

Kraft Curing Systems GmbH, 49699 Lindern, Germania

Tecnologia di stagionatura a vapore a combustione diretta per il progetto di un tunnel

■ Daniel Rafter, Kraft Curing Systems GmbH, Germania

Dopo che Sateba si è aggiudicata l'appalto per la produzione e la fornitura di tre tunnel di tipo "cut-and-cover", di cui il più lungo è composto da oltre 5.000 singoli elementi, l'azienda con sede a Derbyshire si è rivolta alla Kraft Curing Systems GmbH per una soluzione personalizzata. L'esigenza era quella di ridurre il tempo del ciclo di produzione accelerando la stagionatura dei segmenti di tunnel prefabbricati in calcestruzzo sagomati singolarmente. Un ciclo di stagionatura in due fasi consente di riutilizzare immediatamente le casseforme, garantendo nel contempo lo sviluppo della resistenza degli elementi per un lasso di tempo prolungato per soddisfare i rigorosi standard di resistenza e qualità.

Dati i tempi stretti, Sateba non poteva aspettare il completamento del capannone di produzione su misura lungo 150 m prima di iniziare i lavori di betonaggio. Pertanto, entro la fine del 2021 è stata completata un'area di betonaggio temporanea all'aperto con 10 casseforme in fila. Con l'avvicinarsi dell'inverno, si rendeva necessario un sistema per ridurre i tempi di ciclo e mantenere le prestazioni di betonaggio senza compromettere la qualità degli elementi finiti. Kraft suggeriva che il metodo migliore in termini di efficienza e di costi di capitale fosse l'utilizzo di vapore a combustione diretta prodotto dal collaudato Vapor Generator di Kraft. Questo vapore è una miscela di vapore, prodotti di combustione e aria calda: un'ottima miscela per la stagionatura dei prodotti in calce-



Una volta costruiti i "tunnel verdi", lo scavo viene reintegrato e vengono piantati nuovi alberi e arbusti per integrare il tunnel nel paesaggio circostante e promuovere la connettività tra gli habitat della fauna selvatica lungo il suo percorso.

ELEMENTI PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO

struzzo. Senza l'estrazione del gas di scarico, praticamente tutta l'energia termica generata nel processo di combustione del generatore di vapore può essere utilizzata per la stagionatura. Questo è vapore verde per gallerie verdi.

Panoramica del progetto

Una volta posizionate le casseforme nell'area di betonaggio temporanea, il team di Kraft ha potuto iniziare l'installazione meccanica ed elettrica. Nonostante i tempi ridotti, Kraft è stata in grado di fornire una soluzione completa per la stagionatura a vapore, con un generatore di vapore containerizzato, un sistema di tubi di distribuzione del vapore sotto le casseforme, alloggiamenti di stagionatura retrattili e l'innovativo sistema AutoCure per controllare il ciclo di stagionatura. Le specifiche del cliente finale prevedevano un ciclo di stagionatura primaria per consentire una rapida sformatura e un ciclo di stagionatura secondaria per controllare le condizioni di stagionatura e fornire un ambiente stabile, caldo e umido per un massimo di 48 ore e garantire una fase di raffreddamento controllata. È stato possibile effettuare il ciclo di stagionatura primaria utilizzando i teli di stagionatura forniti da Kraft, con l'elemento ancora nello stampo che viene riscaldato indirettamente attraverso lo stampo metallico dal calore latente di condensazione. Le specifiche per la stagionatura per il ciclo primario erano di 50-55 gradi centigradi per circa 12 ore, con un aumento della temperatura di 10-15 gradi centigradi all'ora.

Una volta completato il ciclo di stagionatura primaria, il telo viene rimosso, lo stampo viene diviso e l'elemento viene sformato. L'elemento, ancora caldo, può essere trasportato nell'area di stagionatura secondaria per il post-trattamento. Questa volta, la vaporizzazione doveva avvenire all'interno degli alloggiamenti retrattili di Kraft. Queste strutture a forma di tenda possono essere ripiegate fino al 30% della loro lunghezza totale per consentire l'inserimento degli elementi in calcestruzzo con la gru a portale.

