

## INVESTIGATIONS OF LOW-CEMENT CASTABLES WITH SHAMOTTE AGGREGATE

S. Goberis , L. Merlinskaja & I. Pundienė

To cite this article: S. Goberis , L. Merlinskaja & I. Pundienė (1999) INVESTIGATIONS OF LOW-CEMENT CASTABLES WITH SHAMOTTE AGGREGATE, *Statyba*, 5:1, 32-35, DOI: [10.1080/13921525.1999.10531430](https://doi.org/10.1080/13921525.1999.10531430)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1999.10531430>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 93

---

## MAŽACEMENČIO KAITRAI ATSPARAUS BETONO SU ŠAMOTO UŽPILDU TYRIMAI

S. Goberis, L. Merlinskaja, I. Pundienė

### 1. Įvadas

Daugelyje darbų, pavyzdžiui [1, 2, 3], pateikiami kaitrai atsparaus betono su specialiai pagamintu šamoto užpildu (vandens įgėris 3–5% [4]) charakteristikų tyrimų duomenys. Užsienyje (Vokietija, Lenkija, Danija, Anglija) kaitrai atspariam betonui naudojamas tankus užpildas su didesniu  $Al_2O_3$  (iki 45%) kiekiu. Toks betonas būna tradicinės sudėties, kuriame cemento kiekis sudaro 15–25%, ir mažacementis (3–5% cemento) su įvairiais priedais. Tradicinio ir mažacementis betono charakteristikos pateiktos 1 lentelėje remiantis firmų gamintojų duomenimis.

Lentelės duomenys parodo pagrindinį savybių skirtumą tarp mažacementis ir tradicinio betono: po degimo aukštose temperatūrose pirmos grupės betono stipris gniuždant smarkiai padidėja, o antros grupės betonu – sumažėja, palyginti su stipriu po džiovavimo, 2–5 kartus. Didžiausiu stipriu gniuždant išsiskiria tradicinis betonas “Comprit-115” ir “Comprit-130”, bet, išdegus 1000°C temperatūroje, jo stipris gniuždant

sumažėja atitinkamai 5 ir 2 kartus, o mažacementis “Didurit” markės betono stipris po degimo daug didesnis nei po džiovavimo.

Atliktų tyrimų tikslas – gauti mažacementis naujos kartos (pagerintų charakteristikų) betoną naudojant šamoto, kuris geriau sugeria vandenį, užpildą. Lietuvoje specialūs šamoto užpildai negaminami, bet po šiluminių agregatų remonto lieka daug šamoto laužo, kurį galima panaudoti naujai sukurtiems betonams, be to, tai padėtų spręsti pramoninių atliekų utilizavimo problemą. Kuriamo betono savybės buvo lyginamos su tradicinio ir mažacementis betono, pagaminto naudojant aukštos kokybės šamotą, savybėmis.

### 2. Tyrimai ir rezultatų aptarimas

Šiame darbe betono užpildui šamotas paruoštas iš jau naudotų gaminių, turintis 30–33%  $Al_2O_3$ . Tokio užpildo vandens įgėris daug didesnis ir siekia net 12–15%. Be to, tyrimai parodė, kad šamoto laužo užpildas yra nevienalytis: bandinių, išpjautų iš vienos gaminio

1 lentelė. Įvairių firmų gamintojų kaitrai atsparaus betono palyginamosios charakteristikos (tankinimo būdas – vibracija)

Table 1. The comparative properties of refractory castables manufactured by different companies (compaction method – vibration)

Betono markė	$Al_2O_3$ kiekis užpilde, %	Stipris gniuždant MPa, po			Deformacija, % po degimo T	Panaudojimo temperatūra, °C
		kietėjimo	džiovinimo	degimo		
<b>Mažacementis</b>						
Didurit-135 [1]	35	-	55	70(1000)	0,05(110) 0,2(1000)	1350
Didurit-140 [1]	37	-	60	80(1000)	0,05(110) 0,2(1000)	1400
BN-135 [2]	35	15	20	40(1350)	1,0(1350)	1350
<b>Tradicinis</b>						
Comprit-115 [1]	22	-	80	15(1000)	0,05(110) 0,2(1000)	1150
Comprit-130 [1]	40	-	50	25(1000)	0,05(110) 0,1(1000)	1300
Plicast-18 [5]	30	-	20	18(1100)	0,05(110) 0,4(1000)	1280
Plicast-hydromix [5]	35	-	22	14(1100)	0,05(110) 0,25(1000)	1320
BOS-125 [6]	33	25	-	15(1250)	1,5(1250)	1250

