.** Conservare in un ambiente asciutto, coperto e ben ventilato, al riparo da umidità, pioggia, gelo, calore eccessivo e agenti atmosferici. Uno stoccaggio inadeguato riduce la durata di conservazione effettiva.
- **Non utilizzare materiale scaduto.** I materiali monolitici scaduti non devono essere installati a meno che non siano stati formalmente valutati e approvati per iscritto dall'Ufficio Tecnico di Linco Baxo.
- **Smaltire correttamente il materiale scaduto.** Trattarlo come rifiuto e smaltirlo in conformità con le leggi locali applicabili, le normative ambientali e le procedure del cantiere

IMPORTANTE

In caso di dubbi sulle condizioni o sulla scadenza di qualsiasi materiale, interrompere la posa e consultare l'Ufficio Tecnico di Linco Baxo prima di procedere.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.5 Stoccaggio di calcestruzzi e malte secche e 1.6 Stoccaggio di masse semiplastiche, plastici refrattari, malte umide, mastici e intonaci · Sezione 7.1 Essiccazione e riscaldamento · Sezione 4.2 Essiccazione all'aria e ventilazione.

1.8 – Calcestruzzi senza cemento (NCC) a cottura rapida

Scopo e campo di applicazione

LICODRY (FC) è la gamma di calcestruzzi senza cemento (NCC) di Linco Baxo, con legante inorganico SILCO GEL anziché con alluminato di calcio. Questa sezione illustra la gamma, il tipo di legante utilizzato e le specifiche relative alla manipolazione. Per gli aspetti meccanici comuni, attenersi alle sezioni standard (miscelazione 3.1, getto 3.2, Principi di essiccazione e riscaldamento 7.1); questa sezione illustra solo i punti in cui LICODRY presenta differenze dai calcestruzzi standard.

Che cos'è LICODRY

- Un calcestruzzo senza cemento (senza CaO) in cui la presa è assicurata da SILCO GEL, un legante chimico a base di silice colloidale (nano-) inorganica.
- Viene fornito come sistema **bicomponente**: un componente secco di aggregato/matrice in sacchi e il legante liquido SILCO GEL fornito separatamente.
- **Non viene aggiunta acqua di impasto**: SILCO GEL sostituisce l'acqua di impasto. Durante la presa, la silice colloidale si gelifica formando una rete continua di SiO_2 che sviluppa resistenza meccanica a temperatura ambiente e garantisce un percorso diretto verso un legame ceramico (sinterizzazione) già alla prima cottura.
- La gamma comprende tipi a base di allumina (Al2O3), carburo di silicio (SiC), zirconia (ZrO2), con temperature di classificazione comprese tra circa 1450 e 1880 °C (in atmosfera neutra e non corrosiva).

Il legante SILCO GEL

Proprietà	Valore
Tipo	Legante chimico inorganico a base di silice colloidale, a basso contenuto di alcali
Aspetto	Liquido opaco
Dimensione delle particelle	15–20 nm
Contenuto di SiO_2 (a 1025 °C)	99,8 %
Densità apparente	≈ 1290 kg/m³

Il basso contenuto di alcali e la dimensione delle particelle su scala nanometrica garantiscono una buona fluidità e lavorabilità con una ridotta aggiunta di liquido. Dosare SILCO GEL rigorosamente secondo quanto indicato nella Scheda Tecnica del prodotto.

Perché senza cemento

- **Riscaldo più rapido e sicuro.** In assenza di idrati di cemento e praticamente di acqua libera, non si forma acqua da decomposizione degli idrati e il vapore rilasciato è minimo; di conseguenza, il rischio di sfaldamento da vapore è notevolmente ridotto e i tempi di essiccazione/riscaldo sono molto più brevi – dell'ordine della metà rispetto a quelli dei getti tradizionali e LC/ULC. Vedere la Curva D nella Sezione 7.1.

Maggiore refrattarietà e resistenza chimica. L'assenza di CaO associato al legante cementizio riduce la formazione di fasi contenenti calcio che, nei sistemi legati con cemento alluminoso, possono influire negativamente sulle proprietà ad alta temperatura e favorire la formazione di fasi a più basso punto di fusione in presenza di altri componenti della matrice o di agenti contaminanti. Il sistema legante a silice colloidale può pertanto contribuire a migliorare la refrattarietà e, in funzione della composizione del materiale, la resistenza agli attacchi di scorie, alcali e altri agenti chimici.

- **Costi di posa e consumo energetico ridotti.** Il preriscaldamento, molto più breve, riduce i tempi di fermo e il consumo di combustibile; non sono necessarie attrezzature speciali per la posa.

- **Stabilità microstrutturale** in presenza di cicli termici, adatta a posizioni soggette a condizioni estreme quali le aree a contatto con metallo fuso e scorie (ad esempio, rivestimenti di sicurezza per siviere d'acciaio).

Miscelazione

- Utilizzare sacchi interi del componente secco; se si utilizza solo una parte di un sacco, mescolare a secco prima l'intero sacco (vedere la Sezione 3.1).
- Aggiungere SILCO GEL, non acqua. Aggiungere il legante al componente secco secondo il dosaggio indicato nella scheda tecnica e mescolare fino a ottenere la consistenza richiesta. Non aggiungere acqua: l'aggiunta di acqua compromette la chimica senza cemento e indebolisce l'adesione.
- È indicato l'uso di un miscelatore a pale; mantenere puliti tutti gli attrezzi e i contenitori. Rispettare il tempo di lavorabilità (pot life) indicato nella scheda tecnica e non rimescolare il materiale che ha iniziato a fare presa.

Posa

- I prodotti della gamma LICODRY vengono installati mediante getto o vibrazione, come indicato nella scheda tecnica; i prodotti vibrati vengono compattati su un tavolo vibrante (sagomati) o mediante ago vibrante (rivestimenti), allo stesso modo dei calcestruzzi vibrati a densità elevata (vedere la Sezione 3.2).
- Le versioni a spruzzo, ove disponibili, vengono installate mediante gunitaggio secondo scheda tecnica; le versioni da getto/vibrazione seguono la procedura di getto indicata nella scheda tecnica.

Presa, maturazione e riscaldamento

- LICODRY indurisce **chimicamente** (presa della silice colloidale), non idraulicamente. **Non** richiede quindi la maturazione a umido di 24 ore utilizzata per i getti legati con cemento e non deve essere mantenuto umido (vedere la nota nella Sezione 4.1).
- Dopo la presa, seguire il programma di essiccazione rapida/riscaldo riportato nella scheda tecnica Curva D nella Sezione 7.1 (primo riscaldo dell'ordine di 69 ore, contro le circa 176 ore per LC/ULC sulla Curva C). Le temperature si riferiscono al gas caldo, non alla superficie del rivestimento.

Conservazione e durata di conservazione

- Conservare il componente secco e il legante SILCO GEL secondo quanto indicato nella Sezione 1.7. Trattandosi di un legante a base di silice colloidale (sol), **SILCO GEL non deve mai essere esposto al gelo** – il freddo fa gelificare il sol e lo rovina irreversibilmente – e deve essere tenuto sigillato e utilizzato entro la sua durata di conservazione.
- Assicurarsi che i due componenti provengano dalla stessa fornitura e siano tracciabili, e verificare che il legante non sia scaduto prima dell'uso.

SICUREZZA

LICODRY genera molto meno vapore durante la fase di riscaldo rispetto ai getti cementizi, riducendo il rischio di sfaldamento/esplosione da vapore, ma è comunque necessario un programma TDS controllato. SILCO GEL è un legante inorganico a basso contenuto di alcali; maneggiarlo secondo la Scheda di Sicurezza. Osservare le precauzioni relative alla polvere durante la manipolazione del componente secco (silice respirabile) e utilizzare protezioni per la pelle e gli occhi durante la manipolazione del legante.

Quando contattare Linco Baxo

Per la scelta del grado, il dosaggio del legante, i programmi di riscaldamento rapido per un rivestimento specifico e qualsiasi applicazione gravosa o nuova.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.1 Nozioni fondamentali sui calcestruzzi · Sezione 1.7 Durata di conservazione dei prodotti monolitici e materiale scaduto · Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 3.2 Getto · Sezione 4.1 Maturazione · Sezione 7.1 Principi di essiccazione e riscaldo.

2.1 – Sistemi di ancoraggio (metallici e ceramici)

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione fornisce indicazioni generali sugli ancoraggi metallici e ceramici utilizzati per sostenere i rivestimenti refrattari e isolanti. Il tipo, la qualità, la distanza e la disposizione degli ancoraggi sono definiti in fase di progettazione e nei disegni di progetto; le presenti indicazioni non sostituiscono tali definizioni.

Funzione e selezione

I rivestimenti dei forni sono sostenuti da ancoraggi saldati o imbullonati al mantello, utilizzati singolarmente o in combinazione. È disponibile un'ampia gamma di ancoraggi e supporti flessibili e fissi per diverse posizioni, temperature e condizioni di processo. La scelta del tipo, della qualità, della distanza e della disposizione viene determinata in fase di progettazione, tenendo conto dello spessore del rivestimento, della posizione, delle condizioni di esercizio e del metodo di posa.

IMPORTANTE
Il tipo, il materiale, la distanza e la disposizione degli ancoraggi devono seguire i disegni di progetto approvati e le specifiche del cliente. Qualora questi differiscano dal presente manuale, prevalgono i documenti di progetto.

Ancoraggi metallici – temperature massime

La temperatura massima ammissibile di un ancoraggio metallico dipende dall'atmosfera del forno e dalla sezione dell'ancoraggio. In atmosfere ossidanti normali prive di zolfo, le seguenti temperature devono essere considerate come il valore massimo alla punta calda dell'ancoraggio:

Acciaio o lega	Temperatura massima della punta calda
Acciaio al carbonio	590 °C
18% Cr – 8% Ni (Tipo 304)	870 °C
25% Cr – 20% Ni (Tipo 310)	1100 °C
20% Cr – 32% Ni (ad es. lega 800)	1100 °C
23% Cr – 60% Ni (ad es. Inconel 601)	1200 °C

SICUREZZA
Quando il combustibile contiene più dello 0,5% di zolfo in peso, è necessario evitare l'uso di ancoraggi in acciaio al carbonio.

Requisiti di posa

- La lunghezza dell'ancoraggio deve garantire che la punta si trovi a circa 12,5–25 mm dalla superficie calda, mentre lo spessore dell'ancoraggio deve essere adeguato all'applicazione. In ogni caso, attenersi alle specifiche del cliente.
- Gli ancoraggi saldati alla carpenteria o al mantello devono essere fissati saldamente, senza sottosquadro o difetti della saldatura. Si raccomanda di verificare la resistenza di alcune saldature prima della posa del rivestimento.
- **Prova di flessione:** La saldatura deve resistere a una piega di 15° dell'ancoraggio, eseguita nella direzione prescritta dalla specifica/procedura di prova, senza cricche o distacco della saldatura.
- Avvolgere gli ancoraggi con nastro adesivo o rivestirli con vernice bituminosa per consentire al metallo di espandersi quando il rivestimento viene riscaldato. Ciò riduce il rischio di crepe in prossimità degli ancoraggi e diminuisce il carico termico su di essi. Sono disponibili anche rivestimenti in plastica morbida da applicare sulle parti finali dell'ancoraggio.

Ancoraggi ceramici

- Utilizzare ancoraggi in ceramica nei casi in cui la struttura debba essere più robusta su tutto lo spessore del rivestimento, oppure quando la temperatura supera l'intervallo di funzionamento degli ancoraggi metallici.
- Gli ancoraggi in ceramica devono avere una resistenza al calore almeno pari a quella del rivestimento che sostengono.
- Le punte degli ancoraggi ceramici devono rimanere arretrate rispetto alla faccia calda secondo il disegno approvato, evitando che risultino esposte o affioranti.
- Fissare gli ancoraggi in ceramica a un ancoraggio metallico saldato alla carpenteria del forno.





Ancoraggi metallici saldati sulla parete convettive



Ancoraggi ceramici su una parete laterale di un forno di riscaldo

Errori comuni da evitare

- Ancoraggi in acciaio al carbonio in atmosfere contenenti zolfo.
- Punte degli ancoraggi a filo con la superficie calda o sporgenti rispetto ad essa.
- Omissione del rivestimento destinato ad assorbire la dilatazione termica degli ancoraggi metallici

Riferimenti incrociati

Sezione 2.2 Cassaforma · Sezione 2.3 Progettazione e precauzioni · Sezione 3.2 Getto · Sezione 6.1 Giunti.

2.2 – Casseforme

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione tratta la progettazione e la realizzazione delle casseforme per i rivestimenti eseguiti in calcestruzzo in opera.

Requisiti fondamentali

- Realizzare la cassaforma con materiale non assorbente, resistente e impermeabile – solitamente lamiera o legno.
- La struttura deve essere sufficientemente resistente da non deformarsi sotto il carico del calcestruzzo.
- Tutti i giunti della cassaforma devono essere a tenuta stagna, per evitare la fuoriuscita di acqua che trasporta materiale fine ricco di cemento.
- Lubrificare con olio o trattare in altro modo la cassaforma in modo che si sformi facilmente; scegliere un agente distaccante che non reagisca con la superficie del calcestruzzo
- Installare ciascun supporto metallico a una distanza di circa 400–500 mm per impedire la flessione della cassaforma.

Fuoriuscite di acqua nei calcestruzzi isolanti leggeri

Le perdite sono più evidenti durante il getto di calcestruzzi ultraleggeri, che richiedono una quantità d'acqua relativamente elevata.

IMPORTANTE

In caso di perdite, non ridurre il contenuto d'acqua per addensare il getto. Ciò modifica le proprietà fisiche del materiale e ne aumenta la densità, causando una carenza di materiale. Risolvere invece il problema modificando la cassaforma.

Errori comuni da evitare

- Cassaforma assorbente o che presenta perdite, che sottrae acqua e particelle fini dalla miscela.
- Distanza insufficiente tra i supporti, che permette alla cassaforma di deformarsi sotto carico.
- Agenti distaccanti che macchiano o reagiscono con la superficie del getto.

Riferimenti incrociati

Sezione 2.1 Ancoraggi · Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 3.2 Getto.



Casseforme per corbelli all'interno di una convettiva di un forno petrolchimico

2.3 – Pianificazione e precauzioni

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione tratta la pianificazione, il controllo ambientale e la preparazione del cantiere necessari prima della posa dei refrattari monolitici, affinché i lavori procedano senza interruzioni e il rivestimento sviluppi le proprietà previste.

Pianificazione dell'operazione

Prima di iniziare la posa, verificare che tutti i materiali e le attrezzature necessarie siano disponibili, o lo saranno quando richiesto, e che siano conformi alle linee guida Linco Baxo contenute nel presente manuale. Pianificare il lavoro in modo che ogni sezione possa essere completata senza interruzioni, compreso il tempo necessario per la maturazione e l'essiccazione, e assicurarsi che sia disponibile una quantità sufficiente di casseforme per la velocità di posa prevista.

Temperatura ambiente

- Durante la posa e la maturazione, la temperatura ambiente deve essere compresa tra **10°C e 32°C**. Ciò vale anche per qualsiasi superficie con cui il calcestruzzo viene a contatto, come le carpenterie esterne del forno o un rivestimento esistente. Se necessario, adottare misure adeguate a mantenere tale intervallo di temperatura.

Per lavori a temperature inferiori a 10°C, consultare la Sezione 5.1; per lavori a temperature superiori a 32°C, consultare la Sezione 5.2.

Acqua

L'acqua aggiunta al calcestruzzo a freddo deve avere una temperatura compresa tra **10°C e 25°C**. Utilizzare esclusivamente acqua potabile pulita, a bassa acidità, priva di sale, zucchero e altre sostanze estranee. In caso di dubbi sulla qualità, farla analizzare in base ai seguenti limiti indicativi:

Parametro	Limite raccomandato
pH	6,5 – 8,35
Calcio (Ca^{2+})	meno di 300 ppm
Magnesio (Mg^{2+})	meno di 300 ppm
Sodio + potassio (Na^{+} + K^{+})	meno di 150 ppm
Cloruro (Cl^{-})	meno di 200 ppm
Ferro (Fe^{3+})	meno di 300 ppm
Solfato (SO_4^{2-})	meno di 200 ppm
Residuo dopo evaporazione a 180 °C	meno di 1500 ppm

> **NOTA**
> Se l'acqua non soddisfa questi limiti, utilizzare acqua demineralizzata. Mantenere pulite le attrezzature di stoccaggio e manipolazione dell'acqua per evitare la contaminazione. Per ulteriori consigli, consultare Linco Baxo.

Personale, strumenti e attrezzature

- Assicurarsi che in cantiere siano presenti manodopera e attrezzature sufficienti per completare il lavoro entro i tempi consentiti, comprese le fasi di maturazione e asciugatura.
- I miscelatori devono essere puliti e privi di cemento Portland, che provoca una presa più rapida e una resistenza ridotta.
- Mantenere puliti tutti gli attrezzi come i miscelatori, secchi, carriole, cazzuole e vibratori

- Mantenere pulita e al riparo dalle intemperie la betoniera e l'area circostante.
- Le superfici in acciaio da rivestire devono essere asciutte e pulite, prive di scaglie di laminazione, ruggine, grasso, olio, sporco e altre impurità simili.

Lista di controllo per la preparazione del cantiere

- Verifica dei materiali: tipo, marca, data di produzione, lotto e durata di conservazione (Sezioni 1.5–1.7).
- Ancoraggi installati, controllo delle saldature e prova di flessione ove richiesto (Sezione 2.1).
- Cassaforma, a tenuta stagna, sostenuta e trattata con agente distaccante (Sezione 2.2).
- Miscelatori, vibratori e utensili puliti e funzionanti; disponibilità del tipo corretto di miscelatore (Sezione 2.4).
- Disponibilità di acqua potabile pulita, entro i limiti di temperatura e qualità.
- Temperature ambiente e superficiali comprese tra 10 e 32 °C.
- Materiali di maturazione (teloni, sacchi bagnati, coperte) e piano di essiccamento pronti (Sezioni 4.1, 7.1).

> **NOTA**
>
> Per i lavori per i quali il Committente (Owner) prescriva specifici requisiti di controllo, il controllo qualità della posa può essere eseguito in conformità a una norma riconosciuta, quale API 936**,** prevedendo specifici punti di controllo e di attesa relativi ai materiali, alle attrezzature, alla qualificazione del personale e alle prove sul rivestimento installato (vedere Sezione 8**).**

Riferimenti incrociati

Sezione 2.4 Attrezzature e manodopera · Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 5.1/5.2 Condizioni di temperatura · Sezione 8 Campionamento e collaudo.

2.4 – Attrezzature e personale

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione fornisce una guida indicativa alla manodopera, agli strumenti e alle attrezzature tipicamente necessari per la posa di circa 300–400 m³ di materiali monolitici isolanti e refrattari in un forno di riscaldo di medie dimensioni. Ha solo scopo di riferimento e non è esaustivo: le imprese di posa applicano i propri standard e fattori di difficoltà, che variano da cantiere a cantiere.

Manodopera e personale (minimo per turno)

Ruolo	Numero
Responsabile di cantiere Linco Baxo	1
Caposquadra	1
Muratori	4
Aiuto muratori	6
Saldatori / falegnami	2

Attrezzature e utensili (minimo per squadra per turno)

- 1–2 miscelatori a pale per calcestruzzo denso e/o miscelatori a tamburo per calcestruzzi isolanti.
- 1–2 macchine da gunitaggio (se richiesto l'applicazione a spruzzo), con regolazione della pressione e dell'aria – essenziale per i calcestruzzi isolanti per evitare perdite di resa.
- 1 taglierina con disco diamantato per mattoni e 1 flessibile da taglio, ciascuno con 5 dischi di ricambio.
- 4 carriole, 10 secchi di plastica, 2 fusti per l'acqua, 1 misuratore d'acqua, 1 trapano, 1 betoniera.
- Cassetta degli attrezzi con 2 smerigliatrici e 5 dischi diamantati di ricambio Ø 150 mm; 1 graffatrice; 1 sega per ferro.
- Legname e casseforme: puntelli, piccole travi di legno, listelli, pannelli, pannelli multistrato per paratie frontali, cavalletti da ponteggio.
- Materiali di consumo: carta catramata per giunti di costruzione, catrame per rivestire gli ancoraggi metallici, chiodi, chiavi inglesi, angolari, rotoli di polietilene, polistirolo e vernice per lo smontaggio.

Scelta della betoniera

Si raccomanda vivamente l'uso di una betoniera a pale per i calcestruzzi ad alta densità e di una betoniera a tamburo per i calcestruzzi isolanti.

Miscelatore	Uso	Motivo
Miscelatore a pale	Calcestruzzi Densi	Mescola in modo uniforme con un contenuto d'acqua molto inferiore, garantendo la massima resistenza a una densità ottimale.
Miscelatore a tamburo	Calcestruzzi Isolanti	L'azione delicata protegge gli aggregati morbidi e comprimibili; un miscelatore a pale macinerebbe i granuli, aumentando la densità e riducendo la resa.

IMPORTANTE

Troppa acqua riduce la densità e la resistenza; troppo poca riduce la resa e potrebbe causare una carenza di materiale in cantiere. Tenere i miscelatori liberi da cemento Portland per evitare una presa rapida e una resistenza ridotta.

Riferimenti incrociati

Sezione 2.3 Pianificazione e precauzioni ·
Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 3.3 Applicazione a spruzzo.



