

INFORMACIJE B

BROJ 30



Dipl. ing. DANKO TOŠIĆ

DOBIJANJE BRIKETA IZ SITNOG KAMENOG UGLJA RUDNIKA  
„DOBRA SREĆA“ BEZ UPOTREBE VEZIVA

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD 1965.

Izdavač  
RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD

Glavni urednik  
Dipl. ing. MOCO SUMBULović

Redakcioni odbor

Blažek ing. Aleksandar, Čeperković ing. Miodrag,  
Dular ing. Slavko, Đorđević ing. Kirilo, Filipovski  
ing. Blagoje, Gluščević prof. ing. Branko, Jovano-  
vić dipl. hem. Ničifor, Kovačević ing. Vjekoslav,  
Lešić prof. dr ing. Djura, Malić prof. dr ing. Dra-  
gomir, Marinović ing. Ivo, Mihajlović ing. Jovan,  
Misita ing. Risto, Novaković ing. Ljubomir, Odić ing.  
Tvrtko, Perišić dr ing. Mirko, Popović ing. Božidar,  
Slokan prof. dr ing. Karel, Spasojević ing. Borislav.

Stampa: „PROSVETA — Požarevac

BROJ 30

Dipl. ing. DANKO TOŠIĆ

**DOBIJANJE BRIKETA IZ SITNOG KAMENOG UGLJA RUDNIKA  
„DOBRA SREĆA“ BEZ UPOTREBE VEZIVA**

Beograd, 1965.

## S a d r ž a j

Uvod	3
Iskustva stečena dosadašnjim briketiranjem sitnog uglja „Dobra Sreća” bez veziva	3
Laboratorijski opiti briketiranja uglja bez veziva	5
Otpornost briketa na pritisak u zavisnosti od sadržaja vlage u uglju za vreme briketiranja	6
Uticaj stepena zagrejanosti uglja na otpornost briketa na pritisak	7
Zavisnost otpornosti briketa na pritisak od visine pritiska presoyanja uglja u briquete	8
Uticaj krupnoće uglja na mehaničke osobine briketa	8
Kvalitativne karakteristike briketa	9
Osvrt na rezultate laboratorijskog briketiranja bez veziva	9
Literatura	11

## U V O D

Briketiranje kamenih ugljeva u većini slučajeva uspeva, ako se izvodi uz dodatak raznih materija (smola, ter i sl.), čija se uloga kod procesa briketiranja sastoji u vezivanju ugljenih čestica u jednu celinu. Pored toga, neki kameni ugljevi specifičnih osobina koje su okarakterisane i povećanim sadržajem bitumena i tera i odraz su posebnih uslova stvaranja i sazrevanja pokazuju sposobnost briketiranja bez korišćenja vezivnih sredstava, ako je pri tome pritisak presovanja uglja u brikete dovoljno visok. Po ovom drugom postupku uspešno je briketiran od 1929. do 1962. godine domaći kameni ugalj iz rudnika „Rtanj“. U presi tipa „Apfelbeck“, kojim je bila snabdevena briketnica na Rtnju, pod uslovima da je pritisak presovanja 1500-1600 kg/cm<sup>2</sup>, vreme presovanja — jedna sekunda, stepen zagrejanosti uglja — 80—100°C i ugalj usitnjen do gornje granične krupnoće 3 mm dobijeni su, gledano po mehaničkoj otpornosti, briketi zadovoljavajućeg kvaliteta.

Kamení ugalj rudnika „Dobra Sreća“, koji je po svojim osobinama sličan uglju rudnika „Rtanj“, isto tako pokazuje povoljna svojstva u pogledu briketiranja bez veziva. Pod određenim uslovima mogu se dobiti briketi relativno dobrog kvaliteta. To se jasno vidi iz izloženih rezultata, dobijenih briketiranjem sitnog uglja u laboratorijskim uslovima rada. U ovim rezultatima je izražena međusobna zavisnost između radnog pritiska u procesu presovanja uglja u brikete, krupnoće, vlage i stepena zagrejanosti uglja, kao najuticajnijih činilaca na proces briketiranja određenog uglja i mehaničke otpornosti briketa.

## ISKUSTVA STEČENA DOSADAŠNJIM BRIKETIRANJEM SITNOG UGLJA „DOBRA SREĆA“ BEZ VEZIVA

U rudničkom postrojenju za čišćenje uglja, u fazi sekundarnog prosejavanja, izdvaja se sitan ugalj krupnoće — 14 + 0 mm kao finalni proizvod, koji se karakteriše relativno visokim sadržajem pepela. U tab. 1 date su osnovne karakteristike ovog proizvoda separacije. Kvalitativne osobine sitnog uglja, koje su eksploatacijom sloja u dubinu sklone stalnom pogoršavanju, sukobljavaju se sa relativno oštrim zahtevima jugoslovenskih železnica kao glavnog sadašnjeg i potencijalnog potrošača. Time je plasman ovog uglja, koji težinski čini oko 80% ukupne proizvodnje rudnika, doveden u pitanje. Pokušaji rudnika da problem plasmana sitnog uglja samostalno reši ekonomski povoljnijim procesom briketiranja, bez prethodnih sistematskih ispitivanja, u sopstvenoj briketnici u Jezavi, koja je ugradnjom prese tipa „Apfelbeck“ (prenete iz briketnice sa Rtnja) preuređena na briketiranje uglja bez veziva, ostali su bezuspešni. Vrlo slabe kvalitativne osobine, u prvom redu mehaničke prirode, dobijenih briketa (tab. 2) prikazuju da je briketiranje sitnog uglja krupnoće — 14 + 0 mm u primenjenim uslovima pod visokim pritiskom i bez korišćenja vezivnih sredstava, neizvodljivo. Međutim, vrlo interesantna, makroskopski uočljiva pojava, koja se ogleda u prisustvu komada mat-uglja koji su u toku brojnih tektonskih procesa, dakle u uslovima visokih pritisaka i znatnih temperatura, postali prirodnim briketiranjem ugljene prašine, nedvosmisleno ukazuje na mogućnost briketiranja ugljene supstance bez korišćenja vezivnih sredstava.