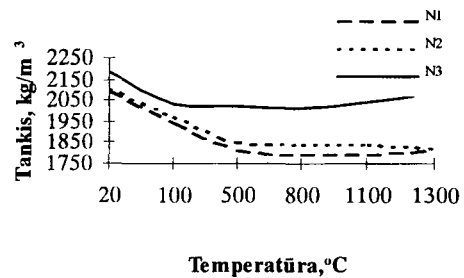
nuolaužos, stipris gniuždant skiriasi 2–3 kartus. Tai nulemia betono, pagaminto su tokios kokybės užpildu, savybių skirtumus, palyginti su užsienio firmų betonais.

Buvo ištirtos trys kaitrai atsparaus betono sudėtys. Nr. 1 ir Nr. 2 yra tradicinės sudėties betonas. Į Nr. 1 sudėtį įeina aluminatinis cementas “Gorkal-40” (40%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), į Nr. 2 sudėtį – “Gorkal-70” (70%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Nr. 3 sudėtis – mažacementis naujos kartos betonas (“Gorkal-70” – 5%) su šamoto užpildu,  $\text{SiO}_2$  mikrodulkėmis bei deflokuliantu. Sudėtys skiriasi ir užmaišomo vandens kiekiu: Nr. 1 – 17,7%, Nr. 2 – 14,2%, Nr. 3 – 6,3%. Masės konsistencija, kuri turi būti vienoda visoms sudėtims, nustatoma pagal žinomą metodiką naudojant kratymo stalelį (flow table). Masė ruošiamą 4 greičių ekscentrinėje maišyklėje “Maren”. Buvo pagaminti bandiniai: (70×70×70) mm dydžio kubai ir (40×40×160) mm dydžio sijelės. Nustatytas bandinių tankis, stipris gniuždant po kietėjimo (3 paros), džiovavimo, degimo 500, 800, 1100, 1300°C temperatūrose, ultragarso impulso sklaidimo greitis po degimo 500, 800, 1100, 1300°C temperatūrose, betono terminis patvarumas po ciklinio poveikio (degimas 800°C temperatūroje ir aušinimas vandenyje, šalto oro srovėje bei santykinio vertinimo metodu aušinant bandinius ant metalinio paviršiaus) [7], betono deformacija po degimo 800, 1100, 1300°C temperatūroje.

Pagrindinių betono savybių tyrimo rezultatai pateikti 1–4 pav.

Betono tankio kitimas po įvairių terminio apdorojimo etapų skirtingas priklausomai nuo sudėties (1 pav.).

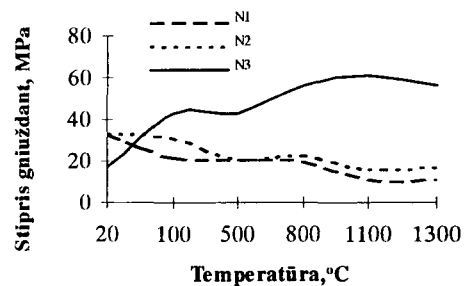
Mažacemenčio betono tankis po kietėjimo šiek tiek didesnis nei tradicinio betono. Mažiausias tankis yra Nr. 1 sudėties betono, kuriame cemento ir vandens kiekis didžiausias. Džiovinant bandinius 105–110°C temperatūroje, visų tipų betono tankis kinta vienodai, t. y. prarandamas vienodas vandens kiekis. Po degimo aukštesnėse temperatūrose kreivių charakteris pasikeičia. Kadangi Nr. 3 sudėtyje (mažacementis betonas) pirminis vandens kiekis buvo mažiausias, tai išdegus bandinius 800°C temperatūroje betono tankio kitimas sudarė ~1%, o tradiciniame betone – 7–8%. Bandinių degimas 1300°C temperatūroje skirtingai paveikė jų tankį: Nr. 1 ir Nr. 2 sudėčių tankis beveik nepakito, Nr. 3 sudėties padidėjo 2%, – tai turbūt susiję su bandinių deformacija (2 lent.).



