

Les différences de température dans la chambre sont l'ennemi de la qualité

■ Daniel Rafter et Stefan Rick, Kraft Curing Systems GmbH, Allemagne

Les différences de température et d'humidité dans les chambres d'étuvage sont plutôt la norme que l'exception. Elles sont la cause de différences de couleur à la surface et de problèmes de résistance des produits en béton finis. Ces effets sont induits par le processus d'hydratation du ciment. Pour y remédier, il faut veiller à une bonne isolation et à une distribution homogène de l'air et de la chaleur dans la chambre de maturation.

Les différences de température dans les pièces sont normales

Il n'est pas nécessaire d'être un fabricant de béton pour savoir que l'air chaud se déplace vers le haut. On a tous déjà observé ce phénomène, que ce soit lors d'un feu de camp, d'un barbecue ou au-dessus de routes goudronnées chaudes en été. Mais comment s'explique ce phénomène? C'est très simple: l'air chaud a une densité inférieure à celle de l'air froid. Les molécules absorbent de l'énergie, leurs mouvements se font plus forts et leur distance les unes par rapport aux autres

s'agrandit. Dans les pièces de vie, lorsque les températures extérieures sont froides, nous pouvons faire l'expérience de ce phénomène sur notre propre corps. Un radiateur chauffe l'air de la pièce et crée l'effet décrit ci-dessus, qui est encore renforcé par la conception et la position du radiateur. L'air chaud et sec s'accumule sous le plafond, et se refroidit au fur et à mesure qu'il se rapproche du sol. Sa capacité à absorber l'humidité diminue, son humidité relative augmente, refroidissant encore la partie inférieure de la pièce. Le résultat, surtout en hiver: la tête se réchauffe au bout d'un certain temps, mais on a encore froid aux pieds. En particulier dans les bâtiments anciens et moins bien isolés, ou lorsqu'on utilise le chauffage par convection, ce phénomène est normal.

Cet effet, qui est ressenti comme inconfortable dans les pièces de vie et, dans le pire des cas, a des conséquences sur la santé, nuit également aux produits en béton de haute qualité. A la différence que dans les chambres de cure, ces écarts de température sont beaucoup plus importants. Tandis que dans les logements mal isolés, on peut avoir des différences

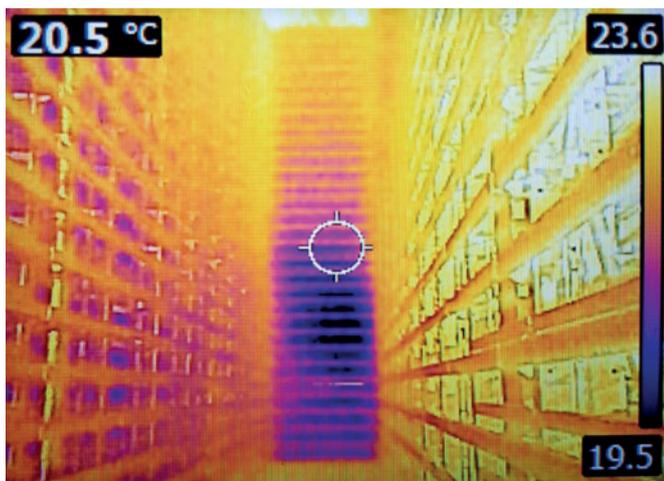


Fig. 1: Image thermique d'une pile de planches de produits dans l'allée d'un rayonnage de cure. On voit clairement que dans la zone inférieure, les étagères et les produits en béton sont relativement froids. Leur température augmente à mesure qu'ils sont stockés plus haut sur le rack - un effet indésirable. (Photo: Kraft Curing Systems)

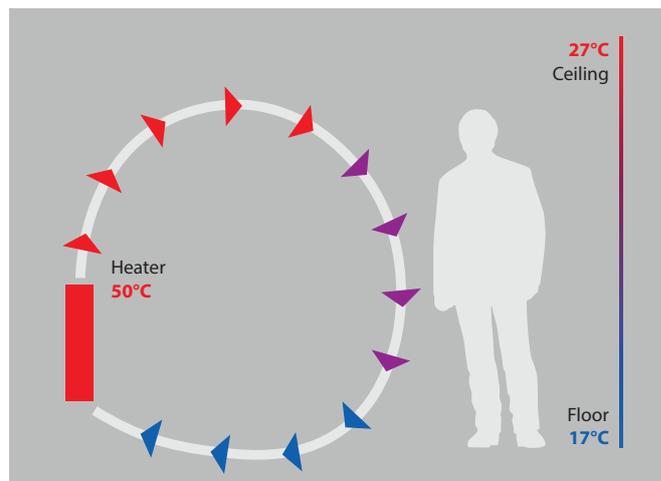


Fig. 2: «La tête au chaud et les pieds au froid»: l'effet typique du chauffage classique dans les pièces de vie peut être transféré aux conditions thermo-hydriques qui règnent dans les chambres de maturation pour produits en béton, où il génère également des effets négatifs. (Dessin: Kraft Curing Systems)