Macchina per gunitaggio



Miscelatore a pale per calcestruzzi densi



Taglierina con disco diamantato

3.1 – Miscelazione dei calcestruzzi

Scopo e campo di applicazione

Una corretta miscelazione è l'operazione in cantiere che più di ogni altra influisce sulla resistenza finale, sulla densità e sulla durabilità di un calcestruzzo. Questa sezione illustra la preparazione, il controllo dell'acqua e le procedure di miscelazione richieste per i calcestruzzi densi e isolanti.

Preparazione prima della miscelazione

- Tutte le attrezzature e gli strumenti che entrano in contatto con il calcestruzzo devono essere puliti e privi di materiale indurito, cemento Portland e altri contaminanti. Pulire la betoniera a tamburo/miscelatore a pale tra un batch e l'altro e ad ogni pausa.
- Il rivestimento esistente deve essere privo da polvere e accuratamente inumidito (ma non saturato) in modo che non assorba acqua dal getto fresco.
- La cassaforma deve essere impermeabile all'umidità e deve essere rivestita con un agente distaccante approvato (ad esempio olio greggio o cera) prima della posa.
- Utilizzare sacchi interi. Versare l'intero contenuto di ciascun sacco nella betoniera a tamburo/miscelatore a pale per evitare la segregazione eventualmente avvenuta durante il trasporto. Se è necessario utilizzare solo una parte di un sacco, mescolare a secco l'intero sacco prima di prelevare la quantità richiesta.
- Misurare in anticipo la quantità corretta di acqua (in peso o in volume calibrato) non stimarla mai a occhio.

Miscelazione e acqua di impasto

La miscelazione manuale non produce un impasto omogeneo e non è raccomandata. La miscelazione meccanica è essenziale: un miscelatore a pale per i getti densi e un miscelatore a tamburo per i getti isolanti (vedere la Sezione 2.4). Il miscelatore a pale è importante per le miscele dense perché amalgama la miscela in modo uniforme con un contenuto d'acqua molto più basso, il che garantisce la piena densità e resistenza; non deve essere utilizzato per le miscele isolanti, poiché macina l'aggregato morbido e aumenta la densità. Si deve utilizzare esclusivamente acqua di rubinetto pulita/potabile. È necessario evitare l'acqua contenente solfati, nonché l'acqua eccessivamente dura o troppo dolce, poiché compromette la resistenza e la struttura (vedere le specifiche relative alla qualità dell'acqua nella Sezione 2.3). L'acqua di miscelazione deve essere a temperatura controllata: superiore a 10 °C, preferibilmente intorno ai 20 °C e mai superiore a 30 °C; in condizioni di caldo utilizzare acqua refrigerata o ghiacciata (vedere le Sezioni 5.1 / 5.2).

Procedura di miscelazione

- Mescolare brevemente il materiale a secco per omogeneizzarlo prima di aggiungere l'acqua.
- Aggiungere l'80–90 % dell'acqua specificata da Linco Baxo, quindi aggiungere gradualmente il resto mentre si mescola fino a raggiungere la consistenza corretta.
- Continuare a miscelare fino a ottenere una consistenza uniforme e priva di grumi: una miscelazione insufficiente lascia sacche di materiale secco; una miscelazione eccessiva danneggia l'aggregato leggero (vedere sotto).

Ricomposizione dei getti bicomponenti

Alcuni calcestruzzi refrattari vengono forniti, per grandi progetti o per spedizioni verso località remote, in due componenti separati: l'aggregato inerte in un gruppo di sacchi e il liquido legante in un altro. I quantitativi sono confezionati in modo che ciascuno lotto completo possa essere ricomposto senza necessità di effettuare una pesatura in cantiere. La ricomposizione deve essere eseguita attenendosi rigorosamente alle istruzioni di Linco Baxo e sotto stretta supervisione.

1. Miscelare a secco i due componenti utilizzando un mescolatore a pale per almeno due minuti. Qualora la miscela venga eseguita manualmente, rivoltare l'intero lotto almeno sei volte all'interno di un contenitore pulito oppure su una superficie perfettamente pulita.

2. Aggiungere l’80–90 % di liquido legante prescritto da Linco Baxo, quindi incorporare gradualmente la quantità rimanente continuando la miscelazione fino a ottenere la consistenza richiesta.

Aggiunta dell’acqua

La quantità d’acqua indicata nella scheda tecnica di Linco Baxo è teorica è ricavata da prove di laboratorio a 20–24 °C con un’umidità relativa del 45–50% e può essere regolata in loco sotto lo stretto controllo del responsabile.

Tipo di calcestruzzo	Indicazioni relative all’acqua
Calcestruzzi isolanti	Utilizzare le indicazioni riportate nella scheda tecnica, adattate alle condizioni del cantiere; sono prevedibili lievi discrepanze tra i dati della scheda tecnica e la realtà del cantiere.
Calcestruzzi convenzionali a densità elevata	Utilizzare la quantità minima di acqua necessaria per la posa del materiale, senza mai superare il valore indicato nella scheda tecnica. Verificare con la prova della “palla in mano”.
Calcestruzzi a basso contenuto di cemento, a bassissimo contenuto di cemento e autolivellanti	Verificare il valore di fluidità / fluidità sotto vibrazione riportato nella scheda tecnica non tramite il test “palla in mano”. L’intervallo di acqua è molto ristretto – non superare il valore indicato.

Prova della “palla in mano” (calcestruzzi densi)

Aggiungere acqua a sufficienza affinché il getto mantenga la forma di una palla quando viene fatto rimbalzare delicatamente nel palmo della mano. Se troppo secco, la palla si sbriciola; se troppo umido, scivola tra le dita. La consistenza corretta conferisce un leggero luccichio alla superficie senza un trasferimento apprezzabile di acqua e cemento sul palmo della mano. (Vedi schizzi: Secco / Corretto / Umido.)



Tempo di miscelazione e dimensione della partita

- Il tempo di miscelazione è normalmente di circa 3 minuti e deve essere controllato. Una miscelazione eccessiva dei calcestruzzi isolanti leggeri rompe l’aggregato morbido e comprime e altera le proprietà del materiale.
- Miscelare solo lotti che possano essere posati entro 20 minuti dall’aggiunta dell’acqua – ridurre a 10 minuti in condizioni di caldo.
- I calcestruzzi miscelati non devono essere rimescolati o ritemperati con acqua aggiuntiva una volta che si sono induriti o hanno iniziato a fare presa; tale materiale deve essere scartato.

IMPORTANTE

Troppa acqua riduce la densità e la resistenza; troppo poca riduce la resa e può causare una carenza di materiale in cantiere. Il controllo dell’acqua è la responsabilità primaria del supervisore durante la miscelazione.

Quando contattare Linco Baxo

Qualora le condizioni in cantiere impongano un’aggiunta d’acqua sostanzialmente diversa da quella indicata nella scheda tecnica, o qualora il comportamento di presa risulti anomalo, consultare l’Ufficio Tecnico di Linco Baxo prima di procedere.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.1 Nozioni fondamentali sui calcestruzzi · Sezione 2.3 Pianificazione e precauzioni · Sezione 2.4 Attrezzature e manodopera · Sezione 3.2 Getti · Sezioni 5.1 / 5.2 Condizioni di temperatura.







3.2 – Getto dei calcestruzzi

Scopo e campo di applicazione

Questa sezione tratta la posa, la compattazione e la finitura dei calcestruzzi gettati mediante colata in casseforme, sia per le classi dense che per quelle isolanti

Prima del getto

- Verificare che la cassaforma sia ben fissata, a tenuta stagna e rivestita con agente distaccante, e che gli ancoraggi siano posizionati correttamente e in buone condizioni (vedere le Sezioni 2.1 e 2.2).
- Verificare che la miscela sia eseguita entro il tempo di lavorabilità e controllare lo spessore previsto del rivestimento rispetto ai riferimenti di profondità delle casseforme.

Requisiti fondamentali

- Il calcestruzzo deve essere installato immediatamente dopo la miscelazione e versato in modo da ridurre al minimo la segregazione. Posizionare il materiale vicino alla superficie non farlo cadere dall'alto.
- Versare lentamente in posizione in modo che ogni sottosquadro e profilo sia completamente riempito e non si formino sacche d'aria.
- Mantenere la temperatura del rivestimento e del supporto del forno tra 10 e 32 °C durante la posa e la maturazione. Al di sopra dei 32 °C, si raccomanda l'uso di acqua ghiacciata per la miscelazione; al di sotto dei 10 °C, riscaldare lievemente 'acqua di miscelazione (vedere le Sezioni 5.1 / 5.2).

Metodo di Compattazione

Calcestruzzo	Metodo di Compattazione
Isolante	Di norma è sufficiente la compattazione con bacchette o costipazione. Se si utilizza un vibratore, e sufficiente una leggera vibrazione: un'eccessiva compattazione rompe gli aggregati morbidi/esfoliati, aumentando la densità e riducendo la resa.
Denso	La vibrazione è utile e riduce l'aria intrappolata per ottenere una densità ottimale. Interrompere l'operazione quando non fuoriesce più aria dalla miscela – generalmente entro 2–3 minuti.
Autolivellante	Si disaerano e si livellano con vibrazione minima o assente; seguire le istruzioni tecniche. Non vibrare eccessivamente, poiché ciò causa la segregazione.

NOTA

L'acqua che si accumula in superficie durante la vibrazione indica che la miscela è troppo umida: ridurre la quantità d'acqua nella miscela successiva. Muovere il vibratore lentamente e con cura, lasciando che il getto riempia lo spazio dietro di esso, prestando particolare attenzione agli angoli e agli ancoraggi, mantenendo il vibratore a immersione lontano dagli ancoraggi e dalla cassaforma. Non vibrare una volta che il getto ha iniziato la presa. La compattazione deve essere effettuata con un vibratore a immersione separato e manuale; non utilizzare dispositivi vibranti montati sull'ugello di gunitaggio, pompaggio o proiezione per compattare il materiale gettato (vedere Appendice A).

Interruzioni e riprese di getto

- Una volta avviata, la posa deve proseguire senza interruzioni fino al completamento della sezione.
- Se un'interruzione è inevitabile, tagliare il bordo umido ad angolo retto per l'intero spessore del rivestimento (o strato); rimuovere e smaltire tutto il materiale a monte del taglio.
- Come linea guida pratica, considerare qualsiasi interruzione superiore a circa 20 minuti come un giunto di costruzione (a freddo) e applicare la procedura di taglio sopra descritta, anziché posare materiale fresco contro un bordo parzialmente indurito (vedere Appendice A).
- Sincronizzare le colate consecutive in modo che quella precedente non abbia ancora iniziato a fare presa. Ogni gettata deve essere versata fino a raggiungere lo spessore totale del rivestimento, anziché essere applicata a strati.
- Nel caso di rivestimenti multistrato, trattare la superficie del primo strato per impedire che assorba l'acqua da quello successivo e non aggiungere mai uno strato prima che quello precedente sia completato.

Dimensioni delle sezioni

Posizione di gettata	Sezione consigliata
Orizzontale	Circa 1 m × 1 m; non superiore a 1,5 m × 1,5 m. Suddividere le superfici di grandi dimensioni in sezioni più piccole e gestibili.
Verticale	Cassaforma alta almeno 0,5 m × lunga 1,5 m; gettare in modo uniforme lungo la lunghezza e compattare fino a ottenere un rivestimento omogeneo.
Camini / condotti circolari	Spesso si getta in orizzontale e si ruota per fasi – 4 fasi (90°) per diametri inferiori a 1,5 m (minimo 3); più fasi per diametri maggiori.

> **NOTA**
> Per i camini e i condotti circolari realizzati mediante rotazione, è possibile utilizzare miscele isolanti con una quantità di acqua di impasto leggermente ridotta per irrigidire la miscela ed evitare che coli dalla sezione ruotata. Ciò aumenta leggermente la densità ma facilita notevolmente la posa; si tratta di un'eccezione autorizzata alla regola standard relativa all'acqua di impasto e deve essere concordata con l'Ufficio Tecnico di Linco Baxo. Non si applica ai calcestruzzi a densità elevata.

Finitura e tolleranze

- Livellare la superficie con una staggia o frattazzo di legno; evitare una finitura eccessivamente liscia mediante cazzuola o frattazzo (una superficie con pori troppo chiusi e liscia può ostacolare la fuoriuscita del vapore durante il l'essiccamento, aumentando il rischio di distacchi).
- Coprire la superficie rifinita e iniziare immediatamente la maturazione (vedere la Sezione 4.1).
- Prevedere indicativamente una **maggiorazione del 5–10%** della quantità di materiale necessaria per tenere conto di eventuali sacchi danneggiati, perdite durante la movimentazione e la posa e residui di lavorazione. In cantieri con condizioni operative difficili o ubicazioni remote, tale maggiorazione può essere aumentata al **10–20% o oltre**, in funzione delle condizioni.

Errori comuni

- Vibrazione eccessiva**,** che può provocare la segregazione dell'impasto; oppure insufficiente costipazione/addensamento, con conseguente formazione di vuoti, in particolare in corrispondenza degli angoli, degli ancoraggi e delle zone geometricamente più complesse.
- Realizzazione dello spessore previsto mediante successivi strati sottili, anziché mediante posa dell'intero spessore in un'unica operazione, ove previsto dalla procedura di posa.
- Riduzione dell'acqua d'impasto per compensare eventuali perdite attraverso i casseri. Tale pratica modifica il rapporto acqua/materiale e può alterare le caratteristiche di posa e le proprietà finali del calcestruzzo; pertanto, non deve essere adottata. (vedere la Sezione 2.2).

Riferimenti incrociati

Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 2.1 Sistemi di ancoraggio · Sezione 2.2 Casseforme · Sezione 3.7 Calcestruzzi autolivellanti · Sezione 4.1 Maturazione · Sezione 5.1 / 5.2 Condizioni di temperatura · Sezione 6.1 Giunti.

3.3 – Gunitaggio dei calcestruzzi

Scopo e campo di applicazione

Il gunitaggio è un metodo di posa più rapido in cui il calcestruzzo pre-umidificato viene convogliato pneumaticamente e proiettato sulla superficie di rivestimento attraverso un ugello dotato di sistema d'iniezione d'acqua. Linco Baxo produce materiali specificamente formulati per il gunitaggio a secco con pre-umidificazione controllata, in cui l'acqua finale viene regolata all'ugello**.**

Prima del gunitaggio

- La superficie di destinazione deve essere pulita e solida, con gli ancoraggi correttamente posizionati (vedere la Sezione 2.1). Non eseguire il gunitaggio su superfici ghiacciate o a temperature inferiori a 10 °C (vedere le Sezioni 5.1 / 5.2).
- Prevedere durante la prima passata sulle pareti una maggiore quantità di sfrido di materiale da utilizzare a causa del rimbalzo delle particelle di materiale sulle lamiere nude.

Attrezzatura e pressioni

La macchina di gunitaggio deve consentire la regolazione completa sia della pressione dell'aria che di quella dell'acqua. Le impostazioni indicative sono:

Tipologia di calcestruzzo	Pressione dell'aria	Pressione dell'acqua
Denso	1–10 bar	0–5 bar
Isolante	5 bar (≈ 8000 l/min)	7 bar

> **NOTA**
> Una corretta regolazione della pressione dell'aria è essenziale per i calcestruzzi isolanti al fine di evitare la compattazione dei granuli morbidi esfoliati, che aumenterebbe la densità e ridurrebbe la resa. Le pressioni effettive di aria e acqua richieste dipendono dalla lunghezza del tubo flessibile, dalle dimensioni dell'ugello e dal diametro del tubo, dall'altezza di lavoro e dal tipo di materiale; la portata indicativa non è un equivalente fisso della pressione indicata e deve essere confermata per la specifica configurazione di ugello e tubo flessibile in uso.

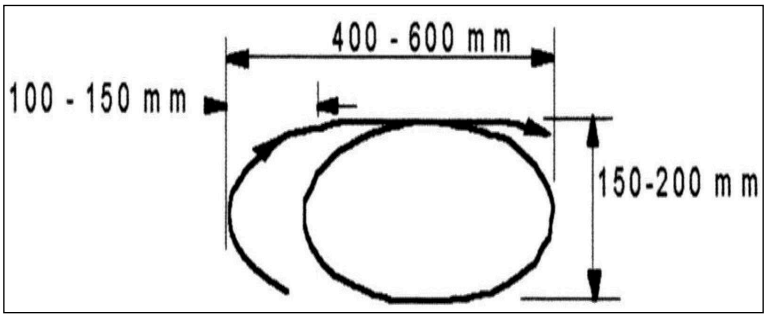
Pre-umidificazione

- Effettuare la pre-umidificazione in un pre-umidificatore dedicato, ove possibile; in alternativa, utilizzare un miscelatore a pale posizionato immediatamente accanto alla macchina di gunitaggio.
- L'acqua di pre-umidificazione è pari a circa un quinto dell'acqua totale aggiunta all'ugello; il resto viene aggiunto all'ugello sotto forma di spruzzo finemente nebulizzato, fino alla massima quantità che il materiale può accettare senza avere fenomeni di colatura o cedimento.
- Miscelare il materiale pre-umidificato fino a renderlo omogeneo e privo di grumi, e utilizzarlo entro 20 minuti.

Il valore dell'acqua indicato nella scheda tecnica non viene utilizzato direttamente per la gunitaggio, poiché l'aggiunta di acqua all'ugello deve essere adattata alla macchina. La pre-umidificazione riduce la polvere all'ugello, migliora la visibilità dell'operatore e la gunitaggio riducendo al minimo la segregazione e il rimbalzo.

Tecnica di applicazione

- Tenere l'ugello a circa 90° rispetto alla superficie, a una distanza di circa 1 m (a seconda della densità), muovendolo con piccoli movimenti circolari per ridurre il rischio di rimbalzo e stratificazione.
- Stendere il materiale gradualmente fino a raggiungere lo spessore totale, su piccole aree alla volta; sulle pareti verticali lavorare dal basso verso l'alto in modo che il rimbalzo non si attacchi al rivestimento o agli ancoraggi sottostanti.
- Lavorare sempre lungo il bordo umido della fascia appena completata, raggiungendo rapidamente lo spessore totale prima di passare all'area successiva.
- Assicurarsi che nessun materiale di rimbalzo rimanga intrappolato nel flusso di materiale fresco: il rimbalzo intrappolato lascia vuoti e punti deboli.
- Mantenere una comunicazione diretta tra l'operatore dell'ugello e quello della macchina: si raccomanda un sistema bidirezionale nei casi in cui non possano vedersi a vicenda.
- Continuare a spruzzare senza interruzioni fino al completamento della sezione. Se un'interruzione supera i 10–15 minuti, tagliare e rimuovere qualsiasi area non spruzzata fino allo spessore completo; non ricoprire mai il materiale applicato in precedenza per compensare lo spessore. Tagliare i bordi non finiti ad angolo retto rispetto alla superficie di supporto e scartare tutto il materiale a monte del taglio;
- Per i rivestimenti multistrato, trattare la superficie del primo strato per impedire che assorba l'acqua da quello successivo.



Controllo dello spessore e finitura

- Lavorare in sezioni di circa 2 m × 2 m. Controllare lo spessore mediante sagome guida dello stesso spessore previsto del rivestimento: eseguire il gunitaggio a sezioni alternate, lasciarle fare presa, rimuovere le sagome guida e procedere con il gunitaggio delle sezioni intermedie. Per le superfici sferiche, utilizzare perni di guida da Ø 2 mm saldati con interasse di 600 mm e tagliati a una lunghezza corrispondente allo spessore del rivestimento.
- La normale superficie ottenuta mediante gunitaggio presenta naturalmente irregolarità o depressioni dell'ordine di 3–10 mm, in funzione della dimensione massima dell'aggregato. Qualora sia richiesto un controllo preciso dello spessore, applicare il materiale con un leggero sovraspessore e rifilare la superficie, appena possibile dopo il gunitaggio, mediante cazzuola, frattazzo in acciaio o, preferibilmente, una spazzola chiodata.

Rimbalzo e tolleranze

La perdita di materiale dovuta al rimbalzo (rebound) aumenta nel caso di rivestimenti di spessore ridotto rispetto a quelli di maggiore spessore e nelle applicazioni inf volta rispetto alle pareti verticali**.** Per questo motivo, i fattori di difficoltà riportati di seguito raggiungono i valori più elevati nelle applicazioni sulle volte**.** La tolleranza complessiva da considerare per il gunitaggio è data dalla somma delle tolleranze relative al materiale, alle condizioni di cantiere e alla difficoltà di esecuzione del lavoro:

Caso	Materiale	Sito	Difficoltà	Totale
Cantiere nazionale – pareti verticali	10 %	5 %	10–15 %	25–30 %
Cantiere nazionale – volte	10 %	5 %	30–40 %	45–55 %
Cantiere disagiato/remoto – pareti verticali	10 %	10–15 %	10–15 %	30–40 %
Cantiere disagiato/remoto – volte	10 %	10–15 %	30–40 %	50–65 %

Le società di ingegneria applicano i propri standard all’interno di questi intervalli; le migliori squadre di posa si attestano vicino ai limiti inferiori. Consultare uno specialista Linco Baxo per la scelta dei materiali e la stima dei margini di tolleranza.

SICUREZZA

Il gunitaggio è un’operazione ad alta pressione e ad alto carico di polveri. Indossare occhiali protettivi, una maschera antipolvere (per la silice cristallina respirabile), protezioni acustiche, guanti e un elmetto di protezione; tenersi a distanza dai rimbalzi ad alta velocità. Installare dispositivi di controllo del contraccolpo sui tubi flessibili e depressurizzare prima di eliminare eventuali ostruzioni.

Riferimenti incrociati

Sezione 2.4 Attrezzature e manodopera · Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 3.4 Spatolatura · Sezione 3.5 Pompaggio · Sezione 3.6 Calcestruzzo proiettato · Sezioni 5.1/5.2 Condizioni di temperatura.





