



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Technologie betonu

Vlastnosti betonu

vysoká pevnost v tlaku

vysoká variabilita - možno provést bednění jakéhokoliv

tvaru

nehořlavý

tepelná akumulace - tepelná setrvačnost objektu

Historie betonu

Vzhledem k různým definicím betonu je možno nalézt několik "nejstarších" aplikací. Jednou z nejstarších aplikací je použití betonu na vodní cisterny v Jeruzalémě okolo 1000 před naším letopočtem!

Dalším doloženým užitím betonu je Řecká technologie, kdy nosné zdivo tvoří prakticky 2 stěny z kamene a mezera byla zalívána směsí ne nepodobnou betonu s vkládáním větších kamenů. Stěny tak vlastně tvoří ztracené bednění, řeky zvané Emplekton. Jednalo se o první užití ztraceného bednění a vedlo k urychlení výstavby a progresivitě výstavby. Užití materiálu s hydraulickými schopnostmi je písemně doloženo v knize Ceaserova stavitele "Deset knih o architektuře". Pro toto použití byl užíván pouze přírodní materiál, teprve v 19. století dochází k objevu výroby cementu a to slinutím a následným mletím. Vlastnosti tohoto cementu nebyly zpočátku příliš stejnohlé, později se rozvinutím technologie (mletí, míšení, odpočívání směsi, opětovné mletí, pálení, mletí, míšení, odležení, opětovné míšení a expedice) vedlo k zkvalitnění vlastností cementu a tedy k "předvídatelnosti" vlastností betonu.

Druhy betonu

Zde máme několik možností dělení podle nejrůznějších kritérií, dále uvedená kritéria jsou pouze základní.

podle hmotnosti

lehký (do 2000 kg/m³)

běžný (2000 až 2600 kg/m³)

těžký (nad 2600 kg/m³)

podle pevnosti

běžné betony

vysokopevnostní betony

podle výroby

monolitický (vyrobený a zalitý do bednění na stavbě)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

prefabrikovaný (prvek vyrobený v dílně - prefě)

podle tvaru vzorku pro určení pevnosti

válcová pevnost ($d=150$ mm, $v=300$ mm, 28 dní)

krychelná pevnost ($a=150$ mm, 28 dní)

Označení beton C20/25 znamená

C- concrete = beton

20 - charakteristickou válcovou pevnost betonu v tlaku $f_{ck,cyl}$

25 - charakteristickou krychelnou pevnost betonu v tlaku $f_{ck,cube}$

podle způsobu vyztužení

prostý beton - bez výztuže

železobeton - použití armatury

předpjatý beton - předepnutí betonu napínací výztuží

drátkobeton - vyztužení pomocí krátkých ocelových drátků

podle výsledného vizuálního efektu

pohledový beton

probarvovaný beton

pemrlovaný (otloukaný) beton

vymývaný beton

grafický beton

režný beton

otisk plošné matrice

otisk reliéfní vložky

hlazené

škrábané

pískované

prořezávané

broušené

leštěné

speciální betony

samozhutnitelný beton

vodotěsný beton

podle stáří betonu

2 dny

7 dní

28 dní

90 dní



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

podle způsobu zkoušky vzorku

Destruktivní

nedestruktivní

Složky betonu

Cement (concrete)

Kamenivo (aggregate)

Voda (water)

Přísady (Admixtures) chemická látka, která upravuje některou z vlastností čerstvého nebo ztvrdlého betonu.

Cement

Za počátek moderního použití cementu lze považovat rok 1812 kdy Louis Vicat byl pověřen stavbou mostu přes Dordogne v Soulliacu. Louis Vicat však nebyl spokojen používanými hmotami a hledal vhodnější materiál tvrdnoucí pod vodou. V roce 1817 zveřejnil dodnes platnou teorii hydratace v Annales de Chimie, doplněnou sérií pokusů. Svůj objev nepatentoval, čímž umožnil následný prudký rozvoj tohoto oboru. Cement začal být vyráběn průmyslově 1842, tedy před více než 150 lety.