La stagionatura secondaria dura circa 40-48 ore, sempre a 50-55 gradi centigradi. Una fase di raffreddamento controllato viene utilizzata per abbassare gradualmente la temperatura degli elementi alla temperatura ambiente senza causare shock termici. Una volta completato il processo di stagionatura secondaria, l'elemento finito può essere portato in magazzino.

Nella primavera 2022, il nuovo stabilimento di produzione permanente era praticamente ultimato. I nuovi stampi erano già stati consegnati e installati nel nuovo edificio. Quando i lavori di betonaggio e stagionatura sono stati temporaneamente sospesi, Kraft è tornata in cantiere per iniziare a smantellare l'area di betonaggio all'aperto e ha trasportato tutti i materiali per il breve tratto fino al nuovo edificio. Le tubazioni del vapore sono state progettate in modo che ogni sezione dei tubi esistente avesse già una posizione specifica nel nuovo edificio. Anche gli alloggiamenti di stagionatura sono stati parzialmente smontati e trasferiti nell'edificio. Nell'ambito di questa fase 2 dell'installazione, si è reso necessario ampliare il sistema di stagionatura. Oltre alle attrezzature e



PROGRESS GROUP

Sistemi innovativi per la prefabbricazione

- Elevata produttività
- Eccellente qualità del prodotto finale
- Alto grado di automazione

Tecnocom progetta e realizza casseri e sistemi completi per l'edilizia residenziale, industriale ed infrastrutturale.



www.tecnocom.com





L'area di betonaggio temporanea all'aperto ha permesso al cliente di rispettare i tempi previsti per il progetto in attesa del completamento del sito di produzione permanente.

ai materiali già forniti nella fase 1, sono stati forniti altri 10 alloggiamenti, oltre a ulteriori valvole per il vapore, tubazioni e sensori. Come previsto dal contratto, Kraft si è occupata anche del montaggio e ha messo a disposizione in loco un apposito responsabile, oltre a circa 10 meccanici e due elettricisti per completare rapidamente la trasformazione.

Distribuzione e gestione del vapore

Che si tratti di betonaggio all'esterno o all'interno, la resistenza alla temperatura gioca un ruolo cruciale in un sistema di stagionatura controllato. Gli ingegneri di Kraft hanno do-

vuto lavorare a stretto contatto con il produttore di casseforme e con il cliente per garantire la disposizione ottimale della distribuzione del vapore. Poiché il vapore è caldo e tende a salire verso l'alto, deve essere introdotto negli alloggiamenti di stagionatura il più vicino possibile al pavimento, per sfruttare al meglio l'energia termica. Nella prima area di betonaggio sono in uso diverse casseforme, per ognuna di esse si è reso necessario trovare una soluzione personalizzata, il concetto generale è stato quello di utilizzare diversi tubi di distribuzione più piccoli per dirigere il vapore direttamente sotto la struttura per tutta la lunghezza dello stampo. E questo significava anche che i tubi non dovevano interferire con le operazioni di betonaggio.

All'interno degli alloggiamenti di stagionatura, il vapore viene erogato tramite tre tubi flessibili da 2,5 pollici che possono essere posizionati in qualsiasi punto. Speciali diffusori cilindrici assicurano che il vapore sia distribuito radialmente e orizzontalmente dal tubo lungo il pavimento.

