



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

212571

(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
B 28 B 1/00

(22) Přihlášeno 26 11 79
(21) (PV 8117-79)

(40) Zveřejněno 31 08 81

(45) Vydáno 15 08 84

(75)
Autor vynálezu

ŠTEPITA MATEJ ing., CSc., OSTRAVA, OZANIAK MARTIN ing., TEPLIČKA
nad Váhom

(54) Způsob urychlení tvrdnutí betonu

Účelem vynálezu je urychlení tvrdnutí betonu, kterým se zvyšuje výroba prefabrikátů v protěplovacích zařízeních při současné úspoře tepelné energie a odstranění koroze armovacích prvků.

Uvedeného účelu se dosáhlo kombinací vybraných chemických sloučenin, které nepůsobí korozivně na armatury, a tepelné energie. Sloučeniny ze skupiny mravenčanu vápenatého, propan-2-karboxy-2-oxydiátu sodného apod. vykazují při spolupůsobení tepelné energie synergický účinek.

Vynález se používá ve stavebnictví při výrobě obvodových panelů u systému BA-NKS, P.1.4, P.1.11, Bauring apod.

Vynález se týká způsobu urychlení tvrdnutí betonu, nebo prvků obsahujících cementové pojivo účinkem tepelné energie a nekorodujících urychlovačů tvrdnutí, které vykazují s tepelnou energií synergický účinek, přičemž dochází k úspoře elektrické a tepelné energie.

Jedním z nejrozšířenějších způsobů urychlování tvrdnutí betonu (dále jen UTB) v průmyslových výrobních prefabrikátů, dílců a konstrukcí je urychlování ohřevem při teplotách v rozsahu 50 °C až 110 °C. Tepelná energie se předává do betonu buď přímo, kdy betonová směs je ve styku s topným médiem, nebo nepřímo, kdy přechází do betonu prostřednictvím ohřevu forem. Účelem UTB ohřevem je dosáhnout ve zkrácené době manipulační pevnosti betonových výrobků vyjádřených pevností v tlaku. Jako topného média se používá většinou páry o tlaku 0,1 až 0,6 MPa nebo topného oleje vyhřívaného v protetplovacích komorách.

Nevýhoda tohoto způsobu urychlování tvrdnutí betonu spočívá ve velké spotřebě tepelné energie, které se průměrně spotřebuje na 1 m³ stavebních dílců 0,86 GJ (v přepočtu cca 240 kWh nebo 30 kg měrného paliva). Navíc jsou experimentálně zjištěné rozdíly ve fázovém složení a ve struktuře cementového pojiva tvrdnoucího při teplotě 20 °C a při teplotách 70 °C a 100 °C. Tyto rozdíly nejsou doposud objasněny a metody urychlování tvrdnutí mají převážně empirický základ.

Urychlování tvrdnutí cementového pojiva chemickými přísadami neposkytuje dostatečně vyhovující výsledky a nedosahuje takového stupně, aby bylo možno zabezpečit požadovanou produktivitu a kontinuální výrobní postup. Dosedávne používané urychlovače tvrdnutí cementového pojiva na bázi chloridů (CaCl_2) zvyšují trvalou hygroskopicitu hotového výrobku a tím zhoršují jeho tepelně-izolační vlastnosti a způsobují korozi armatury. V současnosti se jejich použití omezuje a pro armované dílce přímo zakazuje (Pat. CH 42 17 87, Pat. DE 10 99 427, Pat. DE 10 64 412).

Jiné urychlovače tvrdnutí alkalické povahy například samotné uhličitany a křemičitany alkalických kovů a alkalických zemin sice urychlují tvrdnutí cementového pojiva za normálních teplot, ale mají nepříznivý vliv na konečné mechanické pevnosti výrobků, způsobují objemovou nestálost a tvorbu výkvětů. Při současném působení tepelné energie a uvedených chemických urychlovačů tvrdnutí se projevuje pouze částečně aditivní účinek a při izotermickém měření byl zaznamenán nižší účinek než aditivní.

Výsledný produkt vykazuje stejné nedostatky jako produkt vytvrzený chemickými urychlovači za normální teploty. (Pat. FR 12 43 946, Pat. GB 10 02 368, Pat. DE 12 56 136). Všechny kyselé reagující urychlovače tvrdnutí nepříznivě ovlivňují výsledné pevnosti betonu, zhoršují tepelně izolační vlastnosti hmoty a zvyšují korozi ocelové armatury.