1 pav. Betono tankio priklausomybė nuo degimo temperatūros

Fig 1. Dependency of castable density on temperature of firing

Terminio apdorojimo įtaka betono stipriui gniuždant atitinka minėtus dėsningumus: Nr. 1 ir Nr. 2 sudėtyse po džiovavimo ir degimo 800°C temperatūroje stipris gniuždant mažėja, Nr. 3 sudėtyje – smarkiai padidėja (2 pav.).



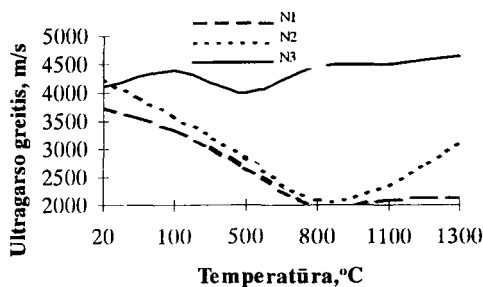
2 pav. Betono stiprio gniuždant priklausomybė nuo degimo temperatūros

Fig 2. Dependency of castable cold crushing strength on temperature of firing

Išryškėja ypatingas Nr. 3 sudėties betono pranašumas. Šios sudėties bandinyje cemento kiekis 4–5 kartus mažesnis nei tradiciniame betone ir stipris po kietėjimo perpus mažesnis, tačiau po džiovavimo Nr. 3 sudėties betono bandinys viršija Nr. 1 ir Nr. 2 sudėties bandinių stiprį gniuždant 1,5–2 kartus, o išdegus 800°C temperatūroje – beveik tris kartus. Tai priklauso nuo smulkiaporės betono struktūros susidarymo mažacemenčiame betone ir daug mažesnių destrukcijos procesų veikiant aukštai temperatūrai. Išdegus Nr. 3 sudėties bandinius 1300°C temperatūroje, stipris šiek tiek sumažėja, tikriausiai, tai susiję su anortito ( $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) susidarymu dėl cemento ir  $\text{SiO}_2$  mikrodulkių tarpusavio sąveikos kietose fazėse [8]. Lyginant mūsų gautąsias betono (sudėtys Nr. 1–3) stiprumo charakteristikas su kitų firmų gamintojų

duomenimis (1 lent.), matyti, kad stiprio gniuždant kitimas termiškai apdorojus tradicinį betoną – vienodas. Tas pats yra ir su mažacemenčiu betonu.

Ultragarso impulso sklidimo greitis bandiniuose priklauso nuo degimo temperatūros, kadangi nuo jos poveikio keičiasi betono struktūra ir dinaminis tampumo modulis. Tyrimai parodė, kad po degimo 800°C temperatūroje yra ultragarso sklidimo greičio koreliacija su betono stipriu gniuždant (3 pav.), o po degimo aukštesnėse temperatūrose pastebimi palyginamųjų rodiklių kreivių nesutapimai, kurie galbūt atsiranda dėl naujų fazių, skatinančių ar stabdančių ultragarso sklidimą, susidarymo.



