

ТРОСКА ВИСОКЕ ПЕЋИ КАО АГРЕГАТ У АСФАЛТНИМ КОНСТРУКЦИЈАМА

Амир Цанановић¹

УДК: 625.85

DOI: 10.14415/konferencijaGFS2014.130

Резиме: Технолошки процес производње сировог жељеза подразумева стварање велике количине отпадног материјала – троске. Дуго времена овај отпадни материјал је депонован и није кориштен за било какву употребу. Посљедњих деценија у свијету је почело истраживање о могућности употребе троске као грађевинског материјала, те као ђубрива у пољопривреди. На почетку се показало да је троска добар материјал за доњи строј пута, а каснијим истраживањем показано је да је могућност употребе троске вишеструка. У овом раду разматрана је могућност употребе троске као агрегата у асфалтним конструкцијама те могућност употребе мљевене троске као филера у асфалту. Како би се установила могућност употребе троске високе пећи као агрегата у асфалту било је неопходно испитати физичко-механичке и хемијске особине троске, а након тога припремати узорке за испитивање. Експериментално је доказано да се троска из погона "Жељезаре" (Arcelor Mittal) из Зенице може користити као агрегат у асфалту, што би придонијело збрињавању ове врсте отпадног материјала, а сачувао би се агрегат из природе који се обично користи за справљање асфалта.

Кључне ријечи: Троска, агрегат, филер, асфалт

1. UVOD

Металуршка троска (шљака) је nusпроизвод који настаје у процесу производње сировог жељеза и челика. По изгледу, начину хлађења и минерологији, троска је слична магми из које су настале силикатне еруптивне stijene као што су: базалт, дијабаз, андезит, дацит, сijenит и др., које су цијенjen материјал у грађевинарству. Врста троске која ће настати приликом производње жељеза (кристална, гранулирана, експандирана) зависи од врсте употријебљене руде за производњу жељеза те начину хлађења (нагло или постепено хлађење троске на ваздуху) [1].

У овом раду разматрана је могућност употребе високопећне троске из жељезаре у Зеници као агрегата у асфалтним конструкцијама, односно употреба мљевене троске као филера у асфалту. Приказани су резултати испитивања физичко-механичких и хемијских особина ове двије врсте троске, те особине справљених узорака асфалта.

¹ Institut za gradevinarstvo, gradevinske materijale i nemetale d.o.o Tuzla, R BiH, amir.dzana@gmail.com

Zgura odložena nedaleko od željezare u Zenici zauzima ogromnu površinu a pretpostavlja se da je u periodu od 1956. do 1992. godine na deponiji Rača odloženo cca 9 336 000 m³ materijala ili oko 19 miliona tona, i to: visokopećna i čeličanska troska sa sadržajem metalne supstance (berne), vatrostalni materijali, pepeo i šljaka, livački pijesak i drugi otpadni materijali iz tehnoloških procesa metalurškog kompleksa. Pored velike količine deponovanog otpadnog materijala svakodnevno se stvaraju nove količine otpadnog materijala. U željezari Arcelomittala Zenica u 2011. godini bilo je 185.000 tona otpadne troske za preradu, dok se u narednim godinama pretpostavlja porast na 239.800 tona na godišnjem nivou [2].

Nažalost, troska je dugo tretirana kao otpadni materijal pa je iz tog razloga završavala na deponiji. Međutim, danas se odgovarajućim tretmanom, ovaj materijal prevodi iz kategorije otpada u kategoriju proizvoda. Takvim pristupom troska više nije balast nego integralni dio metalurške proizvodnje.

Osim ove inženjerske primjene, visokopećna troska se zbog velikog udjela kalcijeva i magnezijeva oksida veoma često koristi kao zamjena za agrikulturno vapno.

2. FIZIČKO-MEHANIČKE I HEMIJSKE OSOBINE TROSKE

Zbog potrebe pronalaženja mogućnosti i načina upotrebe troske iz željezare Zenica u asfaltnim konstrukcijama izvršeno je ispitivanje fizičko-mehaničkih i hemijskih osobina troske. Ispitivanje je podrazumijevalo:

- Ispitivanje pet frakcija troske 0-4; 4-8; 8-11,0; 11,2-16 i 16-31,5 mm i ocjena usklađenosti troske kao materijala za primjenu u proizvodnji asfalta
- Ispitivanje fizičko-mehaničkih i hemijskih karakteristika mljevene troske (filera)
- Izrada receptura za asfalt-beton, i to: za izradu gornjeg habajućeg stroja i izradu donjeg nosivog stroja



Slika 1. Mljevena troska (lijevo) i granulirana troska (desno)

Rezultati ispitivanja fizičko-mehaničkih ili hemijskih osobina troske prema JUS standardima dati su u nastavku. Zbog obimnosti ispitivanja neke manje važne osobine granulirane ili mljevene troske nisu prikazane u radu.