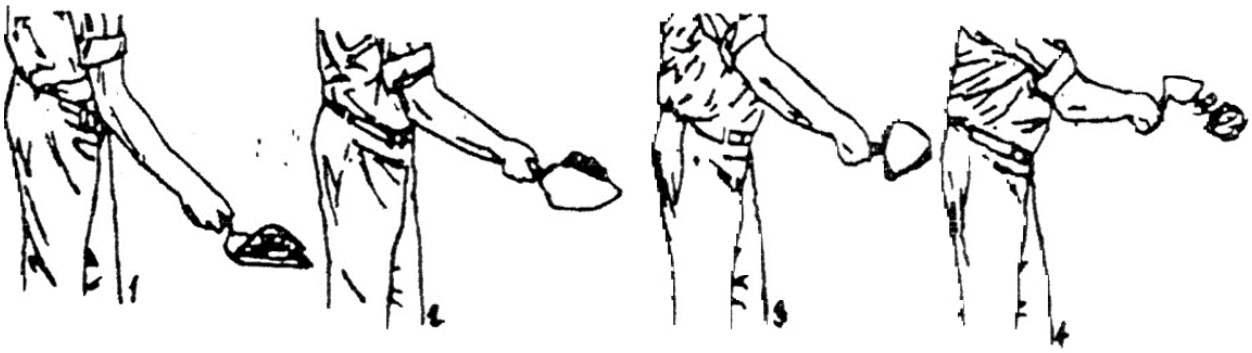
3.4 – Applicazione a cazzuola

Scopo e campo di applicazione

I rivestimenti applicati a cazzuola non sono generalmente consentiti e alcune società di ingegneria accettano l'uso della cazzuola solo per la modellatura. Tuttavia, in determinate circostanze possono essere installati esclusivamente mediante applicazione a cazzuola, per rivestimenti di spessore molto ridotto o in posizioni difficili dove il getto o il gunitaggio non sono praticabili. Questa sezione descrive la tecnica corretta.

Prima della applicazione a cazzuola

- La superficie deve essere pulita e accuratamente inumidita senza essere satura d'acqua. La rete metallica, il supporto o gli ancoraggi devono essere fissati correttamente prima dell'inizio dei lavori (vedere Sezione 2.1).
- Rispettare le stesse condizioni di temperatura previste per il getto (vedere le Sezioni 5.1 / 5.2).



Tecnica

La stuccatura a schiaffo consiste nell'applicare piccole quantità di calcestruzzo a consistenza densa, prelevata con la cazzuola e "lanciata" contro la superficie con un movimento ascendente del braccio e accompagnato da uno scatto del polso, in modo che aderisca, penetri nella rete metallica o nel supporto e si compatta con il materiale applicato precedentemente e successivamente.

- Utilizzare la quantità minima di acqua necessaria per ottenere una consistenza densa. Il contenuto d'acqua può essere variato a discrezione dell'operatore, ma non si deve aggiungere acqua in eccesso a un impasto che sta facendo presa. La riaggiunta di acqua comporta una riduzione delle caratteristiche meccaniche, pertanto, qualsiasi impasto divenuto eccessivamente rigido deve essere scartato.
- Preparare piccole quantità se il materiale incomincia a fare presa prima dell'uso e disporre quantità maneggevoli vicino al punto di lavoro.
- Lavorare dal basso verso l'alto, da sinistra a destra o dall'angolo in basso a sinistra verso l'angolo in alto a destra.
- Laddove l'ancoraggio presenti aperture di dimensioni ridotte, potrebbe essere necessario ricorrere a una tecnica di applicazione per pressione, sebbene meno consigliabile. In questo caso, il calcestruzzo viene prelevato sulla parte inferiore della cazzuola e spinto attraverso il sistema di ancoraggio, in modo che aderisca e si compatti con il materiale già applicato.

Finitura

- Applicare il materiale in un unico strato fino al raggiungimento dello spessore finale previsto. Il calcestruzzo refrattario non deve essere applicato mediante più strati sottili sovrapposti, poiché questi possono provocare distacchi e sfaldamenti durante la maturazione e il successivo riscaldamento.
- Rifilare il materiale mediante il bordo della cazzuola oppure livellarlo mediante una staggia, fino al raggiungimento dello spessore previsto, limitando al minimo la lavorazione superficiale con la cazzuola. Non aggiungere acqua sulla superficie; per ottenere una finitura leggermente ruvida o strutturata può essere utilizzato un panno umido.
- Coprire il rivestimento appena completato e iniziare tempestivamente la maturazione (curing), poiché i rivestimenti sottili applicati a cazzuola tendono a perdere rapidamente l'umidità (vedere Sezione 4.1).

IMPORTANTE

Una lavorazione eccessiva della superficie porta in superficie acqua, particelle fini e legante cementizio, causando fessurazioni e sfaldamenti durante la maturazione e, quasi certamente, in caso di esposizione ad alte temperature.

Riferimenti incrociati

Sezione 2.1 Sistemi di ancoraggio · Sezione 3.2 Getto · Sezione 3.3 Gunitaggio · Sezione 4.1 Maturazione · Sezione 5.1 / 5.2 Condizioni di temperatura.

3.5 – Pompaggio

Scopo e campo di applicazione

Il pompaggio è un metodo utilizzato per trasportare il calcestruzzo dalla betoniera al punto di posa, particolarmente utile per grandi volumi o aree di difficile accesso dove il trasporto con carriola o secchio non è pratico. Durante il pompaggio, le operazioni di miscelazione e trasporto del calcestruzzo vengono eseguite contemporaneamente.

Tipologie di pompe

- Pompa a vite e pompa a doppio pistone: il calcestruzzo deve essere preparato in un miscelatore a pale separato prima di essere immesso nella pompa.
- Pompa miscelatrice automatica / pompa a miscelazione continua: il materiale viene dosato e miscelato nel miscelatore integrato prima del pompaggio.

Processo a secco vs. processo a umido

- Il processo a secco non è raccomandato: in assenza di miscelazione forzata, il calcestruzzo non esce dalla testa di scarico in uno stato omogeneo, ma segregato.
- Il processo a umido è il metodo raccomandato: il calcestruzzo viene preparato e miscelato prima del trasporto, garantendo un materiale omogeneo e correttamente miscelato nel punto di posa.

IMPORTANTE

Il metodo di pompaggio e le attrezzature devono essere confermati con l'Ufficio Tecnico di Linco Baxo per ogni singola applicazione; non tutti i prodotti sono idonei all'applicazione mediante pompaggio.

Riferimenti incrociati

Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 3.2 Getto · Sezione 3.6 Calcestruzzo Proiettato · Sezione 3.7 Calcestruzzi autolivellanti.

3.6 – Calcestruzzo proiettato

Scopo e campo di applicazione

Il calcestruzzo proiettato è un metodo di posa derivato dal settore delle costruzioni sotterranee e della realizzazione di gallerie. Prevede l'utilizzo di calcestruzzi a basso contenuto di cemento (LCC) e a bassissimo contenuto di cemento (ULCC), posato senza casseforme, prevedendo tuttavia l'utilizzo di elementi divisori tra le diverse sezioni di applicazione.

Principio di funzionamento

Il calcestruzzo viene miscelato in un miscelatore a pale con la quantità d'acqua necessaria, quindi proiettato ad alta pressione verso l'ugello tramite una pompa a doppio pistone. In corrispondenza dell'ugello, il materiale viene proiettato mediante aria compressa mentre, contemporaneamente, viene iniettato un additivo accelerante di presa, che ne provoca una rapida presa. Ciò garantisce stabilità e adesione sufficienti per l'applicazione su superfici verticali e in quota (intradossi e volte), praticamente senza materiale di rimbalzo.

Attrezzatura necessaria

- Miscelatore a pale.
- Pompa a doppio pistone.
- Pompa di dosaggio dell'accelerante di presa
- Alimentazione di aria compressa con linea di mandata.
- Ugello per calcestruzzo proiettato

Requisiti tecnici

- Spessore minimo di posa: 80 mm, per motivi tecnici legati al principio di funzionamento.
- Le attrezzature per il calcestruzzo proiettato richiedono lunghi tempi di allestimento e una manutenzione intensiva. La capacità produttiva teorica non deve pertanto essere confusa con la produttività effettiva ottenibile durante un turno di lavoro.
- La finitura della superficie deve essere eseguita immediatamente dopo il calcestruzzo proiettato e prima che abbia inizio il processo di presa.

Riferimenti incrociati

Sezione 3.3 Gunitaggio · Sezione 3.5 Pompaggio · Sezione 3.7 Calcestruzzi autolivellanti · Sezione 4.1 Maturazione

3.7 – Calcestruzzi autolivellanti

Scopo e campo di applicazione

I calcestruzzi autolivellanti sono prodotti LCC, ULCC e NCC formulati per scorrere e disaerarsi per effetto del proprio peso, richiedendo una compattazione meccanica minima o nulla.

La presente sezione integra le indicazioni generali di posa riportate nella Sezione 3.2.

Caratteristiche principali

- Intervallo di consistenza ristretto: l'aggiunta di acqua deve essere rigorosamente controllata entro l'intervallo indicato nella Scheda Tecnica del prodotto. Anche piccole deviazioni del quantitativo di acqua possono influenzare il comportamento di scorrimento e di disaerazione (vedere la Sezione 1.1).
- Controllo della lavorabilità: verificare la consistenza e la capacità di scorrimento mediante prova di spandimento (Flow Table Test) secondo il metodo e i valori di accettazione indicati nella scheda tecnica o nelle specifiche di progetto, anziché la prova della palla in mano utilizzata per i calcestruzzi densi (vedere la Sezione 3.1).

Posa

- Versare il calcestruzzo in modo continuo da un unico punto, o da un numero limitato di punti, lasciando che il calcestruzzo scorra e si livelli da solo naturalmente; evitare manipolazioni non necessarie.
- Una volta effettuato il getto, non alterare la superficie: i calcestruzzi autolivellanti raggiungono la propria finitura attraverso l'autolivellamento, senza necessità di lavorazione a cazzuola o livellamento mediante staggia.

Compattazione

> **IMPORTANTE**
> I calcestruzzi autolivellanti non devono mai essere sottoposti a vibrazione. Essi si disaerificano grazie al proprio comportamento di scorrimento; la vibrazione ne altera le caratteristiche reologiche e può causare segregazione o perdita di fluidità.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.1 Nozioni fondamentali sui calcestruzzi autolivellanti · Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 3.2 Getto · Sezione 6.1 Giunti.

4.1 – Maturazione del calcestruzzo

Scopo e campo di applicazione

Quando si aggiunge acqua ai calcestruzzi contenenti cemento alluminoso, le reazioni di idratazione del cemento alluminoso sviluppano resistenza e possono generare calore; durante questa fase occorre evitare perdita prematura di umidità per consentire il corretto sviluppo delle proprietà meccaniche**.** La corretta maturazione ha quindi lo scopo di mantenere il rivestimento umido e fresco e a temperatura controllata, in modo che l'acqua rimanga disponibile per consentire al legante cementizio di sviluppare le proprietà e la resistenza meccanica ottimali.

Metodo di maturazione

- Mantenere la superficie del rivestimento umida e fresca a temperatura controllata: spruzzare acqua pulita e dolce a intervalli frequenti, oppure coprire con sacchi bagnati mantenuti costantemente umidi. Per condotti e piccoli serbatoi, un'alternativa è la chiusura ermetica per trattenere l'umidità interna.
- Iniziare la maturazione immediatamente dopo la presa iniziale – una volta che il rivestimento è sufficientemente duro da impedire che l'acqua spruzzata lavi via il cemento superficiale e proseguirla per almeno 24 ore. Le casseforme possono rimanere in posizione durante il periodo di maturazione.
- Mantenere la temperatura del rivestimento tra 10 e 32 °C per tutta la durata della maturazione.

> **NOTA**
> Questo regime di maturazione a umido si applica ai calcestruzzi a base di cemento alluminoso e quindi a legante idraulico. I calcestruzzi che utilizzano sol-gel, a legame fosfatico e senza cemento richiedono modalità di maturazione differenti e alcuni di essi non devono essere mantenuti umidi. Seguire pertanto le indicazioni della scheda tecnica pertinente.

Condizioni di temperatura

Condizione	Indicazioni per la maturazione
Freddo (bassa evaporazione)	La maturazione a umido potrebbe non essere necessaria, tuttavia, il rivestimento deve essere mantenuto a una temperatura superiore a 10 °C e non deve mai congelare durante le fasi di presa e maturazione (vedere la Sezione 5.1).
Caldo (elevata evaporazione)	La maturazione a umido è fondamentale: mantenere il rivestimento umido e fresco a temperatura controllata per le prime 24 ore e in caso di lavori all'aperto, proteggerlo dalla luce solare diretta (vedere la Sezione 5.2).

Utilizzo di prodotti per la maturazione

CURING MIX 106 è un prodotto liquido applicato a spruzzo che forma sulla superficie del calcestruzzo una pellicola/membrana protettiva, isolando il getto dall'atmosfera, favorendo una presa sicura e contribuendo a prevenire la formazione di polvere superficiale, muffa e idrolisi alcalina. Utilizzato in alternativa alla maturazione umida continua, elimina la necessità di ripetute operazioni di umidificazione e la sua pellicola dura normalmente abbastanza a lungo da coprire le operazioni di trasporto e le fasi intermedie precedenti all'essiccazione del rivestimento. Applicare CURING MIX 106 sul calcestruzzo

umido e ripetere l'operazione dopo l'avvenuta presa. Per le modalità di applicazione, quantità e ulteriori prescrizioni, fare riferimento alla scheda tecnica del prodotto.

Controlli critici

- Le apparecchiature rivestite con calcestruzzi non devono essere movimentate in cantiere fino al completamento della maturazione e non devono essere imballate o trasportate fino a quando non sia stata effettuata l'essiccazione naturale all'aria (vedere la Sezione 4.2).
- Verificare il sistema di irrigidimento delle carpenterie metalliche che deve impedire flessioni e deformazioni che potrebbero danneggiare il rivestimento refrattario.

Riferimenti incrociati

Sezione 3.2 Gettata · Sezione 4.2 Essiccazione all'aria e ventilazione · Sezioni 5.1 / 5.2 Condizioni di temperatura · Sezione 7.1 Principi di essiccazione e riscaldamento.

4.2 – Essiccazione all’aria e ventilazione

Scopo e campo di applicazione

Dopo la maturazione (curing) e prima di qualsiasi riscaldamento iniziale, il rivestimento in calcestruzzo refrattario deve essere sottoposto a essiccazione all’aria a una temperatura ambiente superiore a 10 °C per il tempo più lungo possibile e non meno di 72 ore al fine di raggiungere condizioni stabili. L’essiccazione all’aria rimuove l’acqua libera che altrimenti provocherebbe reazioni indesiderate tra la superficie del rivestimento e l’atmosfera circostante.

Idrolisi alcalina e carbonatazione

I calcestruzzi refrattari isolanti di recente posa, se lasciati senza una adeguata essiccazione per periodi prolungati in ambienti umidi o caratterizzati da elevata umidità relativa, sono maggiormente soggetti a fenomeni di idrolisi alcalina (AH), associati a fenomeni di carbonatazione. Questo fenomeno si verifica più facilmente con calcestruzzi isolanti contenenti aggregati porosi che assorbono elevate percentuali di acqua di impasto. Il rischio è aggravato da cantieri con elevata umidità e da spazi chiusi e non ventilati, come i forni a camera. I fenomeni di idrolisi alcalina e carbonatazione vengono favoriti dalla migrazione dell’acqua all’interno del rivestimento; pertanto, impedire la penetrazione e il movimento dell’acqua all’interno del refrattario rappresenta una delle principali misure per limitarne lo sviluppo.

Pratica raccomandata

- Idealmente, eseguire la completa essiccazione del rivestimento subito dopo la maturazione.
- Laddove l’asciugatura immediata non sia possibile, non lasciare il rivestimento in un ambiente chiuso e umido. Assicurare una buona ventilazione naturale o, preferibilmente, una ventilazione forzata su tutta la superficie con un ventilatore adeguato o un soffiatore ad aria calda.
- Un'essiccazione preliminare a circa 260 °C per circa 45 ore rimuove parzialmente l'acqua e di solito riduce il rischio di AH.
- CURING MIX 106 forma una membrana che ritarda la carbonatazione principalmente bloccando la penetrazione dell’umidità (vedere la Sezione 4.1).

Moduli rivestiti in officina

Laddove le carpenterie vengano rivestite in officina per ridurre i tempi in cantiere, è necessario far asciugare all’aria e ventilare il rivestimento prima di imballarlo per il trasporto, assicurandosi che l’imballaggio lo protegga dall’ingresso di acqua. I rivestimenti che abbiano completato correttamente le fasi di maturazione ed essiccazione non devono essere lasciati esposti alla pioggia, poiché l’ingresso di acqua può compromettere le caratteristiche e le prestazioni.

> **NOTA**
> L’operazione di essiccazione all’aria riveste la massima importanza per i calcestruzzi isolanti leggeri, a causa dell’elevata percentuale di acqua di impasto che richiedono.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.7 Durata di conservazione dei materiali monolitici e materiali scaduti · Sezione 4.1 Maturazione · Sezione 7.1 Principi di essiccazione e riscaldamento · Sezione 9.4 Fibre ceramiche.

5.1 – Condizioni di bassa temperatura (inferiori a 10 °C)

Scopo e campo di applicazione

Non devono essere posati né i calcestruzzi densi né quelli isolanti quando la temperatura ambiente è inferiore a 10 °C. La presente sezione illustra le misure necessarie per mantenere una temperatura di sicurezza nei casi in cui non sia possibile evitare di lavorare a basse temperature.

Mantenimento della temperatura

- Mantenere una temperatura minima di 10 °C riscaldando artificialmente l'acqua d'impasto, il calcestruzzo e l'area circostante, comprese le carpenterie dei forni, fino al completamento delle fasi di maturazione ed essiccazione dei materiali.
- In un'officina aperta potrebbe essere necessario isolare termicamente l'unità da rivestire e predisporre adeguati sistemi di riscaldamento per mantenere temperature soddisfacenti.
- Conservare i calcestruzzi al riparo dal gelo e trasferirli in un'area con temperatura di almeno 15 °C per almeno 48 ore prima della posa.
- Mantenere la temperatura minima per almeno 24 ore dopo il getto; alcuni prodotti, in particolare le formulazioni a base di cemento alluminoso caratterizzate da tempi di maturazione più lunghi, potrebbero richiedere il mantenimento di tali condizioni fino a 48 ore. Verificare sempre le informazioni specifiche nella relativa Scheda Tecnica Linco Baxo prima di rimuovere le casseforme o le coperture protettive.



Riscaldatori elettrici

Acqua di impasto e temperatura della miscela

- L'acqua di impasto deve avere una temperatura superiore a 10 °C ed è preferibile riscaldarla a circa 20 °C, senza mai superare i 30 °C.
- Controllare le temperature della miscela secca e dell'acqua in modo che l'impasto umido sia sempre superiore a 10 °C.
- Per il gunitaggio, l'impiego di materiale a temperatura più elevata migliora le caratteristiche di applicazione e riduce il rimbalzo. La temperatura dell'acqua consigliata è compresa tra 20 e 25 °C.
- Il tempo di presa può essere regolato con un accelerante fornito da Linco Baxo su richiesta.

Registrazione delle temperature

Registrare a intervalli regolari (ad es. ogni ora) le temperature dell'ambiente, dell'impasto e del supporto utilizzando termometri min/max o termocoppie. Tenere un registro di cantiere come documentazione di qualità, adottando un criterio di monitoraggio coerente con quello previsto durante il ciclo di essiccazione controllata (dry-out) (Sezione 7.1).

Maturazione, essiccazione e protezione dal gelo

Durante le fasi di applicazione e maturazione, il rivestimento deve rimanere a una temperatura superiore a 10 °C e non deve mai congelarsi. Dopo la maturazione, lasciare asciugare all'aria a una temperatura superiore a 10 °C il più a lungo possibile per raggiungere condizioni stabili. Aspetto particolarmente importante per i calcestruzzi isolanti leggeri con il loro elevato contenuto di acqua di impasto per la loro posa.

IMPORTANTE

L'effetto dannoso del congelamento dipende dal contenuto di acqua libera. Un getto completamente essiccato subisce solo effetti marginali dal gelo, mentre un rivestimento umido o parzialmente indurito può subire danni gravi.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.5 Stoccaggio · Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 4.1 Maturazione · Sezione 4.2 Essiccazione all'aria · Sezione 5.2 Condizioni di alta temperatura.

5.2 – Condizioni di alta temperatura (superiori a 32 °C)

Scopo e campo di applicazione

Le elevate temperature ambientali accelerano la presa e l'evaporazione dell'acqua e aumentano il rischio di fessurazioni e distacchi esplosivi. La presente sezione definisce le precauzioni da adottare durante la posa in condizioni climatiche caratterizzate da temperature elevate.

Stoccaggio, acqua e temperatura dell'impasto

- Conservare i calcestruzzi in un magazzino fresco, asciutto e ventilato, al riparo dalla luce solare diretta; mantenere la temperatura della miscela secca al di sotto dei 32 °C, raffreddandola prima dell'uso se necessario.
- Utilizzare acqua fresca o, se necessario, acqua refrigerata, ma mai a temperature inferiori a 5 °C. Controllare le temperature dell'acqua e della miscela secca in modo che l'impasto umido sia sempre al di sotto dei 25 °C.
- Se i supporti sono esposti alla luce solare, raffreddarli durante la posa, la presa e la maturazione e mantenerli al di sotto dei 32 °C ombreggiandolo e/o spruzzandone l'esterno con acqua.

