

# REFRACTORY GUNITE AND REFRACTORY CONCRETES COMPACTED USING VARIOUS METHODS

S. Goberis & V. Antonovič

To cite this article: S. Goberis & V. Antonovič (1996) REFRACTORY GUNITE AND REFRACTORY CONCRETES COMPACTED USING VARIOUS METHODS, Statyba, 2:7, 24-29, DOI: [10.1080/13921525.1996.10531651](https://doi.org/10.1080/13921525.1996.10531651)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1996.10531651>



Published online: 26 Jul 2012.



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



Article views: 164

---

## KAITRAI ATSPARUS TORKRETBETONIS IR KITAI BŪDAIS SUTANKINTI BETONAI

S.Goberis, V.Antonovič

### 1. Įvadas

Terminas "torkretavimas" yra kilęs iš lotynų kalbos ir reiškia "tinko sutirštinimą". Statyboje torkretavimu vadinamas betono ar skiedinio mišinio (torkretbetonio mišinio) užpurškimas (suslėgtu oru) ant dengiamojo paviršiaus.

Šiluminiuose agregatuose torkretavimas pirmiausia buvo naudojamas remontuoti pramoninių krosnių ir garo katilų futeruotę. Šis metodas pasirodė esąs efektyviausias ir našiausias futeruojant chemijos ir naftos pramonės aparatus [1].

Labai svarbu, kad futeravimas torkreto būdu atliekamas mechanizuotai, todėl sumažėja rankų darbo, sutrumpėja darbo laikas, didesnis jo našumas lyginant su futeravimu ugniai atspariais gaminiais. Torkretavimo būdu pagamintoje futeruotėje daug mažiau siūlių, t.y. eksploataavimo metu labiausiai pažeidžiamų vietų.

Nors kaitrai atsparus torkretbetonis jau daug metų plačiai naudojamas užsienio šalyse, taip pat futeruojant cemento krosnis [2], Lietuvoje krosnims futeruoti iki šiol mažai taikomas. Tą lėmė gautos iš Rusijos netobulos torkretavimo mašinos ir tai, kad nebuvo centralizuotos torkretbetonio mišinių, įpakuočių maišuose, gamybos. Dėl šių priežasčių buvo sunku pagaminti aukštos kokybės futeruotę torkretavimo būdu.

Šio darbo tikslas - sukurti kaitrai atsparius torkretbetonius iš turimų vietinių medžiagų ir gamybos atliekų, nustatyti pagrindines betonų fizikines bei mechanines charakteristikas, išsiaiškinti kaitrai atsparaus betono struktūros formavimo skirtumus sutankinant jį įvairiais metodais. Be to, reikėjo įsisavinti torkretavimo technologiją, Termoizoliacijos institute organizuoti laboratorijos kontroliuojamą centralizuotą mišinių gamybą, įsisavinti Šveicarijos firmos "Meyco

Piccola" nepertraukiamo veikimo įrenginį ir įdiegti sukurtus torkretbetonius pramonėje.

Kuriant savos gamybos torkretbetonius, naudoti lengvieji (keramzitas, vermikulitas, diatomitas, lengvasis šamotas) ir sunkieji (šamotas) užpildai, bei rišiklis - aliuminatinis cementas. Dispersinis komponentas pagaminamas malant trupintas šamoto plytų atliekas rutuliniame malūne.

### 2. Eksperimentų metodika

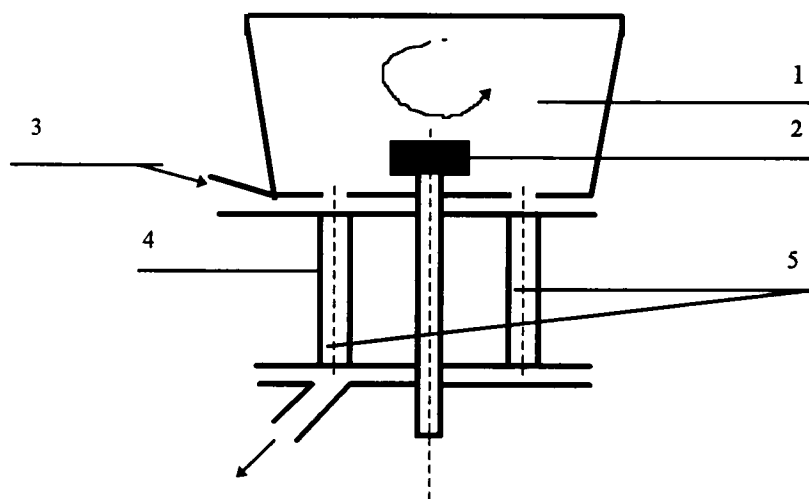
Tyrimuose naudoti trys betono sutankinimo metodai: torkretavimas, vibravimas, plūkimas.

