

Monolitické vyzdívky cementářských pecí v podmínkách spalování alternativních paliv

Ing. Milan Henek, CSc¹, Ing. Zoltán Horváth², Ing. Anton Adamovič², Ing. Vlastimil Kocman¹

¹Průmyslová keramika, spol. s r.o. Rájec-Jestřebí, ČR

²TERMOSTAV Bratislava s.r.o.

Anotace

Zvyšování podílu alternativních paliv spalovaných v cementářských pecích významně ovlivňuje zde zabudované žárovzdorné vyzdívky. Předložený příspěvek se zabývá změnami provozních podmínek s přihlédnutím k jejich působení na žárovzdorné vyzdívky. Popisuje konkrétní situace v jednotlivých částech cementářských pecních agregátů. Uvádí převažující poruchy žárovzdorných vyzdívek, v našem případě především monolitických a pojmenovává jejich příčiny. Navrhuje způsoby řešení vedoucí k eliminaci těchto poruch a prodloužení životnosti vyzdívek. Dále zmiňuje praktické mnohaleté výsledky a zkušenosti s instalacemi vyzdívek v celé řadě, především slovenských cementáren.

Annotation

Creasing share of alternative firings burning in cement ovens significantly affects inbuilt refractory lining there. Submitted report handle with operational conditions changes with considerations to their affect on refractory linings. Describes concrete situations in particular parts cement oven aggregates. Indicate prevalent disturbances of refractory linings, in our case mostly monolithic linings and designate their causes. Designs ways of solution to elimination these defect and prolongation of the lining lifetime. Alludes to practical results of many years and experiences with linings installations, mainly in Slovak cement factories.

1. Úvod

Žárovzdorná vyzdívka cementářských pecních linek patří k jednomu z jejích nejdůležitějších částí, protože jedině její spolehlivý funkční stav dovoluje tento složitý agregát trvale provozovat. Prakticky každá porucha vyzdívky vede k okamžitému odstavení celého zařízení. Masívní rozšíření spalování tzv. alternativních paliv v posledních více než 10 letech mělo velký dopad na životnost instalovaných žárovzdorných materiálů i celé konstrukce vyzdívek z nich zhotovovaných. Autoři příspěvku a jejich společnosti (výrobce netvarových žárovzdorných hmot a firma instalující žárovzdorné vyzdívky) prošli v tomto náročném období všemi těmito provozními změnami. Prakticky za pochodu se museli vyrovnat s vývojem a aplikacemi zcela nových žárovzdorných materiálů, konstrukčně řešit nové uspořádání vyzdívek, jejich stabilní uchycení a zabudování v mnohdy extrémních klimatických podmínkách. Přitom se to dělo na výrobních zařízeních, jejichž každá odstávka přináší obrovské ekonomické

ztráty. Předložený příspěvek popisuje aktuální stav ve výběru žáromonolitů pro cementářské pecní linky a konstrukční řešení vyzdívek za podmínek spalování co největšího množství alternativních paliv.

2. Alternativní paliva pro cementářské pece

Nejlepším řešením pro společnost je odpady materiálně zhodnotit. Když to však nelze jinak, pak je vhodné jejich energetické využití. Cementářský průmysl nabízí environmentálně vhodný způsob likvidace nebezpečných odpadů. Energetické zhodnocení odpadů v cementářských pecích šetří nenahraditelná fosilní paliva, redukuje emise a eliminuje potřebu ukládání škváry a popela na skládky.

