

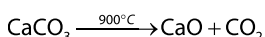
Cement - hydraulické spojivo

Cement sa používa ako spojivo na zabezpečenie pevnosti, tuhosti a stability stavebných konštrukcií. Hydratáciou (práškového) cementu s vodou vzniká pevná štruktúra takzvaný cementový kameň. Aby konštrukcie dosiahli požadované parametre úžitkových vlastností a boli realizovateľné, musí aj cement spĺňať určité požiadavky.

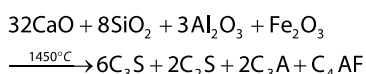
Cement je hydraulické spojivo, teda jemne mletá anorganická látka, ktorá po zmiešaní s vodou vytvára kašu tuhnúcu a tvrdnúcu aj pod vodou, a to v dôsledku hydratačných reakcií. Pri styku s vodou dochádza k jeho rozpúšťaniu a následnej kryštalizácii (tuhne a tvrdne), čím sa vytvára pevná a zároveň pružná väzba medzi zrnami plniva (kameniva). Po zatvrdnutí si zachováva svoju pevnosť a stálosť. Tvorí jednu zo základných zložiek betónu.

Výroba, chemizmus a zloženie

Cement sa vyrába pálením vápencov (obr. 1) bohatých na ílové a slieňové minerály. Pri teplote 900 °C dochádza k procesu rozkladu vápenca (CaCO₃) na oxid vápenatý a oxid uhličitý.



Zvyšovaním teploty asi na 1 450 °C (medza slinutia) dochádza k reakcii oxidu vápenatého s ďalšími oxidmi za vzniku portlandského slínku.



C₃S = 3CaO · SiO₂ = Trikalciom Silikát (Alit) 45 až 60 %

C₂S = 2CaO · SiO₂ = Dikalciom Aluminát (Belit) 15 až 30 %

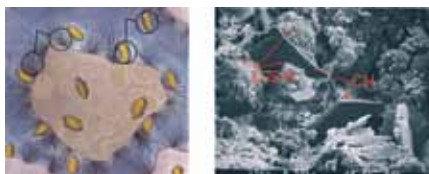
C₃A = 3CaO · Al₂O₃ = Trikalciom Aluminát 3 až 15 %

C₄AF = 4CaO · Al₂O₃ · Fe₂O₃ = Tetrakalcium Aluminát Ferit (Celit) 10 až 20 %

Portlandský slinok (obr. 2), v súlade s STN EN 197-1: 2002 (Cement. Časť 1: Zloženie, špecifikácie a kritériá na preukazovanie zhody cementov na všeobecné použitie) označovaný písmenom K, sa ďalej melie spolu s regulátorom tuhnutia (sadorcom = CaSO₄ · 2H₂O) na jemný prášok



Obr. 2 Slinok

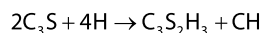
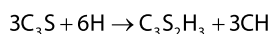


Obr. 3 Model a skutočný pohľad na hydratačné produkty [1]

(cement) s priemerom zŕn približne do veľkosti 100 μm a najväčším podielom v rozpätí 10 až 50 μm. Veľkosti zŕn cementu je nepriamo úmerné tempo priebehu hydratácie. Primieľaním sadrovca (v množstve do asi 5 % z hmotnosti cementu) sa znižuje počiatočné tempo hydratácie, teda bráni začatiu tuhnutia cementového tmelu.

Vznik CSH gélu (Kalcium Silikát Hydrát)

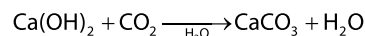
Kalcium Silikát Hydrát (obr. 3) je výsledkom nasledovných chemických reakcií:



H = H₂O = voda

CH = Ca(OH)₂ = hydroxid vápenatý

Výsledné hydratované kremičitany vápenaté v zatvrdnutých cementových kameňoch sú veľmi nedokonale vykryštalizované, majú koloidné rozmery (veľkosť častíc 1 až 500 nm) a významne ovplyvňujú pevnosť zatvrdnutého cementového kameňa. Hydroxid vápenatý má z hľadiska pevnosti naopak malý význam a vytvára relatívne veľké kryštály. V cementových kameňoch predstavuje citlivú zložku, keďže sa vo vode ľahko rozpúšťa (asi 1,6 g/l) a navyše reaguje s CO₂, čím cementový kameň karbonatuje za znižovania pH cementového kameňa, čo pri železobetónoch spôsobuje možnosť spustenia korozívnych procesov.