Posa e compattazione

- I calcestruzzi in presenza di alte temperature fanno presa rapidamente; ripristinare la consistenza mediante miscelazione con un'asta o battitura, anziché aggiungendo acqua. Evitare l'eccesso d'acqua e, se necessario, miscelare e posare in piccole quantità.
- Su richiesta, Linco Baxo mette a disposizione un agente ritardante per prolungare il tempo di lavorabilità.
- Per il gunitaggio, adottare le stesse precauzioni previste per l'applicazione mediante getto e tenere il miscelatore, la miscela secca e l'acqua al riparo dalla luce solare.

Maturazione

Mantenere il rivestimento a una temperatura inferiore a 32 °C e tenerlo umido e fresco per le prime 24 ore. Ciò è particolarmente importante per calcestruzzi caratterizzati da un elevato calore di idratazione, che sono particolarmente soggetti a fessurazioni e distacchi esplosivi se non correttamente maturati, (vedere la Sezione 4.1).

Qualora nessuna di queste misure risultasse sufficiente, eseguire la posa di notte.

Riferimenti incrociati

Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 3.2 Gettata · Sezione 4.1 maturazione · Sezione 5.1 Condizioni a bassa temperatura.

6.1 – I giunti nei rivestimenti in calcestruzzo

Scopo e campo di applicazione

I refrattari si espandono quando vengono riscaldati. I giunti servono a compensare l'espansione termica e a controllare il ritiro, in modo da proteggere il rivestimento e le carpenterie da sollecitazioni non compensate. Il tipo, la posizione e la distanza tra i giunti sono determinati dall'ingegnere responsabile della progettazione dell'impianto.

Giunti di dilatazione

- I giunti di dilatazione consentono l'espansione termica nei punti in cui il progettista li ritiene necessari, proteggendo sia il rivestimento che le carpenterie.
- Sono generalmente posizionati a intervalli regolari non superiori a 1,5 m sia in direzione orizzontale che verticale.
- Laddove si ricorra a una struttura a pannelli, i giunti tra pannelli adiacenti devono essere riempiti con fibra ceramica avente un limite di temperatura di esercizio adeguato, come ad esempio un materassino o un feltro.

Giunti di separazione e tagli di controllo

- I giunti di separazione e i tagli di controllo distribuiscono uniformemente il ritiro del rivestimento e prevengono la formazione di fessurazioni casuali, a una distanza regolare non superiore a 1,5 m sia in orizzontale che in verticale.
- I tagli di controllo vengono eseguiti manualmente prima della presa del calcestruzzo, con una larghezza di circa 1,5 mm e una profondità di 25 mm.
- I tagli sono sempre necessari con rivestimenti in calcestruzzo denso e sono raccomandati (sebbene non strettamente necessari) con rivestimenti di calcestruzzi con peso medio e leggero.

IMPORTANTE

I tagli di controllo devono essere eseguiti prima che il calcestruzzo faccia presa. Non devono essere realizzati mediante taglio o molatura dopo la posa in opera.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.1 Nozioni fondamentali sui refrattari colabili · Sezione 3.2 Getto · Sezione 7.1 Principi di essiccazione e riscaldamento · Sezione 9.4 Fibre ceramiche.

7.1 – Principi di essiccazione e riscaldamento

Scopo e campo di applicazione

Prima di mettere in funzione un forno o un impianto, il rivestimento refrattario deve essere completamente essiccato. Un'essiccazione efficiente e professionale e un riscaldamento in sicurezza consentono di eliminare l'acqua libera e quella legata chimicamente, riducono al minimo il rischio di esplosione di vapore e di shock termico e portano il rivestimento in condizioni ottimali prima dell'avvio. Questa sezione illustra i principi e la procedura generale; non fornisce una curva di riscaldamento universale, poiché il programma corretto dipende dal materiale specifico, dallo spessore del rivestimento, dalla geometria e dall'attrezzatura. Attenersi sempre alla scheda tecnica Linco Baxo pertinente, alle specifiche di progetto o a un programma fornito da Linco Baxo. Alla fine di questa sezione sono riportate curve indicative per i principali famiglie di materiali.

Acqua presente nel rivestimento

Una parte dell'acqua di impasto viene consumata nelle reazioni di idratazione; la quota residua rimane nel rivestimento come acqua libera o trattenuta e deve essere rimossa con essiccazione/riscaldamento controllati. I calcestruzzi densi presentano bassa porosità e ridotta permeabilità, il che significa che le vie di fuga per l'acqua e il vapore sono limitate. Pertanto, l'acqua deve essere eliminata lentamente e in modo controllato per evitare lo sviluppo di pressioni interne che potrebbero causare fessurazioni o distacchi esplosivi. L'acqua residua è trattenuta in tre forme, ciascuna delle quali viene rilasciata in un intervallo di temperatura distinto:

Forma dell'acqua	Rilasciata a	Note
Acqua libera (fisica)	≈ 100–110 °C	La fase di ebollizione/evaporazione intorno ai 100 °C è la più critica. È necessario prevedere un'adeguata fase di mantenimento per consentire la graduale eliminazione dell'acqua.
Acqua legata fisicamente/chimicamente (idrati)	≈ 250–350 °C	Viene eliminata man mano che gli idrati del cemento alluminoso si decompongono.
Acqua legata alla struttura cristallina	≈ 600–650 °C	L'ultima acqua a essere eliminata dalla struttura del materiale.

Fasi di eliminazione dell'acqua

Fase	Cosa succede
Maturazione	Avviene l'idratazione del cemento; l'umidità persa viene reintegrata o trattenuta per consentire al materiale di sviluppare correttamente la propria resistenza (Sezione 4.1).
Essiccazione all'aria	Parte dell'acqua libera viene eliminata a temperatura ambiente superiore a 10 °C, fino al raggiungimento di condizioni stabili (Sezione 4.2).
Essiccazione / primo riscaldamento	Il riscaldamento controllato elimina l'acqua libera residua e, a temperature più elevate, l'acqua chimicamente legata contenuta negli idrati del cemento.

Regole generali per l'essiccazione

- L'essiccazione deve seguire una curva definita in base al tipo e alla qualità del calcestruzzo e allo spessore del rivestimento. Maggiore è lo spessore e più elevata è la densità, più lungo sarà il processo.
- L'essiccazione **non** deve **mai** essere interrotta o sospesa. Se un'interruzione è inevitabile, mantenere caldo il rivestimento oppure raffreddarlo seguendo la curva originaria.

- Mantenere un flusso continuo di aria calda attraverso l'intero forno per allontanare l'umidità.
- In genere si utilizzano bruciatori mobili, poiché i bruciatori dell'impianto stesso solitamente non sono in grado di regolare l'intervallo di bassa temperatura con sufficiente precisione per garantire una progressione termica efficace.
- Non dirigere fiamme libere sul rivestimento refrattario al di sotto dei 650 °C.
- Evitare sbalzi di temperatura.
- Le temperature indicate nelle curve di dry-out si riferiscono sempre alla temperatura dei gas caldi / dell'aria calda, mai alla superficie del rivestimento. La temperatura all'interno dello spessore del materiale presenta un naturale ritardo rispetto alla temperatura dei gas caldi, fornendo un ulteriore margine di sicurezza durante il riscaldamento.
- Per un rivestimento costituito da più tipologie di materiali refrattari, selezionare la curva di temperatura del materiale con la velocità di riscaldamento massima consentita più bassa.
- Non avviare l'essiccazione e il riscaldamento prima che siano trascorse almeno 24 ore dalla posa di calcestruzzi o malte (ad eccezione dei materiali plastici e le miscele da pigiatura), in modo che la presa non venga interrotta prematuramente.

IMPORTANTE

Il successo dell'essiccazione non dipende solo dalla curva di riscaldamento. È necessario considerare anche le dimensioni e il posizionamento del bruciatore, la posizione dello scarico, il volume e la velocità dell'aria, il posizionamento delle termocoppie e l'attrezzatura di essiccazione. Questo lavoro non sempre rientra nei servizi forniti dall'installatore di materiali refrattari.
Linco Baxo raccomanda di affidarsi a un appaltatore esperto in essiccazione dotato di bruciatori professionali. Linco Baxo può fornire curve di riscaldamento per applicazioni specifiche, in particolare per nuove installazioni e servizi critici. La curva dipende dalla natura dell'intero rivestimento piuttosto che da un singolo materiale.

Requisiti di cantiere

Questi requisiti sono indipendenti dal mezzo di riscaldamento utilizzato e devono essere rispettati:

- Dopo la posa, non deve entrare acqua aggiuntiva (pioggia, acqua di rubinetto o simili) nel forno/impianto, per evitare la formazione di condensa. Proteggere l'impianto dal gelo.
- Il forno/impianto deve essere a tenuta stagna. Chiudere tutte le aperture non necessarie per lo scarico dei gas caldi in modo da mantenere una leggera sovrapressione; ciò evita che l'aria calda immessa attraversi il rivestimento senza trasferire efficacemente il calore.
- Installare una valvola di regolazione sullo scarico dei gas caldi per regolare la sovrapressione. A parità di portata d'aria fredda immessa, il volume d'aria almeno raddoppia quando le temperature di essiccazione raggiungono i 500 °C; motivo per cui la valvola di regolazione è così utile.

Preparazione

L'essiccazione e il riscaldamento vengono preparati come segue: predisporre le linee di alimentazione; predisporre i ventilatori; predisporre o installare i bruciatori davanti alle aperture definite; e installare le termocoppie nelle posizioni specificate. Quindi eseguire una prova a freddo dei ventilatori e delle termocoppie, verificare la tenuta delle linee del gas, del combustibile liquido e dell'aria compressa e ispezionare visivamente le guarnizioni di tenuta dei vari componenti installati.

È inoltre necessario verificare prima dell'avvio quanto segue:

- Come verrà scaricato il gas di combustione umido (vapore di scarico).
- Se è possibile scaricare la condensa e prevenirne l'accumulo.
- Se è presente una tenuta sul lato dei fumi verso altre parti del forno/impianto.

- Se le parti sotto pressione o le tubazioni della caldaia sono o devono ancora essere riempite d'acqua; in tal caso, occorre redigere un nuovo bilancio termico (di calore), tenendo conto della quantità di calore assorbito dall'acqua presente e dalle parti in pressione.

Nel caso di forni/impianti complessi, potrebbe essere necessario effettuare un'analisi dei rischi (pericoli) e redigere una lista di controllo delle fasi di collaudo richieste (cfr. Tabella A). Nelle vicinanze dei bruciatori deve essere presente un numero sufficiente di estintori.

Tabella A — Esempio di lista di controllo / elenco dei controlli per l'essiccamento/riscaldamento

N.	Descrizione del controllo / della prova	Responsabilità (Cliente / Appaltatore)	Verificato da	Risultato
1 Informazioni generali				
1.1	Procedura di essiccazione e riscaldamento (disponibile e approvata)			
1.2	Accettazione del rivestimento refrattario			
1.3	Scarico dei gas di combustione in loco (in posizione)			
2 Attrezzature di riscaldamento per eseguire i lavori di essiccazione e riscaldamento				
2.1	Dichiarazione di conformità / Marchio CE / Autorizzazioni disponibili			
2.2	Delimitazione e messa in sicurezza delle aree interessate ai bruciatori			
2.3	Numero e tipo di bruciatori conformi alla procedura			
2.4	Posizionamento (disposizione) dei bruciatori secondo la procedura			
2.5	Posizionamento (disposizione) delle termocoppie secondo la procedura			
2.6	Controllo delle apparecchiature di registrazione della temperatura			
3 Gas				
3.1	Controllo della tenuta (perdite) delle condutture del gas e dei percorsi di controllo del gas			
3.2	Permessi per i tubi flessibili del gas in cantiere			
3.3	Regolatore di pressione del gas installato (se necessario)			
3.4	Dispositivo di intercettazione di sicurezza installato per l'applicazione prevista			
3.5	Prova di funzionamento dei circuiti di controllo del gas e dei bruciatori superata con esito positivo			
3.6	Prova di funzionamento dei dispositivi di sicurezza dell'apparecchiatura del bruciatore superata con esito positivo			
4 Misure di sicurezza				
4.1	Transennamento delle aree rilevanti per la sicurezza			

N.	Descrizione del controllo / della prova	Responsabilità (Cliente / Appaltatore)	Verificato da	Risultato
4.2	Estintori in posizione con adesivo di revisione valido			

Esecuzione

- Posizionare i bruciatori in modo tale che l'energia termica venga convogliata attraverso le aperture delle porte o i pozzetti all'interno del forno/impianto, raggiunga tutte le aree da essiccare e fuoriesca poi attraverso il camino (o il camino di emergenza).
- Iniettare aria tramite il ventilatore per miscelarla con la fiamma del bruciatore. Qualsiasi fiamma che si formi direttamente all'ugello di uscita del bruciatore non deve entrare in contatto con il rivestimento refrattario.
- Mantenere la temperatura nell'area immediatamente circostante il bruciatore entro un limite prestabilito, controllato da una termocoppia posizionata direttamente in tale zona.
- Proteggere le aree a rischio con materassini in fibra ceramica oppure mediante altri materiali termoisolanti idonei
- Avviare l'operazione solo una volta completata la preparazione e dopo aver ricevuto l'autorizzazione da parte del cliente, seguendo le curve di essiccazione e riscaldamento fornite da Linco Baxo o dalla società di ingegneria responsabile del progetto.

Determinazione del programma

Possono esserci notevoli differenze nel gradiente di temperatura ammissibile tra i vari materiali; pertanto, qui vengono fornite solo raccomandazioni e requisiti minimi. Fino a circa 100 °C la pressione di vapore è generalmente più contenuta, ma il riscaldamento deve comunque rimanere controllato e prevedere adeguati mantenimenti per consentire la migrazione dell'umidità. L'essiccazione è più rapida nella fascia di basse temperature, pertanto specialmente con le miscele plastiche è opportuno prevedere periodi di mantenimento a circa 120–150 °C. La tabella B riporta le durate standard e la curva applicabile per ciascun tipo di materiale.

> **NOTA**
> A titolo puramente orientativo, la norma API 936 (Controllo di qualità delle installazioni refrattarie) pubblica programmi indicativi di essiccazione per i getti refrattari convenzionali suddivisi per classe di densità (inferiore a 1200 kg/m³, da 1200 a 1600 kg/m³ e da 1601 a 2240 kg/m³), con velocità di riscaldamento comprese tra 28 e 56 °C/h e un "Indice di essiccazione" comparativo da 23 a 40 ore per un rivestimento monostrato di 127 mm riscaldato da 10 °C a 705 °C. Questi valori rimangono subordinati alla scheda tecnica specifica di Linco Baxo o al programma di essiccazione dedicato al prodotto installato. Per le unità complesse con più di un bruciatore, più di due punti di uscita dei fumi o otto o più termocoppie la norma API 936 raccomanda che il piano di essiccazione sia revisionato da un ingegnere esperto nell'essiccazione di sistemi complessi (vedere l'Appendice A).

Tabella B — Durate standard di essiccazione e riscaldamento e curve applicabili

Tipo di materiale	Durata (h)	Curva	Maturazione e asciugatura all'aria (h)
Miscele plastiche, materiali modellabili e miscele da pigiatura.	113	A	24
Calcestruzzi densi convenzionali	112	B	24
Calcestruzzi isolanti	112	B	24

Tipo di materiale	Durata (h)	Curva	Maturazione e asciugatura all'aria (h)
Calcestruzzi densi a medio e basso contenuto di cemento	176	C	48
Calcestruzzi densi autolivellanti	176	C	48
Calcestruzzi FC (Licodry)	69	D	12
Muratura in mattoni / blocchi / sagomati speciali alluminosi	30	E	12
Sagomati speciali in mullite e sillimanite cotti	95	F	24
Sagomati speciali cotti in allumina ad alto tenore	95	F	24
Sagomati speciali cotti in zirconio e zirconio-mullite	96	G	24
Sagomati speciali non cotti	—	Vedi i materiali sottostanti	—

Interruzioni, raffreddamento e strumentazione

- Se il riscaldamento subisce un'interruzione, continuare ad aumentare la temperatura a partire dal livello raggiunto al termine dell'interruzione. Non è necessario ripetere un periodo di mantenimento già completato; tuttavia, se l'interruzione si verifica durante un periodo di mantenimento, è necessario ripetere l'intero periodo di riscaldamento.
- Raffreddare con estrema cautela, poiché possono verificarsi pericolose sollecitazioni di trazione. Per il raffreddamento non devono essere utilizzate acqua o aria convogliata (forzata).
- Misurare le temperature preferibilmente con termocoppie NiCr-Ni; per intervalli di temperatura più elevati, utilizzare termocoppie Pt-Rh/Pt con guaina. Sono facili da utilizzare, registrano la temperatura con precisione e, essendo di piccole dimensioni, influenzano minimamente il rivestimento.
- Posizionare le termocoppie in modo che sporgano di 80–100 mm nella camera del forno, senza toccare il rivestimento e al riparo dalla radiazione diretta della fiamma o dall'ombra termica, in modo che le letture non siano falsate. I punti di misura di riferimento specificati sono determinanti per il controllo della temperatura.
- Una termocoppia che registra la temperatura dei gas di scarico in prossimità del bruciatore controlla la velocità di aumento della temperatura. In caso di accumulo eccessivo di vapore, mantenere la temperatura fino a quando l'accumulo non si attenua.
- Mantenere il volume dei gas caldi sufficientemente elevato da impedire la condensazione e far funzionare il bruciatore con almeno il 50 % di eccesso d'aria.

SICUREZZA

Il personale deve tenersi lontano dalle aperture e dagli scarichi del bruciatore durante l'asciugatura. Il rilascio di vapore e il rischio di distacchi o proiezioni di materiale refrattario rendono il primo riscaldamento un'operazione che deve essere eseguita in maniera controllata e sotto la supervisione competente.
Delimitare con un cordone il bruciatore e le aree rilevanti per la sicurezza e tenere un numero sufficiente di estintori collaudati vicino ai bruciatori.

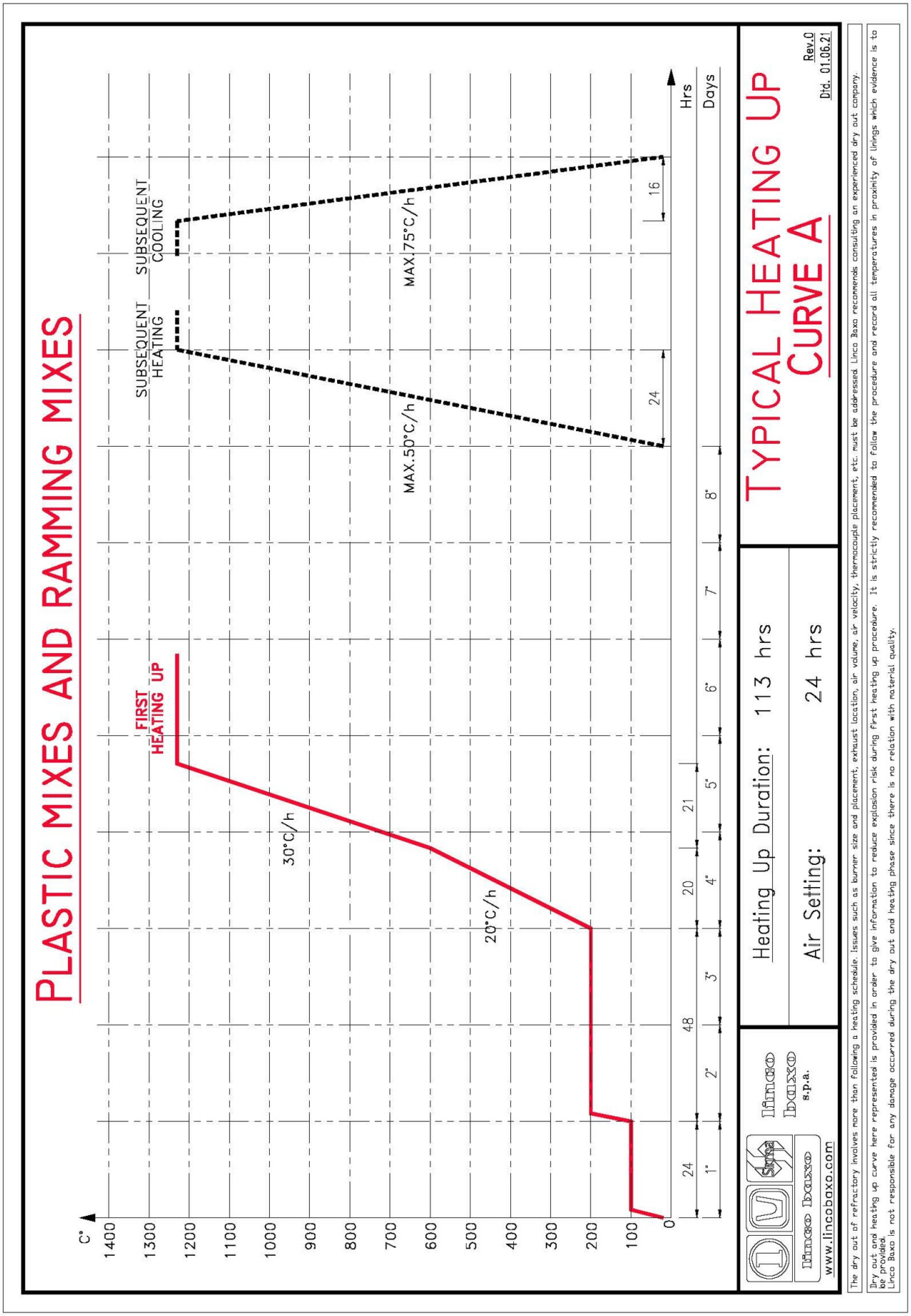
Curve tipiche di primo riscaldamento

> **NOTA**
> Le curve riportate di seguito sono indicative e vengono fornite per ridurre il rischio di esplosione durante il primo riscaldamento. Esse indicano il programma del primo riscaldamento insieme alle velocità massime per il riscaldamento successivo (≤ 50 °C/h) e il raffreddamento (≤ 75 °C/h). Per un rivestimento specifico, seguire il programma fornito da Linco Baxo o le specifiche di progetto. Le temperature si riferiscono al gas caldo / all'aria calda, non alla superficie del rivestimento.