WWW.KRAFT-TREX.COM ◀

T-REX DISTRIBUTEUR DE GRANULAT

PROTECTION DES SURFACES

POUR PRODUITS BETON



Granulats biodégradable

STABILITÉ DES PRODUITS

Contre les déplacements

PROTECTION DE LA SURFACE

Contre les rayures

EVITE LES ÉFFLORESCENCES

La circulation d'air assure l'hydratation

ÉCOLOGIQUE

Granulats biodégradables

FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

Détecteurs de produits

FIABILITÉ DU SYSTEM

Pas de pièces d'usures



 **KRAFT
CURING**

WWW.KRAFTCURING.COM ◀

CONCRETE CURING SOLUTIONS. MADE IN GERMANY ◀

de température de jusqu'à 10°C (par exemple 17°C au sol et 27 °C sous le plafond) et ce, même pour des hauteurs de plafond de 2,50 m, les différences dans les chambres de cure, où les hauteurs de plafond atteignent parfois 10 mètres, sont bien plus grandes. Lors des tests effectués par Kraft pour ses travaux de recherche sur les chambres de cure thermique, les différences de température mesurées étaient parfois supérieures à 20°C.

Les différences de température ont un impact négatif sur la qualité du béton

Afin d'obtenir un béton de qualité optimale et constante, les fabricants recherchent avant tout à assurer un processus de prise homogène du ciment. Ce processus de prise, ou processus d'hydratation du ciment, doit être le même dans toutes les zones de la chambre de cure. C'est la seule garantie d'obtenir des produits d'aspect et de qualité identiques. La température à proximité du produit de béton est un facteur déterminant pour le déroulement de cette réaction chimique. Compte tenu des critères de qualité toujours plus sévères exigés par les clients du monde entier, les différences de température au cours du processus de durcissement augmentent également le risque de réclamation. Le taux de rebuts augmente, et la réputation de nombreux fabricants de qualité peut en souffrir. Ce sont essentiellement deux propriétés des produits finis qui sont affectées négativement par les différences de température survenant pendant la cure du béton: la couleur ou l'intensité de la couleur, et la densité ou la résistance.

Influence of Curing Temperature on Colored Concrete

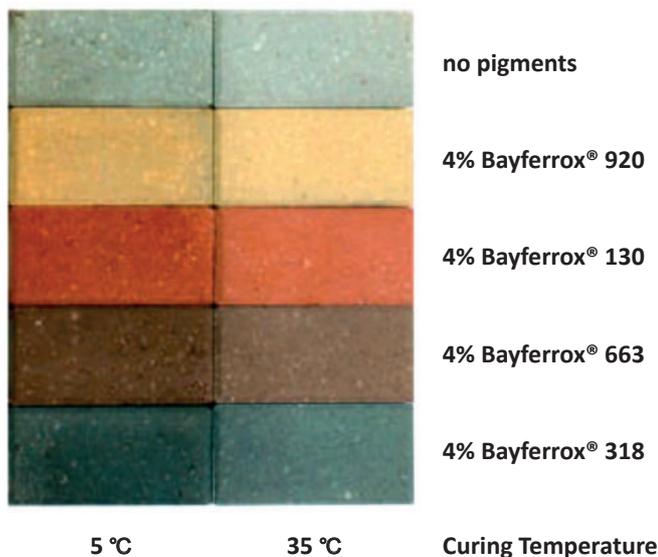


Fig. 3: Influence de la température de durcissement sur la couleur des blocs de béton. A températures élevées, les couleurs sont plus claires. (Photo: «Instructions pour le traitement des pigments», Scholz Farbpigmente)

Les différences de température entraînent des différences de couleurs

L'effet le plus évident, immédiatement reconnaissable même pour un non spécialiste, provoqué par les différences de température dans l'environnement de cure, sont les différences de couleur à la surface du produit en béton. La raison réside dans la vitesse du processus d'hydratation, qui n'est pas la même partout. En effet, l'hydratation du ciment est plus rapide à des températures élevées qu'à basse température. En principe, le processus d'hydratation est le suivant: le ciment réagit avec l'eau du mélange de béton pour former ce que l'on appelle la pâte de ciment, c.-à-d. le liant hydraulique. En fonction de la température à laquelle cette réaction se produit, la pâte cimentaire forme des cristaux plus ou moins gros à fines branches, les aiguilles cristallines.