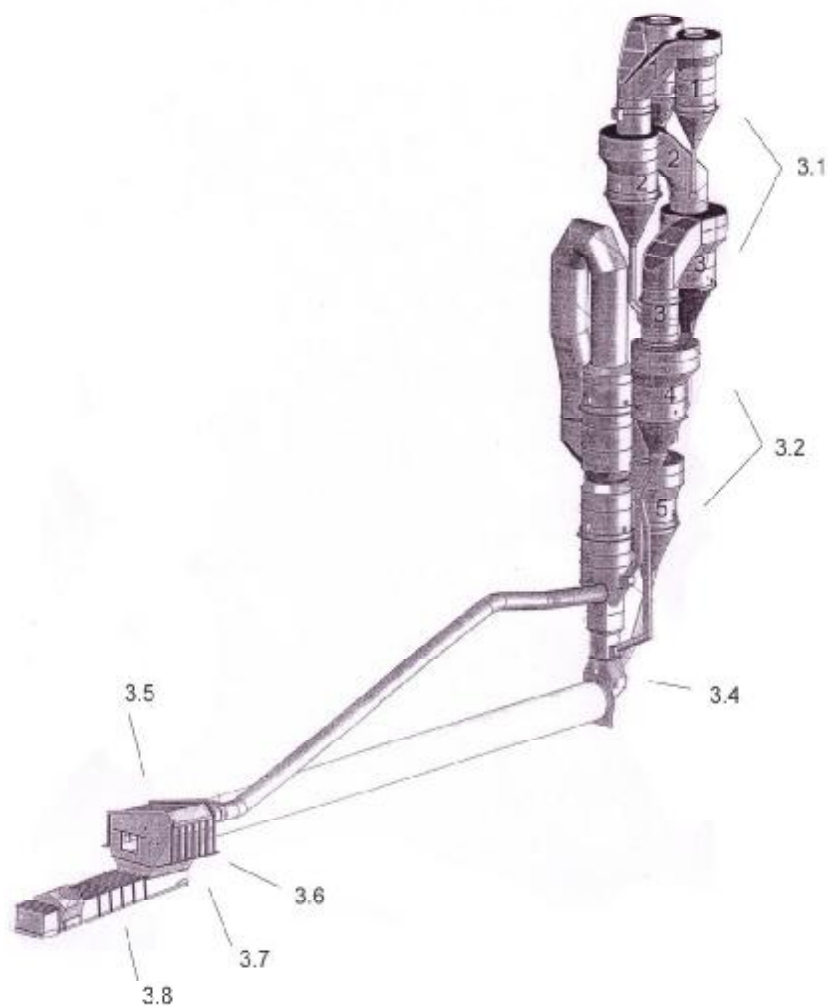
Cementářská linka rotační pece je ideální zařízení na likvidaci chemicky nebezpečných látek, která probíhá chemickým navázáním na cementářskou surovinu a rozkladem při vysokých teplotách. Dalším důležitým faktorem je snížení emisí CO₂ až o 50%. Chemické prvky se váží nejen na vápenec, ale při určitých teplotách reagují i se žárovzdorným materiálem, což nepříznivě ovlivňuje jeho životnost. Uvedené reakce vznikají podle toho, kudy se alternativní paliva dávkuje do pecního systému [1].

Dávkování probíhá obvykle přes hlavní hořák, ale stálým rozšiřováním druhovosti alternativních paliv se tato do linky dávkuje i přes patní kus, dále přes kalcinátor nebo se spalují v zařízení zvaném Hot Disc. Podle toho dochází v pecním zařízení k posunům teplotních polí a tím i míst reakcí nebezpečných látek s vyzdívkou, jejímž výsledkem je degradace žárovzdorných materiálů. Pro zabránění uvedeného nežádoucího stavu a prodloužení životnosti vyzdívek alespoň na jednu (roční) kampaň, musíme do těchto míst zabudovávat žárovzdorný materiál, který bude odolávat provozní teplotě, mechanickému i chemickému opotřebení.

Co se týče sortimentu alternativních paliv, tak se jedná o širokou škálu převážně pevných, ale i kapalných látek. Namátkou lze jmenovat pneumatiky, plasty (PE, PVC a mnohé další), textil, kostní moučka, piliny nasáklé oleji a podobnými látkami, nekvalitní uhlí. Z kapalných pak odpady z rafinerií, použité minerální oleje aj. Obecně lze konstatovat, že vyzdívky nepoškozují samotné organické látky, ale především anorganické sloučeniny v nich přítomné, nebo z nich v pecním prostředí vznikající. Převážně se jedná o draselné a sodné soli, jako jsou sírany a siřičitany, chloridy, fluoridy aj. [2,3].