Torkretavimo metodas. Eksperimentuose bandiniams pagaminti buvo naudojama firmos "Meyco Piccola" torkretavimo mašina, apibūdinama šiais parametrais: maksimalus našumas - 3,3 m<sup>3</sup>/h, mišinio padavimo nuotolis - iki 500 m, mišinio padavimo aukštis - iki 100 m, oro spaudimas - 4-6 at., oro kiekis - 3-8 m<sup>3</sup>/min., masė - 350 kg (1 pav.).

Mašina su pastoviai besisukančiu rotoriumi dozuoja mišinį mažomis porcijomis į padavimo vamzdį. Rotorius gali būti su skirtingos formos maitinimo kameromis, ir varomas dviejų greičių elektros varikliu. Tokiu būdu mašina pritaikoma sunkiesiems ir lengviesiems torkretbetonio mišiniais.

Viršutinis ir apatinis rotoriaus paviršiai užsandarinti specialiais guminiiais diskais, kurie užtikrina tolygų mišinio maitinimą ir neleidžia jam segreguotis. Kad geriau susimaišytų mišinys su vandeniu, torkretbetonio srovė nukreipiama guminiu antgaliu su briaunomis. Šio tipo mašina užtikrina nepertraukiamą pusiau sauso torkretavimo procesą, yra lengvai valdoma.

Sukurtų sudėčių torkretbetonių sausi mišiniai (po 100 litrų) buvo gaminami 300 litrų talpos pramoninėje maišyklėje, o komponentai dozuojami matavimo indais.



1 pav. Torkretavimo mašinos schema: 1 - bunkeris; 2 - maišytuvas; 3 - oro kanalas;  
4 - maitinimo būgnas (rotorius); 5 - dozavimo kanalai

Fig. 1. Scheme of gunning machine: 1 - hopper; 2 - mixer; 3 - air duct; 4 - rotor; 5 - batcher ducts

Eksperimento metu buvo palaikomas 1,8 - 2,0 MPa. oro slėgis torkretavimo mašinos mišinio dozavimo kanale, torkretbetonio srovė nukreipiama stačiu kampu į torkretavimo paviršių, o atstumas tarp jo ir guminio antgalio - nuo 30 iki 50 cm, kaip rekomenduojama [3].

Eksperimentams paruoštas torkretavimo stendas - metalinė 100 x 100 cm dydžio sienelė su metaliniais rėmais. Prie dengiamos torkretbetonių sienelės 20 cm žingsniu privirinti specialūs armavimo elementai.

Futeruotės fragmento pagaminimo torkretavimo stende tikslas - įvertinti torkretbetonių atšokas. Todėl į torkretavimo mašiną buvo tiekama po 50 litrų torkretbetonio sausų mišinių. Pagaminus futeruotės fragmentą, atšokos surenkamos, džiovinamos ir sužinomas jų kiekis.

Nustatyti torkretbetonių fizikinėms ir mechaninėms charakteristikoms pagaminami 40 x 40 x 7 cm dydžio bandiniai. Forma bandiniui pagaminti buvo statoma vertikaliai. Sukietėjus torkretbetoniui, deimantiniu disku iš bandinio išpjauti 7 x 7 x 7 cm dydžio kubai, kurie panaudoti tolesniems tyrimams.