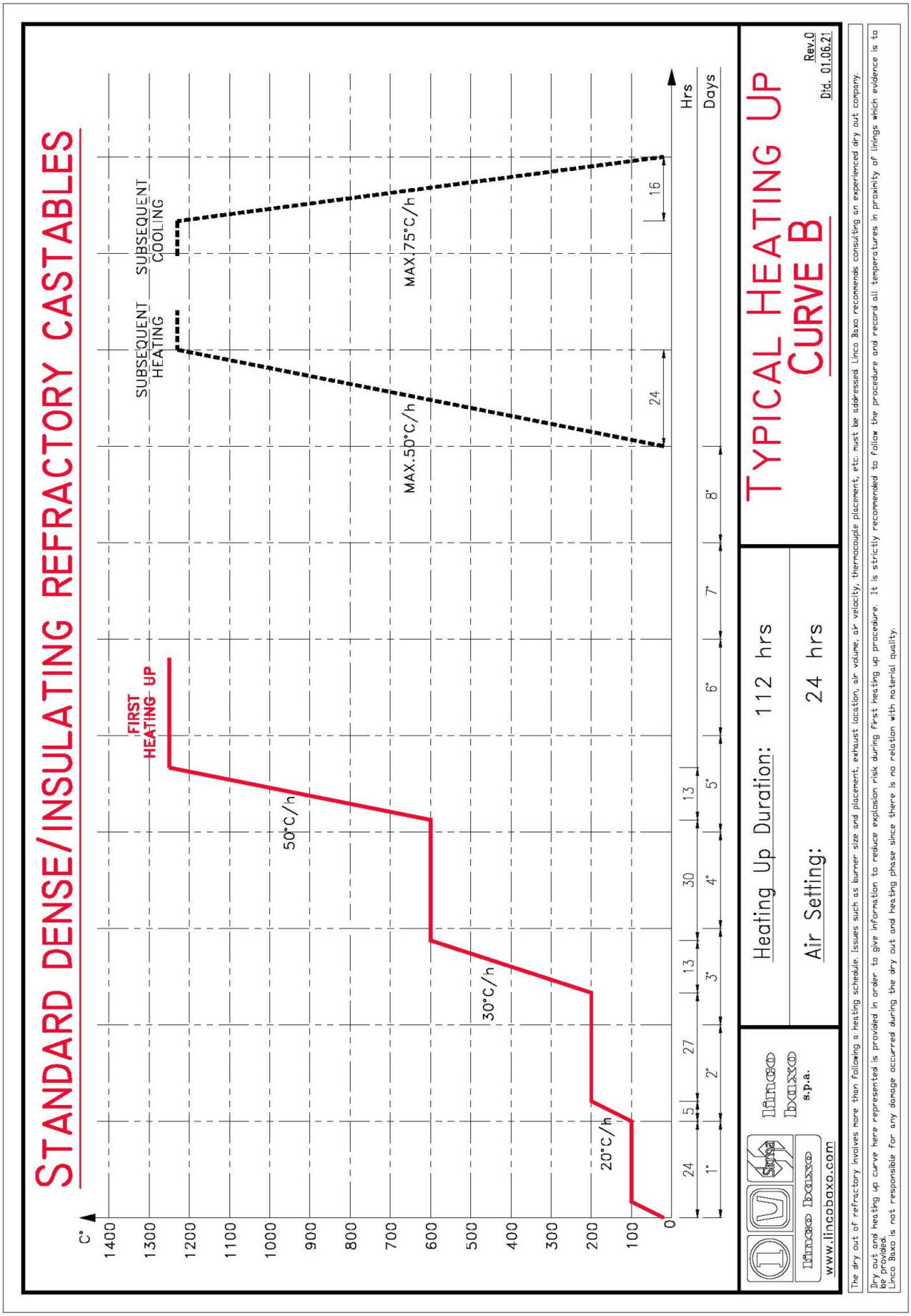
Riferimenti incrociati

Sezione 4.1 Maturazione · Sezione 4.2 Essiccazione all'aria e ventilazione · Sezione 6.1 Giunti · Sezione 7.2 Ispezione del rivestimento · Sezione 8.3 Prove sul rivestimento installato

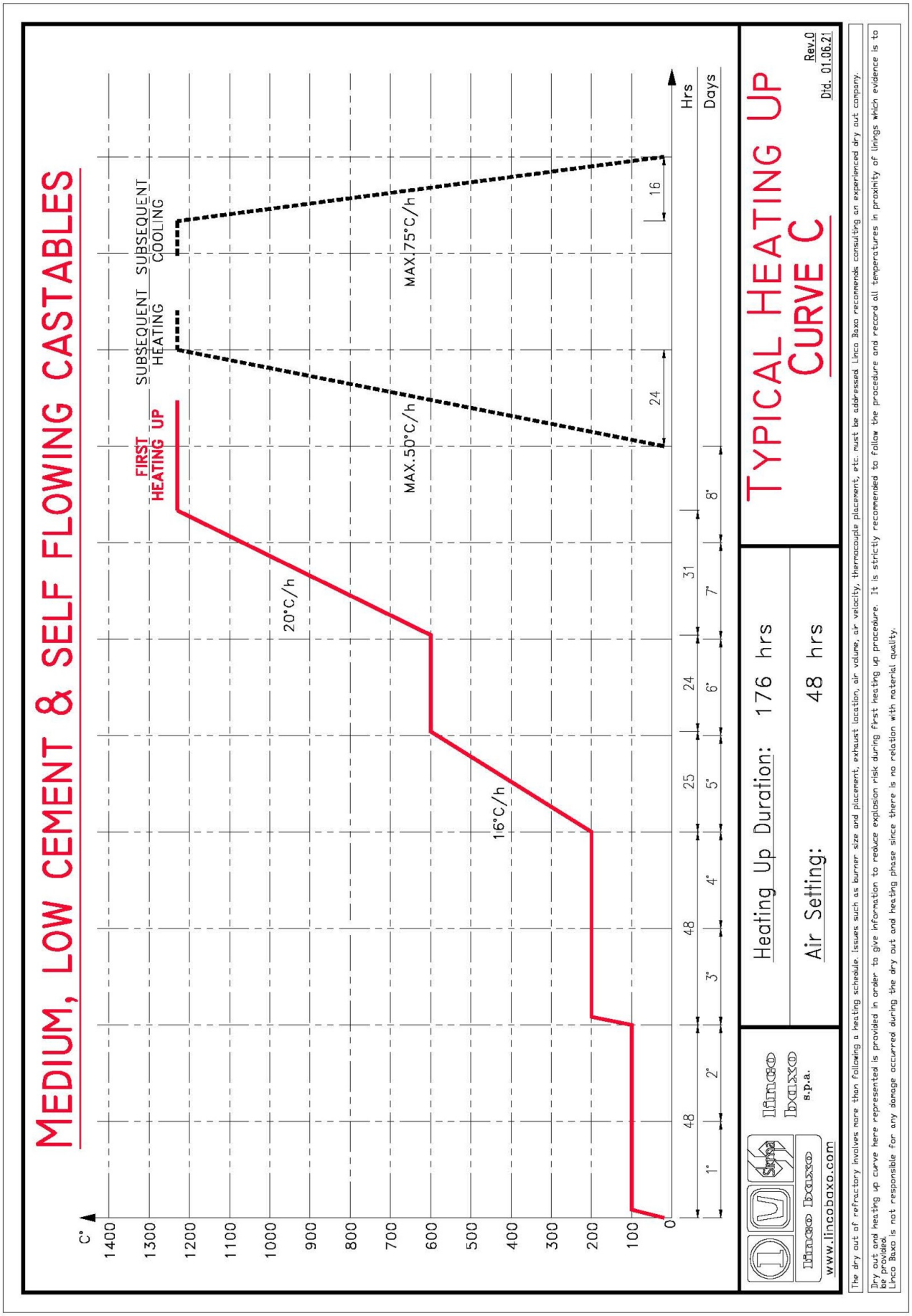
Curva A — Refrattari Plastici e Masse da Pigiatura . Primo riscaldamento: fino a 113 h;



Curva B — Calcestruzzi refrattari densi standard e isolanti. Primo riscaldamento: fino a 112 h; presa/essiccazione all'aria 24 h.



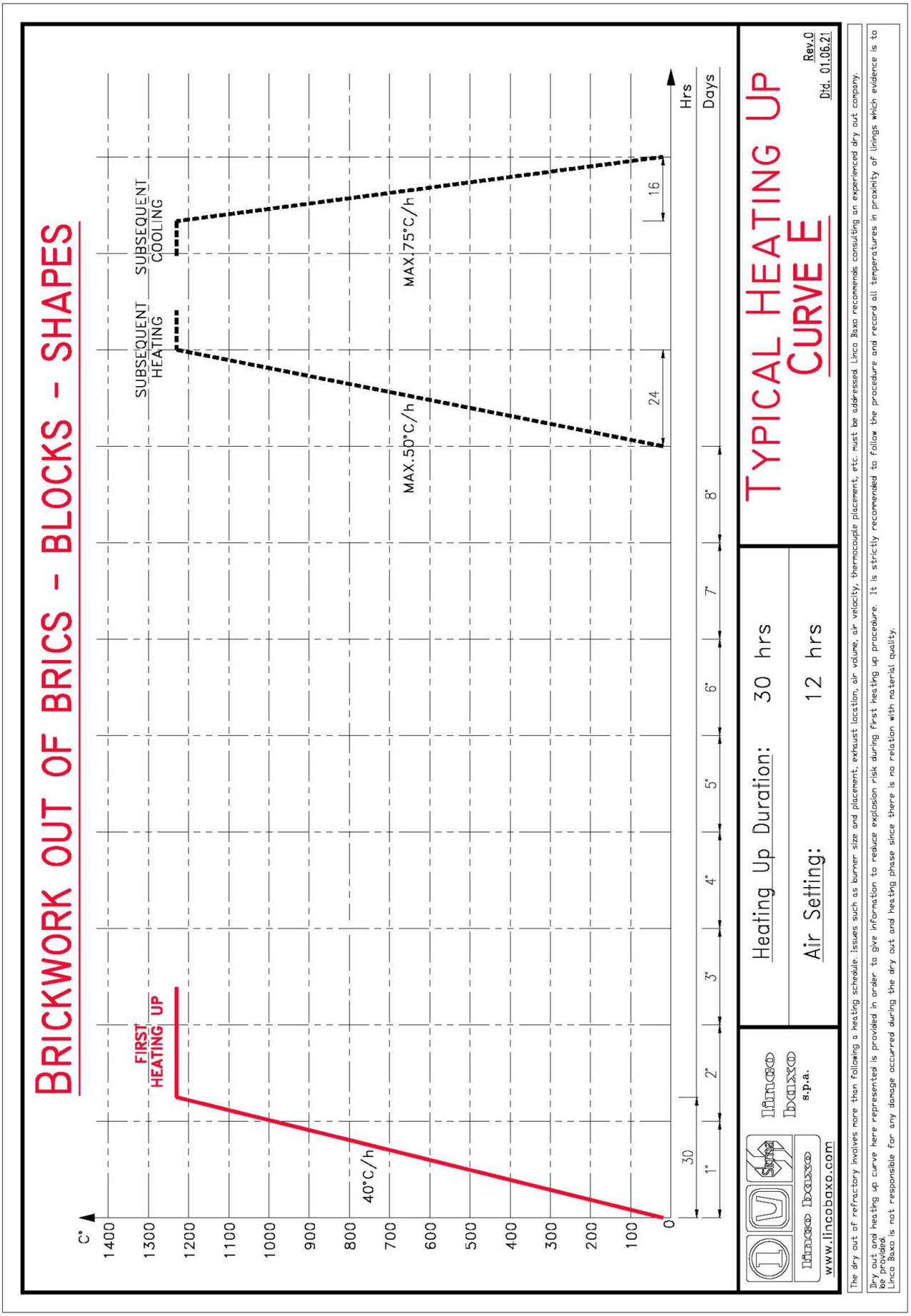
Curva C — Calcestruzzi densi a medio e basso contenuto di cemento e autolivellanti. Primo riscaldamento: fino a 176 h;



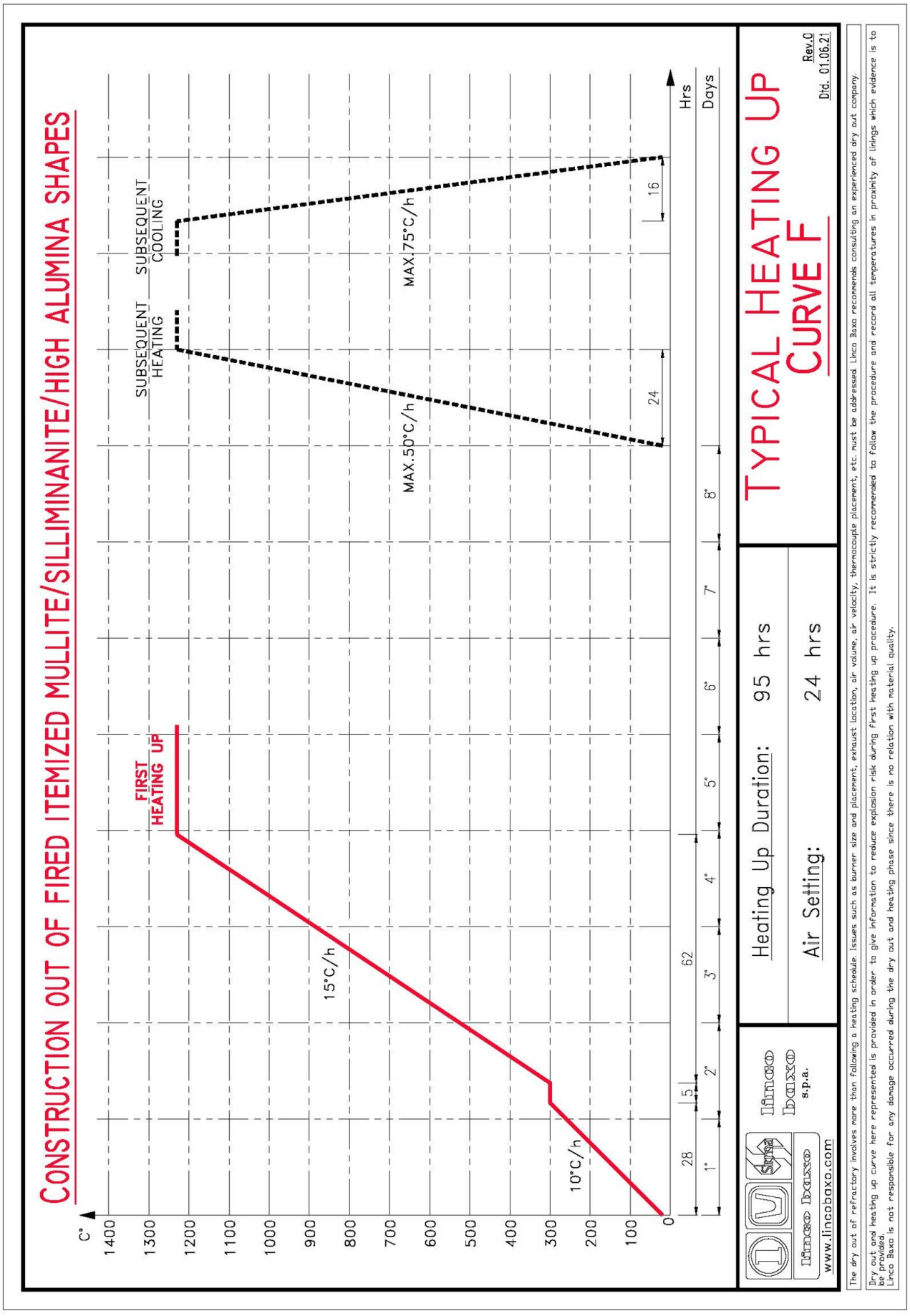


Curva D — Calcestruzzo FC (Licodry). Primo riscaldamento: 69 h; presa/essiccazione all'aria 12 h.

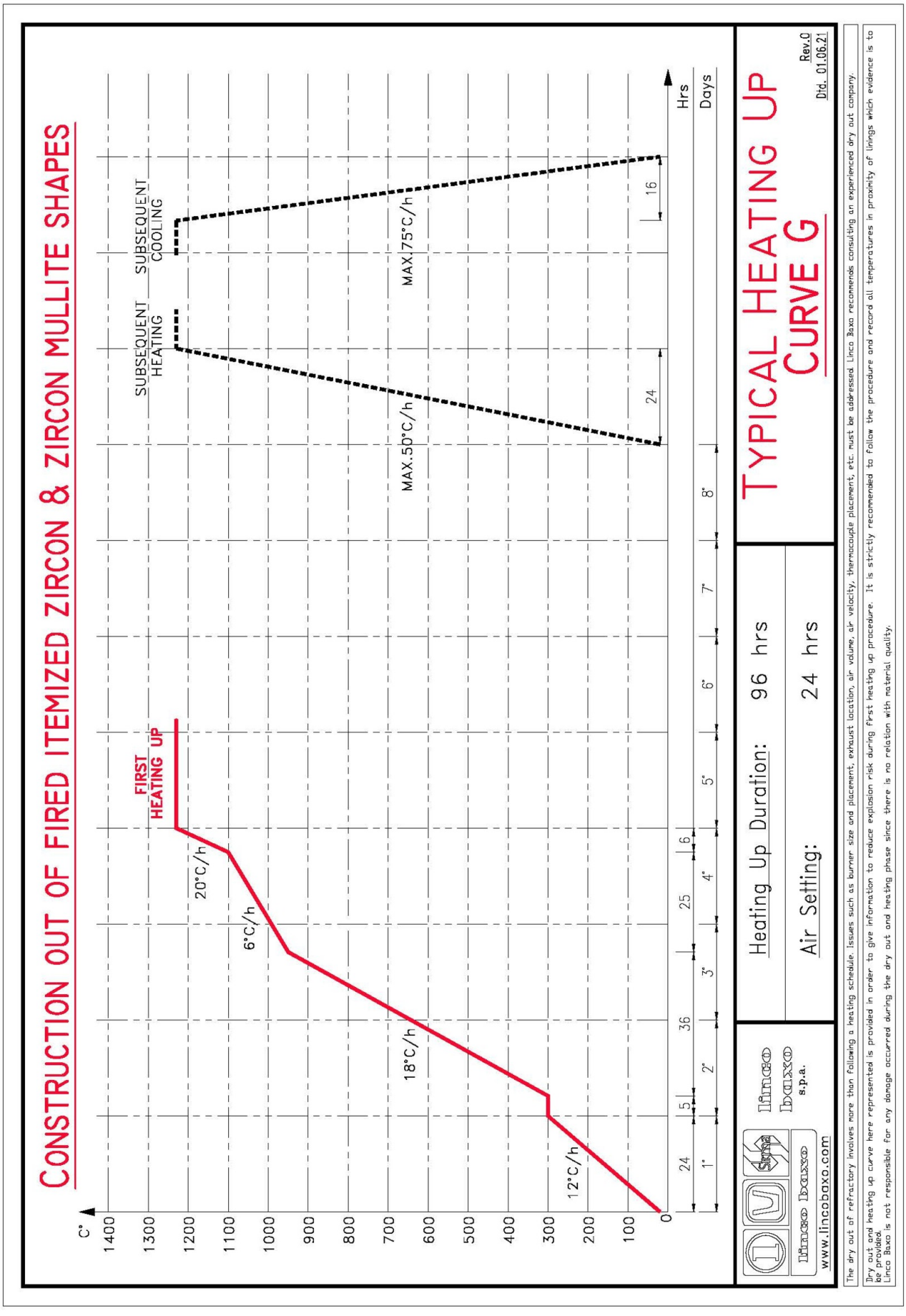
Curva E — Muratura di mattoni / blocchi / elementi in allumina. Primo riscaldamento: 30 h; presa/essiccazione all'aria 24 h.



Curva F — Formati cotti in mullite, sillimanite e ad alto tenore di allumina. Primo riscaldamento: 95 h;



Curva G — Pezzi cotti in zircono e zirconio-mullite. Primo riscaldamento: 96 h; indurimento/essiccazione all'aria 24 h.



7.2 – Ispezione del rivestimento

Scopo e campo di applicazione

L'ispezione conferma che il rivestimento installato soddisfa i requisiti del progetto e resisterà alle condizioni di esercizio. Il rivestimento deve essere ispezionato esclusivamente da tecnici esperti con comprovata esperienza nel settore dei materiali refrattari. I criteri di accettazione, i punti di controllo e la documentazione devono seguire le specifiche di progetto. Qualora sia richiesto un riferimento normativo riconosciuto, i principi definiti della norma API 936 per la posa dei calcestruzzi monolitici costituiscono una base di riferimento adeguata. I criteri riportati di seguito sono valori predefiniti tipici e si applicano laddove le specifiche di progetto non indichino diversamente.