3. Působení paliv na jednotlivé části vyzdívek

Cementářská pec je velmi složitě zařízení a působení alternativních paliv, lépe řečeno produktů jejich termického rozkladu, je v různých částech tohoto agregátu velmi odlišné. Proto jsme v našem příspěvku rozdělili cementářskou pecní linku na několik částí a u každé podrobněji rozebereme jak provozní podmínky, tak zkušenosti a doporučení vhodného žárovzdorného materiálu, viz obr.1. S ohledem na zaměření společnosti Průmyslová keramika na výrobu netvarových žáromateriálů, je příspěvek zaměřen zejména na ta místa cementářské pecní linky, kde se dané materiály běžně instalují. V postatě se může jednat o celou pecní linku s výjimkou rotační pece.



Obr.1 Schéma a dělení cementářské pecní linky

3.1 Výměňíkový systém, horní oblast

Pod pojmem horní oblast výměňíkového systému rozumíme cyklony C-I až C-III, dýmové (stoupací) kanály K 2-1 až K 4-3 a skluzy suroviny z těchto cyklonů. Pracovní teploty v těchto oblastech se pohybují v rozmezí 300 až 500 °C. Při řádném provozování zařízení se zde ještě neprojevují žádné vlivy související se spalováním alternativních paliv. Nežádoucí zplodiny do těchto míst prakticky nepustí procházející cementářská surovina. K případnému poškození vyzdívky dochází pouze mechanickým opotřebením, hlavně abrazí. Běžně se v těchto partiích provádějí opravy až po několika letech provozování.

Pro vyzdívku zde převažují pálená šamotová staviva s obsahem Al_2O_3 do 40%. V pracovních vrstvách se mohou použít i torkretační žárobetony, protože se v těchto zónách prakticky nevyskytuje chemické napadení, tak lze užít obyčejné hutné torkretovací žárobetony (z tabulky 2 druhy **E,F**).

3.2 Výměníkový systém, dolní část

Do spodní výměňového systému zahrnujeme obvykle nejspodnější cyklony (C-IV a C-V), kalcinační komoru a RISER. V těchto oblastech je již vliv alternativních paliv, především zplodin z jejich termického rozkladu výrazně vyšší. Závisí od místa dávkování těchto paliv, jejich druhů a případných kombinací a spalovaného množství. V těchto zónách jsou již výrazně vyšší spalovací teploty (800 až 900 °C, místy i 1000°C). Zde se hlavně koncentrují škodlivé látky, které mohou vznikat přímo zde, nebo jsou sem transportovány přes rotační pec od hlavního hořáku.

Způsobují:

- chemickou korozi vyzdivek
- korozi a fázové změny žárovevné oceli
- přispívají k vyšší tvorbě nálepků.

Co se týče žárobetonů, tak se v těchto oblastech uplatňují výhradně LCC žárobetonu instalované litím pod vibrací, navíc deklarované jako alkalivzdorné čímž se rozumí, že se u nich neprojevuje tzv. alkalické odlupování *alkalibursting* (značíme je v názvu „RA“). Základní druhy jsou z tabulky 3 typy **I, J**. V praxi zde však převažují žárobetonu s podílem siliciumkarbidu. SiC má v žárobetonech několik předností. Díky oxidaci vrstev na povrchu zdiva uzavírá póry a tím snižuje vnikání škodlivin do vyzdívky. Dále zamezuje vzniku nálepků, nebo spíše pevnost spoje nálepek-vyzdívka je výrazně menší. Univerzálním naší žárobetonem je typ **M** s 25 % SiC. Do míst, kde se výrazně vyskytují nálepky, instalujeme žárobetonu s ještě vyšším obsahem SiC až do 55 %, typy **N, O**.

V těchto místech pecní linky se obecně nedoporučují běžné torkretovací žárobetonu, mnohdy však z časových důvodů nelze instalovat celou vyzdívku litím a tak se přikročí k torketování. Žárobetonu u kterých je naděje celoroční výdržnosti jsou druhy **G, H**. Čerstvou novinkou je stříkání LCC žárobetonů (typ **Q**). Zde je zatím problém dosáhnout hodnot srovnatelných s vibrační instalací, dále jsou potřebné speciálně upravené trysky a velmi kvalitní obsluha. Je to ale cesta, po které jdou přední výrobci žv. hmot.