Vibravimo metodas. 7 x 7 x 7 cm dydžio kubai buvo gaminami metalinėse formose. Gerai (rankiniu būdu) su vandeniu sumaišyta betono masė klojama į formą ir 2 minutes vibruojama (50 Hz dažnumu) ant vibrostalo. Kubų paviršius užlyginamas metaline juosta.

Plūkimo metodas. Naudojamos tos pačios 7,07 x 7,07 x 7,07 cm dydžio metalinės formos bandiniams gaminti. Paruošta betono masė klojama į formą dalimis (po 1/3 formos aukščio) ir plūkiama 1 kg svorio, 8 cm<sup>2</sup> skersmens metaliniu strypu. Plūkiama rankiniu būdu, nestipriais smūgiais tol, kol betono masės tūris formoje nebesikeičia. Kubų paviršius užlyginamas metaline juosta.

Įvairiais būdais sutankinti betono bandiniai kietėjo 7 paras, po to buvo džiovinami 110 °C ir degami 800 °C bei 1100 °C temperatūroje, vėliau nustatomos šios betonų charakteristikos: tankis, stipris gniuždant, susitraukimas ir ultragarso impulso greitis.

### 3. Betonų tyrimo rezultatai

Sukurtos penkios torkretbetonio sudėtys, kuriose aluminatinio cemento kiekis buvo vienodas, o kiti komponentai parenkami taip, kad sausų mišinių supiltinis tankis keistųsi nuo didžiausio iki minimalaus (1500 - 850 kg/m<sup>3</sup>). Kartu ir sukietėjusio torkretbetonio tankis kito nuo 1890 iki 1200 kg/m<sup>3</sup>. Maksimalaus užpildų grūdo dydis - 0,5 cm.

Įsisavinant torkretavimo technologiją stende, įvertinti atšokų nuostoliai bei jų charakteristikos. Gauti rezultatai rodo, kad atšokų kiekis priklauso nuo torkretbetonio markės ir svyruoja nuo 10 iki 18%. Atšokų supiltinis tankis lengvesniuose torkretbetonuose mažesnis, nes, kaip parodė tyrimai, daugiau atšoka lengvų užpildų dalelės (žr. 1 lent.).

1 lentelė. Torkretbetonių tyrimo rezultatai

Table 1. Results of refractory gunite investigations

Betono charakteristikos	Betono markė				
	AŠ.Š-5	AŠ.V <sub>S</sub> Š-5	AŠ.Š <sub>L</sub> -5	AŠ.V <sub>S</sub> Š <sub>L</sub> -5	AŠ.V <sub>g</sub> DŠ <sub>L</sub> -5
Betono sausų mišinių supiltinis tankis, kg/m <sup>3</sup>	1500	1150	1050	940	850
Atšoka, %	12	17.6	16.6	17.6	9.8
Atšokos supiltinis tankis, kg/m <sup>3</sup>	1070	970	950	780	730
Tankis po kietėjimo, kg/m <sup>3</sup>	1890	1770	1520	1600	1260
Susitraukimas, % po 800 °C	1.06	0.27	1.12	1.18	0.9
Maksimali panaudojimo temperatūra, °C	1300	1150	1200	1150	1000

Torkretbetonių deformacinių savybių tyrimai parodė, kad pagal mišinių supiltinį tankį ir užpildų charakteristikas bandinių susitraukimas po degimo 800°C temperatūroje svyruoja 0,27 - 1,18 % ribose.

Nustatyta, kad torkretuojant metalo paviršių, betono struktūra nėra homogeniška: prie paviršiaus susidaro 3-5 mm storio dispersinių dalelių skiedinio sluoksnis, o toliau - normali betono struktūra. Kaitinant dėl skirtingų šių struktūrų deformacinių savybių kartais atsiskiria sluoksniai. Norint šį neigiamą reiškinį pašalinti, praktikoje būtina didelį dėmesį skirti kaitrai atsparaus torkretbetonio armavimo darbams.