Cement je hydraulické pojivo, jemně mletá anorganická látka. Po smíchání s vodou vytváří kaší, která tuhne a tvrdne následkem hydratace vápenatých silikátů. Cementy, jejichž tvrdnutí způsobuje jiné mineralogické složky (např. vápenaté alumináty v hlinitanovém cementu), patří do další skupiny cementů.

Výroba cementu v současné době nedostačuje pro potřeby ČR a stále větší množství cementu se dováží ze zahraničí. To sebou nese daleko větší dopravní náklady a cena cementu se tak dále zvyšuje. Mezi dováženými cementy převládají nicméně speciální cementy, především cement rychletuhnoucí a cement bílý.

Výroba cementu za sucha:

- 1) základní surovina (vápenec, vápenné slíny, hlinité břidlice) se roztlouká a drtí v drtičkách na menší kusy, smíchá se s kazivcem kyzovými výpalky a nechá se uležet na skládce
- 2) uleželá směs se drtí a mele v kulových mlýnech na surovinovou moučku a ukládá se do homogenizačních sil (pro získání stejnorodé směsi)
- 3) ze sil putuje směs do rotační pece, kde se taví a dochází k jejímu slinování -slínek (rotační pec se skládá ze tří pásem: pásmo vzrůstu teploty -pásmo slinovací cca 1400°C -pásmo ochlazovací), poté se na delší dobu odveze na skládku



dostatečném odležení se slínek mele a přidávají se do něj přísady pro vylepšení nebo získání požadovaných vlastností (základní přísadou, která se přidává do všech cementů je sádrovec, který reguluje tuhnutí)

Slínek:

křemičitanový

- obsahuje více CaO, SiO a méně Al₂O₃, Fe₂O₃

hlinitanový

- obsahuje více CaO, Al₂O₃ a méně SiO₂, Fe₂O₃

Hydratace

Hydratace je pochod, při němž voda vstupuje do struktury sloučeniny a vznikající sloučeniny přecházejí v tuhou hmotu. Všechny slínkové nerosty jsou

bezvodé. Ve styku s vodou hydrolyzují a hydratují.

Silikáty bohaté na oxid vápenatý se hydrolyzou rozkládají na silikáty chudé na oxid vápenatý a hydroxid vápenatý.

Při hydrataci vznikají sloučeniny s chemicky vázanou vodou. Vytvářejí se řady kalciumhydroaluminátů a kalciumhydrosilikátů s různým množstvím chemicky vázané vody. Část vysrážených krystalků má vysokou kohezní a adhezní vlastnost. Kolem prvních krystalů jako jader se vytvářejí krystalky hydratovaných složek, které stále narůstají a prodlužují se. Vlivem molekulárních sil jsou krystaly přitahovány, střetávají se navzájem, proplétají. Vzájemné proplétání vznikajících krystalů má velkou styčnou plochu, přispívá k pevnosti. Hydratací vznikají hydratované sloučeniny alitu a belitu a volný hydroxid vápenatý Ca(OH)₂. Tato sloučenina je nejreaktivnější složkou hydratovaného cementu a umožňuje korozi betonu v agresivním prostředí. Hydratace je chemický a fyzikální proces, při němž kašovitá cementová směs přechází do tuhého a tvrdého stavu.

Hydratační teplo

Při chemické reakci cementu s vodou vzniká teplo, které nazýváme hydratační teplo. Závisí na chemickém složení cementu, množství minerálů, a na jemnosti mletí. Čím je cement jemněji mletý, tím má větší povrch, který je smáčen vodou, tím je intenzivnější hydrolyza, včasnější počátek průběhu hydratace, tím rychleji se vyvíjí hydratační teplo. Hydratace probíhá nerušené při optimální teplotě 15 až 25 °C.

Tuhnutí

Tuhnutí je chemický a fyzikální pochod, při němž kašovitá směs cementu a vody tuhne v pevnou hmotu. Začátek tuhnutí je pro cementy obecného použití stanoven s ohledem na pevnostní třídu. Cementy pevnostní třídy maxim. 42,5 mají počátek tuhnutí stanoven nejdříve za hodinu, nejpozději do 12 hodin po smíchání cementu s vodou. U cementů



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

pevnostní třídy 52,5 je počátek tuhnutí stanoven nejdříve za 45 minut.