Některé nejproblematictější partie, jako jsou náběhové hrany spodního cyklonu, části kalcinátorů aj. osazujeme v poslední době předvyrobenými žárobetonovými tvarovkami vytemperovanými na 600°C. Jedná se sice o poněkud dražší řešení, ale odpadá složité vysoušení, urychlí se instalace a není potřeba komplikované bednění. Také kvalita zpracování žárobetonového bloku ve výrobě je mnohdy na vyšší úrovni, než instalace na místě často za špatných klimatických podmínek.

V posledních několika letech se v těchto partiích pecí instalují LCC žárobetonu na bázi vysocehlinitý alumosilikát- siliciumkarbid- ZrO₂., např. typ **P**. Využívá se zde velmi dobré chemické odolnosti zirkoniových sloučenin. SiC je zde v nižších koncentracích, čímž se eliminují některé jeho negativní vlastnosti, jako je možnost oxidace za vyšších teplot a z toho vznikající prohýbání se bloků vyzdivek, a také velmi vysoká tepelná vodivost.

I když vývoj nikdy nekončí, lze konstatovat, že nově zaváděné žárobetonu mohou vykazovat i v těchto náročných zónách i několikaletou životnost. Co je však značným problémem a doposud ne zcela uspokojivě vyřešeným, to je kotevní systém monolitických vyzdivek. Experimentuje se s různými jakostními třídami ocelí, tloušťkou a profily kotev, kombinují se keramické kotevní prvky aj.

Pořád jsou časté případy, že vyzdívka se musí opravit kvůli degradaci kotevního systému i když pracovní plocha žárobetonové vyzdívky je ve velmi dobrém, mnohdy prakticky neporušeném stavu. Jednou z cest, kromě hledání vhodnějších ocelí, je zajištění lepšího ochlazování ocelových kotev.

Ukazuje se, že není zcela vhodné pro zadní izolaci používat kalciumpilátové, nebo vláknité desky. Při tomto uspořádání je kotva nedostatečně ochlazována z důvodu špatného přestupu tepla mezi kotvou a izolačním materiálem. Kotva je trvale ohřívána na vysokou teplotu, což urychluje její termickou i chemickou degradaci.

Daleko vhodnější se jeví izolace vytvářet z izolačních žárobetonů. Především se jedná o torkretovací směsi. Z uvedených typů **A, B, C, D** v tabulce 1 se v poslední době přechází k těžším a tím pádem i více tepelně vodivým materiálům (objemové hmotnosti až $1,3 \text{ kg/dm}^3$). Dokonce jsou známa poměrně komplikovaná řešení, kdy se izolace provádí jen mezi kotvami a kotvy samotné jsou zcela obetonovány hutným žárobetonem pracovní vrstvy.

3.3 Hot-Disc

Jedná se speciální agregát pro spalování různých druhů alternativních paliv a to jak v tekuté, tak pevné formě. Zařízení je umístěné mezi patním kusem a kalcinačním kanálem v části, která se někdy nazývá „Riser“. Vzhledem k širokému spektru spalovaných paliv, v různém množství a kombinacích bývá žárovzdorná vyzdívka velmi zdevastovaná, takže se běžně obměňuje v rozsahu 50-60 %. Jako nepříznivé vlivy se zde projevují chemická koroze produkty rozkladu alternativních paliv, abraze daná jednak rychlým prouděním náplně v zařízení a také obrusem na styku rotačního podlahového disku a stěn, dále občasně místní extrémní zvýšení teploty vyvolané kolísáním výhřevnosti dávkovaných odpadů a s tím související teplotní změny.

Volí se žárovzdorný materiál, který by vydržel alespoň 1 rok provozu, podobně jako vyzdívka rotační pece. V různých částech Hot-Disc se používají různé druhy žárobetonů, v horních partiích nevystavených abrazi jsou to alkali-rezistentní vibrační typ **J**, nebo v obtížně přístupných místech samotekoucí typ **K**. Ve spodních částech stěn pak jsme letos poprvé aplikovali žárobeton užívaný ve spalovnách odpadů, z tabulky 4 typ **R** (ULCC na bázi korundu, s podíly CrO_2 a zirkonu). Ze stejného materiálu byly předvyrobena i segmenty na styku s podlahou.