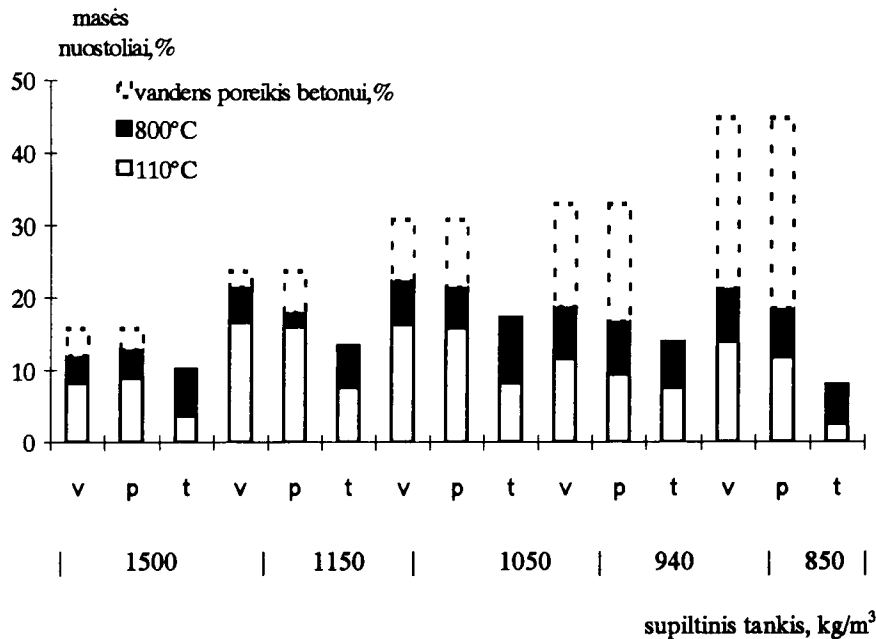
Ekspperimentų metu nustatytas vandens kiekio poreikis, kuris tiek plūkiant, tiek vibruojant tos pačios markės betoną išliko praktiškai vienodas. Teorinis vandens ir cemento santykis betonuose turi būti 10-15%. Gaminant bandinius torkretavimo būdu nebuvo galimybės sužinoti tiekiamo į mišinį vandens kiekio, todėl apskaičiuoti dehidratacijos proceso nuostoliai džiovinant 110 °C ir kaitinant 800 °C temperatūroje įvairiais būdais pagamintus bandinius. Rezultatai rodo, kad torkretavimo būdu pagaminti betono bandiniai bet kuriuo atveju džiovinimo metu praranda mažiau masės, nei vibruoti ar plūkti bandiniai. Iš to galima daryti išvadą, kad vandens poreikis torkretbetoniui yra daug mažesnis. Betonai, pagaminti iš sauso, maksimalaus supiltinio tankio mišinio džiovinant ir

kaitinant prarado daug mažiau masės nei lengvesni betonai.

Reikia pažymėti, kad vandens poreikis gaminant vibruotus ir plūktus bandinius gerokai viršija masės nuostolius po kaitinimo iki 800°C. Tai rodo, kad cemento hidratacijos metu nemaža vandens išgaruoja. Kuo lengvesnis betonai, tuo didesnė dalis vandens išgaruoja (kai sauso mišinio supiltinis tankis 850 kg/m<sup>3</sup>, betono bandiniai hidratacijos metu prarado daugiau nei 50% vandens; 2 pav.).

Buvo įdomu palyginti įvairiais būdais sutankintų kaitrai atsparių betonų stiprumo charakteristikas (3 pav.).

Nustatyta bendra stiprio gniuždant mažėjimo tendencija, padidinus apdorojimo temperatūrą iki 800 °C ir 1100 °C. Mažėjant betono sauso mišinio supiltiniam tankiui nuo 1500 iki 850 kg/m<sup>3</sup>, stiprumo charakteristikos mažėja. Tačiau esant dideliame supiltiniam tankiui, vibravimo ir plūkimo būdais pagaminti bandiniai yra daug stipresni nei torkretbetonio bandiniai. Kai supiltinis tankis mažesnis, visais atvejais torkretbetonio stiprumo charakteristikos esti didesnės, nes lengvesni betono komponentai yra geriau sutankinami torkretavimo energija, nei vibruojant ar plūkiant. Tai patvirtina ir ultragarso impulso greičio matavimo rezultatai (4 pav.).