Tablica 1

Karakteristike sitnog uglja krupnoće 0—14 mm \*)

		sa ukupnom vlagom	bez vlage (105 °C)	bez vlage i pepela
<b>Tehnička analiza</b>				
vlaga	%	7,21	—	—
pepeo	%	24,87	26,80	—
S ukupan	%	7,15	7,70	—
S u pepelu	%	0,41	0,44	—
S sagorljiv	%	6,74	7,26	9,92
koks	%	64,05	69,03	57,68
C-fix	%	39,18	42,23	57,68
isparljivo	%	28,74	30,97	42,32
sagorljivo	%	67,92	73,20	100,00
kalorična vrednost:				
— gornja	kcal/kg	5690	6130	8380
— donja	kcal/kg	5440	5900	8070
tačka paljenja	°C	163		
<b>Elementarna analiza</b>				
vlaga	%	7,21	—	—
pepeo	%	24,87	26,80	—
C	%	53,44	57,59	78,68
H	%	3,92	4,23	5,77
S sagorljiv	%	6,74	7,26	9,92
NO	%	3,82	4,12	5,63
<b>Analiza pepela</b>				
SiO <sub>2</sub>	%	36,66		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	27,87		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	20,37		
CaO	%	6,91		
MgO	%	1,64		
SO <sub>3</sub>	%	4,46		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,56		
sastav		kiseo		
topljivost pepela:				
— početak sinterovanja		910°		
— tačka polulopte		1320°		
— tačka razlivanja		1345°		

\* Podaci su uzeti iz izveštaja Zavoda za pripremu mineralne sirovine Rudarskog instituta, Beograd.

Tablica 2

Karakteristike briketa proizvedenih u briketnici u Jezavi\*)

oblik	9x5x5 cm
težina	410 g
otpornost na pritisak, kg/cm <sup>2</sup>	20—30
otpornost na savijanje, kg/cm <sup>2</sup>	oko 2
indeks kohezije, %	nedovoljan
upijanje vlage, %	7,5
svojstva prema vodi	nepovoljna
termička stabilnost (900°)	zadovoljava

Uzroci slabih mehaničkih osobina industrijski dobijenih briketa su svakako višestruke prirode a manifestuju se kroz:

— kvalitativni i kvantitativni sastāv briketirane sirovine, i

— radne uslove briketiranja.

Mineralne primese, koje su zastupljene u sitnom rovnom uglju, pokazale su se primarnim uzročnikom loših osobina industrijski dobijenih briketa. Visok sadržaj pepela indicira isto tako relativno visok udeo raznovrsnih mineralnih materija, čije je poreklo vezano kako za epigenetske i singenetske tako i za sekundarne tvorevine.

Prema količinskoj zastupljenosti u uglju, epigenetske materije, koje su pored glinovite supstance kao glavnog mineralnog sastojka predstavljene i prisustvom kalcitskih žilica, većih kongregacija piritita, melanterita i sasvim retko fibroznih agregata gipsa, dolaze na prvo mesto. Proizvodi raspadanja piritita: melanterit, gips, limonit i hematit, kao sekundarni mineralni sastojci u pogledu količinske zastupljenosti u uglju, imaju najmanji značaj. Naročito, mineralne komponente, koje su podložne lakom rasparavanju ili dispergovanju u vodi, a to su, uglavnom, sekundarni sastojci i slobodna glinovita supstanca, svojim prisustvom, povećavajući briketu afinitet prema vodi, pogoršavaju njegovu mehanička svojstva.

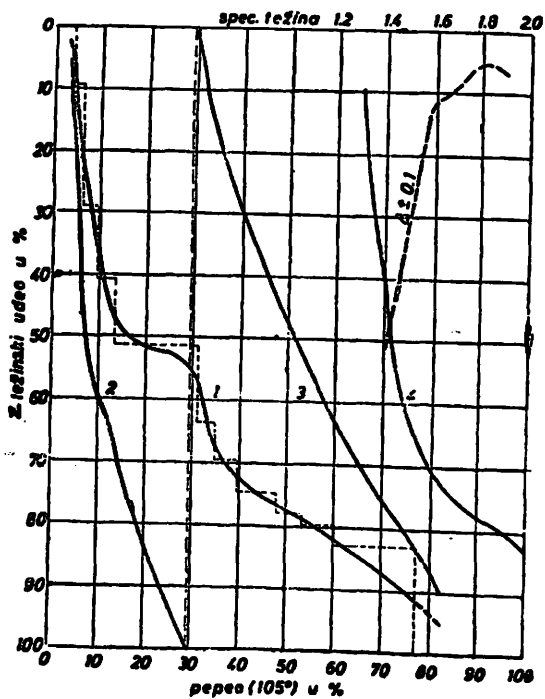
Kako industrijski, isto tako i briketi dobijeni iz sitnog uglja — 14+0 mm (osnovnog uzorka) u laboratoriji u pogledu mehaničkih osobina ne odgovaraju ustaljenim normama koje se koriste u svetu. Laboratorijskim briketiranjem ovakvog uglja pod uslovima:

\* Podaci su uzeti iz izveštaja Zavoda za pripremu mineralnih sirovina Rudarskog instituta, Beograd.