Začátek tuhnutí se oddaluje proto, aby se zajistila doba potřebná pro výrobu betonové směsi, její dopravu, uložení a zpracování. Regulace tuhnutí, stanovení počátku, se provádí přidáváním sádrovce, a to maximálně do 5 % hmotnosti cementu, anebo sádrových stěrů, které se přidávají s dalšími přísadami ke slínku při mletí cementu. Bez těchto přísad by přítomný minerál trikalciumaluminát začal hydratovat již při smáčení vodou.

Cementy se speciálními vlastnostmi mají stanoven začátek tuhnutí dříve, za 30 i méně minut, a konec tuhnutí za 6 hodin nebo dokonce za 8 minut. Takové cementy používáme pro urychlení betonáže při výrobě betonových dílců, při injektáži, nástřiku

Tvrdnutí

Tvrdnutí je chemický a fyzikální pochod, při němž se tuhá směs přeměňuje v tvrdou hmotu, která nabývá pokračující hydratací větší pevnosti. Rychlost tvrdnutí je dána chemickým složením a jemností cementu. Tvrdnutí probíhá zpočátku intenzivně, později se tvrdnutí zpomaluje, až se po několika letech ustálí. Největší přírůstek pevnosti nastává do 28 dnů. Tuto pevnost považujeme za základní, stoprocentní, a označujeme ji R_c 28. Další nárůst pevnosti je velmi pomalý, velikost přírůstku pevnosti ovlivňuje prostředí a množství tetra-kalcium-aluminát-ferritu v cementu.

Druhy cementů

Cementy pro obecné použití podle ENV 197-1 jsou rozděleny do 5 hlavních skupin označených římskou číslicí I až V. Základem těchto cementů je portlandský slínek, který je spojován méně nebo více složkami. Ty zvyšují vlastnosti cementu.

Evropský cement musí být označován druhem cementu a hodnotou normalizované pevnostní třídy.

Má-li cement vysoké počáteční pevnosti, připojuje se písmeno R.

Pro cementy určené k výrobě prefabrikátů zpracovaných proteplováním se použije označení UTB.

K rozlišení druhů cementů používáme barevné odlišení nápisů, a to:

- I. portlandské cementy - černou barvou
- II. portlandské cementy směsné - zelenou barvou
- III. vysokopecní cementy - červenou barvou
- IV. pucolánové cementy - modrou barvou
- V. směsné cementy - hnědou barvou

Příklad označování:

ENV 197-1 CEM I 42,5 R,

uvádí, že se jedná o cement portlandský s pevnostní třídou 42,5 a má vysokou počáteční pevnost

I.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Portlandský cement

základem je křemičitý slínek (K), přísady sádrovec pevnostní třídy: 42,5; 52,5 (42,5R; 52,5R) rychlovazný: má strmý nárůst počáteční pevnosti v tlaku (použití pro prvky, které potřebujeme rychle odbednit) počátek tuhnutí: 42,5 – 60min; 52,5 – 45min konec tuhnutí: 42,5; 52,5 – max 12hod. má rychlý hydratační proces, přičemž se uvolňuje velké množství hydratačního tepla (použití pro nízké teploty do 5 st.C, pro předpjaté konstrukce, pro konstrukce s požadavkem vysoké počáteční pevnosti, tenkostěnné konstrukce)

II. Portlandský cement

A) Portlandský struskový cement základem je křemičitý slínek (K), přísady sádrovec + vysokopecní struska pevnostní třídy: 32,5; 42,5 (32,5R; 42,5R) počátek tuhnutí: nejdříve za 60min konec tuhnutí: max 12hod množství strusky: A...6-20%; B...21-35% struska zvyšuje odolnost proti agresivnímu prostředí, zpomaluje hydratační proces a zmenšuje množství hydratačního tepla nevýhoda : zvyšuje smrštitelnost betonu na suchu použití pro základové a masivní konstrukce a pro betonáž v létě