3.4 Patní kus

Patní kus cementářských linek je jedna z nejdůležitějších částí. Působí tu všechny možné vlivy na vyzdívku, od chemických, přes vysoké teplotní namáhání až po silnou abrazi, dynamické namáhání od vzduchových děl a i od samotné rotační pece. V případě jakékoliv poruchy na zařízení dostává vyzdívka teplotní šok a je to místo, kde se vyskytuje nejvyšší teplota výměňkového systému.

Po konstrukční stránce se jedná o jedno z nejčlenitějších míst s různými otvory, které rozdělují celistvost vyzdívky na malé části, které se pak dají vyzdít pouze monoliticky. Po ročním provozování se opravuje obvykle jazyk, boční stěny a klenby. Klenba bývá většinou opravována ne z důvodu poškození

žárověbetonu, ale přepálením nosné ocelové konstrukce, kdy při její výměně je nutné bohužel vyměnit i vyzdívku. Vzhledem k vysoké teplotě v těchto místech se pro izolaci používají desky z keramických vláken s klasifikační teplotou 1260°C, dále též izolační žárověbetony dříve uvedené. Jako pracovní vyzdívky jsou uplatňovány lité LCC žárověbetony s podílem SiC od 15 až po 40%.

V některých patních kusech se též aplikovaly vytemperované žárověbetonové tvarovky v jakosti **M**, jejich podíl na ostatní vyzdívce však nepřesáhl 15% plochy. Důvodem je jednak jednodušší instalace monolitů a také zmíněná členitost vyzdívky.

3.5 Žárová hlava a terciální vzduchovod

Žárové hlavy jsou svoji konstrukcí dělené na hlavy s odtahem pro terciální vzduchovod, nebo jen s odtahem do chladiče. Klasické žárové hlavy svým konstrukčním řešením využívají minimum žárověbetonů, jak litých, tak torkretovacích, také i žárověbetonových tvarovek předvyrobených. Je to dané především jejich geometrií.

U žárových hlav s odtahem terciálního vzduchu bývá vyzdívka řešena jako monolit, kromě zavěšeného stropu. Problematická místa jsou okolo zaústění rotační pece a zaústění terciálního vzduchovodu.

V žárových hlavách donedávna nedocházelo k chemické korozi. S růstem podílu alternativních paliv a s počátkem jejich dávkování přes hlavní hořák však i v těchto místech zaznamenáváme korozní působení. Díky těmto vlivům se přechází na LCC alkalivzdorné žárověbetony **I**, **J**, někdy i s menším přídatkem SiC, materiál **L**. V samotném vzduchovodu se nachází hradítko vystavené jednak otěru proudícím slínkovým prachem a také teplotními změnami. Jako vhodný materiál se osvědčil bauxitový LCC žárověbeton opět s menším přídatkem SiC **T**.

3.6 Výpadový kroužek rotační pece

I když výpadový kroužek rotační pece není alternativními palivy významně ovlivňován, tak zase trpí abrazí protékajícího slínku a poměrně velkým teplotním zatížením. V podstatě náš standardní materiál pro tento účel je LCC žárověbeton s 25 %SiC typ **M**. V poslední době provádíme zde dlouhodobá sledování žárověbetonových segmentů s přísadou až 6 hmot. % jehliček ze žárovepné oceli, (tzv. rozptýlená mikrovýztuž). Výsledky ukazují na spolehlivou životnost až 2 roky. Mnohdy je však výpadový kroužek vybourán již po 1 roce, i když ještě není zcela poškozen. Důvodem je odhoření a degradace okolních kovových částí.

3.7. Hořák

Hlavní hořák po celé své délce je na povrchu obalen ochrannou žárověbetonovou slupkou v tloušťce obvykle 60 až 100 mm. Se zavedením dávkování alternativních paliv je vyzdívka chemicky napadána po celé délce zastrčení v peci. Hlavně však trpí tzv. špička hořáku, navíc dynamickým chvěním, rozdíly teplot, odlišnou roztažností kovového vnitřku a žárověbetonového obalu. Tato špička se v mnohých případech konstruuje jako výměnná, v délce něco nad 100 cm. Současné námi dosahované životnosti jsou cca půl roku u špičky (zirkonmullitový ULCC žárověbeton s přídatkem ocelových jehliček **U**) a

dva roky u zbývající části (alkalivzdorné LCC žárobetony **J, M**).
Výhodné je alespoň u špičky provádět betonáž u výrobce žárobetonových tvarovek, protože zde lze zabezpečit dokonalou první temperaci související s bezpečným odstraněním rozdělovací vody..