Quando effettuare l'ispezione

- Effettuare l'ispezione sia dopo l'essiccazione all'aria che dopo il ciclo di essiccazione forzata. I difetti risuonano più chiaramente nei rivestimenti dopo essiccazione forzata rispetto a quelli essiccati all'aria, pertanto l'ispezione acustica post-essiccazione consente di individuarli in modo più affidabile.
- Per i rivestimenti multistrato, eseguire la prova del martello su ogni strato, dopo l'avvenuta maturazione dello strato o degli strati di supporto.
- I rivestimenti tendono a muoversi durante il riscaldamento e a sviluppare ulteriori crepe durante il raffreddamento, pertanto l'ispezione post-essiccazione è determinante ai fini della valutazione finale.

Ispezione visiva

- Verificare le condizioni generali: crepe o concentrazioni locali di crepe, sfaldamenti, vuoti, giunti e laminazioni superficiali.
- Verificare che la finitura superficiale sia soddisfacente e che le dimensioni (compreso lo spessore del rivestimento in corrispondenza dei profili e attorno agli attraversamenti) corrispondano ai disegni approvati.
- Controllare gli ancoraggi: tipo, spaziatura e copertura corretti, con le punte degli ancoraggi non esposte sul lato a contatto con il calore.
- Ispezionare i giunti di dilatazione e di costruzione per verificarne le dimensioni e la posizioni corrette, nonché l'assenza di corpi estranei che potrebbero ostacolare il movimento del rivestimento. Pulire e riempire nuovamente qualsiasi giunto interessato con il materiale corretto.

> **NOTA**
> Le sottili fessure da essiccazione sono comuni nei rivestimenti monolitici e non costituiscono necessariamente un difetto. Distinguere le fessurazioni da ritiro accettabili da quelle strutturali in base ai criteri riportati di seguito e alle specifiche di progetto, in caso di dubbi, rivolgersi all'Ufficio Tecnico di Linco Baxo.

Criteri di accettabilità delle fessurazioni (tipici):

- Riparare le singole fessure di larghezza superiore a 3 mm.
- Riparare intere aree di fessurazioni casuali larghe fino a circa 3 mm, qualora le fessure siano distanti tra loro meno di 300 mm.
- Riparare le fessurazioni incrociate che formano dei "blocchi", indipendentemente dalla larghezza delle fessure, poiché tali blocchi tendono a staccarsi con il passare del tempo e al variare della temperatura.

Ispezione acustica (prova del martello)

- Percuotere il rivestimento su tutta la sua superficie con un martello da meccanico a punta tonda del peso di circa 450 g, seguendo la griglia specificata. Ad esempio, sulle volte a intervalli di circa 600 mm, sulle pareti laterali e sui pavimenti a intervalli di circa 900 mm.
- Un suono chiaro e omogeneo indica che il materiale è integro; una risposta sorda o simile a quella di un tamburo indica la presenza di vuoti, delaminazione o scarsa adesione. L'interpretazione richiede un orecchio esperto.

Criteri di accettazione basati sul suono (tipici):

- Riparare qualsiasi area con suono da tamburo o anomala di dimensioni superiori a 150 mm × 150 mm.
- Riparare le aree friabili o caratterizzate da materiale scarsamente consolidato "riempimento secco" che riducono lo spessore effettivo del rivestimento di oltre un quarto o che hanno una profondità superiore a 13 mm.

Estensione dei difetti e sostituzione del rivestimento

Qualora l'area complessivamente interessata da difetti quali vuoti, zone con materiale scarsamente compattato, fessure di larghezza superiore a 3 mm oppure qualsiasi difetto presente in superfici identificate come critiche superi indicativamente il 35% della superficie totale del rivestimento, normalmente deve essere prevista la sostituzione completa del rivestimento refrattario. La decisione finale tra riparazione localizzata e sostituzione completa è di competenza dell'Ispettore o dalla società che ha eseguito l'ingegneria, sulla base delle condizioni riscontrate, dei criteri di accettazione applicabili e dei requisiti della specifica di progetto.

Registrazione dei controlli e tempistiche

- Registrare le osservazioni, le posizioni e i difetti con fotografie, confrontandoli con i criteri di accettazione concordati e i punti di verifica.
- Le fessurazioni dovute al ritiro durante l'essiccazione devono essere valutate sulla base dei criteri di accettabilità applicabili, piuttosto che scartarle automaticamente.

Riferimenti incrociati

Sezione 6.1 Giunti · Sezione 7.1 Principi di essiccazione e riscaldamento · Sezione 7.3 Riparazioni · Sezione 8.3 Prove a opera ultimata.

7.3 – Riparazioni

Scopo e campo di applicazione

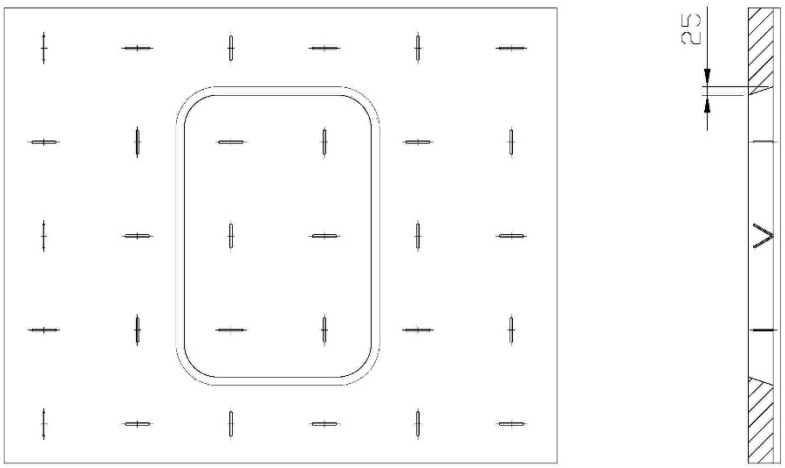
La presente sezione illustra i principi e le dimensioni tipiche per la riparazione di danni localizzati ai rivestimenti monolitici. Effettuare la riparazione utilizzando lo stesso materiale originariamente installato e, ove possibile in particolare su aree estese lo stesso metodo di posa. La scelta dei materiali e i limiti di accettabilità dipendono dall'applicazione specifica e devono essere confermati con l'Ufficio Tecnico di Linco Baxo. Le dimensioni riportate di seguito sono valori tipici predefiniti e si applicano qualora le specifiche di progetto non indichino diversamente.

Valutazione preliminare

Identificare l'entità del danno e la sua causa; meccanica, termica, chimica o legata alla posa in modo che la riparazione affronti la causa e non solo il sintomo.

Riparazioni localizzate (difetto superiore a una superficie di 150 × 150 mm)

- Rimuovere il calcestruzzo difettoso per l'intero spessore dello strato interessato, estendendo la zona di demolizione a un'area minima comprendente 3 o 4 ancoraggi**.** Il limite della riparazione deve essere posizionato a metà distanza tra due ancoraggi e mai in corrispondenza di un ancoraggio**.**
- Rimuovere il materiale realizzando i bordi della zona di demolizione con una leggera inclinazione verso la carpenteria, in modo da ottenere una geometria sottosquadra anziché bordi sottili o rastremati. Questa configurazione consente di ottenere un migliore ancoraggio meccanico del nuovo materiale ed evita la formazione di bordi deboli e facilmente soggetti a distacco.
- Fare attenzione a non danneggiare il rivestimento integro circostante o, se presente, il rivestimento di supporto.
- Eliminare completamente dalla zona di intervento materiale refrattario distaccato, polvere, frammenti e qualsiasi altro residuo**.** Prima della posa del nuovo calcestruzzo refrattario, bagnare accuratamente il materiale sano adiacente**,** evitando comunque la presenza di acqua libera o ristagni.
- Eseguire il nuovo getto utilizzando casseforme realizzate con pannelli, adeguatamente puntellate e fissate contro la superficie del calcestruzzo refrattario sano, in modo da garantire il corretto contenimento del materiale e il ripristino dello spessore e del profilo originari del rivestimento.



Schema di riparazione del rivestimento refrattario isolante

Riparazioni di fessurazioni casuali

- Rimuovere l'intero spessore del rivestimento per circa 120–150 mm su ciascun lato della fessura e parallelamente ad essa, ottenendo una larghezza totale trasversale alla fessura di circa 240–300 mm.
- Ove possibile, installare ancoraggi ausiliari lungo la riparazione per ottenere un nuovo passo di ancoraggio longitudinale e trasversale di circa 200 mm.

Aree con superficie friabile dopo l'essiccazione

- Rimuovere la superficie friabile solo se il materiale che si stacca è tale da compromettere il normale funzionamento.
- Se la rimozione è necessaria, raschiare fino a raggiungere il materiale sano.
- Se lo spessore ridotto risultante rimane entro i limiti indicati nella Sezione 7.2, può essere accettabile. Qualora li supera, ripristinare completamente l'area a meno che non sia confermato che lo spessore ridotto soddisfi comunque le prestazioni termiche e isolanti previsti dal progetto. L'ispettore o il committente possono comunque rifiutare tale dimostrazione e richiedere una riparazione completa.

Maturazione ed essiccazione delle riparazioni

- Preparare la superficie, eseguire la posa, il consolidamento e la finitura seguendo la sezione di posa pertinente.
- Lasciare indurire, asciugare all'aria e riscaldare la riparazione come per i lavori nuovi (Sezioni 4.1, 4.2 e 7.1). Per piccole riparazioni (meno di circa 3 m²), è possibile concordare procedure accelerate con l'Ufficio Tecnico di Linco Baxo.
- Ispezionare nuovamente l'area riparata prima di rimetterla in servizio (Sezione 7.2).

IMPORTANTE

La durabilità di una riparazione dipende direttamente dalla qualità dell'adesione al materiale sano esistente, nonché dalla corretta esecuzione delle successive fasi di maturazione ed essiccazione.

La zona danneggiata deve essere demolita fino a raggiungere materiale sano e compatto, realizzando bordi opportunamente sagomati sottosquadra per garantire un efficace ancoraggio meccanico del nuovo materiale. Non applicare mai il materiale di riparazione in strati sottili o rastremati sopra un substrato deteriorato o non sufficientemente consolidato e non omettere mai la fase di essiccazione.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.3 Miscele da pigiatura e intonaci da riparazioni · Sezione 2.1 Sistemi di ancoraggio · Sezione 3.2 Getto · Sezione 3.3 Gunitaggio · Sezione 4.1 Maturazione · Sezione 4.2 Essiccazione all'aria · Sezione 7.1 Principi di essiccazione e riscaldamento · Sezione 7.2 Ispezione del rivestimento.

8.1 – Campionamento e prove

Scopo e campo di applicazione

Il campionamento e le prove verificano che il materiale fornito e il rivestimento installato soddisfino le proprietà specificate. L'ambito, la frequenza e i criteri di accettazione devono essere concordati nel piano di qualità del progetto; laddove sia richiesta una norma riconosciuta, i principi della norma API 936 per l'ispezione e le prove dei rivestimenti refrattari monolitici forniscono un quadro di riferimento adeguato.

Categorie di prove

Le prove sui refrattari monolitici si suddividono in tre categorie, trattate nelle sezioni seguenti:

- **Prove pre-installazione** – provini preparati in condizioni di laboratorio controllate a partire da campioni rappresentativi della partita fornita, per confermare le caratteristiche del materiale consegnato (Sezione 8.2).
- **Prove sul rivestimento installato** – provini preparati in loco, nelle condizioni effettive di posa, che spesso sono diverse e meno ideali rispetto a quelle di laboratorio. Queste prove indicano la qualità che il rivestimento è in grado di raggiungere nella pratica (Sezione 8.3).
- **Prove post-installazione** – ispezione non distruttiva del rivestimento finito, principalmente prove visive e con il martello (audio) (Sezione 7.2).

Principi

- I campioni devono essere rappresentativi del materiale così come fornito e installato e devono essere riconducibili al lotto di produzione e all'area del rivestimento che rappresentano.
- La frequenza delle prove deve essere definita per materiale, per lotto e per volume installato nel piano di qualità.
- Conservare i campioni di riferimento ove richiesto, in modo che i risultati possano essere verificati o ripetuti.
- I metodi di prova devono seguire le norme ASTM, ISO o EN pertinenti citate nelle specifiche, applicate in modo coerente durante tutto il progetto. Linco Baxo utilizza anche metodi interni basati sulle norme ASTM, sviluppati per scopi specifici.

Il campo delle prove rappresenta necessariamente un compromesso

L'entità del campionamento e delle prove rappresenta necessariamente un compromesso tra cliente e fornitore. La quantità totale di calcestruzzo nel progetto, il tempo a disposizione per realizzare e testare i provini, redigere il rapporto, esaminarlo e concedere l'approvazione, la capacità produttiva del laboratorio di prova e la velocità di posa richiesta determinano insieme la quantità di prove che è possibile effettuare. Per questo motivo, le proprietà da testare e il numero di prove devono essere concordati al momento dell'ordine del materiale. Linco Baxo è sempre pronta a discutere e concordare un piano reciprocamente accettabile.

> **NOTA**
> Le proprietà specifiche, i metodi di prova e i valori di accettazione per ciascun prodotto sono indicati nella relativa scheda tecnica di Linco Baxo. Prima di procedere alle prove, verificare le norme applicabili e i criteri di accettazione e non conformità con l'Ufficio Tecnico di Linco Baxo e le specifiche del progetto.

Riferimenti incrociati

Sezione 7.2 Ispezione del rivestimento · Sezione 8.2 Prove pre-installazione e di produzione · Sezione 8.3 Prove a opera ultimata · Sezione 8.4 Produzione di pezzi stampati in officina · Sezione 8.5 Prove di laboratorio presso Levate · Appendice A Ricerca e basi tecniche.

8.2 – Prove pre-installazione e di produzione

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione tratta due aspetti: il controllo di qualità della produzione applicato negli stabilimenti Linco Baxo prima del rilascio del materiale; la qualificazione pre-installazione del materiale, delle attrezzature e del personale prima dell'inizio dei lavori di rivestimento. Essa segue i principi della norma API 936 e del piano di qualità del progetto.

Controllo di qualità della produzione

- Tutti i prodotti vengono fabbricati, testati, approvati e rilasciati per la spedizione nell'ambito di un sistema di qualità conforme alla norma ISO 9001:2015, sotto l'autorità del Responsabile del Controllo Qualità dello stabilimento in cui il prodotto viene realizzato.
- Le materie prime sono soggette a rigorose specifiche di acquisto Linco Baxo, applicabile a tutti i fornitori. Tutti i materiali in entrata vengono testati all'arrivo prima di essere accettati per la produzione.
- La miscelazione è monitorata tramite PLC con tracciabilità completa delle materie prime per qualità e lotto rispetto alla formula, il che impedisce che errori di miscelazione si trasformino in difetti di qualità in seguito.
- Ogni turno di produzione viene sottoposto a controlli di routine relativi all'analisi granulometrica, al rapporto acqua/miscela, alla resistenza alla compressione a freddo e alla variazione lineare permanente. I test periodici comprendono analisi chimiche, conducibilità termica, resistenza agli shock termici, modulo di rottura, resistenza all'abrasione, refrattarietà sotto carico e, ove applicabile, resistenza alla disintegrazione da monossido di carbonio.
- Per i progetti di grandi dimensioni, i test pre-consegna possono essere effettuati nei laboratori Linco Baxo alla presenza dell'ispettore del cliente o di un suo rappresentante designato, su campioni selezionati a caso dal materiale in attesa di spedizione. I clienti con requisiti particolari sono invitati a concordare il piano di campionamento e le procedure di prova con gli specialisti di Linco Baxo nelle prime fasi del contratto.

Qualificazione del materiale (pre-installazione)

- Verificare l'identificazione del prodotto, il numero di lotto e la durata di conservazione confrontandoli con la bolla di consegna e la scheda tecnica (vedere la Sezione 1.7).
- Verificare le proprietà di lavorabilità rilevanti per il metodo: fluidità/consistenza e tempo di lavorabilità per i materiali destinati al getto; caratteristiche di applicazione per i materiali destinati al gunitaggio.
- Verificare le proprietà specificate dopo maturazione/essiccazione che possono includere la densità apparente, la resistenza alla compressione a freddo e il modulo di rottura mediante i metodi di prova indicati nelle specifiche.

Qualificazione delle attrezzature e del personale

- I miscelatori, le macchine per il gunitaggio e la strumentazione di misura devono essere in buono stato e, ove richiesto, calibrati.
- Il personale con funzioni operative determinanti e in particolare gli operatori addetti al gunitaggio devono essere qualificati; in genere mediante la posa e il collaudo di un pannello di prova che viene poi valutato in base ai criteri di accettazione.
- Qualora la specifica richieda pannelli di prova, questi devono essere realizzati utilizzando gli stessi materiali, le stesse attrezzature e la stessa squadra di lavoro prevista per l'esecuzione dell'opera. I pannelli devono essere sottoposti alle prove e ai criteri di accettazione concordati prima dell'inizio della posa effettiva del rivestimento.

Prova su pannello per applicazione mediante gunitaggio

Le prove sui pannelli sono indispensabili per le applicazioni a spruzzo e vengono effettuate prima della posa effettiva del rivestimento. Ogni operatore deve gunitare almeno un pannello di ciascun tipo di calcestruzzo da installare, utilizzando sempre la stessa attrezzatura a spruzzo che verrà impiegata in cantiere.

- **Dimensioni del pannello:** minimo 900 × 900 mm, profondità pari al rivestimento da installare.
- **Metodo di applicazione:** gunitaggio in posizione verticale, con l'ugello tenuto a circa 1 m dalla superficie del pannello, in conformità con la procedura di gunitaggio descritta nella Sezione 3.3.
- **Condizionamento:** lasciare a maturazione il pannello per almeno 24 ore, quindi essiccare a 105 °C per altre 24 ore.
- **Valutazione:** verificare l'integrità mediante prova del martello (Sezione 7.2) e determinare la densità. Un pannello integro con densità entro i limiti accettabili qualifica l'operatore e l'attrezzatura.
- **Facoltativo:** a discrezione del cliente, il pannello può essere tagliato in quattro parti al fine di esaminare le sezioni interne e verificare l'eventuale presenza di inclusioni, laminazioni o altre discontinuità interne.

IMPORTANTE

La posa del rivestimento refrattario non deve iniziare fino a quando il pannello di prova non sia stato realizzato, sottoposto alle prove previste e formalmente accettato sulla base dei criteri preventivamente concordati. Operatori, addetti alla miscelazione e procedure di posa non qualificati secondo tali modalità non devono essere impiegati nell'opera definitiva.

Controllo durante la posa

Durante l'esecuzione dei lavori, è necessario verificare e registrare, a seconda dei casi, i seguenti parametri:

- Aggiunta di acqua (totale %).
- Tempo di miscelazione.
- Fluidità / consistenza.
- Temperatura del materiale (ove richiesto).
- Identificazione e tracciabilità del lotto.
- Aspetto visivo del materiale miscelato.

I risultati devono essere registrati e conservati in conformità con il piano di qualità del progetto.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.7 Durata di conservazione del monolitico · Sezione 2.4 Attrezzature e manodopera · Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 3.3 Applicazione a spruzzo · Sezione 8.1 Campionamento e prove · Sezione 8.3 Prove a opera finita.

8.3 – Prove sul rivestimento installato

Scopo e campo di applicazione

Le prove sul materiale installato hanno lo scopo di verificare che il rivestimento applicato in cantiere soddisfi le proprietà specificate. I provini vengono realizzati con lo stesso materiale del rivestimento, per quanto possibile con lo stesso procedimento, in modo da poter valutare il rivestimento senza dover praticare carotaggi o tagli sul rivestimento stesso. Il campionamento segue il piano di qualità del progetto e i principi della norma API 936.

Principio di campionamento

I provini vengono ricavati dal materiale preparato per l'installazione, prelevati in momenti corrispondenti alla posa delle varie sezioni del rivestimento (o, se si preferisce, per turno di lavoro) e contrassegnati di conseguenza. Ogni campione viene codificato, la sua posizione viene indicata sui disegni del rivestimento e viene registrato il tipo di calcestruzzo previsto per quella posizione.

> **NOTA**
> Salvo diversa indicazione, una frequenza minima di campionamento di un campione per squadra di posa, per materiale e per turno è un riferimento comunemente utilizzato (vedere API 936).

Campionamento mediante getto

- Prelevare un campione per ciascuna sezione del rivestimento (o per turno), per ciascuna qualità e ciascun lotto di produzione di calcestruzzo, durante la posa effettiva.
- Ogni campione è costituito da tre cubi di 50 mm ± 0,4 mm (2″ ± 1/64), realizzati in stampi approvati in metallo o in legno utilizzando lo stesso materiale impiegato per il rivestimento.
- Qualora sia richiesta la determinazione del modulo di rottura, preparare prima della presa, una barra di 230 × 50 × 50 mm ± 1,0 mm dallo stesso materiale e con le stesse modalità.
- Lasciare maturare, codificare e contrassegnare accuratamente i cubi, indicare i codici sui disegni del rivestimento e registrare il tipo di calcestruzzo in quella posizione.

Campionamento di calcestruzzo gunitato

- Prelevare un campione per ogni sezione di rivestimento (o per ogni turno) per ciascuna qualità di materiale, durante la posa. Ogni campione è costituito da tre provini di 114 × 114 × 64 mm ± 1,0 mm (4½ × 4½ × 2½″ ± 1/32).
- Il materiale viene prelevato da un pannello di 600 × 600 × 75 mm, gunitato da ciascun operatore che lavora in quella sezione (o turno) all'interno di una cassaforma di prova rigida (legno da 25 mm o lamiera da 3 mm) montata verticalmente, con l'ugello tenuto a circa 1 m dalla cassaforma, in conformità con la Sezione 3.3. Gunitare leggermente oltre i 75 mm e rifinire con cura.
- Prelevare una sezione quadrata di circa 300 mm x 300 mm, per l'intero spessore, dal centro del pannello prima che il materiale abbia completato la presa. Lasciarla maturare in un sacchetto di plastica, contrassegnarla con un codice e registrarne i dati per un uso futuro.
- Quando è necessario effettuare delle prove, tagliare i provini con un disco diamantato, essiccarli a 105 °C ed eseguire le prove.