Cement môže obsahovať aj rôzne prímеси, ktorými sa nahrádza časť portlandského slínku a modifikujú určité vlastnosti, a to v závislosti od charakteru a pôvodu týchto prímеси. Medzi najčastejšie používané prímеси patria:

- granulovaná vysokopecná troska (S) vznikajúca prudkým ochladením vhodne zloženej troskovej taveniny vznikajúcej pri tavení železnej rudy. Pri vhodnej aktivácii musí vykazovať hydraulické vlastnosti;
- puzolány (prírodné – P, prírodné kalcinované – Q), ktoré samé osebe po zmiešaní s vodou netvrdnú, no ak sú dostatočne jemne zomleté reagujú za prítomnosti vody (normálnej teploty) s rozpusteným Ca(OH)₂ za vzniku zlúčenín kremičitanov vápenatých a hlinitanov vápenatých – nositeľov narastajúcej pevnosti. Tieto zlúčeniny sa veľmi podobajú tým, ktoré vznikajú pri tvrdnutí hydraulických látok;
- popolčeky sú látky s kremičitou (V) alebo vápenatou povahou (W). Preto disponujú puzolánovými až hydraulickými vlastnosťami. Získavajú sa mechanickým alebo elektrostatickým odlučovaním prachových častíc z dymu po spaľovaní práškového uhlia;
- kalcinované bridlice (T) po výpale pri teplote asi 800 °C obsahujú slinutú fázu tvorenú dikalciumsilikátom (C₂S), monokalciumaluminátom (CA) a malým množstvom voľného CaO. V zomletom stave majú výrazné hydraulické a puzolánové vlastnosti;
- vápenec (L, LL) na použitie ako prímеси v cemente musí obsahovať najmenej 75 % hmotnosti CaCO₃ a nesmie obsahovať viac ako 1,2 % ílovitého podielu;



Obr. 1 Cementáreň

• kremičitý úlet (D) vzniká pri redukcii kre-meňa vysokej čistoty uhlím v elektrickej oblúkovej peci pri výrobe napríklad kre-mičitých zliatin. Tvoria ho veľmi jemné častice v tvare gule, ktoré obsahujú mi-nimálne 85 % hmotnosti amorfného oxi-du kremičitého, čím sa stáva reaktívnym nositeľom puzolánových vlastností. Mer-ný povrch musí byť najmenej 15,0 m²/g. Na základe prítomnosti určitých príme-sí sa cementy rozdeľujú v súlade s STN EN 197-1 do piatich druhov označovaných rímskymi číslicami I až V:

- CEM I – Portlandský cement (značenie – čierna farba),
- CEM II – Portlandský cement zmesový (značenie – zelená farba),
- CEM III – Vysokopečný cement (značenie – červená farba),
- CEM IV – Puzolánový cement (značenie – modrá farba),
- CEM V – Zmesový cement (značenie – hnedá farba).

Okrem týchto druhov existujú aj špeciál-ne portlandské cementy s upravenými vlastnosťami podľa požiadaviek na kon-krétné použitie. Najznámejšie sú:

- cestný cement,
- biely cement,
- síranovzdorný cement,
- rozpínavý cement.

V prípade cementu je dôležité klásť dô-raz na fyzikálne, mechanické a chemi-ké vlastnosti. Tieto vlastnosti determinu-je práve zloženie cementu. To znamená, že výsledné hodnotiace parametre cemen-tu (cementového kameňa) určuje prevaž-ne receptúra miešania jednotlivých príme-sí. No zanedbať nemožno ani technológiu výroby cementu a snáď najmarkantnejší parameter (mimo zloženia), a to jemnosť mletia definovanú buď špecifickým povr-chom 1 kg cementových zŕn (podľa Blaina STN EN 196-6: 2010: Metódy skúšania ce-mentu. Časť 6: Stanovenie jemnosti mle-tia) alebo veľkosťou zŕn cementu zistenú sitovým rozborom. Bežná jemnosť cemen-tu sa pohybuje v intervale 300 až 450 m²/kg. S jemnosťou mletia korelujú aj iné pa-rametre cementu ako napríklad objemo-vá hmotnosť, respektíve sypaná hmotnosť, začiatok a čas tuhnutia, počiatkový ná-rast pevností, hydratačné teplo a objemo-

vé zmeny. V súlade s STN EN 197-1 sa hod-notia predovšetkým vlastnosti, na základe ktorých sa cement ďalej rozdeľuje do pev-nostných tried:

- normalizovaná pevnosť cementu v tla-ku (v súlade s STN EN 196-1: 2005 Metó-dy skúšania cementu. Časť 1: Stanovenie pevnosti). Rozlišujú sa tri pevnostné trie-dy 32,5; 42,5; a 52,5 vyjadrujúce 28 dňo-vú pevnosť v tlaku (MPa);
- počiatková pevnosť (v súlade s STN EN 196-1). Na základe počiatkových pev-ností cementu po dvoch alebo siedmich dňoch tuhnutia, respektíve tvrdenia sa rozlišuje cement s normálnou rýchlosťou tvrdenia (N) a s rýchlym tvrdením (R).