— pritisak presovanja, kg/cm <sup>2</sup>	2000
— temperatura zagrevanja uglja	70°
— sadržaj vlage u uglju, %	0,9

dobijeni su briketi sledećih karakteristika.

Spoljna forma briketa, u kojoj su izražene oštre ivice i glatke površine crne ili tamne boje, odgovara obliku kalupa. U ruci, ivice se lako rone, a na prstima ostaje tamno-mrki trag. Otpornost na pritisak (53,5–108 kg/cm<sup>2</sup>) i savijanje (11,8 kg/cm<sup>2</sup>), merene odmah posle izrade briketa, mogle bi se smatrati zadovoljavajućim. Međutim, vrlo su slabi rezultati dobijeni u pogledu indeksa kohezije kao i u ponašanju prema vodi. Već kod prvog bacanja na dasku sa visine od 1,8 m briket podleže lomljenju a za 30 min. stajanja u vodi gubi svaku mehaničku otpornost i raspada se pri dodiru rukom a vodu boji žuto-mrkom bojom. Raspadanje briketa je posledica podložnosti rastvaranju nekih mineralnih materija, prisutnih u rovnom uglju, u vodenoj sredini; bojenje vode nastaje usled rastvaranja limonita.



Dijagram 1 — Krive čišćenja sitnog rovnog uglja rudnika „Dobra Sreća“ krupnoće 0,5–14 mm  
1—kriva graničnih slojeva; 2—kriva sadržaja pepela u čistom uglju; 3—kriva sadržaja pepela u jalovini; 4—kriva spec. težine.

Ne može se sumnjati da su slabe mehaničke osobine briketa prouzrokovane nepovoljnim kvalitativ-

nim i kvantitativnim sastavom sitnog uglja, krupnoće — 14+0 mm. Neregulisani i neprecizno utvrđeni osnovni radni uslovi briketiranja (kao što su: krupnoća uglja, radni pritisak, temperatura zagrevanja uglja i dr.) sa svoje strane su se, takođe, odrazili na kvalitet dobijenih briketa.

U osnovi, neuspeh industrijskog pokušaja briketiranja, izvedenog od strane stručnjaka radnika, može se pripisati samo nedovoljnom obimu laboratorijskog i poluindustrijskog ispitivanja ove sirovine na mogućnost briketiranja bez veziva. Čak i kad bi se iz sitnog uglja — 14+0 mm mogli dobiti briketi, u mehaničkom pogledu zadovoljavajućeg kvaliteta, pitanje je, koliko bi se briketiranje takvog uglja, koji u sebi nosi oko 28% balasta, moglo smatrati celishodnim. Već ta činjenica govori da se problem racionalnog korišćenja sitnog uglja ne može rešavati samo procesom briketiranja. Postupkom čišćenja, iz sitnog uglja krupnoće — 14+0 mm može se izdvojiti oko 20–25% oslobođene jalovine sa oko 70% pepela (vidi dijagram 1) i 75–80% čistog uglja sa oko 15–18% pepela. Na ovaj način bi se sa jalovinom izdvojio i veći deo mineralnih primesa čije se prisustvo u uglju nepovoljno odražava na proces briketiranja. Očišćen ugalj, kao što će kasnije biti izloženo, pod određenim uslovima pokazuje povoljna svojstva u pogledu njegovog briketiranja bez veziva.

#### LABORATORIJSKI OPITI BRIKETIRANJA UGLJA BEZ VEZIVA

Za iznalaženje mogućnosti i utvrđivanje parametara optimalnih uslova briketiranja sitnog kamenog uglja rudnika „Dobra Sreća“, u osnovi, korišćen je uzorak sitnog uglja, krupnoće — 14+0 mm koji se u procesu čišćenja u rudničkom postrojenju izdvaja kao finalni proizvod sa oko 27% pepela (tab. 1). U rastvoru cinkhlorida specifične težine oko 1,7 iz uzoraka su sa teškom frakcijom (jalovinom) izdvojene mineralne primese. Uticaj ovih primesa, koji je svakako zavisao od vrste i njihovog količinskog učešća, izražen je u tolikoj meri, da je u odnosu na mehaničku otpornost briketa, briketiranje uglja krupnoće — 14+0 mm bez prethodnog čišćenja izgubilo svaku svoju svrhu.

Eksperimenti laboratorijskog briketiranja izvedeni su sa lakom frakcijom, specifične težine manje od 1,7. Ovako izdvojeni čist ugalj ima sledeće karakteristike:

	%
pepeo	12,8
S ukupni	7,26
S u pepelu	0,20
S sagorljivi	7,06
koks	65,69
C-fix	52,82
isparljivo	34,31
sagorljivo	87,20
bitumen	2,00
ter	8,9
toplotna moć:	
— gornja, kcal/kg	7520
— donja, kcal/kg	7300

Mali uzorci (specimeni) uglja određenog sastava po krupnoći u metalnom kalupu, prethodno zagrejanom približno do stepena zagrejanosti uglja, podvrgnuti su briketiranju pod pritiskom hidraulične prese. Na ovaj način je iz čistog uglja, pod određenim radnim uslovima prikazanim u tab. 3, napravljen veći broj briketa. Postupna promena para-