Табела 1. Физичко – механичке особине троске

број	JUS STAN- DARDI	Јед. мјере	КАРАКТЕРИСТИКЕ АГРЕГАТА	ДОБИЈЕНЕ ВРИЈЕДНОСТИ ЗА ФРАКЦИЈЕ							УСЛОВИ КВАЛИТЕТА ЗА АСФАЛТ	
				0/4 mm	4/8 mm	8/16 mm	16/32 mm	8-12 mm	12-16 mm	16-22 mm	АВ	ВНС ВННС
1.	B.B8.042 (1984)		Састојци који спречавају хидратацију цемента (масти и сахарати)	не садржи							не смеје садржавати	
2.	B.B8.044 (1982) B.B2.010 (1986) B.B8.002/ (1989)	% m/m ³	Постојаност агрегата или камена на мраз, након 5 циклуса дејством раствора Na ₂ SO ₄	0,40	0,17	0,13	0,037	0,33	0,20	0,11	max. 5	max. 12
3.	B.B8.042 (1984)	% m/m ³	Садржај укупног сумпора хлорида и sulfata	хлорида 0,0047 % sulfata 0,057 % укупног S као SO ₃ = 0,34 %							-	-
4.	B.B8.031 (1982) B.B2.009 (1986)	kg/m ³	Запремнска маса зрна	3,53	3,64	3,64	3,46	3,60	3,77	3,49	-	
5.	B.B8.031 (1982)	% m/m ³	Упијање воде	2,51	1,51	1,25	1,13	1,49	1,10	1,17	max. KS... 0,75	max. KS... 1,20
6.	B.B8.039 (1982)	визу- елно	Садржај органских материја	фракција 0-4 mm: боја раствора изнад агрегата тамнија од стандардног раствора за упоређивање; фракција 4-8 mm: боја раствора изнад агрегата тамнија од стандардног раствора за упоређивање;							svjetlija od stan- dardne (PJ 0.3)	Svjetlija od stan- dardne (PJ 0.5)
7.	B.B8.048 (1984)	% m/m ³	Одређивање облика зрна методом клјунастог мјерила	-	4,48	4,2	0,78	3,57	2,73	2,41	max.20	max.20
8.	B.B8.049 (1984)	% m/m ³	Одређивање облика зрна методом запремноског коефицијента	-	0,35	0,27	0,28	0,29	0,28	0,29	-	
9.	B.B8.038 (1982)	% m/m ³	Садржај грудви глине	нема							max. 0,25 PJ 0,5	max. 0,25 PJ 0,5
10.	B.B8.037 (1986)	% m/m ³	Садржај трошних зрна	нема							max. 3	-
11.	B.B8.034 (1986)	% m/m ³	Садржај латких честица	0,09	0,06	0,09	0,05	-	-	-	max. 0,5 %	
12.	B.B8.004 (1986)	% m/m ³	Обавијеност површине зрна глином - пронијљивост са битуменом	-							min. 80	min. 80