Príklad značenia

V súlade s STN EN 197-1 – CEM I 42,5 R ide o portlandský cement, pevnostnej triedy 42,5 MPa, s vysokými počiatkovými pev-nosťami (rýchlotuhnutí). V súlade s STN EN 197-1 – CEM III/B 32,5 N – LH ide o vysokopecný cement s obsahom hmotnosti 66 až 80 % vysokopecnej granulovanej trosky (S), pevnostnej triedy 32,5 MPa, s obyčaj-nou začiatkovou pevnosťou a nízkym hyd-ratačným teplom.

Výber cementu

Výber cementu pripadá do úvahy, ak sa na zhotovenie konštrukcií používajú materiá-ly miešané a dávkované zo všetkých zložiek jednotlivo a pre konkrétnu konštrukciu. Inými slovami, vylučujú sa suché zmesi, do ktorých treba iba pridať vodu. Pri výbere cementu sa musí brať ohľad na podmienky ovplyvňujúce transport, ukladanie, zhutne-nie a ošetrovanie. Sú to najmä podmienky súvisiace s:

- charakterom konštrukcie a vykonávaný-mi prácami,
- konečným použitím betónu (konštruk-cie) napríklad v prípade prefabrikácie,
- podmienkami okolitého prostredia pô-sobiaceho na betón,
- možnosťami dopravy na stavenisko (v prípade transportbetónu),
- rozmermi konštrukcie z hľadiska vývinu hydratačného tepla,
- podmienkami ošetrovania betónu (pro-ti účinkom horúceho alebo chladného prostredia),

• potenciálnou reaktivnosťou kameniva s alkáliami pochádzajúcimi z jednotli-vých zložiek betónu.

Celkovo sa v súlade s STN EN 197-1 rozo-znáva 27 rôznych druhov cementu. Základ-ným je portlandský cement. Nahradením určitej časti portlandského slinku puzolá-novými prímiesami sa získavajú zmesové druhy cementu. Podľa charakteru a množ-stva prímiesi nachádzajú svoje uplatnenie v praktických aplikáciách. Obvykle dispo-nujú nižšími pevnosťami ako portlandský cement. Na druhej strane, môžu spôsobo-vať nižšie objemové zmeny a zvyčajne sú odolnejšie proti agresívnym vplyvom. Vy-brat' si možno z piatich druhov obyčajného cementu (CEM I až CEM V) alebo aj zo špe-ciálnych typov portlandského cementu:

- cestný cement, ktorý sa vyrába v trie-dach 7 a 7,5. Triedy označujú minimálnu pevnosť v ťahu pri ohybe v MPa. Cestný cement je odolný proti agresívnym vo-dám, má nižšie hydratačné teplo a mi-nimálne objemové zmeny spôsobené čiastočne aj hrubým mletím. Používa sa napríklad pri výstavbe diaľnic, letisko-vých plôch a mostných konštrukcií;
- biely cement, ktorý sa vyrába v triedach 52,5 a 52,5 R. Výroba sa veľmi podobá výrobe typov cementu s bežnou fareb-nosťou, s dôrazom na minimálny obsah farbiacich oxidov v portlandskom slin-ku. Používa sa tam, kde sa kladú špeciál-ne požiadavky na farebnosť konštrukcie. Farebné typy cementu sa vyrábajú z bie-leho cementu, do ktorého sa pridávajú pigmenty. Pigmenty neovplyvňujú jeho tvrdenie. Z bieleho cementu sa vyrába pohľadový betón, architektonické prvky, dlažby;
- síranovzdorný cement CEM I 42,5 HS a trieda SVPC 32,5 má trvalú odolnosť proti síranovému prostrediu. Zvyčajne sa používa do betónu na realizáciu základo-vej konštrukcie s požiadavkou na redukc-iu objemových zmien a nižší vývin hyd-ratačného tepla;
- rozpínavý cement okrem portlandské-ho slinku obsahujúci aj ďalšie zložky, kto-ré počas hydratácie zväčšujú svoj objem. Tento efekt sa využíva na elimináciu prí-rodzeného zmršťovania betónu, naprí-klad pri výrobe podláh, kúpalísk, zásob-níkov na vodu, škrupinových striech ako aj pri trhacích prácach, pretože účinok rozpínavého cementu môže byť veľmi deštruktívny;
- hlinitanový cement sa hodí na betonáže pri nízkych teplotách (do -6 °C), na výro-bu betónu pre konštrukcie vystavené ag-resívnym vodám (kyslé, síranové a mor-ské) alebo betónu na upchatie vrto-vo alebo s odolnosťou proti vysokým teplotám (žiaruvzdorný). Uvedené druhy cementu sú vhodné na bežné použitie. Existujú aj druhy cemen-tu určené do mált na murovanie a omie-tanie. Rozlišujú sa druhy: MC 5; MC 12,5;