2 pav. Masės nuostolių priklausomybė nuo kaitinimo temperatūros ir nuo įvairiais būdais sutankinto betono sauso mišinio supiltinio tankio: v - vibravimas, p - plūkimas, t - torkretavimas.

Fig. 2. Loss of gunite mass dependence on firing temperature and dry mixture bulk density: v - vibration; p - ramming; t - gunning

Reikia pažymėti, kad plūkimo būdu pagaminti bandiniai visais atvejais charakterizuojami mažiausiais stiprio dydžiais. Matyt, šis metodas taikytinas tik labai standiems ir sunkiems betonams.

#### 4. Torkretbetonių diegimas pramonėje

Šveicarijos firmos "Meyco Piccola" torkretavimo mašinos pagalba sukurti betonai įdiegti pramonėje. AB "Mažeikių nafta" pagaminta futeruotė 27 m ilgio ir 3 m skersmens dūmtraukiui. Prieš torkretavimą prie dūmtraukio korpuso buvo privirinti apie 70 mm ilgio armavimo elementai. Dūmtraukio futeruotėje panaudoti dviejų markių AŠ.V<sub>S</sub>Š<sub>L</sub>-5 bei AŠ.V<sub>S</sub>Š-5.K-5 Termoizoliacijos institute pagaminti betonai. Nurodytiems betonams buvo keliamas reikalavimas, kad 1m<sup>2</sup> 100 mm storio futeruotės svertų ne daugiau 70 kg. Atšokų kiekis torkretavimo metu neviršijo 15 %. Vilniaus termofikacinėje elektrinėje Nr.2 katilo PTVM N3 sienų futeruotė pagaminta iš kaitrai atsparaus A<sub>40</sub>Š.V<sub>R</sub>Š-5 markės, analogiškos markei AŠ.V<sub>S</sub>Š-5, betono.

Šiuo metodu pagamintos šilumos agregatų elementų futeruotės būklė bus stebima eksploata-

cijos metu ir po tam tikro periodo bus įvertinti joje panaudoti torkretbetonai.