13.	B.B8.045 (1978)	% m/m ³	Otpornost drobljenje LA test gradacija A LA test gradacija B	16,73 15,17					max. a) - (18) b) - (18) c) - (18) d) 25(22) e) 28(22) f) 30(22)	max. a) 25 b) 25 c) 28 d) 30 e) 35 f) 35				
14.	B.B8.030 (1986)	kg/m ³	Zapreminska masa u rastresitom stanju Zapreminska masa u zbijenom stanju	1.86 2.13	1.92 2.20	1.85 2.06	1.716 1.943	1.867 2.124	1.773 1.962	1.705 1.910	-			
15.	B.B8.029 (1982)	% m/m ³	Nadmjerna zrna Podmjerna zrna	- -	0,91 62,1	0,15 56,1	0,890 20,46	0,40 88,47	1,29 67,52	28,80 18,21	max.10 max.15	max.10 max.15		
16.	B.B8.036 (1982)	% m/m ³	Sadržaj sitnih čestica - mokro prosijavanje – prolaz kroz sito 0,09 prolaz kroz sito 0,063	3,86 3,40	2,72 2,19	1,54 1,21	0,52 0,39	2,57 2,09	2,88 2,45	0,39 0,33	P...max.5 % (max.10 % za EP >70 %) E...max.5 % (max.10 % za EP > 60 %) K...max.10 (>10 % za EP>60%)			
17.	B.B8.029 (1982)	% m/m ³	Granulometrijski sastav agregata									Prolaz kroz sito za sitni agregat		
			Sito:											
			45 mm	-	-	-	100	-	-	100	-	-	-	
			31,5 mm	-	-	-	99	-	-	98	-	-	-	
			22,4 mm	-	-	100	70	-	100	70	-	-	-	
			16,0 mm	-	-	100	20	100	99	18	-	-	-	
			11,2 mm	100	100	91	2	100	68	1	-	-	-	
			8,0 mm	99	99	56	1	88	18	-	-	100 %		
			4,0 mm	95	62	13	-	30	-	-	-	90-100		
			2,0 mm	65	22	-	-	-	-	-	-	65-100 %		
			1,0 mm	23	-	-	-	-	-	-	-	40-80 %		
			0,5 mm	7	-	-	-	-	-	-	-	20-50 %		
			0,25 mm	4	-	-	-	-	-	-	-	8-30 %		
0,125 mm	3	-	-	-	-	-	-	-	2-13 %					
0,09 mm	2	-	-	-	-	-	-	-	-					
0,063 mm	1	-	-	-	-	-	-	-	-					
18.	B.B2.010 (1986)		Modul zrnivosti sitnog agregata	4,04	-	-	-	-	-	-	2.3 - 3.6			
19.	B.B8.035 (1984)	% m/m ³	Određivanje vlažnosti	3,53	3,28	0,27	0,137	2,538	1,621	0,849	-	-		

LEGENDA UZ TABELU :

- SLOJ KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE : AB- asfaltni beton ; BNS-gornji bitumenski nosivi sloj;

BNHS - bitumenski noseći - habajući sloj

- SAOBRAĆAJNO OPTEREĆENJE : a) autoput; b) vrlo teško; c) teško;

d) srednje; e) lako opterećenje

Iz prethodne tabele jasno je vidljivo da postoje osobine troske koje ne zadovoljavaju uslove definisane JUS standardima. I pored toga izvršeno je spravljanje i ispitivanje uzoraka asfalta.

Tabela 2. Granulometrijski sastav mljevene troske

Otvori sita	16	8	4	2	1	0,71	0,5	0,25	0,125	0,09	0,063
Mljevena troska	100	100	100	100	100	100	100	99	94	85	84
Prolaz kroz sito (%)											

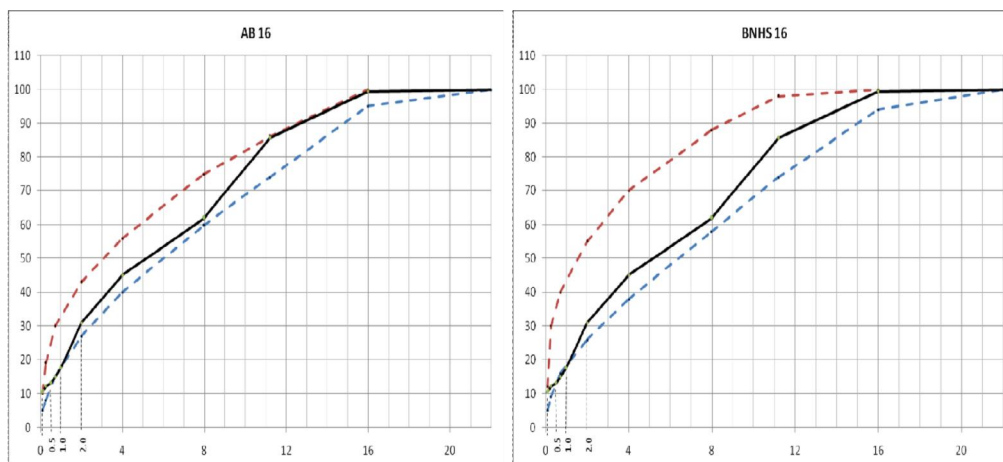
Zbog velikog obima ispitivanja prethodno su date samo najvažnije osobine granulirane troske i mljevene troske koja se dobiva naglim hlađenjem pri izlasku iz visoke peći željezare.