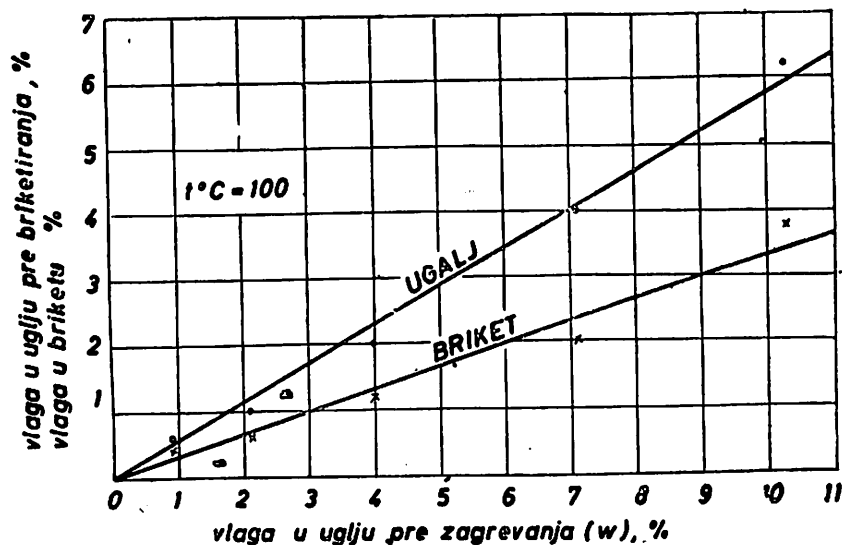
strane, dakle elemenata čiji je uticaj, smatra se, na proces briketiranja uglja najviše izražen, i

— otpornosti briketa na pritisak, s druge strane, kao orijentacionog pokazatelja kvalitativnih osobina briketa.

Tablica 3

Prikaz parametara radnih uslova korišćenih za laboratorijsko ispitivanje briketiranja uglja bez veziva.

Krupnoća mm	Radna vlaga %	Temperatura zagrevanja uglja °C	Pritisak presovanja uglja kg/cm <sup>2</sup>
-5+0	0,35;1,2 2,3;4,1;5,9	100	1000
-3+0	0,35	25, 50, 75 100, 125, 150	1000
-1+0	0,35	100	1000, 1500, 2000
-0,5+0			



Dijagram 2 — Promene sadržaja vlage u uglju i briketu kod zagrevanja uglja na temperaturi 100°C.

metara izloženih radnih uslova briketiranja uglja i odgovarajuća mehanička otpornost na pritisak, merena pojedinačno na svakom briketu 24 časa posle izrade, stvorile su mogućnost za formiranje uzajamne zavisnosti između:

- sadržaja vlage u uglju za vreme briketiranja,
- stepena zagrejanosti uglja,
- pritiska presovanja uglja, i
- stepena usitnjenosti (krupnoće) uglja s jedne

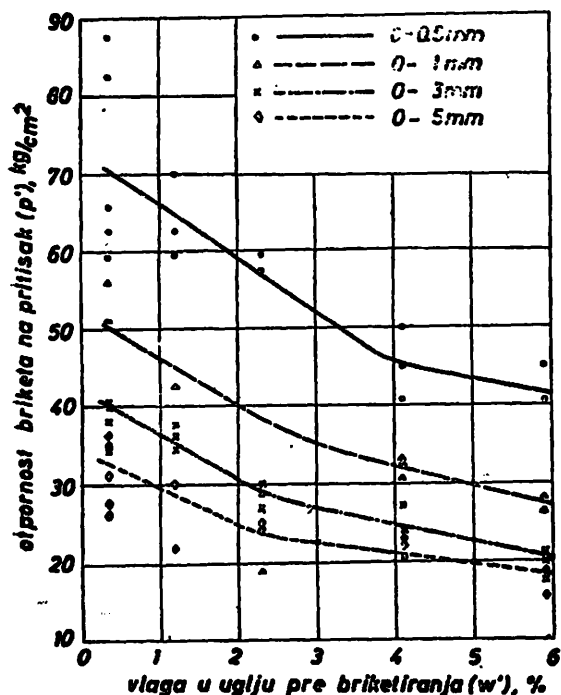
Otpornost briketa na pritisak u zavisnosti od sadržaja vlage u uglju za vreme briketiranja

Sadržaj ukupne vlage u uglju, klase krupnoće — 14 + 0 mm koji se iz rovnog uglja izdvaja suvliv prosejavanjem iznosi oko 4,5%, dok bi isti u uslovima neophodno potrebnog mokrog čišćenja uglja nakon odvodnjavanja bio nešto veći, oko 8 do 10%. Udeo higroskopne vlage iznosi 0,9—1%. U uzor-



cima uglja koji su briketirani, dodavanjem vode sadržaj ukupne vlage je podešavan u granicama između 0,9 i 10%. Kako u procesu zagrevanja, tako i u toku samog briketiranja dolazi do smanjenja vlage u uglju. Na dijagramu 2 dat je grafički prikaz gubitaka vlage kod zagrevanja uglja na 100°C. Vidi se da su gubici vlage, koji nastaju isparavanjem vode u toku zagrevanja i za vreme briketiranja, proporcionalni sadržaju ukupne vlage u uglju.

Stepen uticajnosti sadržaja vlage na mehaničke osobine briketa jasno se vidi iz položaja krivih linija prikazanih na dijagramu 3. Smanjenje sadržaja vlage u uglju pozitivno se odražava na kvalitativne osobine briketa u pogledu otpornosti na



Dijagram 3 — Otpornost briketa na pritisak u funkciji vlažnosti uglja za briketiranje bez veziva  
— pritisak presovanja (p) 1000 kg/cm<sup>2</sup>  
— zagrejanost uglja 100°C.