La taille des microcristaux et la finesse des aiguilles sont responsables du mode de dispersion de la lumière incidente sur le béton et par conséquent de l'intensité de la couleur du béton. «Plus la température de cure est élevée, plus les cristaux sont fins. La dispersion de la lumière, plus intense du fait des cristaux plus fins, fait que la teinte du béton est plus claire que la couleur du même béton qui a été durci à une température plus basse. Toutefois, ce phénomène n'est généralement reconnaissable que lorsque la différence de température atteint une certaine grandeur, par exemple lorsqu'on compare un béton durci à la vapeur à un béton durci à température ambiante normale.» (extrait de: Coloration du béton - Instructions de traitement des pigments, publié par la société Scholz Farbpigmente, 11/2011)

Dans ce contexte, il est important de noter qu'il s'agit d'un effet définitif et durable. Le processus de cristallisation des particules de ciment est terminé au bout de quelques heures. On ne peut pas non plus s'attendre à un éclaircissement ultérieur des produits en béton finis après quelques jours de stockage.

Les différences de température conduisent à des différences de résistance

Un autre effet dû aux différences de température de cure, mais qui n'est pas reconnaissable immédiatement, est celui des différences de résistance des produits en béton finis. En dehors des facteurs d'influence connus tels que le rapport eau/ciment et la classe de ciment, les facteurs thermo-hydriques que sont l'humidité relative de l'air et la température ambiante sont déterminants pour le développement des résistances du béton. La résistance se développe rapidement au début du processus d'hydratation et n'augmente que lentement par la suite. La température influe fortement sur le développement de la résistance, en particulier sur la résistance au jeune âge. «Cette influence est particulièrement forte sur le processus de durcissement initial des premiers jours. Un faible rapport eau/ciment et une résistance élevée du ciment entraînent un développement plus rapide de la résistance. De même, ce dernier est accéléré par une température plus élevée» (extrait de: beton.wiki: Développement de la résistance).

Development of Concrete Strength in % of the strength developed after 28 day at 20°C

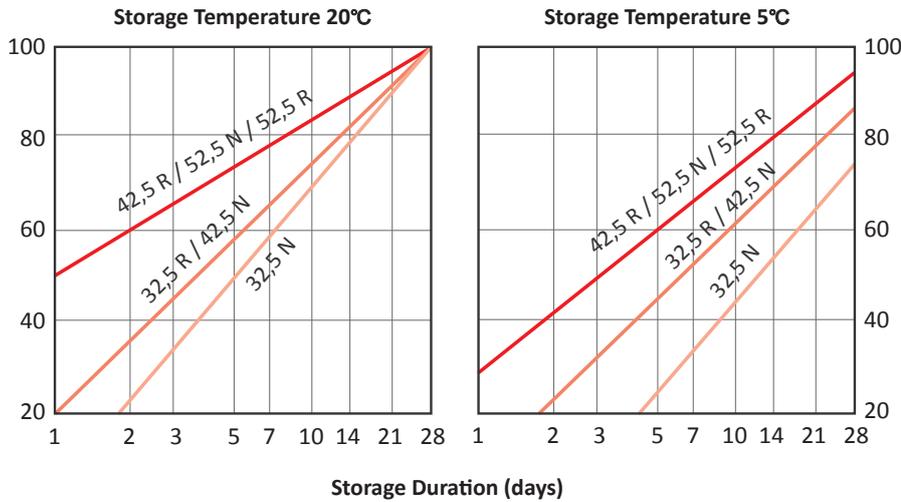


Fig. 4: Représentation de l'influence du type de ciment et de la température de cure sur le développement de la résistance du béton (Diagrammes: Kraft Curing Systems)

L'influence de la température de durcissement sur la résistance a également un effet définitif. Comme on peut le voir à la Fig. 4, la résistance finale n'est pas aussi bien développée à basse température qu'à une température de production de 20°C, même après une période de cure de 28 jours. Là encore, il ne sert à rien d'attendre plus longtemps pour atteindre la résistance finale souhaitée.

Selon le type de ciment utilisé, les effets observés sont parfois plus prononcés, parfois moins. Néanmoins, ils sont toujours présents, et ils ne sont en aucun cas souhaités, car ils nuisent à la qualité des produits. Le durcissement d'un bloc de béton à des températures trop basses peut entraîner l'écaillage des angles et des arêtes (effet immédiat) ou une usure plus rapide et une durée de vie réduite (effet à long terme). Si ces problèmes surviennent dans un lot de blocs sinon sans défaut, c'est souvent le lot entier qui peut faire l'objet d'une réclamation.

Éviter les différences de température - mais comment?

Il est essentiel de bien comprendre les problèmes cités ci-dessus afin de pouvoir y remédier. Kraft Curing Systems estime que le durcissement accéléré des produits en béton devrait être réalisé sans compromettre la qualité, la couleur ni la résistance des produits. En tant que concepteur-développeur de systèmes de chauffage et de climatisation pour l'industrie du béton avec plus de 25 ans d'expérience, Kraft a relevé le défi et créé Quadrix®, un système qui garantit un environnement de cure homogène pour le durcissement accéléré des dalles et pavés en béton. Afin d'accroître encore l'homogénéité des conditions thermo-hydriques de durcissement, Kraft a développé, en plus du système Quadrix, un nouveau système de rayonnement qui joue un rôle actif dans le processus de durcissement.