3.8 Roštový chladič

V roštovém chladiči jsou nejvíce namáhané lávky (t.j. ochranné zídky) kolem roštu. Působí zde vysoká abraze a značné teplotní šoky dané vháněním obrovského množství chladicího vzduchu zespodu přes rošt. Při opravách se užívá několik typů žárobetonů (**T, X**). Aplikují se směsi s přídavkem polypropylenových mikrovláken za účelem bezpečnějšího vysoušení, protože je známo, že právě chladič se obtížně řízeně vysušuje. Polypropylenová mikrovlákná po svém roztavení zanechávají mikropóry, kterými snáze uniká pára. Pro vyzdívkové lávky se osvědčily také předvyrobené a temperované bloky, jejich většímu rozšíření brání vyšší cena a komplikovaná konstrukce, výměna a jejich uchycení.

Významně se monolity uplatňují na vyzdívkové stěny a šikminy v místě vpádu slínku do chladiče. Několikaleté výdržnosti jsou dosahovány s otěruvzdornými bauxitovými žárobetony s přídavkem SiC, např. **T**

Strop chladiče se výhradně zhotovuje ze zavěšených pálených tvarovek, pouze pro nejnamáhavější místo (bull nose) jsou velmi vhodné žárobetonové tvarovky. Jako materiál začínáme v poslední době aplikovat alkalivzdorné žárobetony se zvýšenou odolností pro teplotním šokům, typy **V, W**.

4. Instalace žáromonolitů za extrémních klimatických podmínek

Hlavní období oprav žáruvzdorných vyzdívek je v čase poklesů prodeje cementů, tj. v zimním období. Protože při zabudování žáromonolitů se jedná o mokré technologický proces, tak při nízkých teplotách často pod bodem mrazu nastávají mnohé komplikace. Přesto instalace žáromonolitů probíhá i v těchto podmínkách. Pro zdárný průběh prací je zapotřebí dodržet několik podmínek:

- a) používat žárobetonové směsi sestavené pro zimní podmínky;
- b) používat směsi čerstvě vyrobené, každý týden od data výroby (zamíchání) suché žárobetonové směsi hraje svoji roli;
- c) před betonáží skladovat palety se suchými žárobetonovými směsmi ideálně 48 hodin ve vytápěném prostoru a odtud je převážet na pracoviště těsně před zpracováním;
- d) užívat teplou rozdělovací vodu
- e) pokud je to technicky možné chránit čerstvě zabetonovaný blok vyzdívkové nějakou izolací proti ochlazení minimálně do doby než proběhne zatuhnutí;
- f) používat topidla k ohřevu čerstvě zalitých monolitů.

4. Závěr

Předložený příspěvek zachycuje současnou úroveň žáromonolitických vyzdívek cementářských pecních linek jak po stránce materiální, tak jejich skladby. Četnost používaných materiálů vychází z různých podmínek v jednotlivých cementárnách, kdy se liší konstrukce pecních linek, její výkon, suroviny pro

výrobu slinku, množství a skladby alternativních paliv. To vše ovlivňuje provozní podmínky žáruvzdorných vyzdívek. I když se dají některé jednotlivé podmínky v cementářské peci laboratorně modelovat a žáromateriály tak předem testovat, přesto komplexní působení na vyzdívkou a vhodnost její skladby ukáže až provozní nasazení v pecní lince.