3. RECEPTURE ZA ASFALT

U sklopu istraživanja izrađena je receptura za asfalt od granulirane troske, a sa dodatkom mljevene troske kao filera. Na početku se javio problem prilikom uklapanja granulometrijske krive u granične krive za pojedine vrste asfalta, a zbog nedostatka sitnih čestica u granuliranoj troski. Iz ovog razloga izvršena je zamjena frakcije 0-4 mm sa drobljenim agregatom. Pri izradi asfaltne mješavine cilj je bio zadovoljiti uslove u pogledu granulometrijskog sastava koji nalaže promjenljiva debljina sloja, kao i uslove kvaliteta koje nalaže veličina saobraćajnog opterećenja puta u koji se ugrađuje mješavina sa navedenim agregatom. Drugi problem se javio prilikom izbora bitumena. Pri izradi receptura nije došlo do prijanjanja bitumena za agregat pa smo se odlučili za upotrebu polimerizovanog bitumena Novobit 50/90 ST koji se inače koristi za agregate eruptivnog porijekla.

Izbor mineralne mješavine i osnovna svojstva AB 16 odnosno BNHS 16 data su u nastavku:

2. frakcija 0-4 mm 30 % drobljena frakcija krečnjaka
3. frakcija 4-8 mm 10 % granulirana zgora
4. frakcija 8-12 mm 12 % granulirana zgora
5. frakcija 12-16 mm 43 % granulirana zgora
6. Kameno brašno (filer-mljevena troska) 5 %



Slika 2. Granične krive i kriva prosijavanja za AB 16 i BNHS 16

Asfaltna mješavina, spravljena sa mineralnom masom koja je prethodno usvojena, uz variranje količine bitumena od 4,6–5,4 %, ima sljedeće karakteristike: stabilnost i fleksibilnost asfaltne mase se neznatno mijenja sa promjenom količine bitumena, dok je uticaj količine bitumena očigledan na promjenu gustine (zapreminske mase i šupljina) asfalta.



Slika 3. Uzorci AB 16 na ispitivanju

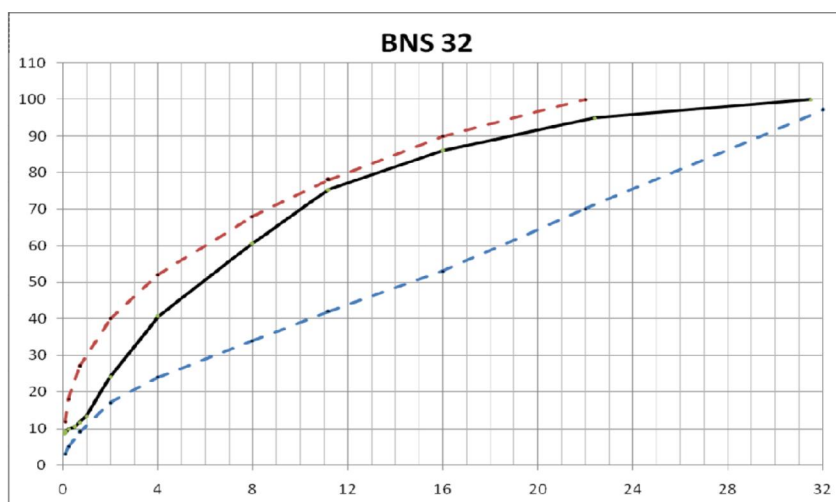
Tabela 3. Osnovni parametri asfalta u zavisnosti od količine upotrijebljenog bitumena

KARAKTERISTIKE	Sadržaj bitumena u asfaltnoj mješavini % (m/m)		
	4,60 %	5,0 %	5,4 %
Stabilnost po Maršalu na 60 ⁰ - kN	12,50	8,10	10,40
Tečenje po Maršalu na 60 ⁰ C - mm	4,23	5,90	4,93
Odnos Stabilnosti i tečenja na 60 ⁰ C (ukočenost)	2,95	1,37	2,11
Modul ukočenosti - MPa	46,65	21,69	33,35
Zapreminska masa asfaltne mješavine, kg/m ³	2757,10	2742,91	2797,50

U toku ispitivanja izvršeno je spravljnje receptura za nekoliko vrsta asfaltnih konstrukcija (AB 8, AB 11, AB 16, BNHS 16, BNS 22, BNS 32). Zbog obimnosti u nastavku ćemo samo dati još ulazne podatke i rezultate ispitivanja za BNS 32.

