

MOŽNOSTI A OMEZENÍ MIKROSKOPICKÉHO HODNOCENÍ VÝSKYTU SLÍNKOVÝCH MINERÁLŮ VE STARÝCH BETONECH ■

POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF MICROSCOPIC EVALUATION OF CLINKER MINERALS OCCURRENCE IN OLD CONCRETE

Jan Gemrich, Tomáš Táborský

Článek popisuje některé požadavky a pravidla pro výrobu cementu pro silniční betony. Zaprvé je vždy zapotřebí minimalizovat obsah trikalciumpulminátu v slínku, protože tím cement získává odolnost vůči vlivu některých rozpuštěných solí v prostředí konečného betonového díla. To je fakt osvědčený řadou let praxe. Zadruhé je nutné snížit hydratační teplo cementu, čehož lze úspěšně docílit použitím cementů CEM II/A nebo B, kdy není třeba zvyšovat obsah C_2S v slínku. Pro dosažení předepsané pevnosti po 28 dnech je nutné jemnější konečné mletí cementu. Zatřetí je potřeba dodržet technické požadavky pro silniční cementy, které stanovují maximální hodnotu specifického povrchu $330 \text{ m}^2/\text{kg}$. Samostatně mletá struska tuto hodnotu přesahuje, a proto je vhodnější použít směsné cementy CEM II/A-S nebo CEM II/B-S spíše než přidávat velmi jemně mletou strusku do betonové směsi až v betonárně. ■ The article describes some of the requirements and rules for the cement production for road concrete. First - the need to minimize C_3A in clinker because cement this way gains resistance to the impact of some of the dissolved salts in the environment of the final concrete work. This is by years of practice proven fact. Second - it is necessary to reduce the hydration heat of cement and when using CEM II/A or B cements, there is no need to increase the C_2S content in clinker. To reach the prescribed strength after 28 days, finer milling of cement is required. Third - for road cements, technical standard requirements are determined for the maximum value of the specific surface on $330 \text{ m}^2/\text{kg}$. Separately ground slag exceeds this value; it is therefore preferable to use CEM II/A-S or CEM II/B-S cements better than adding very finely ground slag to the concrete mix at the concrete plant.

ZÁSADNÍ ASPEKTY HODNOCENÍ KVALITY CEMENTU DO BETONU

Vlastnosti betonu, a tedy i skladba betonové směsi jsou závislé na účelu použití betonu. Z něj vyplývají i požadavky na vlastnosti jeho složek. U cementu je nejvýznamnější jeho trvanlivost, reprezentovaná parametry jako je pevnost, počátek a doba tuhnutí, objemová stálost, odolnost cementového kamene vůči vlivům prostředí a odolnost vůči hladovým nebo agresivním vodám. U cementobetonových krytů (CBK) patří

mezi nejdůležitější požadavky odolnost vůči prostředkům zimní údržby vozovek.

Fyzikálně-mechanické vlastnosti (pevnost, počátek a doba tuhnutí) jsou dány jednak vlastnostmi slínku, zejména obsahem trikalciumpulminátu (C_3S), a jednak jemností mletí cementu a obsahem sádrovce pro úpravu tuhnutí. Pevnosti narůstají se zvyšujícím se obsahem C_3S a také se zvětšující se jemností mletí. Současně s nárůstem pevnosti obvykle dochází ke zkracování doby počátku tuhnutí i doby tuhnutí.

Zásadní vliv na tuhnutí má však sádrovec. Bez jeho přítomnosti by cement ztvrdl během minuty – hydratace trikalciumpulminátu (C_3A) – a jakákoliv betonová směs by byla nezpracovatelná. V přítomnosti sádrovce nevznikají CAH produkty, které vedou ke ztvrdnutí, ale velké množství krystalizačních zárodků tzv. primárního ettringitu, který v dané fázi tuhnutí nevede k rozpínání.

Na objemovou stálost má vliv nezregulovaný zbytek oxidu vápenatého, tzv. volné vápno, které při pomalé hydrataci ve ztvrdlé hmotě zvětšuje svůj objem a vede k nežádoucímu rozpínání. Jeho obsah ve slínku je proto nežádoucí a je správným řízením výpalu minimalizován.

Odolnost cementového kamene je do značné míry dána fázovým složením slínku. Obecně platí, že nejméně odolné vůči vlivům prostředí jsou cementy s vysokým obsahem C_3A a C_3S a že ke zvýšení odolnosti přispívá vyšší obsah brownmilleritu (C_4AF).

Kvalitu cementu je možno řídit dvěma způsoby:

- přímým řízením – tj. řízením chemického složení a skladby surovinové směsi pro výpal slínku (stupeň sycení, silikátový a aluminátový modul), volbou optimálního režimu výpalu (teplota, tvar a délka plamene, přebytek vzduchu apod., nejsou stejné pro různé surovinové směsi a pro pecní systémy různých výrobců), volbou složek, skladby a jemnosti mletí cementu,
- zpětnou kontrolou – tj. kontrolou chemického a fázového složení slínku, laboratorními zkouškami fyzikálně-mechanických vlastností slínku a cementů.

Přímé řízení chemického složení suroviny a kontrola chemického složení

slínku se provádí v pravidelných intervalech automaticky, analýzy se provádí na rentgenfluorescenčním spektrometru a výsledky jsou automaticky předávány řídicímu systému, který provede potřebné zásahy do skladby suroviny. Z výsledků chemického rozboru se vypočítává zároveň i fázové složení slínku. Stanovení fázového složení slínku na optickém mikroskopu na leštěném nábrusu se většinou pro zdoluhavost běžně neprovádí, slouží však jako průběžná zpětná kontrola. V pravidelných intervalech je kontrolována také jemnost mletí (měrný povrch) a podle výsledků provádí řídicí systém úpravy nastavení třídičů.

ODOLNOST CEMENTU V BETONU Z MINERALOGICKÉHO HLEDISKA

Zatímco mechanické vlivy a vlivy vyplývající z ošetřování betonu lze omezit, příp. úplně vyloučit, omezení ostatních vlivů je obtížnější.

Teplotní změny

Pro omezení vlivů souvisejících s teplotními změnami je kromě ochrany před povětrnostními vlivy účinné především použití cementů s nízkým hydratačním teplem; buďto cementů s vyšším obsahem dikalciumpulminátu (C_2S) nebo směsných cementů CEM II/A nebo B, přičemž jako druhá hlavní složka může sloužit granulovaná vysokopeční struska, elektrárenské popílky nebo různé přírodní nebo umělé pucolány.

Síranová korozie

Obsah C_3A v silničních cementech je limitován normou, důležitý je pečlivý výběr kameniva (kvůli minimalizaci obsahu pyritu v kamenivu). Odolnost betonu vůči síranové korozi zvyšuje také použití směsných cementů, zejména pak cementů s pucolánově aktivními složkami. Struska, popílky a pucolány přednostně vážou portlandit vzniklý při hydrataci a potlačují tak tvorbu sekundárního ettringitu v betonu. Sekundární ettringit krystaluje s 32 molekulami vody, což je spojené s velkým nárůstem objemu vedoucím k rozrušení struktury ztvrdlého betonu.