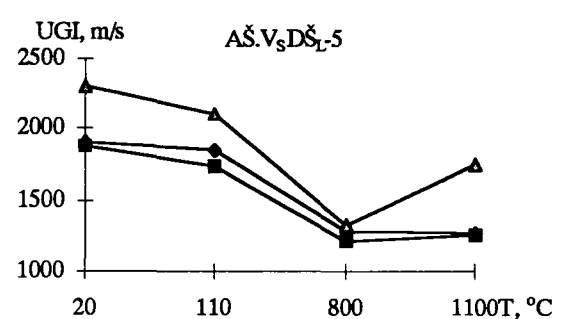
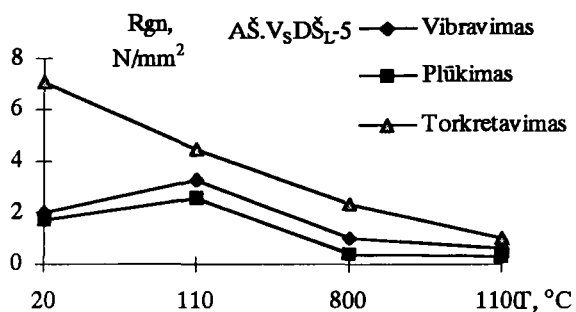
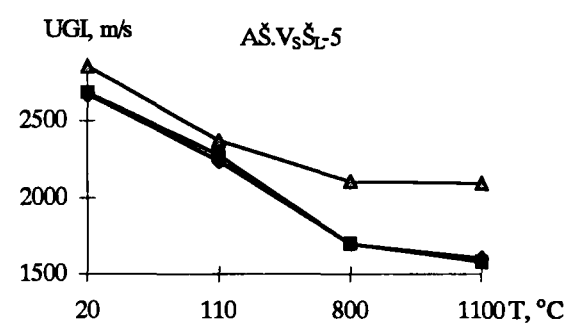
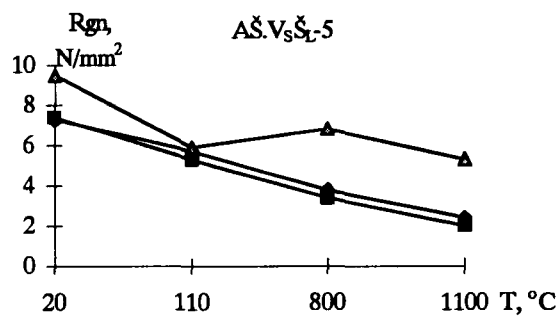
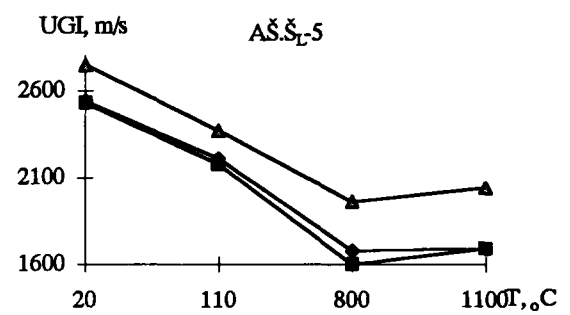
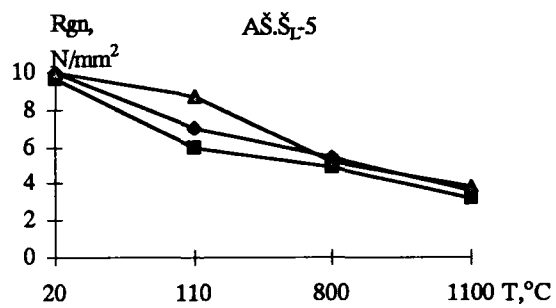
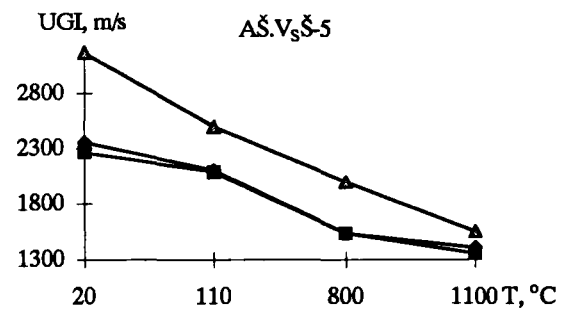
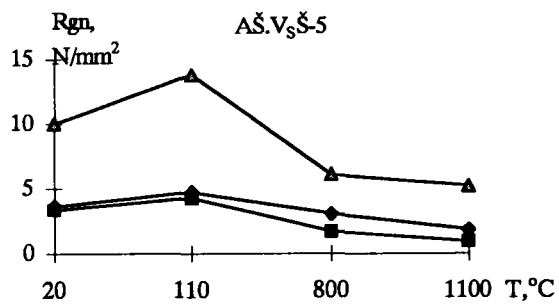
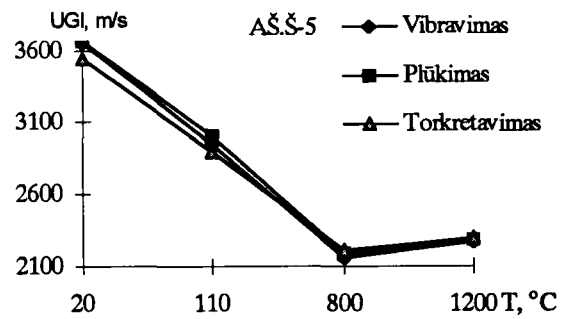
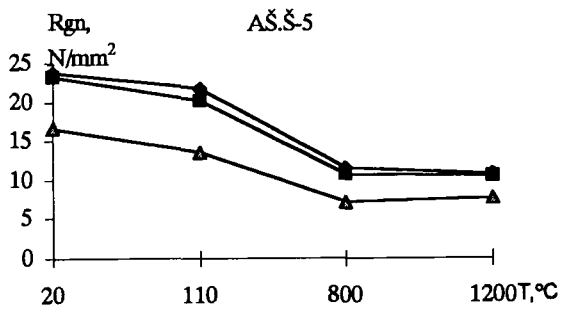
#### Išvados

Lyginant kaitrai atsparių betonų, pagamintų įvairiais sutankinimo metodais, charakteristikas nustatyta, kad torkretavimo būdas pasižymi mažesniu vandens poreikiu negu vibravimas ar plūkimas.