5. Literatura

- [1] Publikace Zväzu výroby cementu SR, 2007
 [2] Stone,N.; Tran,T.; Wright,W.W.; Hay.D.; Rockelmann,N.: Alkalická korozie žáruvzdorných materiálu vhodných pro přechodové komory cementářských pecí, UNITECR, 1999
 [3] Barta,P.; Södje, J.: Opatřebení žáromateriálu cementářských rotačních pecí vytápěných odpadními palivy (část I.II.), Silika 2003 a 2004

Tabulka 1. Izolační žárobetony pro cementářské pece

Žárobeton			IZOBET 1050/0,85T	IZOBET 1100/0,9T	IZOBET 1150/1,0T	IZOBET 1200/1,3T
Označení žárobetonu v textu článku			A	B	C	D
Typ žárobetonu			ICG	ICG	ICG	ICG
Materiálová báze			perlit	perlit	keramzit	lehčený šamot, perlit
Klasifikační teplota		°C	1050	1100	1150	1200
Al ₂ O ₃		%	30	37	30	35
SiO ₂		%	37	34	43	44
CaO		%	19,5	22	13,5	10
SiC		%				
ZrO ₂		%				
Rozdělávací voda		l/100kg	tryskou	tryskou	tryskou	tryskou
Objemová hmotnost	110°C	kgm ⁻³	860	880	1030	1360
	800°C	kgm ⁻³	790	800	980	1300
	KT°C	kgm ⁻³	780	830	980	1300
Pevnost v tlaku	110°C	MPa	4	5,5	3,5	7
	800°C	MPa	3	3,2	3	5
	KT°C	MPa	1,5	1,8	2	4
Zdánlivá pórovitost	800°C	%	60	56	45	40
	KT°C	%	68	65	55	45
Trvalé délkové. změny	800°C	%	-0,5	-0,8	-0,3	-0,2
	KT°C	%	-1	-1,7	-1	-0,5

Použité zkratky a symboly: KT klasifikační teplota

Tabulka 2. Torkretovací hutné žábrotony pro cementářské pece

Žábroteton		ŽÁROBET TOR-1200-plast	ŽÁROBET TOR-1300-plast	ŽÁROBET TOR-1400-plast	ŽÁROBET TOR-1400-SiC-25	NOVOBET TOR-1400-SiC-ZR-RA
Označení žábrotetonu v textu článku		E	F	G	H	Q
Typ žábrotetonu		DG	DG	DG	DG	LCC-G
Materiálová báze		šamot	šamot	nízkoželezitý šamot	nízkoželezitý šamot, SiC	nízkoželezitý šamot, SiC,
Klasifikační teplota	°C	1200	1300	1400	1400	1400
Al ₂ O ₃	%	34	38	46	32	35
SiO ₂	%	45	44	39	29	39
CaO	%	9,5	9,5	10	9,5	2,5
SiC	%				25	9
ZrO ₂	%					10
Rozořlávací voda	l/100kg	tryskou	tryskou	tryskou	tryskou	tryskou
Objemová hmotnost	110°C	2050	2060	2060	2210	2310
	800°C	1970	1950	1920	2070	2380
	KT°C	1960	1900	1900	2100	2320
Pevnost v tlaku	110°C	50	55	75	60	55
	800°C	35	50	55	45	55
	KT°C	15	25	40	30	50
Zdánlivá pórovitost	800°C	29	25	27	26	16
	KT°C	28	27	28	24	16
Trvalé délkové. změny	800°C	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
	KT°C	-1	±0,8	0,9	±0,4	-0,5

Použité zkratky a symboly: *KT* klasifikační teplota, *RA* rezistentní alkáliím, *HT* odolný teplotním změnám

Pozn.: U žábrotetonů s obsahem SiC prováděny výpaly na KT v redukčním prostředí

Tabulka 3. Lité ztekucené žárobetony pro cementářské pece (1.část)