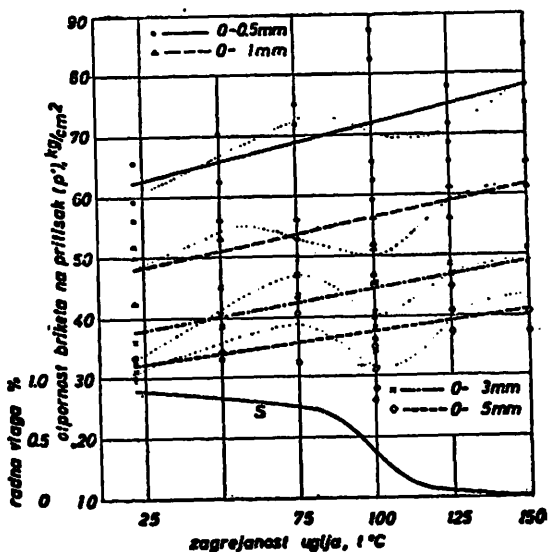
pritisak. Relativno visok efekat, postiže se u zoni u kojoj se težinski udeo vlage u zavisnosti od krupnoće uglja spušta ispod 2—4%, dok je u delu većeg učešća vlage u uglju njena uticajnost na otpornost briketa na pritisak manje izražena. Relativno oštar ugao na preseku krivih linija i krajnje leve ordinate (koja označava 0,35% vlage), čija se veličina smanjuje sa snižavanjem krupnoće uglja, ukazuje na mogućnost daljeg snižavanja vlage radi povećanja otpornosti briketa na pritisak. Sadržaj vlage u uglju, kod koje se dobijaju najkvalitetniji briketi

(gornja prevojna tačka krive) kao što se vidi iz dobijenih rezultata (dijagram 3), treba da se nalazi ispod 0,35%, dakle znatno niže od higroskopne vlage uglja. Briketiranje uglja sa tako niskom vlagom, u okviru ovih ispitivanja, nije vršeno.

Poboljšanje osobina briketa sa snižavanjem vlage mora da stoji u uskoj vezi sa osnovnim karakteristikama uglja vezanih za njegovu geološku zrelost i naročito izraženu hidrofobnost.

Uticaj stepena zagrejanosti uglja na otpornosti briketa na pritisak

Zagrejanje uglja pre briketiranja predstavlja jedan od važnih preduslova za uspešno briketiranje istog. Eksperimentalno je dokazano da se poveća-



Dijagram 4 — Zavisnost između otpornosti briketa na pritisak i zagrejanosti uglja. Veza između zagrejanosti uglja i intenzivnosti isparavanja vlage (kriva S)  
— pritisak presovanja (p) 1000 kg/cm<sup>2</sup>  
— vlaga u uglju (W) 0,9%.

njem stepena zagrejanosti uglja može uticati na smanjenje pritiska presovanja. Uopšteno može se uzeti da njegova uloga leži u intenzifikaciji plastičnih osobina nekih sastojaka, pridodatih (briketiranje sa vezivom) ili sadržanih u samom uglju (bituminozne materije), i snižavanju stepena vlažnosti uglja. Koliko će se ovo odraziti na kvalitativne osobine briketa u pogledu mehaničke otpornosti u prvom redu zavisi od vrste i sastava uglja, a zatim od temperature njegovog zagrevanja; upravo, tem-

peratura zagrevanja je predodređena temperaturom prevođenja jednog količinskog dela sastojaka, potrebnih za uspešno briketiranje, u stanje u kome su izražene njihove plastične osobine. Krive linije prikazane na dijagramu 4 pokazuju međusobnu zavisnost između temperature zagrevanja i otpornosti briketa na pritisak dobijenih laboratorijskim briketiranjem sitnog kamenog uglja bez veziva. Promenu vlažnosti uglja u zavisnosti od temperature zagrevanja pokazuje kriva linija „S”.

Iz rasporeda tačaka koje pokazuju otpornost briketa, merenu pojedinačno, i oblika i položaja aproksimiranih linija stiče se utisak da se zagrevanje uglja u dijapazonu 25—150°C ravnomerno odnosi na povećanje otpornosti na pritisak; svakom povećanju stepena zagrejanosti za 10°C prosečno odgovara povećanje otpornosti briketa na pritisak za 0,5—0,8 kg/cm<sup>2</sup>. Iz izloženih zavisnosti ne može se precizno uočiti uticaj krupnoće briketiranog uglja na visinu ovih promena. Vrlo mala odstupanja u pogledu odnosa:

$$\frac{\text{Otpornost briketa na pritisak}}{\text{stepen zagrejanosti uglja}}$$

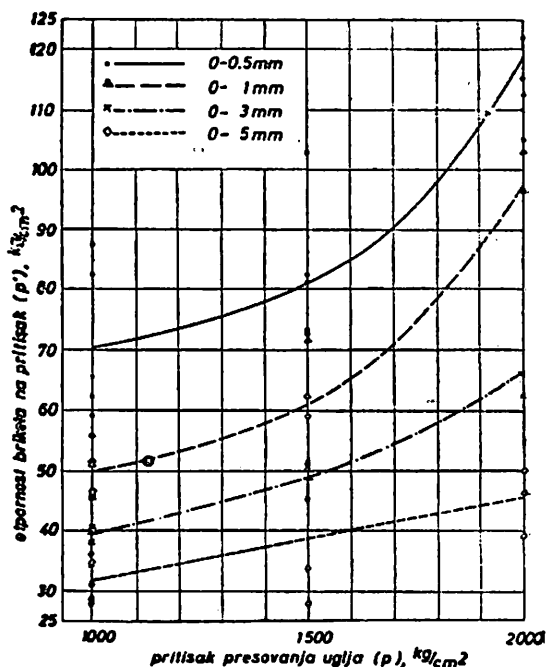
koji se smanjuje prema krupnijim klasama, posledica su, uglavnom, neravnomernog zagrevanja čestica po celoj masi.