Tab. 1 Požiadavky na mechanické a fyzikálne vlastnosti cementov uvedené ako charakteristické hodnoty [STN EN 197-1]

Pevnostná trieda	Pevnosť v tlaku (MPa)				Začiatok tuhnutia (minúta)	Objemová stálosť (mm)
	Počiatková pevnosť		Normalizovaná pevnosť			
	2 dni	7 dní	28 dní			
32,5 N	-	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 R	≥ 10,0	-				
42,5 N	≥ 10,0	-	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 R	≥ 20,0	-				
52,5 N	≥ 20,0	-	≥ 52,5	-	≥ 45	
52,5 R	≥ 30,0	-				

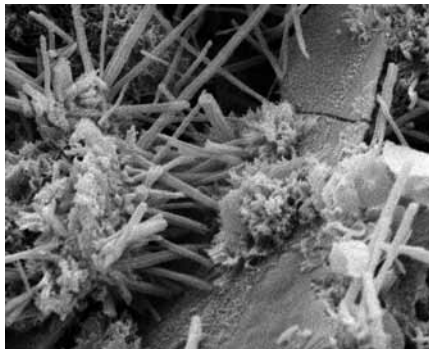
MC 12,5X; MC 22,5X. Číslo vyjadruje minimálnu pevnosť v tlaku po 28 dňoch v MPa. K cementom nižších pevností sa pridávajú prevzdušňovacie prísady, a to na zlepšenie spracovateľnosti a trvanlivosti mált na murovanie a omietky. Cement s označením X nesmie obsahovať prevzdušňovacie prísady.

Hydratácia cementu

Hydratácia cementu je súbor navzájom nezávislých chemických reakcií jednotlivých slinkových minerálov s vodou. Tento pojem zahŕňa všetky javy a zmeny, chemické aj fyzikálne, ktoré nastávajú, ak cement prechádza z nestabilnej (dehydratovanej) sústavy do sústavy stabilnej (hydratovanej) – výsledné produkty obsahujú chemicky viazanú vodu). Treba poznamenať, že hydratácia je proces dlhodobý a z matematického hľadiska nekonečný. Na druhej strane je však nutné zdôrazniť, že s pribúdajúcim vekom tohto kompozitu sa tempo hydratácie exponenciálne znižuje, a limitne sa blíži nule. Hydratácia je najzaujímavejšia v jej počiatočnej fáze, teda v jej najdynamickejšej časti. Čerstvý cementový tmel sa z počiatku viditeľne nemení (dôsledok prítomnosti $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), neskôr ale začína tuhnúť a tvrdnúť.

Tuhnútie v cemente prebieha po reakcii slinkových minerálov s vodou, keď najskôr na ich povrchu vzniká hydrogelovitá hmota. Najdôležitejšia je hydratácia alitu, ktorá vedie k ťažko definovateľnej fáze C-S-H (nestechiometrický gélovitý hydrát kremičitanu vápenatého), a súčasne vzniká portlandit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Fáza C_3A sa hydratuje a zároveň reaguje so síranom vápenatým na hydrát zmesného síranu vápenatého, taktzvaný ettringit ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$). Ettringitom sa obalujú zrná C_3A , a tým sa dočasne blokuje ich rýchla hydratácia. Hydratácia belitu je veľmi pomalá a na celkový hydratačný proces má len nepatrný vplyv. Z počiatočného hydrogelu sa voda postupne transportuje dovnútra zrna a hydratácia alitu pokračuje aj v hlbších vrstvách pod gélovou vrstvou. Osmotickým tlakom vody praská vrstva gélu a pokračuje hydratácia alitu. Postupne sa vytvára veľmi pevná mikroštruktúra kryštalických produktov hydratácie a slinkových fáz. Najväčší podiel má fáza CSH [5]. Začiatok tuhnutia je stanovený pre každý druh cementu ako požiadavka na minimálny čas rádovo 45 až 90 minút a udáva sa s presnosťou na 15 minút (v súlade s STN EN 196-3: 2009 Metódy skúšania cementu. Časť 3: Stanovenie času tuhnutia a objemovej stálosti (Konsolidovaný text) sa určuje s presnosťou na 1 minútu).