Izbor mineralne mješavine i osnovna svojstva BNS 32 data su u nastavku.

7. frakcija 0-4 mm 17 % granulirana zguza
8. frakcija 4-8 mm 20 % granulirana zguza
9. frakcija 8-12 mm 13 % granulirana zguza
10. frakcija 12-16 mm 25 % granulirana zguza
11. frakcija 16-32 mm 17 % granulirana zguza
12. kameno brašno (filer od troske) 8 %



Slika 4. Granične krive i krija prosijavanja za BNS 32

U ovoj recepturi upotrijebljene su sve frakcije od troske i kako vidimo na prethodnom dijagramu kriva granulometrijskog sastava je u dozvoljenim granicama. Asfaltna mješavina je spravljena sa mineralnom masom koja je prethodno usvojena, uz variranje količine bitumena od 3,8–4,6 %.

Tabela 4. Osnovni parametri asfalta u zavisnosti od količine upotrijebljenog bitumena

KARAKTERISTIKE	Sadržaj bitumena u asfaltnoj mješavini % (m/m)		
	3,8 %	4,2 %	4,60 %
Stabilnost po Maršalu na 60 ⁰ C – kN	9,12	10,09	9,93
Tečenje po Maršalu na 60 ⁰ C - mm	4,41	3,81	3,67
Odnos Stabilnosti i tečenja na 60 ⁰ C (ukočenost)	2,07	2,65	2,70
Modul ukočenosti - MPa	32,65	41,87	42,72
Zapreminska masa asfaltna mješavine, (kg/m ³)	2870,89	2889,40	2883,30

4. ZAKLJUČAK

Uvidom u rezultate ispitivanja uzoraka asfalta napravljenih prema datim recepturama vidljivo je da ispitani uzorci zadovoljavaju zahtjeve postavljene u standardima JUS E4.014 – Izrada asfaltnih betona, odnosno JUS U.E9.021 – Izrada gornjih nosećih slojeva od bitumeniziranog materijala po vrućem postupku, te se troska može smatrati prikladnom zamjenom za uobičajeni agregat iz prirodnih izvora.

Uvidom u spomenute standarde vidimo da sve date recepture zadovoljavaju najmanje 3. razred puta, a kada su u pitanju bito-nosivi slojevi dobijeni parametri zadovoljavaju i veoma teško saobraćajno opterećenje.

Međutim, prethodni rezultati pokazuju znatno veće vrijednosti gustoća asfaltnih mješavina u odnosu na mješavine napravljene sa dolomitnim agregatom a iz razloga povećane gustoće troske koja je korištena za spravljanje uzoraka. Ukoliko se želi ostati u normalnim granicama gustoće preporučuje se zamjena samo jedne frakcije dolomitnog agregata sa troskom.

LITERATURA

- [1] <http://www.nationalslag.org/>, preuzeto 20.02.2014.
- [2] Sredojević J., Krajišnik M.: Ekološko - ekonomski efekti sanacije deponije industrijskog otpada „Rača“, Zbornik - Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "KVALITET 2011", Neum, B&H, 01. - 04 juni, 2011., str. 779-784.

BLAST FURNACE SLAG AS AN AGGREGATE IN ASPHALT STRUCTURES

Summary: *Technology of production of pig iron involves the creation of large quantities of waste materials - slag. For a long time this waste material is deposited and is not used for any use. In recent decades, the world has started to explore the possibility of the use of slag as a building material, as well as fertilizers in agriculture. At the beginning it was shown that the cost of a good material for the bottom of the road, and subsequent research has shown that the possibility of using slag multiple. In this paper we have considered the use of slag as aggregate in asphalt construction and hypo-ground slag as a filler in asphalt. To establish the possibility of using the blast furnace slag as an aggregate in the asphalt, it was necessary to examine the physical-mechanical and chemical properties of the slag, and thereafter to prepare samples for testing. Experiments have shown that the cost of operation" Steelworks" (ArcelorMittal) from Zenica be used as aggregate in asphalt, which would contribute to the disposal of this type of waste material, and kept to an aggregate of nature that is usually used for the production of asphalt.*

Keywords: *Slag, aggregate, filler, asphalt*