Nonostante la grande quantità di tubi necessari per la distribuzione del vapore in un sito di produzione di tali dimensioni, con oltre 40 singoli punti di utilizzo, la rete di tubazioni non è una caratteristica dominante nell'area di produzione. A causa della progettazione dell'edificio di produzione, la linea centrale era quasi interamente occupata da pilastri a traliccio. Questo spazio normalmente morto era ideale per collocare il collettore principale da 8 pollici per il vapore. Diversi sottopassaggi per veicoli o ponti di tubi sono stati integrati nelle tubazioni per consentire al traffico di fluire liberamente da una metà all'altra dell'edificio. Tutte le valvole di controllo del vapore sono state installate sulla tubazione principale, ben lontane dall'area di lavoro e da qualsiasi attività della gru. I tubi di derivazione da 6 pollici, che alimentano il vapore alle



Uno dei cinque alloggiamenti retrattili (tende) originariamente forniti per l'area di betonaggio temporanea all'aperto. Le tende sono state smontate velocemente e trasportate all'impianto di produzione finale una volta ultimato. Altre 10 tende sono state consegnate come parte della fase 2.



Stagionatura primaria nel sito di produzione finale - le trincee per le tubazioni mantengono il pavimento libero da ostacoli. Il vapore viene sempre erogato a livello del pavimento, direttamente sotto lo stampo, per garantire una stabilità ottimale della temperatura.



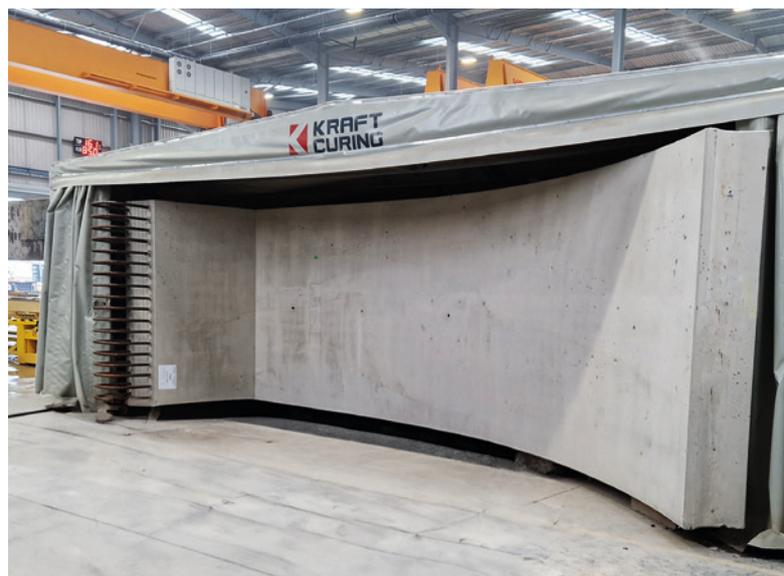
Le immagini mostrano come la disposizione accuratamente pianificata delle tubazioni del vapore si inserisca nell'area di produzione in modo da non interferire con il processo di betonaggio.

single zone di riscaldamento (alloggiamento o cassaforma), sono stati posati in trincee di tubi con coperture di trincea per impieghi gravosi. In sintesi, l'intero sistema di distribuzione del vapore è stato progettato per ridurre al minimo le interruzioni delle operazioni quotidiane di betonaggio. Tra le altre considerazioni importanti c'è l'isolamento delle tubazioni, indispensabile per evitare la perdita di calore che potrebbe portare alla condensazione e alla dispersione di vapore. L'intero sistema di tubazioni è isolato con uno strato di 80 mm di lana roccia e ricoperto con un rivestimento zincato. Gli scarichi automatici di condensa scaricano l'eventuale condensa dalla tubazione del vapore.

Per quanto riguarda una buona progettazione delle tubazioni del vapore, è necessario un metodo controllato di erogazione del vapore. Kraft ha fornito a Sateba UK un software completo per il controllo della stagionatura, il sistema AutoCure. Questo e il PLC misurano la temperatura del calcestruzzo utilizzando un sensore di temperatura PT100 avvitato direttamente nella cassaforma. Il sensore sporge sufficientemente all'interno dello stampo per misurare la temperatura direttamente sulla superficie del calcestruzzo. Il rispettivo valore della temperatura viene letto direttamente dal PLC, che a sua volta invia un segnale di controllo alle valvole automatiche del vapore. Queste possono essere utilizzate per avviare o in-



Alcuni dei numerosi alloggiamenti retrattili nell'area per la stagionatura secondaria. Ogni alloggiamento può contenere 2 elementi in calcestruzzo.