Izložene zavisnosti, kao što je već naglašeno, preko stepena zagrejanosti uglja obuhvataju kompleksan uticaj promena plastičnosti sastojaka i vlažnosti uglja. Povećana intenzivnost isparavanja vlage, kada se ugalj zagreva do temperature bliske tački ključanja vode, od 80 do 120°C takođe ima svog odraza na mehaničke osobine briketa. Kod sve četiri grupe opita, određene krupnoćom, kada je ugalj zagrevan na temperaturi od 100°C došlo je do pada prosečnih vrednosti otpornosti na pritisak (na dijagramu: tačkasto izvučene linije). Verovatno je, da ova pojava stoji u vezi sa količinskim učešćem gasovite faze (pare) u uglju za vreme briketiranja, a manifestuje se prvo otporom koji para pruža pri njenom komprimiranju u međuprostore ugljenih čestica pod vrlo visokim pritiskom, a zatim njenom kondenzacijom prilikom hlađenja briketa.

**Zavisnost otpornosti briketa na pritisak od visine pritiska presovanja uglja u brikete**

Pritisak presovanja uglja u granicama između 1000 i 2000 kg/cm<sup>2</sup>, kao što se iz položaja krivih linija prikazanih na dijagramu 5 vidi, je element koji ima najveći stepen uticajnosti na mehaničke osobine briketa. Intenzivnost promena otpornosti

briketa zavisi kako od pritiska presovanja tako i od stepena usitnjenosti uglja.



Dijagram 5 — Otpornost briketa na pritisak u funkciji pritiska presovanja uglja  
— zagrejanost uglja 100°C  
— vlaga u uglju (W) 0,9%.

Dok je efekat pritiska presovanja visine ispod 1500 kg/cm<sup>2</sup> ravnomeran i skoro jednak za sve klase uglja, dotle se u zoni između 1500 i 2000 kg/cm<sup>2</sup> naglo povećava, ali samo kada je u pitanju više usitnjeni ugalj, gornje granične krupnoće ispod 0,5 i 1,0 mm. Kod krupnijih klasa povećanje ovog odnosa je neznatno. Najveće promene u smislu povećanja otpornosti briketa dobijaju se briketiranjem uglja usitnjenog do gornje granične krupnoće 0,5 mm i to pod pritiskom između 1500 i 2000 kg/cm<sup>2</sup>. Ove promene se snižavanjem pritiska smanjuju, a isto tako smanjuju se i u zoni istih pritiska snižavanjem stepena usitnjenosti uglja. Ispitivanje uticaja pritiska većih od 2000 kg/cm<sup>2</sup> nije vršeno.

**Uticaj krupnoće uglja na mehaničke osobine briketa**

Laboratorijski opiti briketiranja vršeni su na uglja usitnjenom do gornje granične krupnoće 0,5 mm, 1 mm, 3 mm i 5 mm. Najbolji rezultati u pogledu mehaničke otpornosti briketa dobijeni su briketiranjem uglja usitnjenog do gornje granične krupnoće 0,5 mm. Briketiranje uglja usitnjenog do gornje granične krupnoće 1 mm isto tako pod određenim

Tablica 4

## Mehaničke osobine laboratorijski dobijenih briketa bez veziva

	Ugalj —0,5+0 mm		Ugalj —1,0+0 mm	
	od—do	prosek	od—do	prosek
otpornost na pritisak, kg/cm <sup>2</sup>	86—146	112	78—97	91
otpornost na savijanje, kg/cm <sup>2</sup>	8,2—10,3	9,3	7,2—11,1	9,1
indeks kohezije, %	90		90	
upijanje vode, %	4		4	
svojstva prema vodi	povoljna		povoljna	
termička stabilnost (900 °C)	zadovoljavajuća		zadovoljavajuća	
oblik briketa	a) kocka 4x4x4 cm b) paralelopiped		kocka 4x4x4 cm 10x4x4 cm	
težina, g	a) 80 b) 200		80 200	

uslovima daje brikete, koji se u pogledu mehaničke stabilnosti nalaze u granicama odgovarajućih normi. Briketi uglja —0,5+0 mm, čija se otpornost na pritisak kreće od 70–120 kg/cm<sup>2</sup> u proseku pokazuju veću čvrstoću na pritisak za oko 12–25 kg/cm<sup>2</sup> od briketa uglja usitnjenog do gornje granične krupnoće od 1 mm, čija prosečna otpornost na pritisak varira između 50 i 95 kg/cm<sup>2</sup>. Najbolji briketi krupnije usitnjenog uglja —3+0 mm i —5+0 mm lome se pod pritiskom od oko 50–60 kg/cm<sup>2</sup>, dok najslabiji podnose opterećenje na pritisak svega 30–40 kg/cm<sup>2</sup>.

Intenzitet promena otpornosti briketa, koje nastaju sa smanjenjem krupnoće uglja, isto tako zavisi i od visine radnog pritiska. Kod relativno nižih pritisaka presovanja, oko 1000 kg/cm<sup>2</sup> najveće promene nastaju u zoni sitnijih krupnoća uglja ispod 1–2 mm pri čemu je njihova neravnomernost najviše izražena. Nasuprot tome, kod radnog pritiska iznad 2000 kg/cm<sup>2</sup> uticaj krupnoće na mehaničku otpornost briketa je više ravnoman.