Tuhnútie je jav vyplývajúci z formovania ihlicovitých kryštálov (obr. 4) a ich vzájomného prerastania a je sprevádzaný vývinom tepla (hydratačné teplo). Počas tuhnutia cementový tmel stráca svoju plasticitu, ktorá nakoniec úplne zmizne (ko-



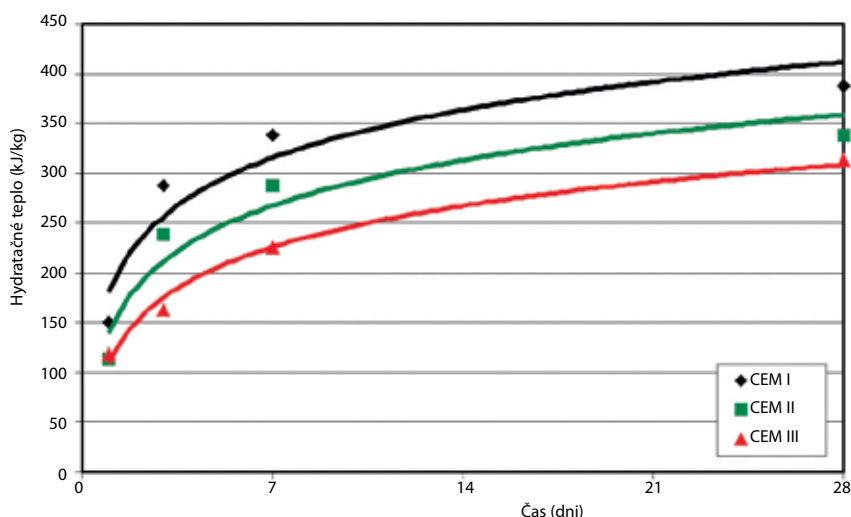
Obr. 4 Hydratačné produkty (zobrazené pomocou SEM) [2]

nec tuhnutia) a proces ďalej pokračuje ako tvrdnutie tuhého skupenstva, zvyčajne asi po 1 až 3 hodinách od prvého kontaktu cementu s vodou. Tvrdnutie sa prejavuje nárastom pevnosti už vzniknutých väzieb.

Čas začiatku a konca tuhnutia cementového tmelu má v oblasti kompozitných materiálov na báze cementu alebo hydraulických spojív nesmierny význam. Určuje totiž čas zaradenia niektorých operácií, súvisiacich prevažne s ošetrovaním, zaistovaním životnosti konštrukcie a estetického vzhľadu, do výrobného procesu.

Čas do začiatku tuhnutia a následne jeho tempo je funkciou viacerých premenných, a to druhu cementu, jemnosti mletia (špecifický povrch), dávky vody a teploty prostredia. Z praktického hľadiska je dôležité poznať čas začiatku tuhnutia, po ktorého prekročení sa cementový kompozit nesmie ďalej zhutňovať, aby nedošlo k porušeniu väzieb medzi vznikajúcimi kryštálmi [3].

Druh cementu je daný jeho mineralogickým zložením, respektíve prítomnosťou určitých prísad. Zatiaľ čo C_3S a C_2S určujú počiatočnú fázu hydratácie, C_2S reaguje pozvoľna. Zmenou pomeru týchto dvoch slinkových minerálov alebo úpravou zloženia cementu prípadne druhom cementu sa dá modifikovať priebeh hydratácie cementových kompozitov (obr. 5).

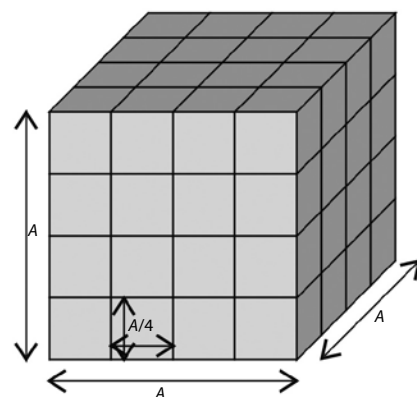


Obr. 5 Vývin hydratačného tepla v závislosti od druhu cementu

Jemnosť mletia priamo vplyva na rýchlosť hydratácie cementu. Princíp pôsobenia je triviálny. So zvyšujúcou sa jemnosťou mletia sa zvyšuje aj špecifický povrch zrn cementu. To znamená, že pri rovnakej hmotnosti cementu bude súčet plôch povrchov jemnejších zrn väčší ako súčet plôch povrchov hrubších zrn.

Uvedený fakt možno vysvetliť na zjednodušenom modeli kocky so stranou A (obr. 6). Povrch uvedenej kocky je $6A^2$. Ak sa rozreže na 8 rovnakých kociek s dĺžkou strán $A/2$ bude ich celkový povrch rovný $12A^2$. Ďalším rozrezaním na kocky s dĺžkou strán $A/4$ vznikne sumárny povrch všetkých kociek $24A^2$. Obdobný model sa dá vytvoriť aj pre cementové zrná kvázi guľového tvaru.