Výše uvedené nedostatky jsou odstraněny způsobem urychlování tvrdnutí betonů a prvků obsahujících cementové pojivo podle vynálezu, jehož podstatou je kombinace UTB ohřevem spolu s chemickými urychlovači tvrdnutí, které vykazují s tepelnou energií synergický účinek a nemají korozivní vliv na ocelové armovací prvky. Jsou to urychlovače tvrdnutí cementového pojiva, které tvoří nejméně jednu ze skupiny látek: mravenčen vápenatý, kyselý uhličitán sodný, křemičitán sodný nebo křemičitán vápenatý o molárním poměru $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ nebo SiO_2/MO od 0,5 do 4,0, kde M je alkalický kov nebo kov alkalických zemin, propan-2-karboxy-2-oxidyát sodný, 2,3,4,5,6-pentahydroxyhexanová kyselina nebo její soli alkalických kovů a alkalických zemin, 2,3-dihydroxybutandioát sodný nebo 2-hydroxybenzoan sodný. Tyto urychlovače tvrdnutí cementového pojiva mohou působit jednotlivě nebo ve vzájemné kombinaci. Při kombinaci uvedených urychlovačů tvrdnutí spolu s tepelnou energií se výrazně projevuje synergický účinek a výsledné urychlení tvrdnutí betonu je vyšší, než je editivní součet jednotlivých složek.

Zkrácení doby UTB ohřevem a chemickými urychlovači tvrdnutí zvyšuje oběh forem a tím celý výrobní cyklus prefabrikátů, přináší úsporu tepelné energie a zkracuje amortizaci forem. Použití urychlovačů tvrdnutí betonu se synergickými účinky při spolupůsobení tepelné energie dává prefabrikáty s vyššími konečnými pevnostmi po proběhnutí hydratace. Míra

smrštění, toku, tečení, plastické a elastické deformace a objemové změny se prakticky nemění u betonu vytvrzovaného při zvýšených teplotách bez urychlovačů a se synergicky působícími urychlovači tvrdnutí.

Výhodou výrobků zhotovených podle vynálezu je snížení koroze výztuže proti běžným urychlovačům. Současně se odstraňuje hygroscopicita betonu. Elektrochemických měření se zjistilo, že při napětí 0,7 V je hustota elektrického proudu v betonu s 2 % hmot. CaCl_2 na obsah cementu 42 Ascm^{-2} , v betonu ošetřovaném UTB ohřevem $31,1 \text{ Ascm}^{-2}$ a v betonu s 2 % hmot. mravenčanu sodného a mravenčanu vápenatého na obsah cementu ošetřovaného UTB ohřevem 26 Ascm^{-2} (hodnoty měřené po 20 min.).

Po 40 min. jsou hodnoty následující: 37 Ascm^{-2} , 30 Ascm^{-2} , resp. 22 Ascm^{-2} . Kalorimetrické studie ukázaly, že největší vývoj hydratačního tepla je v prvním stadiu vytvrzování. Izotermickým měřením se zjistilo zvýšení teploty betonu bez urychlovače po 30 min. tvrdnutí o $0,42^\circ\text{C}$ a při obsahu 2 % hmot. mravenčanu vápenatého na obsah cementu o $0,98^\circ\text{C}$; po 60 min o $0,16^\circ\text{C}$, resp. o $0,52^\circ\text{C}$.

Při stejném technologickém postupu výroby dochází u použití 2 % hmot. urychlovačů na obsah cementu a za současného působení tepelné energie podle vynálezu k urychlení tvrdnutí minimálně o 50 % původního času, tj. k dosažení stejných pevností v tlaku. To představuje úsporu min 330 MJ (v přepočtu cca 90 kWh nebo 12 kg měrného paliva) na 1 m^3 betonové směsi. Při stejné technologii výroby a za použití urychlovačů tvrdnutí v množství 3 % na obsah cementu dochází k urychlení tvrdnutí cca o 75 % původního času, tj. k dosažení stejných pevností v tlaku. To představuje úsporu min. 550 MJ (v přepočtu 150 kWh nebo 19 kg měrného paliva) na 1 m^3 betonové směsi.

Synergický účinek tepelné energie a urychlovačů tvrdnutí cementového pojiva podle vynálezu demonstrují časy tvrdnutí v h, po kterých při dané teplotě betony dosáhnou stejné pevnosti v tlaku (75 % konečných pevností), jak je uvedeno v tabulce. Betonová směs: cement PC 400 1 hmot. díl, křemičité plnivo plynulé granulometrie 3,5 hmot. dílů, vodní součinitel v/c 0,40, použitý urychlovač mravenčan vápenatý v % hmot. na obsah cementu.

Urychlovač % hmot. na obsah cementu mravenčan vápenatý	Teplota $^\circ\text{C}$				
	20	30	45	60	90
0	24	20	16	14	6
2	21	18	14	9	4
3	17	16	10	7	3
4	14	12	8	6	2

P ř í k l a d 1

Betonová směs se připraví ze 100 hmot. dílů cementu PC 325, 500 hmot. dílů štěrkopísku o zrnění 0 až 8 mm, 0,1 hmot. dílu lignosulfonanu vápenatého a 3,0 hmot. dílů mravenčanu vápenatého a tato směs se dokonale promíchá s 40 hmot. díly vody. Do kovových forem se vloží vrstva betonové směsi, na kterou se po zhutnění ukládají tepelné izolační desky z lehčích a/nebo vláknitých hmot.