3 pav. Betono degimo temperatūros įtaka ultragarso sklidimo greičiui

Fig 3. The influence of castable firing temperature on ultrasound velocity

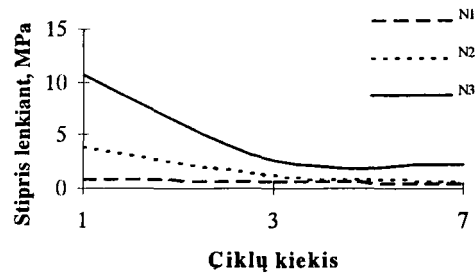
Betono terminis patvarumas po 15 kaitinimo ir aušinimo oro srovėje ciklų, kuriuos išlaikė visi bandiniai, įvertinamas nustatant likutinį stiprį gniuždant ( $R_{gn}^{lik.}$ ). Nr. 1 sudėties bandinių likutinis stipris gniuždant sudarė 92% bandinių, išdegtų 1 kartą 800°C temperatūroje, stiprio gniuždant dydžio; Nr. 2 sudėties bandinių – 89%; Nr. 3 sudėties – 98%. Nustatant terminį patvarumą vandens ciklais, pastebėta, kad Nr. 1 ir Nr. 2 sudėčių bandiniai suiro atitinkamai po 10 ir 16 ciklų, o Nr. 3 sudėties bandiniai nesuiro ir išsaugojo 43% pirminio stiprio po 15 ciklų.

2 lentelė. Papildomos ištirto betono charakteristikos

Table 2. Additional characteristics of castables

Betono sudėties Nr.	Terminis patvarumas				$T_{santyk.}$	Deformacija, % po °C			$R_{lenk.} 800^{\circ}C / R_{gn.} 800^{\circ}C$
	oro ciklai		vandens ciklai			800	1100	1300	
	ciklų kiekis	$R_{gn}^{lik.}$ MPa	ciklų kiekis	$R_{gn}^{lik.}$ MPa					
1	15	18,6	10	-	0,18	-0,28	-	-	0,204
2	20	20,2	16	-	0,28	-0,28	-0,28	-0,42	0,175
3	15	29,3	15	25,1	0,26	-0,42	-0,50	-1,13	0,285

Betono santykinio terminio patvarumo rezultatai (2 lent.) apskaičiuoti pagal bandinių – sijelių stiprį lenkiant (4 pav.). Jų stipris buvo nustatytas 3 bandinius išdegtus 800°C temperatūroje, kitus 6 bandinius 3 bei 7 ciklus kaitinant ir aušinant ant vandens šaldomo paviršiaus. Šie duomenys rodo, kad Nr. 1 ir Nr. 2 sudėčių bandiniai po vienkartinio degimo turi 3–5 kartus mažesnę stiprį lenkiant nei Nr. 3 sudėties bandiniai.



4 pav. Betono stiprio lenkiant priklausomybė nuo kaitinimo ir aušinimo ciklų skaičiaus

Fig 4. Dependency of castable bending strength on heating-cooling cycle number

Po 3 ir 7 aušinimo ciklų mažacemenčio betono bandiniai taip pat gerokai stipresni, bet jų stiprio kritimo kreivė staigesnė, gal dėl tankesnės betono struktūros. Todėl mažacemenčio betono santykinio terminio patvarumo dydis yra lygiavertis tradicinio Nr. 2 betono dydžiui.

Aušinant bandinius oro ir vandens ciklais, pastebėta, kad mažacemenčio betono terminis patvarumas yra didesnis. Tai rodo ir  $R_{lenk.}$  bei  $R_{gn.}$  santykio rodiklis.

Iš antros lentelės duomenų matyti, kad mažacementis betonas, palyginti su tradiciniu betonu, skiriasi didesne deformacija. Rentgenografiniais tyrimais nustatyta, kad, veikiant aukštomis temperatūroms, amorfinė fazė šiame betone labai mažėja, matyt, dėl struktūros traukimosi kristalizacijos procese. Užsienio

firmų betono deformacijos rezultatai rodo panašią tendenciją, nors kai kuriuose literatūros šaltiniuose pabrėžiama, kad mažacementio betono deformacija mažesnė [2].

Ištirtos sudėties mažacementis betonas buvo pritaikytas firmos "Ipsen" krosnies, skirtos metalo gaminiams deginti, mufelio elementų gamybai. Krosnies eksploataciniai bandymai parodė, kad plonasiainiai (~50 mm) mufelio elementai atlaiko aukštą temperatūrą (800°C) ir jos kitimą.