## Kvalitativne karakteristike briketa

Ispitivanja u kojima je kvalitativna strana u pogledu mehaničke čvrstoće briketa posmatrana kroz njihovu otpornost na pritisak poslužila su za opšte sagledavanje mogućnosti i orijentacioni izbor radnih uslova briketiranja. Ostale veličine, kojima se isto tako karakterišu mehanička svojstva briketa, a koja se koriste za ocenu njihove upotrebne vrednosti i kvaliteta, ispitivane su samo na briketima izrađenim pod izabranim radnim uslovima. Ovim nisu obuhvaćeni briketi uglja krupnoće —5+0 mm i —3+0 mm, jer ovi u pogledu otpornosti na pritisak u krugu

primenjenih radnih uslova nisu pokazali povoljna svojstva.

Iz utvrđenih i već izloženih zavisnosti može se napraviti više kombinacija radnih uslova briketiranja po kojima se mogu očekivati zadovoljavajući rezultati u pogledu otpornosti briketa na pritisak. Tek ako se brojne vrednosti ostalih elemenata, kojima se karakteriše kvalitativna strana briketa, nalaze u granicama određenih zahteva, parametri takvih radnih uslova mogu se smatrati optimalnim. Briketiranjem sitnog uglja krupnoće —0,5+0 mm i —1,0+0 mm pod sledećim uslovima:

	ugalj —0,5+0 mm	ugalj —1+0 mm
— pritisak presovanja uglja, kg/cm <sup>2</sup>	1600	1850
— temperatura zagrevanja uglja, °C	75	75
— sadržaj vlage u uglju, %	0,9	0,9

dobijaju se briketi vrlo dobrih kvalitativnih osobina. U tablici 4 izložene su karakteristike briketa dobijenih pod navedenim radnim uslovima.

## Osvrt na rezultate laboratorijskog briketiranja bez veziva

Uopšte uzevši, sastav ugljevitih masa, koji je nesumnjivo posledica geoloških uslova i zbivanja u fazi stvaranja i procesa ugljenizacije ugljenog sloja, predodređuje kako mogućnost tako i osnovne uslove briketiranja sitnog uglja rudnika „Dobra Sreća“. Relativno visok sadržaj pepela (oko 27%) je odraz visokog udela mineralnih primesa, čije prisustvo vrlo nepovoljno utiče na proces briketiranja. Pri ovome nije toliko bitna količinska zastupljenost (ona je više važna sa gledišta ekonomičnosti takvog po-

stupka) ovih primesa u rovnom uglju koliko njihov kvalitativan sastav. Među mineralnim primesama zastupljenim u uglju količinski vidno mesto zauzimaju mineralne materije glinovite prirode i sekundarne tvorevine, koje se karakterišu povećanim afinitetom prema vodi. Briketi uglja u čiji sastav ulaze i primese ovakve vrste na suvom pokazuju povoljna mehanička svojstva. Ako se takvi briketi dovedu u dodir sa vodom, pored toga što zbog higroskopnosti ovih sastojaka upijaju veću količinu vlage, oni vrlo brzo gube svoju mehaničku otpornost. Ovo stoji u uskoj vezi sa osobinom glinovitih materija da u dodiru sa vodom povećavaju svoju zapreminu (bubre), a kod određenog odnosa čvrste i tečne faze disperguju u vrlo fine čestice gradeći tzv. „pseudorastvore“. Kao posledica bubrenja glinovitih sastojaka u briketu dolazi do neravnomernih naprezanja te i narušavanja njegove kompaktnosti: veze između čestica slabe, a briket vrlo lako podleže dezintegraciji.

Ugljonosni basen „Dobra Sreća“, tokom geološke istorije, bio je izložen znatnim tektonskim poremećajima. Ugljena masa obiluje endogenim i egzogenim prslinama mikro i makro veličine. U nekima od njih došlo je do koncentracije glinovite supstance i pojedinih sastojaka sekundarne prirode (gips, kalcit), a osim toga i do delimične oksidacije, kojoj je ovaj ugalj podložan. Sve ove pojave nepovoljno utiču na otpornost briketa. Sile veza, postignute procesom briketiranja, na kontaktu čestica po oksidisanim i raznorodnim površinama, su manjeg intenziteta od odgovarajućih sila na kontaktu jednorodnih čestica ugljene supstance. Prema tome, mehanička otpornost briketa biće zavisna i od količinskog odnosa ovih dveju vrsta površina.

Pokazalo se, i u toku industrijskog briketiranja i u eksperimentalnom laboratorijskom briketiranju, da se iz rovno odsejanog uglja —14+0 mm ne mogu dobiti briketi dovoljne mehaničke otpornosti. Uzroci ovome upravo se nalaze u izloženim karakteristikama uglja; prisustvo mineralnih primesa nestabilnih prema vodi i brojne prsline čije su površine delom „onečišćene“ takođe mineralnom supstancom i delimično oksidisane. Izdvajanjem mineralnih primesa takve prirode i smanjenjem procentualnog udela „nečistih“ površina, uz pogodan izbor parametara ostalih uticajnih elemenata, stvaraju se povoljni uslovi za briketiranje kamenog uglja iz rudnika „Dobra Sreća“ bez veziva.

Prema tome, ako se sitan ugalj rudnika „Dobra Sreća“ želi briketirati bez veziva, što predstavlja jednu od mogućnosti rešenja njegovog plasmana, isti se mora prethodno podvrgnuti čišćenju i usit-

njavanju do određene krupnoće, što do danas svakako nije činjeno. Pranjem uglja, sa teškom frakcijom (jalovinom) izdvajaju se štetne primese iz ugljene mase, koje kvare kvalitet briketa, a sa povećanjem stepena usitnjenosti uglja utiče se na smanjenje količinskog udela „nečistih“ površina. Isto tako, od stepena usitnjenosti, zapravo od granulometrijskog sastava, zavisi zapreminska težina usitnjenog uglja odnosno stepen ispunjavanja slobodnog prostora kao i količinski udeo aktivnih površina na kontaktima čestica.