Reakcii s vodou je pri jemnejšom mletí vystavená väčšia plocha slinkových minerálov a reakcia prebieha rýchlejšie, navyše hydratácia zrn postupujúca radiálne od povrchu zrn ku ich stredu umožňuje lepšie využitie ich reaktívneho potenciálu v kratšom čase (obr. 7). Zvýšená jemnosť cementu si na druhej strane vyžaduje zvýšenie dávky vody tak, aby sa zachovala spracovateľnosť cementového tmelu pri zmenenej (zvýšenej) ploche určenej na reakciu s vodou.



Obr. 6 Kockový model vzťahu rozmerov a povrchu [4]

Začiatok tuhnutia a technológia

Priebeh a začiatok tuhnutia cementového tmelu je dôležité poznať na návrh a zhodnotenie možnosti primárnej a sekundárnej dopravy čerstvého betónu z hľadiska času. Limitujúcou požiadavkou je, aby pri ukladaní a zhutňovaní vrstvy betónu predchádzajúca vrstva ešte nezačala tuhnúť.

Čas začiatku tuhnutia závisí od zloženia a vlastností cementu, ale aj od receptúry (vodného súčiniteľa). Tuhnutie však determinujú aj okrajové podmienky prostredia, ktorému je betón vystavený. Hlavným parametrom je pritom teplota. Teplota je z hľadiska fyzikálneho pôsobenia hlavným činiteľom udávajúcim tempo hydratácie.

Na vybratí portlandskom cemente 42,5 N sa vykonali skúšky stanovenia začiatku tuhnutia pri rôznych vodných súčiniteľoch a teplotách okolitého prostredia. Použila sa kombinácia prístupu v súlade s STN EN 196-3 a STN EN 1015-9, ktorý je určený pre malty. Za začiatok tuhnutia sa považuje čas zodpovedajúci odporu proti vniknutiu penetračného telieska silou 0,5 MPa (obr. 8 a 9). Tuhnutie cementového tmelu v tomto chápaní má význam pre posúdenie stavu cementového tmelu hlavne v čase, keď sa začínajú formovať prvé väzby. Kombinácia metód spočíva v použití čistého cementového tmelu (bez plniva) tak, ako sa to predpisuje v STN EN 196-3 a vo využití meracej metódy podľa STN EN 1015-9: 2001 (Metódy skúšania mált na murovanie. Časť 9: Stanovenie času spracovateľnosti čerstvej malty a jeho spresnenie).

Odhad vplyvu teploty prostredia (bežných teplôt) na priebeh hydratácie, a tým aj na priebeh a začiatok tuhnutia sa určoval vykonaním skúšok pri rôznych teplotách prostredia (20 a 25 °C).

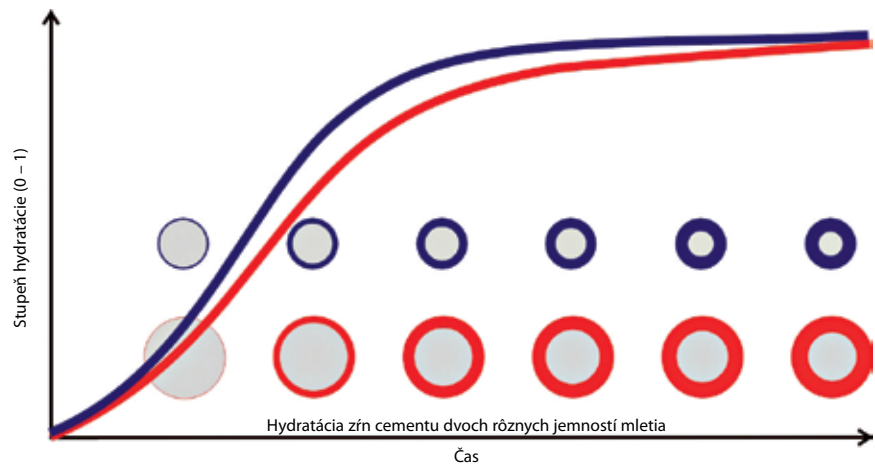
Z meraní začiatku tuhnutia cementového tmelu rôzneho zloženia (w/c) kondicionovaného pri rôznych podmienkach prostredia (20 a 25 °C) sa získali výsledky, ktoré sa uvádzajú v tab. 2. Priamym meraním sa stanovili hodnoty $w/c = 0,30$ a $0,40$. Zvyšné časy začiatku tuhnutia pre $w/c = 0,36$ a $0,42$ sa stanovili interpoláciou ($w/c = 0,36$) a extrapoláciou ($w/c = 0,42$).