B) Portlandský cement s křemičitým úletem pevnostní třída 42,5 zvýšením obsahu silikátů se zvyšuje pevnost v tahu využití pro konstrukce, které jsou vedle tlaku namáhané i tahem

C) Portlandský pucolánový cement pevnostní třída 32,5 přítomnost pucolánu zvyšuje odolnost proti uhličitánovým vodám, odpadním vodám, zvyšuje plasticnost cementové maltoviny v betonu, čímž podporuje vodotěsnost

D) Portlandský popílkový cement pevnostní třída 32,5; 42,5 popílek zvyšuje plasticnost, zpracovatelnost, vodotěsnost použití pro stavby přehrad

E) Portlandský cement s kalcinovanou břidlicí pevnostní třída 42,5 odolný vůči chemickým vlivům, má plastické vlastnosti použití pro injektáž

F) Portlandský cement s vápencem pevnostní třída 32,5 odolává plísním použití pro konstrukce potravinářského průmyslu, obchodů, nemocnic apod.

G) Portlandský směsný cement pevnostní třída 32,5 použití pro běžné konstrukce

III. Vysokopecní cement

pomalý nárůst pevnosti, malý vývin hydratačního tepla; odolnost proti agresivnímu prostředí, pevnostní třída 32,5 označení:

b) (35-65% strusky) pro betonáž základů a dalších konstrukcí se stykem se zeminou

c) (66-80% strusky) pro konstrukce, které jsou namáhané agresivně (sila), pro konstrukce vystavené síranovým vodám

d) (81-95% strusky) pro betonáž konstrukcí před kotli a pecemi a na ochranné konstrukce proti žáru, použití pro masivní konstrukce z betonů nižších tříd, pro betonáž v horkém létě, pro konstrukce v agresivním prostředí

IV. Pucolánový cement

prodloužení nárůstu pevnosti odolnost proti uhličitánovým a slatinovým vodám, mořské vodě vhodný pro mokré prostředí

V.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Směsný cement (NE SMĚŠNÝ !!!!!)

pevnostní třída 22,5 požití na podlahy, cementové potěry, betonová dlažba pro méně namáhané konstrukce

Zvláštní druhy cementů

Cementy se speciálními vlastnostmi

Silniční cement

Silniční cementy jsou speciální cementy, které mají velmi malou smrštitelnost, větší modul pružnosti, velkou odolnost proti střídavým vlivům povětrnosti a proti oděru a jsou velmi mrazuvzdorné. Silniční portlandské a silniční portlandské struskové cementy se vyrábějí ve třídách 6,5; 7,0 a 7,5 pevnostní třídy v tahu. Počátek tuhnutí u silničního portlandského cementu je min. 1,5 hodiny a u silničního portlandského struskového cementu min. 2 hodiny. Tuhnutí musí být ukončeno u obou do 12 hodin.

Hlinitanový cement

Hlinitanový cement je hydraulické pojivo, které má vyšší podíl oxidu hliníku (základní surovinou je bauxit a vápenec). Betony z hlinitanového cementu mají velké počáteční pevnosti, avšak beton je nutno udržovat neustále vlhký (nesmí se používat při více jak 30°C). Lze použít k betonování až do -10°C. Dnes se hlinitanový cement nesmí používat pro nosné konstrukce, protože se zjistilo, že konstrukce z hlinitanového cementu vlivem vlhkosti nebo různých teplot ztrácejí pevnost a rozpadají se. Používá se především ke speciálním pracím vyžadující velké počáteční pevnosti.

Síranovzdorný portlandský cement - je odolný proti síranovým a agresivním vodám, nesmí se přidávat žádná přísada ani žádné příměsi. Na trh se dostává pod obchodním názvem Sulfares ve třídách 22,5 a 32,5 (doba skladovatelnosti 6 týdnů).

Hydrofobizované cementy jsou vyrobeny s hydrofobní látkou odpuzující vlhkost a umožňuje tak skladovat cementy až 9 měsíců. Hydrofobizovat můžeme všechny druhy cementu, kromě cementu síranovzdorného.

Plastifikované cementy obsahují plastifikátory a používají se především pro dopravu betonové směsi čerpadly.