Le tende riducono il ricorso alla manodopera e vengono utilizzate per coprire rapidamente 2 elementi per il ciclo di stagionatura secondaria.



L'unità di stagionatura a vapore in container con sistema di trattamento dell'acqua

terrompere l'erogazione di vapore alla rispettiva cassaforma, al fine di regolare la temperatura del calcestruzzo.

Il programma AutoCure è progettato per seguire una curva di stagionatura predefinita. I parametri tempo e temperatura possono essere inseriti dal cliente per creare la curva desiderata. Nel settore è comune che la curva sia composta dalle seguenti fasi: preimpostazione, riscaldamento, riscaldamento continuo e raffreddamento controllato. Questo metodo controllato garantisce i migliori risultati senza compromettere la qualità del prodotto finale. Uno strumento utile di Kraft per il controllo continuo della qualità è il sistema VaporWare. Si tratta di un dispositivo di registrazione dei dati in grado di registrare e memorizzare ogni singolo ciclo di stagionatura in formato PDF. Vengono create due copie del grafico, una in formato PDF a prova di manomissione, normalmente destinata al cliente finale, e un file modificabile, normalmente destinato all'uso interno del produttore.

Alloggiamenti retrattili

Gli alloggiamenti retrattili per la stagionatura (tende) si sono dimostrati la soluzione ideale sia per l'interno che per l'esterno e possono essere smontati e spostati velocemente. Oltre a un pavimento livellato in calcestruzzo, queste strutture non richiedono una fondazione speciale. Le tende rappresentano un'opzione flessibile per il cliente, in quanto possono essere spostate o rimosse facilmente, in modo da adattare

l'area di betonaggio a diversi progetti. L'ingegnosa struttura pieghevole consente di coprire rapidamente 2 elementi in soli 5 minuti per prepararli alla stagionatura a vapore. La struttura in acciaio zincato e il materiale in PVC rivestito in vinile garantiscono una lunga durata nell'ambiente di stagionatura caldo e umido.

Generatore di vapore containerizzato

Il cuore del sistema di stagionatura era costituito da un generatore di vapore a bassa pressione KC 80-VS. Il generatore di vapore a velocità variabile da 2.400 kWh alimentato a gas naturale è stato consegnato preinstallato in un container da 20 piedi. Sebbene per questo progetto sia stato scelto il gas naturale come combustibile, il funzionamento è possibile anche con il propano. Il container funge da deposito sicuro, protetto e privo di polvere per il generatore e i componenti associati. Il container è isolato con lana di roccia fonoassorbente e dotato di illuminazione, prese di corrente, ventilazione, un sistema di trattamento dell'acqua, un riscaldamento elettrico e un termostato per la protezione dal gelo. Nel caso di Sateba, il container è stato collocato all'esterno dell'area di betonaggio principale; tuttavia, alcuni clienti lo collocano anche all'interno. Il container è dotato di aperture attraverso le quali è possibile inserire e collegare facilmente i tubi del gas, dell'acqua e del vapore, nonché il cavo di alimentazione. Tutti i sistemi possono essere ampiamente testati presso lo stabilimento di Kraft prima di essere consegnati al cliente. ■



Kraft Curing ha sponsorizzato la possibilità di scaricare gratuitamente il pdf di questo articolo per tutti i lettori di CuPI. Vi preghiamo di verificare il sito www.cpi-worldwide.com/channels/kraft_curing oppure di fare la scansione del codice QR con il Vostro smartphone per avere accesso diretto a questo sito web.



ALTRE INFORMAZIONI

SATEBAUK=

Sateba UK
Littlewell Lane
Stanton-by-Dale, Ilkeston
Derbyshire, DE7 4QW, Gran Bretagna
www.sateba.uk



Kraft Curing Systems GmbH
Mühlenberg 2
49699 Lindern, Germania
T +49 5957 96120
info@kraftcuring.com
www.kraftcuring.com