

Chlazení cementu při výrobě čerstvého betonu



Ing. Jiří Svatoš

Příspěvek bych tentokrát začal trochu odlehčeně. V létě jsem se potkal se svým sousedem u zahrádky jeho rodinného domu a on mi po náročném sekání trávy lakonicky řekl: „To sekání v tomhle vedru, to je ale dřina, celý pozemek bych nejrady vybetonoval, beton je beton“. S úsměvem jsem mu odpověděl: „To je nápad, ale dejte si pozor na betonování v horkém počasí“. Tento sousedský rozhovor se náhodou dotkl velmi závažného a často diskutovaného tématu, jak před betonáží v horkém počasí účinně chladit jednotlivé komponenty receptury betonu.

Neustálý nárůst tropických dní v České republice může a zřejmě zneklidňuje výrobce betonu, kteří si nemohou v horkých letních měsících dovolit omezit nebo dokonce zastavit betonáž. Pak hledají účinná řešení. Příspěvek se soustředí nejen na chlazení cementu, ale rekapituluje zatím všechny dostupné možnosti. Kvalita a technologická způsobilost musí být na prvním místě. V principu jde o to, jakým způsobem omezovat maximální teplotu čerstvého betonu. Tím se zabrání tvorbě nežádoucích trhlin a prasklin, vznikajících tepelným pnutím v procesu tuhnutí. Z tohoto důvodu se v normách (ČSN EN 206) a technických kvalitativních podmínkách (TKP, kapitola 17 – beton pro konstrukce) vyžaduje zaručené cílené dodržení maximální teploty čerstvého betonu. To má za následek, že se musí použít co možná nejefektivnější a nejehospodárnější metoda chlazení.

Mnohá opatření k ovlivnění a dodržení maximální teploty čerstvého betonu se již standardně používají v praxi, popř. byly minimálně v provozních podmínkách prakticky vyzkoušeny. Dosud známé technologické postupy budou stručně popsány a krátce analyzovány níže. Větší prostor bude věnován pouze takové možnosti, která využívá kapalný dusík pro chlazení cementu, a to při jeho čerpání z autocisterny do sila přímo na betonárně.

Jaká opatření se již používají?

- Výběr pojiva s velmi nízkým hydratačním teplem - v závislosti na požadavcích pevnosti betonu by mělo být bráno v úvahu vždy.
- Chlazení jednotlivých frakcí hrubého a drobného kameniva kropením vodou, využití chladu při odpařování kapalných plynů, popř. průtokem zchlazeného vzduchu nebo přidáním suchého ledu - pouze nehomogenní opatření, dochází k zpětnému ohřevu vlivem slunečního záření.

- Chlazení cementu na dopravníku ze sila do míchacího centra s použitím chladicích médií a tepelných výměníků - vhodné pro množství vyrobeného betonu vyšší než 100 000 m³/rok.
- Chlazení čerstvého betonu přímo v autodomíchávači nástřikem kapalného dusíku přímo mobilní tryskou - nerovnoměrné chlazení, nebezpečí lokálního zamrznutí betonu a vznik mlhy, nedostatečný chladicí výkon vzhledem k omezenému času aplikace, (zdržení autodomíchávače po naplnění čerstvým betonem).
- Chlazení chladicími spirálami ve stavební konstrukci, jak v jejím průběhu, tak i po hydratační fázi - zeslabení průřezu stavebního díla a poměrně složitý a rozsáhlý rozvod chladicí vody.
- Přidávání ledu ve formě ledové tříště během procesu míchání - dobrý přestup tepla mezi ledem a betonem, ale omezený chladicí výkon díky max. teplotě ledu (-7 °C), nevýhoda je v jeho výrobě a skladování.
- Technologie chlazení cementu při čerpání z autocisterny do sila - toto opatření je podrobněji popsáno v následující části textu.

Popis procesu chlazení cementu při čerpání do sila Cryoment-Flow

Při procesu chlazení cementu s použitím technologie Cryoment-Flow se cement dopravovaný cisternovými vozy ochlazuje na požadovanou teplotu během čerpání cementu a následného skladování v cementových sillech. Za tímto účelem se na vstupní potrubí do sila cementu instaluje speciální systém trysek (obr. 1), který umožňuje smísit cement s kapalným dusíkem. Tím se docílí co nejhomogennějšího promíchání cementu s chladicím médiem. Potřebná doba vykládky cementu se tím neprodlouží ani neomezí.

Během uvedeného procesu se chladicí médium odpařuje a vznikající plyn se spolu s cementem dostává i do sila. Vzhledem k dostatečné chladicí energii se cement v silu nadále ochlazuje. Nakumulovaný plyn se vypouští filtračním systémem instalovaným na silu cementu. Tento filtrační systém je nově dimenzován pro zvýšené průtočné množství plynu. Ve většině případů je nutné filtrační systém rozšířit nebo na místě spojit zpravidla dva stávající filtrační systémy dohromady. Kvalifikovaný výpočet filtračního systému zajistí, že nemůže dojít k aktivaci po-

jistného ventilu síla a k případnému úniku cementu.