Fungicidní cementy obsahují látky ničící mikroorganismy. Používá se v prostředích se zvýšenými požadavky na hygienu.

Zvláštní cementy

Bílý cement -se vyrábí z bílého vápence a silikátů. Používá se do omítek a pro výrobu cementového zboží. Barevné cementy -se vyrábějí z bílých cementů s přidáním barvy a pigmentů

Barnaté a strontnaté cementy -při výrobě je vápník nahrazen baryem a stronciem. Betony vytvořené z tohoto cementu odolávají vlivu mořské vody, jsou chemicky stálé a pohlcují škodlivé paprsky jaderného záření.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vysokopevnostní cement -se používá pro výrobu předpjatých a tenkostěnných konstrukcí, pod těžké stroje apod. Obsahuje 55 - 75 % trikalciumsilikátu.

Rychlovazný cement -má vysoké počáteční pevnosti, které jsou dosaženy vhodným mineralogickým složením slínku. Používá se pro zkrácení technologických přestávek při výstavbě.

Složky cementů

Chemické složení cementů:

Cement je směsí sloučenin obsahujících oxid vápenatý, oxid křemičitý, oxid hlinitý, oxid železitý a oxid hořečnatý ve větších množstvích. Portlandský cement obsahuje čtyři hlavní petrografické složky:

TRIKALCIUMSILIKÁT (CaO)₃ . SiO_2 -mezinárodně označovaný C3S, se nazývá alit. Rychle se slučuje s vodou, uvolňuje velké množství hydratačního tepla a dává velmi pevné produkty.

DIKALCIUMSILIKÁT (CaO)₂ . SiO_2 -zkráceně označovaný C2S, se nazývá belit. Při hydrataci uvolňuje belit polovinu tepla ve srovnání s alitem. Pomalu hydratují (má nízké hydratační teplo), avšak konečné pevnosti jsou srovnatelné s alitem.

TETRAKALCIUMALUMINÁTFERIT (CaO)₄ . Al_2O_3 . Fe_2O_3 - zkráceně C4AF, se nazývá celit. Přispívá ke vzrůstu pevnosti betonu po delší době (jen na suchu). Zajišťuje objemovou stálost cementu.

TRIKALCIUMALUMINÁT (CaO)₃ . Al_2O_3 -zkráceně C3A. Tento minerál velmi prudce hydratuje (okamžitě po smíchání s vodou), čímž vyvíjí značné hydratační teplo, avšak dosahuje malých pevností.

Portlandský slínek -v normě označen značkou K, je hydraulická látka, která musí sestávat nejméně ze dvou hmotnostních třetin silikátů vápenatých, alitu a belitu a ve zbytku obsahu z oxidu hlinitého, železného a dalších oxidů. Poměr oxidů vápenatého a křemičitého pak podle hmotnosti nesmí být menší než 2. Obsah oxidu hořečnatého nesmí být větší než 5 % hmotnostních.

Granulovaná struska vysokopecní (S) - je latentní hydraulická látka, jejíž hydraulické vlastnosti jsou vyvolány vhodnou aktivací při hydrataci. Nejméně ze dvou hmotnostních třetin musí obsahovat strusku ve sklovitém stavu. Hmotnostní obsah oxidu vápenatého, hořečnatého a křemičitého v granulované vysokopecní strusce musí tvořit nejméně dvě třetiny její hmotnosti. Ve zbytku je obsažen oxid hlinitý s malým množstvím dalších oxidů. Hmotnostní poměr oxidu vápenatého a hořečnatého k oxidu křemičitému musí být větší než 1. Granulovaná vysokopecní struska vzniká rychlým ochlazením vhodně složené struskové taveniny při tavení železné rudy ve vysoké peci.