> **IMPORTANTE**
> Il taglio con disco diamantato può introdurre microfessurazioni e sollecitazioni. Nel confronto tra provini da 50 mm ricavati mediante taglio e provini cubici ottenuti direttamente mediante getto dello stesso materiale, deve essere considerata una variazione aggiuntiva indicativa di circa il 10%, attribuibile alle possibili discontinuità introdotte dalle operazioni di taglio.

Ulteriori controlli e registrazioni

- Verificare lo spessore installato rispetto ai disegni approvati.
- Confermare che la maturazione, l'essiccazione all'aria e l'essiccazione completa siano state eseguite e registrate come specificato.
- Tutti i risultati delle prove e dei controlli devono essere registrati e correlati al relativo lotto di produzione e alla specifica area del rivestimento rappresentata dal campione, garantendo la completa tracciabilità dei risultati.

Proprietà sottoposte a prova

Le proprietà da verificare sui provini ottenuti mediante getto o gunitaggio sono comunemente la densità apparente e la resistenza a compressione a freddo e, ove specificato, il modulo di rottura, la variazione lineare permanente e la porosità apparente. La scelta delle proprietà da sottoporre a prova dipende dall'attrezzatura, dal tipo di rivestimento e dalle condizioni di servizio previste e dall'eventuale fornitura di calcestruzzo come miscela bicomponente. La frequenza di campionamento, la preparazione dei provini, la maturazione e i valori di accettazione devono seguire le specifiche di progetto e le norme di prova pertinenti.

NOTA

I risultati ottenuti dai campioni prelevati in cantiere dipendono fortemente dalla correttezza del campionamento, dalla preparazione dei campioni e dalla maturazione. In caso di risultati non conformi, verificare la presenza di errori di campionamento o di maturazione prima di valutare il rivestimento stesso.

IMPORTANTE

Se un risultato è non conforme o contestato, si preleverà un nuovo campione dalla stessa area e lo si sottoporrà a una nuova prova utilizzando la stessa procedura e gli stessi criteri di accettazione. Se anche la nuova prova risulta non conforme, l'area interessata dovrà essere riparata o sostituita in conformità alla Sezione 7.3. L'appaltatore dovrà tenere un registro (ad es. una mappa) di tutte le aree respinte e riparate, indicando il motivo, il metodo di riparazione e il materiale utilizzato.

Riferimenti incrociati

Sezione 3.1 Miscelazione · Sezione 3.2 Getto · Sezione 3.3 Gunitaggio · Sezione 7.1 Principi di essiccazione e riscaldamento · Sezione 7.2 Ispezione del rivestimento · Sezione 8.1 Campionamento e prove · Sezione 8.2 Prove pre-installazione e di produzione.

8.4 – Pre-formati

Scopo e campo di applicazione

I pre-formati e ove previsto pre-cotti, quali blocchi per bruciatori, blocchi per spie visive e supporti, deflettori e serrande vengono prodotti presso la nostra officina secondo procedure controllate, in modo che i pre-formati finiti arrivino in cantiere pronti per la posa. La presente sezione illustra i principi generali. Le procedure specifiche per ciascun prodotto sono definite da Linco Baxo, il cui Dipartimento Tecnico deve essere contattato prima dell'avvio di qualsiasi attività di prefabbricazione in officina che preveda l'utilizzo dei propri calcestruzzi.

Stampi e requisiti dell'officina

- Il pre-formato deve essere eseguito possibilmente su un tavolo vibrante anziché con un ago a immersione. Sono preferibili gli stampi in metallo, ma è possibile utilizzare stampi in legno con uno speciale rivestimento interno.
- Gli stampi devono consentire un agevole riempimento del calcestruzzo e sformatura, essere sufficientemente resistenti da sopportare cicli di vibrazione ripetuti ed essere fissati saldamente per ottenere la massima vibrazione.
- In fase di progettazione, verificare che ogni forma possa effettivamente essere estratta dallo stampo, modificare la forma se il problema non può essere risolto attraverso la progettazione dello stampo stesso.
- Per le grandi serie, si possono utilizzare stampi o anime a perdere/combustibili (ad esempio in polistirolo); il pezzo viene gettato e sottoposto a maturazione nello stampo, quindi viene estratto, essiccato e cotto.
- L'officina deve essere dotata di miscelatori a pale, batterie di tavoli vibranti, una camera di maturazione, un essiccatoio e un forno di capacità sufficiente. L'ambiente deve essere pulito e disporre di acqua potabile, sistema di aspirazione e temperatura controllata. Deve avere uno spazio per lo stoccaggio degli stampi ed essere gestita da manodopera qualificata.

Sequenza di produzione

1. Preparare stampi puliti e dimensionalmente corretti, trattati con un agente distaccante approvato.
2. Miscelare e posizionare il calcestruzzo seguendo i principi fondamentali e le linee guida per il getto (Sezioni 1.1 e 3.2), compattandolo per ottenere la densità specificata.
3. Stabilizzare le forme a temperatura e umidità controllate (Sezione 4.1), quindi procedere al disarmo senza danneggiarle.
4. Far essiccare all'aria e, ove specificato, sottoporre a essiccazione o pre-cottura, seguendo un ciclo termico controllato (Sezioni 4.2 e 7.1).
5. Eseguire il controllo di qualità dimensionale e visivo, contrassegnare ogni pezzo per garantirne la tracciabilità e imballarlo in modo da proteggerlo da danni meccanici e dall'ingresso di acqua durante il trasporto e lo stoccaggio (Sezione 9.1).
6. I pezzi prefabbricati richiedono comunque una corretta movimentazione e conservazione e, dopo la posa, un adeguato trattamento dei giunti e l'esecuzione dell'essiccamento/cottura finale come parte integrante del rivestimento completo.

Rotazione degli stampi e pianificazione della produzione

Dopo la sformatura, ogni stampo viene pulito, oliato e preparato per il getto successivo. I calcestruzzi Linco Baxo consentono normalmente di produrre due pezzi per stampo al giorno (escluso il turno di notte). Utilizzate questa frequenza per determinare il numero di stampi necessari per il contratto, tenendo conto dei tempi di maturazione, essiccazione e, se richiesto, cottura, oltre a un margine ragionevole per eventuali scarti o perdite di produzione. Qualora un elevato numero di pezzi e tempi di

consegna ridotti richiedano un numero di stampi economicamente non conveniente, può essere utilizzato uno specifico calcestruzzo vibrato Linco Baxo idoneo al disarmo rapido, che consenta di aumentare la frequenza di riutilizzo degli stampi e quindi di ridurne il numero complessivo necessario.

IMPORTANTE

I calcestruzzi refrattari densi vibrati Linco Baxo utilizzano una quantità di acqua di impasto inferiore al 6%. Nonostante il ridotto contenuto d'acqua, le successive operazioni di essiccazione e cottura dei pezzi richiedono particolare attenzione per evitare la formazione di fessurazioni e fenomeni di distacco esplosivo. Tali precauzioni sono ancora più importanti rispetto a un normale getto, salvo l'impiego di una specifica qualità di materiale formulata per il riscaldamento rapido. La produzione di pezzi vibrati richiede pertanto l'impiego di operatori qualificati e con adeguata esperienza.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.1 Nozioni fondamentali sui materiali da getto · Sezione 3.2 Getto · Sezione 4.1 Maturazione · Sezione 4.2 Essiccazione all’aria · Sezione 7.1 Principi di essiccazione e riscaldamento · Sezione 9.1 Stoccaggio dei refrattari non deperibili.

8.5 – Prove di laboratorio presso lo stabilimento di Levate (BG)

Scopo e campo di applicazione

Linco Baxo gestisce un moderno laboratorio centrale di 800 m² presso lo stabilimento di Levate (BG). Il laboratorio supporta tutti gli impianti di produzione di Linco Baxo ed è attrezzato sia per il controllo di qualità di routine che per le prove di ricerca e sviluppo sull'intera gamma di prodotti refrattari. Viene utilizzato per lo sviluppo di nuove formulazioni, la validazione delle prestazioni e la certificazione dei prodotti, ed è integrato con un centro di formazione tecnica interno per la formazione del personale e dei clienti.

Prove di laboratorio effettuate

Presso il laboratorio centrale di Levate vengono eseguiti i seguenti test, in conformità alle norme ASTM, EN / ISO e procedure interne PRE applicabili:

Test	Descrizione
Densità reale e densità apparente	Determinazione delle dimensioni, controllo dimensionale e determinazione della densità apparente dei materiali refrattari.
Contenuto d'acqua	Determinazione del contenuto d'acqua dei materiali refrattari.
Analisi granulometrica	Determinazione della distribuzione granulometrica e valutazione del contenuto d'acqua.
Fluorescenza a raggi X (XRF)	Determinazione della composizione chimica del prodotto finito mediante analisi XRF.
Resistenza alla compressione a freddo (CCS) e modulo di rottura a freddo (CMOR)	Determinazione delle caratteristiche di resistenza meccanica e di flessione a temperatura ambiente.
Variazione lineare permanente (PLC)	Determinazione della stabilità dimensionale dopo il riscaldamento (prova di contrazione/espansione termica).
Porosità	Determinazione della porosità apparente, dell'assorbimento di liquidi, della densità relativa e della densità apparente
Refrattarietà sotto carico (RUL)	Determinazione del comportamento termo-meccanico e della deformazione strutturale sotto carico ad alta temperatura.
Scorrimento (CREEP)	Determinazione della deformazione dimensionale nel tempo sotto carico costante e ad alta temperatura
Conducibilità termica	Determinazione della conducibilità termica dei materiali isolanti e densi.
Resistenza all'abrasione	Determinazione della resistenza all'usura dei materiali refrattari sottoposti a sollecitazioni meccaniche a temperatura ambiente.
Modulo di rottura a caldo (HMOR)	Determinazione della resistenza a flessione dei materiali refrattari a temperature elevate.

NOTA

La tabella sopra riportata elenca le prove disponibili presso il laboratorio centrale di Levate. Il metodo di prova specifico, la frequenza delle prove e i criteri di accettazione applicabili a ciascun prodotto o progetto sono definiti nella relativa Scheda Tecnica Linco Baxo, nelle specifiche di progetto e nel piano di qualità del progetto (vedere le Sezioni 8.1–8.3 e l'Appendice A per le principali norme di riferimento). Le prove di controllo qualità di routine durante i turni di produzione sono descritte nella Sezione 8.2.

Riferimenti incrociati

Sezione 8.1 Campionamento e prove · Sezione 8.2 Prove pre-installazione e di produzione · Sezione 8.3 Prove a opera ultimata · Appendice A Ricerca e basi tecniche.

9.1 – Stoccaggio dei refrattari non deperibili

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione riguarda lo stoccaggio dei materiali che, a differenza dei prodotti refrattari monolitici, non sono soggetti a un periodo di conservazione particolarmente restrittivo, quali mattoni refrattari cotti, materiali isolanti di supporto, materiali accessori e componenti metallici. Sebbene tali materiali siano meno sensibili al tempo di conservazione, condizioni di stoccaggio non adeguate possono comunque provocare danneggiamenti, contaminazioni, deterioramento e fenomeni di corrosione.

Modalità di stoccaggio

- Conservare i materiali sollevati da terra e posizionati su pallet, al coperto, in un'area asciutta e adeguatamente drenata, protetta dalla pioggia, dalle infiltrazioni e da eventuali ristagni d'acqua.
- Organizzare i pallet e le confezioni per tipo, qualità e lotto, in modo da utilizzare il materiale corretto e consentire la rotazione delle scorte.
- Maneggiare con cura i mattoni cotti e i prodotti sagomati per evitare scheggiature ai bordi e agli angoli; mantenere intatto l'imballaggio fino al momento dell'uso.
- Proteggere i prodotti isolanti (pannelli, materassini isolanti, isolante di supporto) dall'umidità, dallo schiacciamento e dalla contaminazione.
- Proteggere gli ancoraggi, elementi di fissaggio e le altre parti metalliche dalla corrosione; mantenerli asciutti e, ove specificato, mantenere integri i rivestimenti protettivi.
- Conservare i materiali nella loro confezione originale fino al momento della posa, ove possibile.
- Conservare i prodotti in fibra ceramica in ambiente asciutto ed evitare compressioni inutili che potrebbero ridurne in modo permanente lo spessore.
- Prevenire la contaminazione da oli, sostanze chimiche, polvere, cemento, calce o altri materiali estranei.
- Ispezionare periodicamente i materiali immagazzinati e rimuovere eventuali articoli danneggiati o contaminati prima della posa.

I mattoni refrattari pre-cotti possono generalmente essere conservati per diversi anni in condizioni adeguate, a differenza dei monolitici (vedere la Sezione 1.7).

Prima dell'utilizzo, verificare sempre la conformità del materiale alle specifiche prima dell'uso.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.5 Stoccaggio – Materiali colabili e malte secche · Sezione 1.7 Durata di conservazione · Sezione 2.1 Sistemi di ancoraggio · Sezione 9.4 Fibre ceramiche.

9.2 – Linee guida per la posa delle murature

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione fornisce le principali regole di buona pratica per la posa di murature refrattarie. Gli schemi di posa, la scelta della malta, i giunti per la dilatazione termica e l'ancoraggio sono specifici per ogni progetto e devono seguire i disegni e le specifiche approvate. I criteri di accettazione relativi alle condizioni dei mattoni e alle tolleranze dei giunti devono seguire le specifiche o essere concordati tra appaltatore, produttore e acquirente prima dell'inizio dei lavori.

Le dieci regole dell'operatore addetto alla costruzione di forni

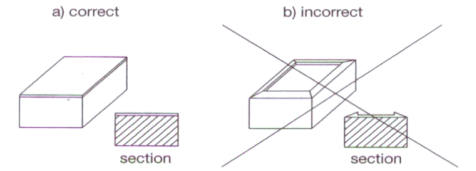
1. Posare i mattoni refrattari in orizzontale, a meno che il progetto non richieda posizioni inclinate (ad esempio, volte o parti inclinate).
2. Rispettare le quote costruttive indicate nei disegni entro le tolleranze specificate. Posare la prima fila con estrema cura allineandola e verificandola prima di dare il via libera ai lavori successivi.
3. Riempire tutti i giunti con il materiale prescritto, rispettando lo spessore specificato entro i limiti di tolleranza.
4. Ogni giunto deve essere completamente riempito su tutta la superficie di contatto. Questo risultato si ottiene posando il mattone con un adeguato movimento di sfregamento e pressione, in modo da distribuire uniformemente la malta. Non applicare la malta solamente lungo il perimetro del mattone formando un "collare", poiché ciò determinerebbe la formazione di vuoti all'interno del giunto
5. Qualora le tolleranze dimensionali dei mattoni non consentano di rispettare lo spessore di giunto prescritto, spetta al progettista del rivestimento refrattario stabilire se sia ammissibile una variazione dello spessore. Le possibili misure correttive comprendono la selezione e classificazione dimensionale dei mattoni, la rettifica o finitura degli stessi oppure, in casi eccezionali, l'impiego di sagomati differenti.
6. Mantenere pulita la muratura durante la posa; in particolare, non contaminare i giunti di dilatazione.
7. Eventuali correzioni della posizione di mattoni già posati devono essere effettuate esclusivamente mediante spostamenti nel piano del giunto di posa o del giunto verticale, senza sollevare o inclinare impropriamente il mattone.
8. Non modificare la posizione dei mattoni una volta che la malta abbia iniziato la presa. I mattoni posizionati in modo non corretto devono essere rimossi, accuratamente puliti e successivamente riposizionati utilizzando malta fresca.
9. I mattoni che presentano scheggiature, fessurazioni o piccole inclusioni possono essere installati esclusivamente quando tali difetti siano trascurabili o rientrino nelle tolleranze di accettazione previste. Il medesimo criterio si applica anche agli strati posteriori e alle parti non direttamente esposte della muratura. L'accettazione deve essere conforme alla specifica oppure a quanto preventivamente concordato tra Appaltatore, Produttore e Acquirente.
10. Progettare e realizzare la muratura in modo da evitare la formazione di cavità o spazi vuoti. Polveri o ceneri volanti possono penetrare in tali cavità e provocare accumuli incontrollati e sovrappressioni in grado di danneggiare o distruggere la muratura. Analoghi fenomeni possono essere provocati dalla circolazione incontrollata dei gas attraverso o dietro il rivestimento.

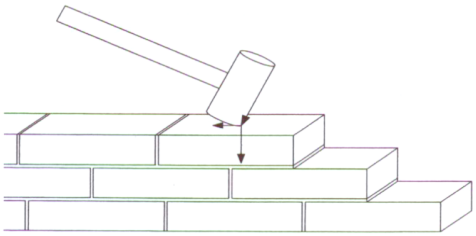
Verifiche tecniche prima dell'inizio dei lavori

- Prima di iniziare i lavori, misurare, controllare e confrontare i componenti costruttivi con i disegni di posa.
- Posare e allineare i primi corsi con particolare precisione, in modo da evitare tagli non necessari e ottenere uno spessore uniforme dei giunti. In applicazioni specifiche può essere utile eseguire

preventivamente una posa a secco di alcuni corsi, al fine di verificare geometria, allineamenti e distribuzione dei giunti.

- Nel caso di murature multistrato, procedere per sezioni definite; ad esempio, da supporto a supporto oppure tra due giunti di dilatazione installando uno strato per volta. Questa procedura è particolarmente importante quando i diversi strati sono costituiti da qualità differenti di materiale refrattario e richiedono malte differenti.
- Quando gli strati di una muratura multistrato sono separati mediante giunti di scorrimento, mantenere le superfici perfettamente pulite. La presenza di sporco, residui o ponti di malta può impedire il movimento relativo tra gli strati e provocare facilmente danneggiamenti durante l'esercizio
- Qualora la carpenteria non sia perfettamente livellata, in presenza di ondulazioni lievi e poco profonde è possibile seguire localmente il profilo della lamiera, mantenendo tuttavia i **giunti di posa rigorosamente orizzontali**; in questo caso i mattoni potranno presentare una disposizione progressivamente sfalsata a gradini.
- Quando si tagliano i mattoni, occorre tenere conto dello spessore del giunto sul bordo tagliato. I mattoni di chiusura/adattamento (chiave) utilizzati nelle volte e nei forni rotativi devono sempre avere uno spessore minimo di 40 mm, requisito che deve essere rispettato.





Richiami alle buone pratiche di posa

- Disporre e posare a secco per prime le file e gli anelli critici per verificare l'adattamento e la posizione delle chiusure prima di fissarli con la malta.
- Utilizzare la malta specificata per la qualità del mattone e l'impiego previsto, applicando giunti sottili e pieni (vedere la Sezione 9.3); evitare giunti eccessivamente spessi, che indeboliscono la struttura.
- Seguire lo schema di incastro indicato nei disegni, interrompendo i giunti verticali tra i corsi ed evitando giunti passanti continui.
- Prevedere e mantenere libero lo spazio di dilatazione specificato dal progettista, utilizzando il materiale comprimibile corretto ove richiesto.
- Installare ancoraggi, elementi di fissaggio e isolamento di supporto come specificato, mantenendo il lavoro pulito, a piombo e allineato.
- Ove possibile, utilizzare mattoni interi. I mattoni tagliati o di chiusura devono essere posizionati lontano dalle zone soggette a elevate sollecitazioni meccaniche, termiche o ad usura, evitando, ad esempio, il posizionamento in corrispondenza della chiave di una volta o della zona di gola di un

blocco bruciatore. Ove possibile, la superficie ottenuta mediante taglio non deve essere esposta direttamente sulla faccia calda.

- Per murature curve o circolari quali archi, anelli e strutture cilindriche eseguire preventivamente il tracciamento utilizzando una sagoma o un compasso/tracciatore adeguato, in modo da determinare la larghezza necessaria del mattone di chiusura prima di procedere al taglio. La costruzione deve avanzare simmetricamente a partire dalle imposte dell'arco oppure da un punto di riferimento fisso prestabilito.
- Applicare la malta in modo da ottenere il completo riempimento sia dei giunti orizzontali sia dei giunti verticali. Evitare l'applicazione della malta esclusivamente lungo i bordi del giunto poiché questa pratica determina la formazione di vuoti interni.
- Nel caso di rivestimenti costituiti da più anelli o strati di muratura come, ad esempio, tra il rivestimento di faccia calda e strato isolante di supporto, sfalsare i giunti degli strati adiacenti in modo che non risultino radialmente allineati.
- Prima di procedere con il corso o l'anello successivo, verificare lo schema di posa, lo spessore e il completo riempimento dei giunti, la posizione dei mattoni di chiusura e la continuità dei giunti di dilatazione. Qualsiasi deviazione rispetto ai disegni deve essere registrata e sottoposta ad approvazione prima che la zona venga coperta dalle lavorazioni successive

> **NOTA**
> Le disposizioni di incastro, i margini di dilatazione, i tipi di malta e i dettagli di ancoraggio variano a seconda dell'applicazione e sono definiti dai disegni e dalle specifiche del progetto. In caso di dubbi, rivolgersi all'ingegnere progettista e all'Ufficio Tecnico di Linco Baxo.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.4 Nozioni fondamentali sulle malte · Sezione 6.1 Giunti · Sezione 9.1 Stoccaggio · Sezione 9.3 Posa di malte e rivestimenti.