Chladicí médium se vpusťí přes dvoustupňový regulační systém (obr. 2) v závislosti na teplotě cementu v potrubí krátce před dopadem cementu do síla a na teplotě plynu odcházejícího z filtrů. Aby bylo možné kontinuálně ochlazovat cement chladicím médiem, je při vyprazdňování cisterny nutná prakticky konstantní průtočná rychlost.

Praktické zkušenosti

Chlazení čerstvého betonu chlazením cementu je v podstatě velmi jednoduchý proces. K tomu, aby systém chlazení cementu fungoval automaticky, je



Obr. 1 - Zařízení Cryoment-Flow v praxi

nutné vynaložit pouze malé investiční prostředky a upravit systém filtrace odpadního vzduchu na sílu cementu. Rozsah ochlazení čerstvého betonu lze nastavit určením požadované teploty cementu. Platí obecné empirické pravidlo, že snížením teploty cementu o 10 °C dosáhneme snížení teploty čerstvého betonu o 1 °C. Protože se cement zpravidla v letním horkém počasí dopravuje při teplotě až 50-70 °C a současně při požadavku jeho ochlazení na 25 °C (což je v létě průměrná teplota prostředí), může být čerstvý beton bez obtíží a bez podstatné ztráty chladicí energie ochlazen o 3,5 až 5,5 °C. Takto ochlazený cement na teplotu prostředí se může skladovat v sílu téměř bez časového omezení.

Dosažené výsledky při chlazení cementu

Během procesu chlazení čerstvého betonu chlazením cementu byla provedena celá řada nezbyt-

ných zkoušek k prozkoumání a objasnění následujících aspektů.

- Chlazení během pneumatické vykládky z autocisterny do síla.
- Použití chladicího média - kapalný dusík, ale i kapalný oxid uhličitý.
- Požadované snížení teploty čerstvého betonu.
- Skladování zchlazeného cementu (doba a vliv okolní teploty).
- Účinek chlazení cementu chladicím médiem na technologii betonování.



Obr. 2 - Dávkovací a měřicí panel

Provozní zkoušky v praxi potvrdily níže uvedená fakta.

- Čerstvý beton lze zchladit chlazením cementu, k ochlazení jedné autocisterny (27000 kg cementu) ze 70 °C na 20 °C je potřeba ca. 3200 kg kapalného dusíku, tzn. k ochlazení 1 m³ čerstvého betonu o 1 °C je zapotřebí ca. 7 kg kapalného dusíku.
- Při aplikaci kapalných médií v systému nekondenzuje vlhkost. (rosný bod kapalného dusíku je < -70 °C, obsah zbytkového kyslíku je < 5 p.p.m.).
- Ochlazený cement lze v sílu skladovat až po dobu několika dnů v závislosti na teplotě okolí, než se cement začne postupně ohřívat (nejvhodnější pro kontinuální výrobu čerstvého betonu).
- Systém zchlazování funguje zcela automaticky.
- Cement se ochlazuje během standardního procesu vykládky.



Obr. 3 - Princip technologie Cryoment-Flow

- Není nutný větší počet pracovníků.
- Výslednou teplotu cementu je možno stabilně nastavit a regulovat.

Technologie se osvědčila

Technologie chlazení cementu (**kontakt na str. 14**) představuje další nový trend, další novou možnost, jak především v horkých letních měsících bojovat s chlazením betonu. První aplikace chlazení cementu technologií Cryoment-Flow (obr. 3) byla realizována na mobilní betonárně v Rakousku již před 10 lety, a to na staveništi alpského dálničního

tunelu. Zákazník, vzhledem k delším dojezdovým vzdálenostem a nežádoucímu 6-ti minutovému zdržení autodomíchávače po naplnění betonem, přešel od chlazení čerstvého betonu nástřikem kapalného dusíku mobilní tryskou k technologii Cryoment-Flow. Právě taková staveniště, jako jsou dálniční úseky, mosty a tunely jsou pro tuto aplikaci nejvýhodnější, protože se na těchto betonárnách vyrábí střední až velké množství betonu a dochází k častému a pravidelnému zásobování cementem, který se pak v silu nestihne ohřát na teplotu okolí a je rychle zpracován.

Plyny a know - how pro Váš úspěch....



Messer Technogas Vám v oblasti stavebnictví nabízí:

- Chlazení cementu během čerpání z autocisterny do zásobního sila.
- Chlazení „just in time“ mícháním „teplého“ a „studeného“ cementu před váhou cementu.
- Kapalný dusík včetně kryogenního zásobníku.
- Kompletní zařízení pro dávkování a regulaci kapalného dusíku.
- Analýzu a optimalizaci množství dávkování.

MESSER 
Gases for Life

Odborné dotazy:
Ing. Jiří Svatoš
aplikační inženýr

Tel.: +420 602 339 214
E-mail: jiri.svatos@messergroup.com

Messer Technogas s. r. o.
Zelený pruh 99
140 02 Praha 4
Tel.: +420 241 008 100
info.cz@messergroup.com
www.messer.cz