Pucolán (P, Q). Pucolány jsou přírodní nebo průmyslové látky křemičité, hlinito- křemičité nebo směsi těchto látek. Ačkoliv popílek a křemičitý úlet mají rovněž pucolánové



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

vlastnosti, jsou uváděny zvlášť. Pucolány po smíchání s vodou samy netvrdnou. Jsou-li však jemně semlety, reagují v přítomnosti vody za normální teploty s rozpuštěným hydroxidem vápenatým za tvorby sloučenin vápenatých silikátů a vápenatých aluminátů, které jsou nositeli postupně narůstající pevnosti. Tyto sloučeniny jsou podobné těm, které vznikají při tvrdnutí hydraulických látek. Pucolány musí v podstatě obsahovat aktivní oxid křemičitý a oxid hlinitý. Ve zbytku pak oxid železitý a další oxidy. Obsah aktivního oxidu vápenatého je zanedbatelný. Obsah aktivního oxidu křemičitého musí být nejméně 25 % hmotnostních.

Přírodní pucolán (P) -jsou obvykle látky vulkanického původu nebo sedimentární horniny vhodného chemického i mineralogického složení a musí vyhovovat požadavkům výroby.

Průmyslový pucolán (Q) -jsou tepelně zpracované a aktivované hlíny a břidlice, vzduchem ochlazené strusky z výroby olova, mědi, zinku a jiných výrobků metalurgického průmyslu. Průmyslový pucolán může být použit jen takový, který výrazně nezvyšuje spotřebu vody pro zpracování cementu a v žádném případě nezhoršuje odolnost betonu nebo malty či snižuje ochranu výztuže.

Křemičitý popílek (V) -je jemně mletý prášek převážně z kulovitých sklovitých částic s pucolánovými vlastnostmi. Musí sestávat hlavně z aktivního oxidu křemičitého a oxidu hlinitého. Ve zbytku pak z oxidu železitého a jiných oxidů. Obsah aktivního oxidu vápenatého musí být menší než 5 % hmotnostních. Obsah aktivního oxidu křemičitého v křemičitém popílku podle předběžné evropské normy nesmí být menší než 25 % hmotnostních.

Vápenatý popílek (W) je jemně mletý prášek s hydraulickými nebo pucolánovými vlastnostmi či oběma. Musí sestávat hlavně z aktivního oxidu vápenatého, aktivního oxidu křemičitého a oxidu hlinitého. Ve zbytku pak z oxidu železitého a jiných oxidů.

Obsah aktivního oxidu vápenatého nesmí být menší než 5 % hmotnostních. Vápenatý popílek obsahující 5 % až 15 % aktivního oxidu vápenatého musí obsahovat nejméně 25 % aktivního oxidu křemičitého. Takový jemně mletý vápenatý popílek musí mít po 28 dnech hydratace nejméně 10 N/mm² pevnosti v tlaku. Rozpínání vápenatého popílku musí být menší než 10 mm.

Kalcinovaná břidlice (T) zvláště kalcinovaná olejnatá břidlice, se vyrábí ve speciální peci při teplotě cca 800 °C. Podle složení přírodního materiálu a výrobního postupu obsahuje kalcinovaná břidlice slínkové fáze, zvláště dikalciumsilikát a monokalcium aluminát. Vedle toho obsahuje malá množství volného oxidu vápenatého a síranu vápenatého a značný podíl pucolanicky reagujících oxidů, zvláště oxidu křemičitého. Kalcinovaná břidlice má v jemně semletém stavu výrazně hydraulické vlastnosti jako cement portlandský a navíc pucolánové vlastnosti. Jemně mletá kalcinovaná břidlice musí mít po 28 dnech nejméně 25 N/mm² pevnosti v tlaku, rozpínání menší než 10 mm.

Křemičitý úlet (D) je tvořen velmi jemnými kulovitými částicemi s vysokým obsahem amorfního oxidu křemičitého, jež je větší než 85 % hmotnostních.

Křemičitý úlet vzniká při redukci čistého křemíku v obloukových pecích při výrobě křemičitých a ferrokřemičitých slitin.

Vápenec (L) jehož obsah v cementu převyšuje 5 % hmotnostních, musí vyhovovat následujícím požadavkům:

obsah



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

uhlíčitanu vápenatého musí být větší než 75 % hmotnostních

obsah jílovitého podílu adsorpce metylenové modři menší než 1,2 g/100 g

obsah organických složek menší než 0,2 % hmotnostních.

Doprava cementu

-pytle

-cisterny › sila