Na povrch těchto desek se uloží další část betonové směsi. Po zhutnění se formy vsunou do proteplovacího zařízení, do kterého se přivádí tepelná energie k dosažení teploty 90 až 100°C . Do 2 hod. ohřevu má betonový sendvičový panel pevnost v tlaku 20,0 MPa proti 9,4 MPa u stejné směsi bez přidavku chemických přísad. Pevnost v tlaku 20,0 MPa se dosáhne v tomto případě po 5,5 hod proteplování.

Příklad 2

Betonová směs se připraví z cementu a plniv jako v příkladě 1. Do směsi cementu a plniv se přidá 0,5 hmot. dílů dinaftylmetandisulfonenu sodného, 2,0 hmot. dílů křemičitanu sodného o molárním poměru $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ 1:2, 2,0 hmot. dílů kyselého uhličitanu sodného a 2 hmot. díly 2-hydroxypropandionátu sodného. Směs se zamíchá se 45 hmot. díly vody a po uložení do forem se zhutní. Na zhutněný povrch se nanese v horizontální poloze stříkáním modifikovaná cementová venkovní povrchová úprava ve vrstvě 3 až 5 mm.

Forma s betonovým prvkem se vsune do proteplovacího zařízení, kde se přivádí vodní pára o tlaku 0,5 MPa a teplotě 100 °C. Po 3 hod. ohřevu má betonová směs pevnost v tlaku 15,8 MPa. Stejně zhotovený betonový prvek bez urychlovačů tuhnutí a chemických přísad má pevnost v tlaku po této době 8,9 MPa a pevnost v tlaku 15,8 MPa dosáhne po 7,5 hod. paření.

Příklad 3

Betonová směs se připraví z cementu a plniv jako v příkladě 1 bez přísad. Směs se zhomogenizuje s 38 hmot. díly vody, ve které je rozpuštěna směs pozůstávající z 0,4 hmot. dílů dibenzylmetandisulfonenu sodného, 2,0 hmot. dílů mravenčanu vápenatého a 0,1 hmot. dílu 2,3-dihydroxybutandioátu sodnodraselného. Záměs se zpracuje běžnou technologií. Po UTB ohřevem má beton po 2,5 hod. paření pevnosti v tlaku 21,8 MPa.

Stejná směs zpracovaná pouze s vodou má po této době pevnost v tlaku 6,2 MPa. Pevnost v tlaku 21,8 MPa se v tomto případě dosáhne po 8 hod. proteplování.

Příklad 4

Do míchačky nebo do součtové váhy se nadávkují písky a šterkopísky plynulé granulometrie, dále cement v předepsaném množství. Ke směsi se přidává přes dávkovací zařízení 4 % hmot. propan-2-karboxy-2-oxydioátu sodného na obsah cementu v práškovém stavu. Po promíchání v suchém stavu se ke směsi dávkuje voda do dosažení předepsané nebo požadované konzistence. Zamíchaná betonová směs se přepravuje do forem nebo do bednění, kde se zhutňuje.

Při výrobě prefabrikátů v proteplovacích zařízeních se formopodložky vsunují do příslušného zařízení, nebo se formy připojí na proteplovací zdroje. Použitím chemických urychlovačů tvrdnutí cementového pojiva spolu s tepelnou energií se při teplotě 80 °C již po 2 hod. dosahují pevnosti v tlaku nad 10,0 MPa proti 0,4 MPa při UTB ohřevem, ale bez chemických přísad.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob urychlení tvrdnutí betonu nebo prvků obsahujících cementové pojivo, případně modifikující přísady, jako jsou plastifikátory, provzdušňující, retenční a hydrofobizující činidla, respektive vodní disperze polymerů, vyznačený tím, že na cementové pojivo působí současně tepelná energie a nekorodující regulátory tuhnutí a tvrdnutí zvolené ze skupiny zahrnující mravenčan vápenatý, kyselý uhličitan sodný, křemičitany alkalických kovů o molárním poměru $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ od 0,5 do 4,0, kde M je alkalický kov, propan-2-karboxy-2-oxydioát sodný, 2,3,4,5,6-pentahydroxyhexanová kyselina nebo její soli alkalických kovů a alkalických zemin, 2,3-dihydroxybutandioát sodný nebo draselný nebo sodnodraselný, 2-hydroxypropandioát sodný nebo 2-hydroxybenzoan sodný v množství 1,0 až 8,0 % hmot. na obsah pojiva, přidávané v suché formě k tuhým složkám nebo ve formě vodních roztoků v záměsové vodě.