Krupnoća uglja, koja se podvrgava briketiranju, u velikoj meri utiče na čvrstoću briketa. Tek kada je očišćen ugalj usitnjen do gornje granične krupnoće od oko 1 mm, laboratorijski su dobijeni briketi čiji se parametri mehaničkih osobina nalaze u krugu određenih normi za brikete kamenih ugljeva, koje se u svetu najčešće koriste. Većim usitnjavanjem stvaraju se povoljniji uslovi za briketiranje. Tako briketi, dobijeni iz čistog uglja usitnjenog do gornje granične krupnoće 0,5 mm, u pogledu mehaničke otpornosti, u svemu nadvišuju brikete uglja gornje granične krupnoće 1,0 mm.

Iz čistog uglja, koji sadrži 12,8% pepela na 105°C usitnjenog do gornje granične krupnoće 1,0 mm i 0,5 mm procesom briketiranja u laboratorijskom obimu pod sledećim radnim uslovima:

	ugalj —0,5+0 mm	ugalj —1+0 mm
pritisak presovanja uglja, kg/cm <sup>2</sup>	1600	1850
temperatura zagrevanja uglja, °C	75	75
sadržaj vlage u uglju, %	0,9	0,9

dobijaju se briketi vrlo dobrih kvalitativnih osobina u pogledu mehaničke otpornosti (tab. 4) i imaju donju kaloričnu moć od 7.300 kcal/kg.

Oblik briketa je pravilan i odgovara kalupu. Rogljevi i ivice su jasno izraženi, oštri i ne podležu lakom uklanjanju-ronjenju. Površine su crne boje i dovoljno glatke. Pod prstima ruku se ne rone i ne prljaju prste.

Briketi pokazuju relativno visoku čvrstoću koja pojedinačno varira u širim granicama. Naročito briketi, dobijeni iz uglja usitnjenog do gornje granične krupnoće 0,5 mm, odlikuju se relativno visokom otpornošću na pritisak (86—146 kg/cm<sup>2</sup>) i savijanje (8,2—10,3 kg/cm<sup>2</sup>) kao i visokim koeficijentom kohezije; briket kod 50 bacanja na dasku sa visine 1,8—2,0 m ostaje zdrav, a oblik se menja utoliko što su mu ivice i rogljevi samo zaobljeni, pri čemu njegov gubitak u težini ne prelazi veličinu od 8%.

Briketi uglja gornje granične krupnoće 1 mm po brojnim vrednostima su nešto slabiji, ali i oni prema standardima se mogu ubrojiti u visoko kvalitetne brikete, u pogledu mehaničke otpornosti. Njihova otpornost na pritisak varira između 78 i 97 kg/cm<sup>2</sup>, a otpornost na savijanje se kreće od 7,2—11,1 kg/cm<sup>2</sup>. Relativno mali gubitak u težini, svega oko 6% kod 20 bacanja na dasku sa visine od oko 1,8—2 m pokazuje da su i ovde visoko istaknute sile unutrašnjih veza (kohezione sile).

U vodenoj sredini briketi uglja klase krupnoće —1+0 mm upijanjem vode povećavaju svoju ukupnu vlagu sa vremenom stajanja u vodi u sledećem odnosu:

Vreme h	Povećanje težine %	Vlaga u briketu %
0,00	0,00	0,90
0,10	0,03	0,94
0,30	0,29	1,20
1,00	0,62	1,54
2,00	0,90	1,82
3,00	1,09	2,02
6,00	1,55	2,48
11,30	2,56	3,49
24,00	3,21	4,15

Kao posledica povećanja vlage dolazi do delimičnog snižavanja otpornosti briketa. Izvedena merenja su pokazala da je potrebno da briket stoji

oko 24 časa pod vodom da bi se njegova otpornost na pritisak umanjila na jednu polovinu početne brojne vrednosti. Sa ukupnom vlagom, koju briket upije za 6 časova stajanja u vodi, isti pokazuje otpornost, koja se nalazi u granicama standarda, veću od 60 kg/cm<sup>2</sup>.

Kod sagorevanja briketa dolazi do izražaja relativno visok indeks nadimanja kojim se karakteriše kašeni ugalj rudnika „Dobra Sreća”. Ono je ravnomerno i kod 900° C se izvodi bez raspadanja briketa.

#### Literatura

- Iliwitski, J., 1934: Brikettpresse und Brikettierung nach Apfelbeck. — „Glückauf” br. 17.
- Holik, J., 1934: Die bindemittelfreie Brikettierung nach Apfelbeck. — „Glückauf” br. 17.
- Podgajni, O., 1960: Petrografski sastav uglja iz rudnika „Dobra Sreća”. — Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, knjiga XVIII, Beograd.
- Podgajni, O., 1961: Prilog petrološkom ispitivanju oksidisanih ugljeva. — Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, knjiga XIX, Beograd.
- Remesnikov, I. D., 1958: Briketirovanie uglja. Ugletehizdat, Moskva.
- Rudenko, I. G., 1958: Osnovy obogašćenija i briketirovanija uglej. — Ugletehizdat, Moskva.
- Gosplan RSFSR — Naučnye trudy po obogašćeniju i briketirovaniju uglej. — Ugletehizdat, Moskva, 1958.