9.3 – Linee guida per la posa di malte e miscele di rivestimenti protettivi

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione tratta la posa in opera di malte e miscele per rivestimenti protettivi. Le indicazioni riportate integrano i principi generali e le prescrizioni relative allo stoccaggio delle malte descritti nelle Sezioni 1.4 e 1.6.

Miscelazione – malte secche

- Utilizzare acqua potabile, a meno che non sia indicato un altro liquido legante, con attrezzi e contenitori puliti.
- Utilizzare l'intero contenuto di un sacco; se si utilizza solo una parte di un sacco, mescolare accuratamente prima l'intero sacco, quindi prelevare la quantità necessaria.
- Regolare la consistenza di applicazione aggiungendo acqua potabile entro un margine di ±10 % rispetto alla quantità indicata nella scheda tecnica.
- Si consiglia l'uso di un miscelatore a pale; quantità minori possono essere miscelate con una spatola o una cazzuola.
- Miscelare le malte a presa idraulica e ad alta reattività con acqua in piccole porzioni fino a 20 kg e utilizzarle entro il tempo di lavorabilità di circa 30 minuti.
- Le malte a legame ceramico devono essere lasciate riposare per circa 1 ora dopo la miscelazione con acqua**,** prima dell'utilizzo.

Miscelazione – malte umide

Le malte umide vengono fornite già pronte in secchi. Se una malta umida si è segregata a causa dell'invecchiamento, di solito è possibile ripristinarla rimescolandola con una frusta montata su un trapano.

Preparazione delle superfici

- Le superfici da stuccare devono essere pulite e prive di polvere e particelle non aderenti.
- La pre-bagnatura delle superfici dipende dal tipo di legante della malta: è necessaria per le malte a legante idraulico, è consentita per le malte a legante ceramico ed è vietata per le malte a legante chimico (vedere la Sezione 1.4).

Applicazione della malta

- Lavorare a una temperatura ambiente non inferiore a 5 °C.
- La larghezza del giunto non deve superare i 2 mm. Salvo diverse indicazioni delle specifiche o dei disegni del progetto.
- Distribuire la malta uniformemente sull'intera superficie di contatto, quindi procedere immediatamente alla posa del mattone, assicurando il completo riempimento del giunto.
- Eliminare i residui di malta che abbiano iniziato la presa e mantenere puliti gli attrezzi di lavoro.

Applicazione delle miscele di rivestimento protettivo

I rivestimenti e gli strati protettivi vengono utilizzati laddove il materiale di base non trattato non sia in grado di resistere alle sollecitazioni previste durante l'uso. Il rivestimento stesso si consuma gradualmente ad esempio a causa delle sollecitazioni termiche, ma nella maggior parte dei casi prolunga la durata del materiale sottostante.

- Lavorare a una temperatura ambiente non inferiore a 5 °C.
- Seguire le istruzioni di miscelazione specifiche per il rivestimento in questione.
- Stendere la miscela di rivestimento in modo uniforme sulla superficie da proteggere.

- Eliminare i residui che hanno fatto presa e mantenere puliti gli attrezzi di lavoro.

Primo riscaldamento

- Per le malte a legante idraulico, attendere circa 24 ore prima del riscaldamento.
- Il programma di riscaldamento non dipende dal tipo di malta, ma dalla natura dell'intero rivestimento (vedere la Sezione 7.1).

Riferimenti incrociati

Sezione 1.4 Nozioni fondamentali sulle malte · Sezione 1.6 Stoccaggio · Sezione 7.1 Principi di essiccazione e riscaldamento · Sezione 9.2 Posa in opera della muratura · Sezione 9.5 Malte umide, colle e mastici.

9.4 – Fibre ceramiche e prodotti associati

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione fornisce indicazioni per la posa e la manipolazione dei prodotti in fibra ceramica, materassini, pannelli, feltri, moduli, rivestimenti superficiali e carta definendo le misure di sicurezza e tutela della salute richieste da questi materiali. La posa richiede personale specializzato con esperienza nelle procedure di lavoro e nell'uso degli attrezzi speciali necessari.

Ancoraggio

- Posizionare gli elementi metallici di ancoraggio mediante idonea attrezzatura di saldatura dei perni, rispettando rigorosamente i disegni costruttivi, la disposizione degli ancoraggi e il posizionamento dei moduli. Una posa non corretta può determinare l'apertura dei giunti e infiltrazioni o trafilamenti di gas caldi, con conseguente surriscaldamento delle carpenterie.
- Qualora i prigionieri di fissaggio siano provvisti di dentini o sporgenze di riferimento, questi devono essere installati con orientamento uniforme, secondo quanto previsto dal sistema di ancoraggio.

Rivestimento superficiale incollato

La posa consiste nell'applicazione mediante incollaggio di fibra ceramica sulla faccia calda del rivestimento refrattario, sia nelle nuove costruzioni sia negli impianti già in esercizio. Nel caso di forni esistenti, prima dell'applicazione deve essere verificato che la muratura refrattaria esistente sia sufficientemente integra e idonea a costituire una superficie di incollaggio

- L'adesione assume particolare importanza in presenza di supporti a bassa resistenza meccanica, quali, ad esempio, mattoni refrattari isolanti appartenenti a classi inferiori all'ASTM Group 28 e alcuni calcestruzzi refrattari isolanti. In tali condizioni è normalmente necessario prevedere un ancoraggio meccanico supplementare, oltre all'incollaggio.
- La superficie deve essere priva di polvere, rivestimenti preesistenti e particelle non aderenti. Procedere alla pulizia mediante sistemi appropriati, quali lavaggio o spazzolatura. Eventuali superfici vetrificate devono essere rimosse mediante sabbiatura o scalpellatura. Irregolarità significative devono essere preventivamente corrette e l'incollaggio non deve iniziare fino a quando il substrato non sia completamente asciutto e indurito.
- La scelta dell'adesivo e l'efficacia dell'incollaggio dipendono dalle condizioni del supporto, dal tipo di modulo o fibra, dalla temperatura dei componenti, dalla temperatura ambiente e dalla temperatura di esercizio prevista.
- Applicare l'adesivo con la corretta consistenza, mediante cazzuola o spatola, sulla parete o direttamente sul modulo. Disporre i moduli in file regolari, posizionarli accuratamente e premerli contro il supporto manualmente o mediante una tavola. I moduli devono essere sfalsati oppure ruotati di 90°, secondo lo schema di posa previsto.

Configurazione multistrato (materassino, feltro, pannello)

- Riportare lo schema degli ancoraggi sulla carpenteria e fissare gli ancoraggi perpendicolarmente alla superficie.
- Installare materassini, pannelli e feltri mediante gli appositi elementi di fissaggio, evitando cedimenti o abbassamenti sulle volte e assicurando una posa aderente sulle pareti. Sulle pareti, la fibra in rotoli deve essere preferibilmente disposta orizzontalmente, per contrastarne lo scorrimento o il cedimento; i prodotti formati sottovuoto possono invece essere installati con orientamento orizzontale o verticale.
- Installare cuplock ceramici, clip e terminali di chiusura metalliche resistenti alla temperatura soltanto dopo il posizionamento dell'ultimo strato. Per facilitare la posa, tagliare il materassino

attorno ai perni per una profondità corrispondente alla lunghezza del cuplock ceramico oppure eseguire un taglio a X. Prima di posizionare gli strati superiori in rotoli, prolungare, ove necessario, i pin di fissaggio mediante elementi ausiliari.

- Al termine della posa verificare che tutti i dispositivi di fissaggio, clips e terminali siano correttamente serrati e posizionati. La corretta saldatura dei pin deve essere verificata visivamente; clips, cuplock devono risultare uniformemente orientati.
- Sfalsare i giunti verticali tra gli strati successivi e, in corrispondenza delle estremità dei rotoli, comprimere o sovrapporre adeguatamente il materassino, secondo il sistema di posa previsto.

Moduli in fibra

- I comuni moduli a fette possono essere fissati meccanicamente oppure mediante incollaggio. Per assicurare un adeguato fissaggio, posizionare sulla carpenteria una rete metallica stirata idonea alla temperatura di esercizio, mediante chiodi metallici o punti di saldatura. Una volta posizionata e incorporata nello strato adesivo, il modulo non deve essere estratto e successivamente riposizionato.
- I moduli a onde in fibra ceramica vengono generalmente fissati direttamente al mantello, con ancoraggi saldati o avvitati secondo il piano di posa (integrati nel modulo o tramite sistema di ancoraggio a pettine). Posizionare tutti gli strati rivolti nella stessa direzione e installare i moduli in stato compresso secondo la configurazione e i fissaggi previsti.
- Ispezionare i forni rivestiti in fibra prima della messa in servizio, nell'ambito della manutenzione preventiva, con attenzione particolare ai giunti tra i moduli. L'inserimento di strisce di compensazione in fibra ceramica di prima qualità tra le file di moduli aiuta a prevenire l'apertura dei giunti.

Rivestimenti protettivi

I rivestimenti protettivi possono proteggere la superficie dei rivestimenti in fibra ceramica. Attenersi alle istruzioni di preparazione e utilizzo fornite dal produttore.

SICUREZZA – FIBRA CERAMICA

Le fibre ceramiche refrattarie (RCF / lane di alluminosilicato) sono classificate nell'UE ai sensi del regolamento CLP come sostanze cancerogene di categoria 1B, con un limite di esposizione professionale vincolante a livello UE pari a 0,3 fibre per millilitro (TWA su 8 ore). Dopo l'uso, le fibre possono trasformarsi in silice cristallina, per la quale vigono limiti di esposizione specifici (vedere la Sezione 1.7). Controllare la polvere e le fibre presenti nell'aria alla fonte; predisporre una ventilazione locale di estrazione ove possibile; indossare i dispositivi di protezione delle vie respiratorie, degli occhi, i guanti e le tute specificati nella Scheda di Sicurezza del prodotto; gestire i rifiuti e le fibre usate in conformità con le normative locali; evitare la pulizia a secco o con aria compressa, ricorrendo invece all'aspirazione o alla pulizia con un panno umido. Le fibre AES (silicato alcalino-terroso) a bassa biopersistenza possono avere classificazione diversa dalle RCF, ma devono comunque essere gestite secondo le stesse norme di controllo delle polveri, in quanto sono anch'esse materiali fibrosi respirabili, e in conformità con le loro specifiche Schede di Sicurezza; laddove la fibra AES sia specificata come sostituto dell'RCF, verificare con l'Ufficio Tecnico di Linco Baxo che la temperatura massima di utilizzo e il comportamento meccanico siano equivalenti per le condizioni di servizio previste. Leggere sempre la scheda di sicurezza prima della manipolazione e attenersi al piano di igiene del lavoro del sito.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.7 Durata di conservazione dei prodotti monolitici e materiale scaduto · Sezione 2.1 Sistemi di ancoraggio · Sezione 6.1 Giunti · Appendice A Ricerca e basi tecniche.

9.5 – Malte umide, colle e mastici

Scopo e campo di applicazione

La presente sezione riguarda le malte umide premiscelate, i collanti, i mastici e le miscele di rivestimento protettivo utilizzati per la posa, la sigillatura dei giunti e l'incollaggio di mattoni refrattari e isolanti e di pezzi prefabbricati. Le indicazioni riportate integrano quanto descritto nelle Sezioni 1.4, 1.6 e 9.3.

Tipologie

Le malte umide sono costituite da aggregati a granulometria fine e leganti specificamente formulati in funzione della tipologia di mattone o dell'applicazione prevista e vengono fornite premiscelate e pronte all'uso in contenitori di plastica.

Generalmente si distinguono in due tipologie principali:

- Malte a presa per effetto del riscaldamento, che sviluppano la presa mediante legame chimico o ceramico.
- Malte a presa all'aria, che fanno presa a temperatura ambiente mediante legame chimico.

Applicazione

- Non bagnare preventivamente i mattoni quando si utilizzano malte umide. Le superfici dei mattoni devono essere prive di polvere.
- Utilizzare una spatola o una cazzuola pulita. Prelevare dal contenitore una quantità di malta pari indicativamente a circa un terzo della capacità della cazzuola e distribuirla uniformemente sulla superficie di posa, lavorandola per circa un minuto fino a ottenere uno strato omogeneo.
- Mantenere lo spessore dei giunti al minimo possibile e comunque non superiore a 2 mm.
- Lavorare a una temperatura ambiente di almeno 5 °C. Si noti che temperature superiori a 45 °C accelerano la presa delle malte umide a presa all'aria, riducendo il tempo di lavorabilità.
- Eliminare i residui di malta indurita e pulire gli attrezzi immediatamente dopo l'uso, poiché la rimozione dopo l'incollaggio risulta difficile.

Movimentazione e stoccaggio

- Questi prodotti vengono forniti pronti all'uso in contenitori sigillati. Qualora durante il periodo di conservazione si verifichi una separazione o sedimentazione dei componenti, ripristinare l'omogeneità del prodotto mediante miscelazione con trapano dotato di agitatore a pale. Non aggiungere acqua, salvo che tale operazione sia espressamente consentita dalla relativa Scheda Tecnica Linco Baxo.
- Mantenere i contenitori accuratamente chiusi quando il prodotto non viene utilizzato, al fine di evitare perdita di umidità e formazione di una pellicola superficiale. Rispettare le condizioni e i limiti di conservazione indicati nella Sezione 1.6; per le malte umide il periodo di conservazione è generalmente di circa sei mesi, salvo diversa indicazione riportata nella relativa Scheda Tecnica.

Prodotti associati e rivestimenti protettivi

- Ove applicabili, le presenti indicazioni devono essere utilizzate anche per prodotti associati quali collanti e materiali per riparazioni localizzate.
- Alcuni materiali protettivi a granulometria particolarmente fine, quali KWG 311, LICOGLUE e BAXOCOAT, possono essere applicati anche a pennello o a spruzzo quando utilizzati come rivestimento protettivo del refrattario o del mantello del forno.

- Lasciare asciugare per il tempo specificato prima del riscaldamento; i tempi dipendono dal rivestimento nel suo complesso, non dal solo prodotto (vedere la Sezione 7.1).

> **NOTA**
>
> Il tempo di lavorabilità, il comportamento durante l'essiccazione e i requisiti di preparazione delle superfici possono variare significativamente in funzione del prodotto utilizzato. Fare sempre riferimento alla relativa Scheda Tecnica Linco Baxo e alla Scheda Dati di Sicurezza e, per applicazioni particolari o in caso di dubbi, richiedere le specifiche istruzioni al Dipartimento Tecnico Linco Baxo.

Riferimenti incrociati

Sezione 1.4 Nozioni fondamentali sulle malte · Sezione 1.6 Stoccaggio · Sezione 7.1 Principi di essiccazione e riscaldamento · Sezione 9.3 Posa di malte e rivestimenti.

A – Appendice A – Ricerca e basi tecniche

Scopo

Il presente manuale raccoglie e consolida le pratiche operative sviluppate da Linco Baxo nel corso di molti anni di esperienza sul campo. Laddove, nella presente revisione, siano stati aggiunti o approfonditi contenuti relativi alle buone pratiche generali, alla sicurezza e alla salute sul lavoro, questi fanno riferimento alle norme e alle pubblicazioni tecniche riconosciute riportate di seguito. Tali riferimenti sono forniti a titolo di orientamento tecnico. Per ogni specifico progetto, i documenti prevalenti rimangono le Schede Tecniche Linco Baxo, la specifica di progetto e le normative e disposizioni locali applicabili.

Installazione, ispezione e prove

- API 936 American Petroleum Institute, fornisce principi e requisiti per qualificazione, ispezione, prove e dry-out dei rivestimenti refrattari monolitici. Verificare la numerazione aggiornata di tabelle e paragrafi sull'edizione applicabile richiamati nelle Sezioni 7.2 e 8.1– 8.3.
- API 936 Tabella 6 e §10.1.2 fornisce cicli indicativi di essiccamento per calcestruzzi refrattari convenzionali suddivisi per classi di densità e raccomanda che, per apparecchiature complesse caratterizzate da più di un bruciatore, più di due punti di uscita dei gas combusti oppure otto o più termocoppie il piano di essiccamento venga verificato da un tecnico con comprovata esperienza nell'essiccazione controllata dei rivestimenti refrattari. Tale riferimento è richiamato nella Sezione 7.1 esclusivamente come orientamento generale e rimane subordinato alla Scheda Tecnica Linco Baxo applicabile o allo specifico ciclo di essiccamento predisposto per l'apparecchiatura.
- API 936 §9.7.3 e §9.12 fornisce indicazioni sull'impiego di vibratori esterni o ad immersione, anziché sistemi di vibrazione installati sull'ugello, e sulla gestione delle interruzioni prolungate della posa come giunti di costruzione. Tali principi costituiscono il riferimento per le indicazioni relative alla compattazione e alla continuità della posa riportate nella Sezione 3.2.
- Metodi di prova per refrattari ASTM / ISO / EN – metodi standard per proprietà quali la densità apparente, la resistenza alla compressione a freddo e il modulo di rottura, come citati nelle specifiche di progetto applicabili e nelle schede tecniche dei prodotti.

Salute sul lavoro e limiti di esposizione

- **Silice cristallina respirabile** – La direttiva UE (UE) 2017/2398, che modifica la direttiva 2004/37/CE sugli agenti cancerogeni e mutageni, stabilisce un limite vincolante di esposizione professionale pari a 0,1 mg/m³ (media ponderata nel tempo su 8 ore); eventuali limiti più restrittivi previsti da paesi clienti o siti specifici devono essere verificati localmente. Citato nelle sezioni 1.7 e 9.4.
- **Fibre ceramiche refrattarie (RCF)** – classificate ai sensi del regolamento CLP dell'UE come sostanze cancerogene di categoria 1B, con un limite di esposizione professionale vincolante a livello UE pari a 0,3 fibre/ml (media ponderata nel tempo su 8 ore). La presente guida si applica specificamente ai prodotti RCF. Le fibre AES (silicati alcalino-terrosi) biosolubili e a bassa biopersistenza sono soggette a classificazioni diverse e devono essere maneggiate in conformità con le rispettive schede di sicurezza specifiche. Citato nella Sezione 9.4.
- **Linee guida nazionali in materia di igiene del lavoro** – oltre ai valori sopra indicati, in loco si applicano i limiti di esposizione sul posto di lavoro e i codici di buona pratica stabiliti dall'autorità nazionale competente.

Essiccazione, riscaldamento e comportamento dei materiali

- **Essiccazione dei calcestruzzi refrattari legati con cemento alluminoso**; la distinzione tra acqua libera o fisicamente trattenuta, eliminata principalmente nell'intervallo di circa 100–150 °C e acqua chimicamente combinata, rilasciata progressivamente a temperature superiori, nonché il conseguente rischio di sviluppo della pressione di vapore e distacchi esplosivi, deriva dalle consolidate pratiche tecniche relative all'essiccamento dei materiali refrattari e costituisce uno dei principi fondamentali della Sezione 7.1.
- **Idrolisi alcalina / carbonatazione dei calcestruzzi legati con cemento alluminoso;** le linee guida relative all'essiccazione all'aria e alla ventilazione riportate nella Sezione 4.2 riflettono i lavori pubblicati sui fenomeni di carbonatazione dei calcestruzzi legati con cemento alluminoso (S. Sakamoto e E. Kudo, Journal of the Technical Association of Refractories, Giappone, 2000).

Riferimenti aggiuntivi

- ASTM C401 – Classificazione dei calcestruzzi refrattari alluminosi e silico alluminosi
- ASTM C860 – Determinazione della consistenza dei calcestruzzi refrattari mediante la prova «Palla in Mano» (base per la verifica della lavorabilità nelle Sezioni 1.1 / 3.1).
- ASTM C862 – Preparazione di provini di calcestruzzo refrattario mediante getto (base per la preparazione dei provini nelle Sezioni 8.2 / 8.3).
- ASTM C133 – Determinazione della resistenza alla compressione e modulo di rottura a freddo dei materiali refrattari.
- ASTM C134 – Determinazione delle dimensioni, delle tolleranze dimensionali e della densità apparente, dei mattoni refrattari densi e mattoni isolanti.
- ASTM C830 – Determinazione della porosità apparente, dell'assorbimento di liquidi, della densità relativa apparente e della densità apparente.
- ASTM C704 – Determinazione della resistenza all'abrasione dei materiali refrattari a temperatura ambiente.
- ASTM C181 – Determinazione dell'Indice di lavorabilità dei refrattari plastici a base di argilla refrattaria e ad alto contenuto di allumina
- ASTM C113 – Determinazione della variazione dimensionale permanente dei mattoni refrattari dopo riscaldamento.
- ASTM C16 – Determinazione del comportamento sotto carico dei sagomati ad alta temperatura
- EN ISO 1927 (Parti 1–8) – serie di norme relative ai prodotti refrattari monolitici, comprendente classificazione, campionamento, caratterizzazione, determinazione della consistenza, preparazione dei provini, determinazione delle proprietà fisiche e prove sui prodotti preformati.
- ISO 8895 – Determinazione della resistenza alla compressione a freddo dei prodotti refrattari isolanti sagomati.
- ISO 10059 – Determinazione della resistenza alla compressione a freddo dei prodotti refrattari densi sagomati.
- ISO 12677 – Determinazione della composizione chimica dei prodotti refrattari mediante spettrometria a fluorescenza a raggi X (XRF).

> **NOTA**
> Le norme vengono riviste periodicamente. Verificare l'edizione attuale di qualsiasi norma prima di farvi riferimento per un progetto e consultare l'Ufficio Tecnico di Linco Baxo qualora sia richiesto un valore, un limite o una procedura specifica. I riferimenti aggiuntivi sopra riportati sono elencati a titolo di orientamento generale e non sono necessariamente tutti richiamati nelle altre sezioni del presente manuale. Verificarne la pertinenza e lo stato attuale prima dell'utilizzo in un progetto.