Žárobeton			NOVOBET 1350-RA	NOVOBET 1450-RA	FLOBET 1450 RA	NOVOBET 1500-SiC-10- RA	NOVOBET 1400-SiC-25- RA	NOVOBET 1400-SiC-40- RA	NOVOBET 1500-SiC-55- RA
Označení žárobetonu v textu článku			I	J	K	L	M	N	O
Typ žárobetonu			LCC	LCC	SFC	LCC	LCC	LCC	LCC
Materiálová báze			šamot	nízkoželezitý šamot	nízkoželezitý šamot	nízkoželezitý šamot, SiC	nízkoželezitý šamot, SiC	nízkoželezitý šamot, SiC	SiC, alumosilikát
Klasifikační teplota		°C	1350	1450	1450	1500	1400	1400	1500
Al ₂ O ₃		%	36	40	39	43	32	26	19
SiO ₂		%	49	50	47	41	37	28	20
CaO		%	1,8	1,8	1,8	1,8	2	1,8	1,8
SiC		%				10	25	40	55
ZrO ₂		%							
Rozdělávací voda		l/100kg	5,2-5,8	5,6-6,2	6,8-7,3	5,8-6,4	5,5-6,0	5,8-6,4	6,0-6,6
Objemová hmotnost	110°C	kgm-3	2250	2280	2230	2320	2280	2330	2420
	800°C	kgm-3	2220	2260	2220	2300	2260	2300	2380
	KT°C	kgm-3	2200	2290	2260	2280	2220	2250	2370
Pevnost v tlaku	110°C	MPa	80	80	45	65	65	60	80
	800°C	MPa	90	90	45	80	85	85	90
	KT°C	MPa	80	100	100	70	60	40	80
Zdánlivá pórovitost	800°C	%	13	13	14	14	14	16	16
	KT°C	%	12	11	13	14	15	16	16
Trvalé délkové. změny	800°C	%	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1
	KT°C	%	0,4	-1,1	-1	-0,5	0,7	0,9	0,6

Použité zkratky a symboly: KT klasifikační teplota, RA rezistentní alkáliím

Pozn.: U žárobetonů s obsahem SiC prováděny výpaly na KT v redukčním prostředí

Tabulka 4. Lité ztुकecené žárobetony pro cementářské pece (2.část)

Žárobeton		NOVOBET 1450-SiC-ZR- RA	ULTRABET 1700-KZCr	NOVOBET 1550-B	NOVOBET 1600-B-SiC- 10	ULTRABET 1700-ZM	NOVOBET 1450-SiC-15- RA-HT	NOVOBET 1600-B-SiC- 10-HT	NOVOBET 1650
Označení žárobetonu v textu článku		P	R	S	T	U	V	W	X
Typ žárobetonu		LCC	ULCC	LCC	LCC	ULCC	LCC	LCC	LCC
Materiářlová báze		AS, SiC, ZrO ₂	korund, Cr ₂ O ₃ , zirkon	bauxit	bauxit, SiC	zirkonmullit, mullit	nízkoželezitý šamot	bauxit, SiC	vysocehlinitý šamot
Klasifikační teplota	°C	1450	1700	1550	1600	1700	1450	1600	1650
Al ₂ O ₃	%	32	85	75	2900	63	36	73	72
SiO ₂	%	41	7	15	2890	24	42	8	23
CaO	%	2	0,7	2,5	2860	0,7	2	1,8	1,3
SiC	%	9	2 (Cr ₂ O ₃)		10		15	10	
ZrO ₂	%	10	3			9,5			
Rozdělávácí voda	l/100kg	5,4 -6,0	4,0-4,5	5,0-5,6	4,5-5,0	4,0-4,6	6,0-6,5	5,0-5,5	4,5-5,0
Objemová hmotnost	110°C 800°C KT°C	2360 2350 2400	3150 3090 3130	2710 2660	2900 2890	2640 2610 2660	2280 2270 2270	2850 2840	2620 2560 2550
Pevnost v tlaku	1500°C 110°C 800°C KT°C	70 75 75	50 90 150	100 105	75 110	50 70 130	80 90 85	75 100	70 100 110
Zdáníivá pórovitost	1500°C 800°C KT°C	14 13	12 12	16	13	11 12	14 14	14	13 13,5
Trvalé délkové. změny	1500°C 800°C KT°C	-0,2 -0,8	-0,2 -0,5	-0,2	-0,2	-0,1 -0,4	-0,2 -0,6	-0,2	-0,2 0,7
	1500°C		-0,4	0,4	-0,3	-0,3		-0,4	1

Použitě zkratky a symboly: KT klasifikační teplota, AS aluminosilikát, RA rezistentní alkáliim, HT odolný teplotním změnám

Pozn.: U žárobetonů s obsahem SiC prováděny výpaly na KT v redukčním prostředí