Kolísanie vlastností, rovnomernosť výroby

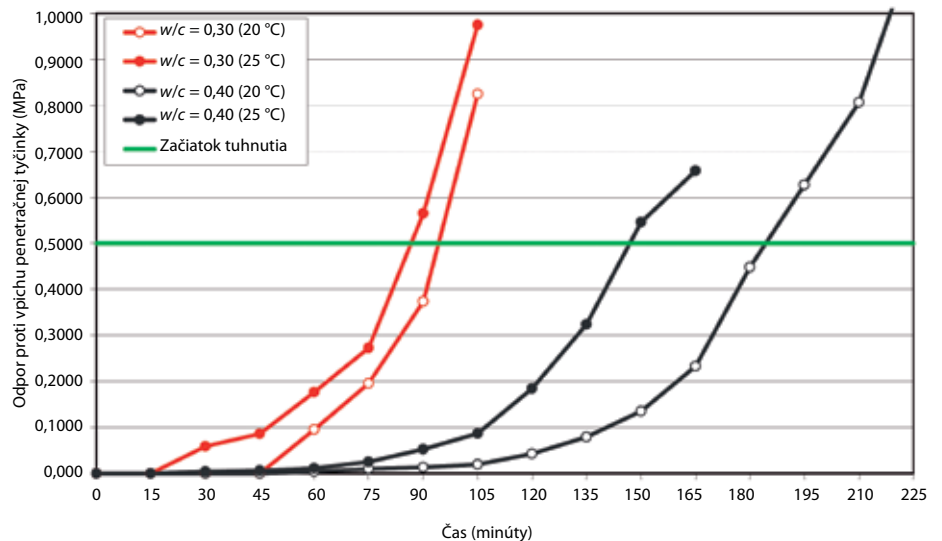
Pri výbere cementu a návrhu parametrov a zloženia betónu, najmä v prípade

významných konštrukcií, je dôležité vychádzať z laboratorne overených vlastností cementu z aktuálnej výroby. I keď rovnomernosť výroby sa priebežne kon-

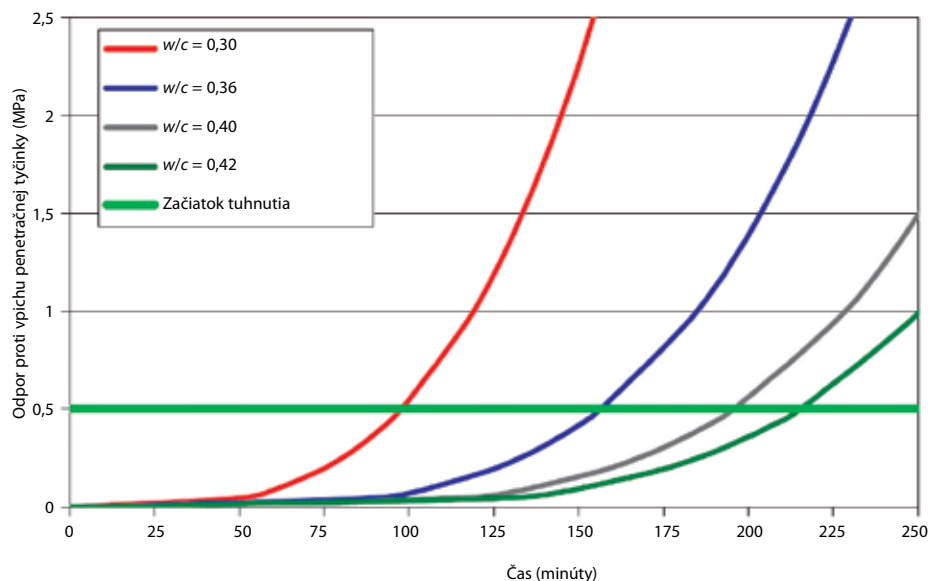
troluje, predsa len môže dôjsť k istým odchýlkam napríklad v parametroch, ktoré z hľadiska mechanických vlastností nemusia predstavovať riziko, no z technolo-



Obr. 7 Schematické zobrazenie priebehu hydratácie v závislosti od jemnosti mletia