En intégrant les étagères dans le système de traitement thermique (les colonnes et les supports transversaux agissant comme des canaux d'air), le nouveau système Kraft est capable de déplacer une grande quantité d'air chauffé - généralement 30 000 m³ par heure - à des vitesses extrêmement basses à travers toute la structure du rayonnement.



- Systèmes de fabrication automatiques ou semi-automatiques de produits béton en démoulage immédiat ou différé
- Moules pour démoulage immédiat ou différé de produits préfabriqués béton



Fig. 5: En intégrant toutes les colonnes au mur de la chambre, le rayonnage Kraft décale le point de rosée de la dalle de sol vers l'extérieur, évitant ainsi la condensation d'eau et la corrosion. (Photo: Kraft Curing Systems)

Cette nouvelle approche permet une précision de la température de +/- 1 degré Celsius en tout point de l'environnement de cure, quelles que soient la taille et la géométrie de l'enceinte d'étuvage. L'unité de climatisation Quadrix, le cœur du système, permet un réglage de la température entre 35 et 40 degrés Celsius, pour une efficacité énergétique de 94% ou plus. De puissants ventilateurs centrifuges, un échangeur de chaleur et un brûleur en acier inoxydable, associés aux étagères de rayonnage Kraft, maintiennent une température particulièrement homogène dans toute la zone d'étuvage.

Si l'unité Quadrix est le cœur du système, les structures du rayonnage en sont les poumons: elles contribuent à créer un environnement de cure réellement homogène grâce à une circulation complète de l'air. Dans les rayonnages classiques, on utilise généralement entre 8 et 16 canaux de ventilation verticaux qui distribuent l'air à l'intérieur de la chambre. Cela conduit inévitablement à un mélange moins-que-idéal de l'air réchauffé avec l'air de la chambre, résultant en des différences de température entre les différentes zones de l'enceinte de cure, qui sont visibles sur l'image thermique. Dans le rayonnage conçu par Kraft, ce problème est éliminé. Plus de 100 ouvertures d'air disposées le long des colonnes du rayonnage assurent une répartition particulièrement homogène de l'air et de la température, à des vitesses de circulation de l'air très basses. Grâce à leur nouvelle fonction de canaux de distribution d'air, les colonnes du rayonnage contribuent également au chauffage de la dalle de sol. Cette dernière agit comme un accumulateur de chaleur et chauffe doucement l'environnement de cure par rayonnement thermique, comme le ferait un chauffage par le sol.

En plus d'atteindre de très faibles écarts de température dans l'environnement de durcissement, le concept de Kraft, en utilisant les colonnes comme canaux d'air, améliore la longévité de la structure. L'air chauffé qui circule dans les colonnes a un effet de chauffage sur l'acier. Toute la structure est légèrement plus chaude que l'air ambiant, ce qui évite le phénomène de condensation et la corrosion qu'elle induit.

Dans les systèmes traditionnels, les dalles de sol mal isolées peuvent former des ponts thermiques vers l'extérieur. La tem-

pérature près des parois de la chambre est donc toujours inférieure à celle qui règne à l'intérieur du rayonnage, et les colonnes extérieures sont toujours plus froides que les colonnes intérieures. Très souvent, de l'eau de condensation s'y accumule, engendrant la corrosion des colonnes sur le long terme, jusqu'à la destruction du rayonnage tout entier. Dans le système de Kraft par contre, étant donné que toutes les colonnes situées près de la paroi de la chambre sont alimentées en air chaud, le point de rosée se déplace vers l'extérieur de la chambre, où il ne peut plus endommager la structure des étagères.

Le résultat de ce concept sophistiqué est un environnement de cure aux conditions thermo-hydriques parfaitement équilibrées et sur mesure, qui permet aux fabricants de produits en béton de contrôler pleinement l'apport de chaleur et d'humidité dans la chambre. ■



Grâce à Kraft Curing, tous les lecteurs de PBI ont la possibilité de télécharger cet article en version pdf. Veuillez consulter le site internet www.cpi-worldwide.com/channels/kraft_curing ou scanner le code QR avec votre smartphone pour accéder directement à ce site internet.



AUTRES INFORMATIONS



CONCRETE CURING SOLUTIONS · MADE IN GERMANY

Kraft Curing Systems GmbH
Mühlenberg 2
49699 Lindern, Allemagne
T +49 5957 96120
F +49 5957 961210
info@kraftcuring.com
www.kraftcuring.com