Visais būdais pagamintų betonų stiprumo charakteristikos mažėja didinant bandinių apdorojimo temperatūrą. Sutankinimo būdas daro ženklų įtaką betonų stipriui gniuždant: beveik visais atvejais aiški tendencija didesnio stiprio torkretbetonio negu vibruoto ar plūkto betono visame apdorojimo temperatūrų intervale. Tik esant maksimaliam betono sauso mišinio supiltiniam tankiui vibravimu ir plūkimu pagaminami stipresni betonai.

Ultragarso greičio matavimų rezultatai patvirtina, kad torkretavimo būdu pagaminti kaitrai atsparūs betonai pasižymi tankesne struktūra, negu vibruoti ar plūkti.

Sukurti betonai panaudoti AB "Mažeikių nafta" šiluminių agregatų futeravimui.



3 pav. Stiprio gniuždant priklausomybė nuo apdorojimo temperatūros  
Fig. 3. Cold crushing strength dependence on firing temperature

4 pav. Ultragarso greičio priklausomybė nuo apdorojimo temperatūros  
Fig. 4. Ultrasonic impulse velocity dependence on firing temperature

## Literatūra

1. И.К. Позднякова. Составы, способы и устройства для торкретирования тепловых агрегатов. М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, Экспресс-информация, Вып.5, 1979. 16 с.
2. H.K. Fleck Casting of satellite cooler using refractory bricks and castables // International Cement Review. September 1991, p.42-46.
3. А.П.Агурин, А.С.Денисов, А.С.Лукашевич. Торкретирование тепловых агрегатов. М.: Стройиздат, 1989. 144 с.

Įteikta 1996 11 21

## REFRACTORY GUNITE AND REFRACTORY CONCRETES COMPACTED USING VARIOUS METHODS

S.Goberis, V.Antonovič

### Summary

The aim of these investigations is to develop refractory gunite using local and waste materials available in Lithuania, to investigate its physical and mechanical properties and compare them with the same density and composition concrete compacted by vibration and ramming methods.

In this work light (vermiculite, expanded fire clay, diatomite) and heavy (shamotte) aggregates with aluminium cement as binding material were used.

The concrete samples (7 × 7 × 7 cm) were fired at various temperatures from 20°C to 1100°C.

Five types of refractory gunites with different dry mixtures having a bulk density from 850 to 1500 kg/m<sup>3</sup> have been developed. It was shown that concrete cold crushing strength depends on dry mixture bulk density and firing temperature: heavy concrete samples compacted by vibration and ramming methods are stronger, while light concrete samples made by gunning are better. The influence of temperature decreases the strength characteristics, which was confirmed by ultrasonic impulse velocity measurement results. An estimation of water requirements for concrete sample production various compacting methods is given. It was found that gunite water requirements are substantially lower than for rammed or vibrated concrete.

Newly developed refractory gunite was used in furnaces as lining in an exhaust flue at Mažeikiai Oil Refinery.

**Stasys GOBERIS.** Doctor of technical sciences. Head of Institute Termoizoliacija Laboratory. Institute Termoizoliacija, 28 Linkmenų St, 2600 Vilnius.

A graduate of Ural Polytechnical Institute, 1954, metallurgical engineer. Doctor's degree in 1966 at Concrete and Reinforced Concrete Institute (NIIGB, Moscow); thesis about technology of refractory concretes. Author of 217 papers, 23 inventions. Research interests: refractory materials, their application in furnaces.

**Valentinas ANTONOVIČ.** Vilnius Gediminas Technical University, Dept of Building Materials. Engineer of Institute Termoizoliacija, 28 Linkmenų St, 2600 Vilnius.

A graduate of Vilnius Civil Engineering Institute (now VGTU), 1989, mechanical engineer. Since 1994 a doctoral student at VGTU. Co-author of 10 publications. Research interests: new refractory concretes and their technologies.