### 3. Išvados

Kaitrai atsparaus betono charakteristikų tyrimo rezultatai rodo galimybę gaminti mažacementį betoną naudojant šamoto laužo užpildą. Šio betono stiprumo charakteristikos šiek tiek mažesnės nei betono, kuriame naudojamas tankus specialiai paruoštas užpildas, tačiau veikiant aukštoms temperatūroms yra didesnis nei tradicinio betono ir atitinka šiluminių agregatų išklojimo reikalavimus.

Mažacementio betono terminis patvarumas didesnis nei tradicinio betono, bet didesnė ir deformacija (traukimasis). Pirmoji priklausomybė paaiškinama mažacementio betono didesniu tankiu ir atsparumu lenkimui, o antroji – amorfinės fazės kristalizacija aukštose temperatūrose.

### Literatūra

1. Didier. Wiesbaden, Didier-Werke AG, 1994. 518 p.
2. J. Gradalska, M. Drożdż, W. Wolek. Properties of Low-Cement Refractory Castables and Possibilities of their Use in Metallurgy // Proceedings of VI-th International Metallurgical Conference. Rudy Raciborskie, 1995, p. 56-57.
3. W. Stewart. Trends in monolithics // British Ceramic Transactions. Vol 93, Nr. 6, 1994, p. 252-254.
4. Ponholz. Maxhütte-Haidhof, 1993. 6 p.
5. Plibrico. Plibrico Ges.m.b.H. Wien, 1993. 40 p.
6. Refractory Traditional Castables and Prefabricate Products on their Base // Proceedings of VII-th International Metallurgical Conference. Ustron, 1997, p. 35-38.
7. С. Ю. Гоберис, Л. И. Мерлинская. Новая методика определения жаростойких бетонов // Сб. трудов. Вып. 12. Вильнюс: ВНИИТеплоизоляция, 1979, с. 80-89.
8. R. E. Fisher, L. P. Krietz. Bond Variation Effects on the Fracture Properties of Fireclay Castables // Unitecr Congress. Sept. 23-26. Aachen, 1991, p. 272-275.

Įteikta 1998 11 17

### INVESTIGATIONS OF LOW-CEMENT CASTABLES WITH SHAMOTTE AGGREGATE

S. Goberis, L. Merlinskaja, I. Pundienė

#### Summary

The castables with low-cement and normal quantity cement in its composition physical and mechanical properties was investigated. Aggregates of recycled shamotte waste, which are characterised by high water absorption, were used for castables.

The results of influence of firing temperature on density and cold crushing strength for three series castables were determined (Fig 1 and 2). Thermal shock resistance, bending strength and deformations of the castables were investigated additionally (Table 2 and Fig 4).

The results of investigations showed the advantage of low-cement castables: better thermal shock resistance, higher cold crushing and bending strength after firing at high temperature.

The properties of developed low-cement and traditional castables produced with schamotte waste aggregates were compared with the data from German, Danish and Polish castables, a special quality shamotte aggregate was used (Table 1).

Low-cement castable based on shamotte waste aggregates were developed and used for producing "Ipsen" furnace lining items.

---

**Stasys GOBERIS.** Doctor. Head of Institute Termoizoliacija Laboratory. Institute Termoizoliacija, Linkmenų 28, 2600 Vilnius, Lithuania.

A graduate of Ural Polytechnical Institute (1954, metallurgical engineer). Doctor (1966, thesis about technology of refractory concretes). Author of 217 papers, 23 inventions. Research interests: refractory materials, their application in furnaces.

---

**Liudmila MERLINSKAJA.** Assistant of Institute Termoizoliacija Laboratory. Institute Termoizoliacija, Linkmenų 28, 2600 Vilnius, Lithuania.

A graduate of Leningrad Technological Institute (1969, technologist). Co-author of 23 papers. Research interests: refractory materials, their application in furnaces.

---

**Ina PUNDIENĖ.** Doctoral student at Termoizoliacija Institute. Linkmenų 28, 2600 Vilnius, Lithuania.

A graduate of Riga Polytechnical Institute (1985, chemist-technologist). Co-author of 11 publications. Research interests: new refractory concretes and their technologies.