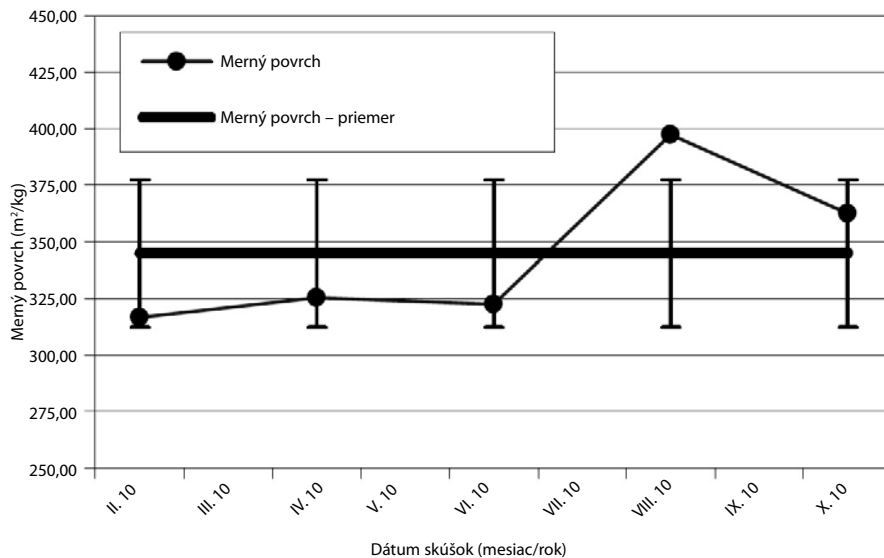
Obr. 8 Meraný priebeh tuhnutia vzoriek



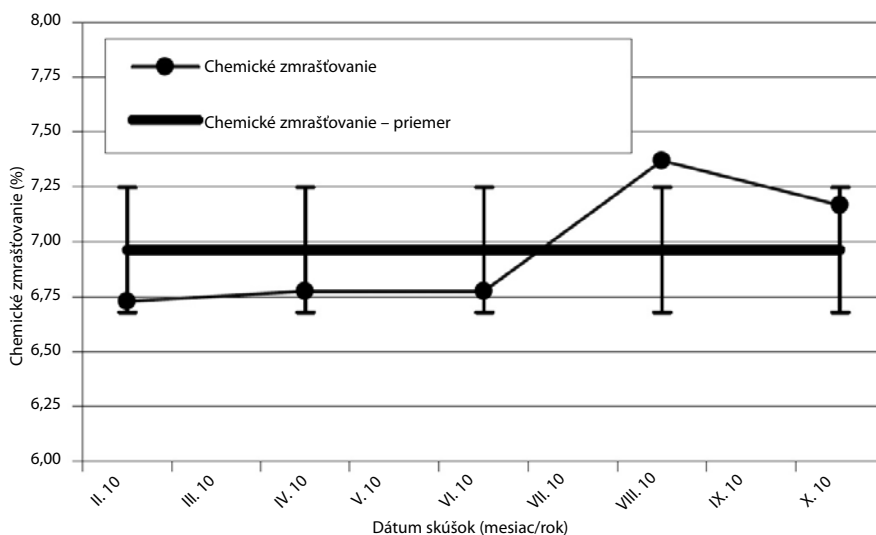
Obr. 9 Tuhnutie cementového tmelu s rôznym w/c pri teplote prostredia 20 °C

Tab. 2 Začiatok tuhnutia cementového tmelu

Vodný súčiniteľ	Teplota (°C)	Začiatok tuhnutia (minúta)
0,30	20	94
	25	87
0,36	20	156
	25	147
0,40	20	184
	25	147
0,42	20	215



Obr. 10 Merný povrch



Obr. 11 Chemické zmršťovanie

gického hľadiska môžu spôsobiť znehodnotenie konštrukcie. Ako príklad možno uviesť dva sledované parametre anonymného cementu v čase. Jedným parametrom je merný povrch (jemnosť mletia) a druhým chemické zmršťovanie. Neželané zvýšenie merného povrchu (obr. 10) nemá negatívny vplyv na pevnosť (rozhodne nie krátkodobé), no ovplyvňuje chemické zmršťovanie (obr. 11), ktoré je jednou zo zložiek zmršťovania. Neočakávaným zvýšením zmršťovania (v počiatočnom veku) sa môže spôsobiť poškodenie (až znehodnotenie) konštrukcie trhlinami.

Záver

Výber a návrh dávkovania cementu, ako nositeľ mechanických aj reologických vlastností materiálov stavebných konštrukcií, si vyžaduje patričnú pozornosť. Treba si uvedomiť, že niektoré vlastnosti môžu výrazne ovplyvniť kvalitu zhotovenia konštruk-

cie. Preto si ich pred realizáciou (hlavne významnejších konštrukcií) treba nechať overiť.

TEXT: Ing. Peter Briatka

OBRÁZKY a FOTO: autor

Ing. Peter Briatka je doktorandom na Stavebnej fakulte STU v Bratislave a výskumným pracovníkom TSÚS, n. o. v Bratislave.

Literatúra

1. Wylie, K.: Cold-Weather Concreting, NMRMCAA meeting in Albuquerque, USA, November 7, 2007.
2. <http://www.cementlab.com/cement-art.htm>
3. Schindler, A. K.: Prediction of concrete setting, Department of Civil Engineering, Auburn University, USA, 2003.
4. Šályová, D. a kol.: Stavebné materiály. Zariadenia a metódy na skúšanie vlastností stavebných látok. Bratislava: vydavateľstvo STU, 2005.
5. Jankovský, J.: Náhrada křemičitého plniva v opravných maltách umělým hutným materiálím, diplomová práce, Brno: Vysoké učení technické v Brne, Fakulta chemická, 2009.