

„ RUDARSTVO 2022“

13. simpozijum sa međunarodnim učešćem
- Održivi razvoj u rudarstvu i energetici

“MINING 2022“

- 13st Symposium with international participation
- Sustainable development in mining and energy

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

**Hotel „ Fontana “, Vrnjačka Banja
23. - 26. maj 2022.**

ZBORNİK RADOVA/ PROCEEDINGS

Organizatori:

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina
Privredna komora Srbije

Izdavač / Publisher

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina

Urednik / Editor

Miroslav Ignjatović

Štampa / Printed by

Akadska izdanja

Tiraž / Copies

180

ISBN: 978-86-80420-25-7.

Beograd, 23 maj 2022

13. Simpozijum „Rudarstvo 2022“ ***Održivi razvoj u rudarstvu i energetici***

NAUČNI ODBOR

prof.dr Ljubiša Andrić, ITNMS, Beograd; dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; dr Dragan Radulović, ITNMS, Beograd; Prof. dr Neđo Đurić, Tehnički institut, Bjeljina; prof.dr Grozdanka Bogdanović, Tehnički fakultet; dr Dragana Jelisavac Erdeljan, MRE R. Srbije; dr Branislav Marković, ITNMS, Beograd; prof. dr Jovica Sokolović, Tehnički fakultet, Bor; prof.dr Predrag Jovančić, RGF, Beograd; dr Slavica Mihajlović, ITNMS, Beograd; dr Dragana Ranđelović, ITNMS, Beograd; dr Vladimir Jovanović, ITNMS, Beograd; Prof. Snežana Ignjatović, RGF, Beograd; dr Nevad Ikanović, JP Elektroprivreda BiH, prof.dr Omer Musić, RGG fakultet, Tuzla; dr Nataša Đorđević, ITNMS, Beograd; dr Zlatko Dragosavljević, rudnik GROT; dr Zajim Hrvat, JP Elektroprivreda BiH; Prof.dr Marina Dojčinović, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd; dr Edin Lapandić, JP Elektroprivreda BiH, dr Miro Maksimović, RiT „Ugljevik“, Ugljevik, dr Rada Krgović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; dr Aleksandra Patarić, ITNMS, Beograd; dr Branko Petrović, JP EPS, Ogranak RB; Kolubara; mr Jadranka Vukašinić, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; mr Šefik Sarajlić, RMU Đurđevik; dr Dimšo Milošević, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; dr Milisav Tomić, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; dr Halid Čičkušić, ZDR „Kreka“, BiH, dr Milica Vlahović, IHTM, Beograd; dr Sanja Martinović, IHTM, Beograd; mr Žarko Nestorović, JPEPS, Ogranak HE Đerdap

PROGRAMSKI ODBOR

dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Milan Jakovljević, JP EPS; Danko Prokić, JP EPS; Andrea Radonjić, Rio Tinto; Jovica Radisavljević, Zijin Bor Copper doo Bor; Prof. dr Milanka Negovanović, RGF, Beograd; Branko Đukić, JP PEU, Resavica; Borivoje Stojadinović, IRM Bor; Ivan Filipov, rudnik Kovin; Drago Vasović, rudnik Veliki Majdan; Mr Šahbaz Lapandić, rudnik mrkog uglja Banovići

SADRŽAJ / CONTENTS:

Plenarna predavanja / Plenary Presentations

FITORUDARENJE NIKLA: RAZVOJ, METODE I MOGUĆNOST PRIMENE U SRBIJI Branislav Marković, Dragana Ranđelović, Gvozden Jovanović, Miroslav Sokić	5
NAUČNA STRUČNA VALIDACIJA BENTONITSKOG MINERALNOG RESURSA, NA OSNOVU FIZIČKO-HEMIJSKIH I MINERALOŠKIH ISPITIVANJA UZORKA BENTONITA IZ LEŽIŠTA „BIJELO POLJE“ – OPŠTINA BAR Dragan S. Radulović, Ljubiša Andrić, Branislav Ivošević, Dejan Todorović, Vladimir Jovanović, Sonja Milićević, Jelena Petrović	23
TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE LIGNITA KOLUBARSKOG UGLJONOSNOG BASENA, SRBIJA Bogoljub Vučković, Dragana Životić, Biljana Radovanović	38
POBOLJŠANJE TEHNOLOGIJE PODVODNE EKSPLOATACIJE UGLJA NA RUDNIKU KOVIN Ivan Filipov	48
PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA KOD IZRADE VERTIKALNIH JAMSKIH PROSTORIJA-OKANA Duško Đukanović, Nemanja Đokić	59
PROIZVODNJA ČVRSTOG BIOGORIVA OD OTPADNE BIOMASE POSTUPKOM HIDROTERMALNE KARBONIZACIJE Jelena Petrović, Marija Simić, Marija Ercegović, Marija Koprivica, Marija Kojić, Jelena Milojković, Jelena Dimitrijević	71
STRATEGIJA RUDARSKIH KOMPANIJA ZA VREME PANDEMIJE COVID-19 Slavica Miletić, Dejan Bogdanović, Miroslav Ignjatović, Emina Požega, Zdenka Stanojević Šimšić, Vesna Conić	77
TERMALNA ANALIZA MEHANIČKI AKTIVIRANOG NATRIJUM KARBONATA I NJEGOVE FAZNE PROMENE TOKOM VREMENA RELAKSACIJE Nataša Đorđević, Slavica Mihajlović, Sanja Martinović, Milica Vlahović	85
KARAKTERIZACIJA UZORKA HOLOVIM EFEKTOM I VAN DER PAUOVOM METODOM Emina Požega, Nikola Vuković, Danijela Simonović, Milijana Mitrović, Slavica Miletić, Miloš Janošević, Miomir Mikić	93
RECIKLAŽA OTPADA KOJI SADRŽI MATERIJALE NA BAZI KARBONATNIH MINERALNIH SIROVINA Slavica Mihajlović, Nataša Đorđević, Vladan Kašić, Vladimir Jovanović	107

Saopštenja / Contributions

PROCESNA ANALITIKA

Zorica Gojak 125

DEFINISANJE OPTIMALNE KONTURE POVRŠINSKOG KOPA ZAGRAĐE 5 KOD BORA

Daniel Kržanović, Radmilo Rajković, Miomir Mikić, Milenko Jovanović 118

OSKULTACIJA FLOTACIJSKIH JALoviŠTA

Sandra Milutinović, Ivan Svrkota, Ljubiša Obradović, Miomir Mikić 125

PRIMENA KOMBINOVANIH (HIBRIDNIH) MATERIJALA U GEOMEMBRANAMA

Milenko Jovanović, Daniel Kržanović, Radmilo Rajković, Miomir Mikić
Emina Požega 136

ANALYSIS OF STABILITY OF THE FINAL SLOPE OF THE OPEN PIT MINING SOUTH DISTRICT OF THE COPPER MINE MAJDANPEK IN THE NORTHWESTERN PART - LANDSLIDE ZONE

Radmilo Rajković, Daniel Kržanović, Miomir Mikić, Milenko Jovanović,
Emina Požega 144

REKULTIVACIJA SPOLJAŠNJEG ODLAGALIŠTA JALOVINE SARAKA POVRŠINSKOG KOPA „VELIKI KRIVELJ”, SRBIJA

Miomir Mikić, Milenko Jovanović, Radmilo Rajković, Igor Svrkota 152

REKULTIVACIJE ODLAGALIŠTA KONCENTRATA PIRITA, FLOTACIJSKOG JALoviŠTA I ODLAGALIŠTA NEUTRALIZACIONOG MULJA NA LOKACIJI ČUKARU PEKI, SRBIJA

Miomir Mikić, Sandra Milutinović, Milenko Jovanović, Daniela Urošević 170

MONITORING FORMIRANOG ODLAGALIŠTA U OTKOPANI PROSTOR PK KRAKU BUGARESKU CEMENTACIJA 1

Miomir Mikić, Emina Požega, Radmilo Rajković, Daniel Kržanović 188

BUDUĆNOST UGLJA U ENERGETICI REPUBLIKE SRBIJE NAREDNIH DECENIJA

Mirko Ivković, Vladimir Todorović, Boban Branković, Zorica Ivković,
Dejan Dramlić 179

BUDUĆNOST PODZEMNE GASIFIKACIJE UGLJA SA ASPEKTA ODRŽIVOG RAZVOJA

David Petrović, Duško Đukanović, Nemanja Đokić, Vladimir Todorović 190

ANALIZA REZERVI UGLJA PREDISPONIRANIH ZA SISTEM

PODZEMNE EKSPLOATACIJE U REPUBLICI SRBIJI

Ivković Zorica, Tošić Dražana, Dramlić Dejan 201

UTICAJ SLOŽENIH RUDARSKO- GEOLOŠKIH FAKTORA NA IZBOR NAČINA OTKOPAVANJA ŠIROKOČELNOM OTKOPNOM TEHNOLOGIJOM

Halid Čičkušić, Kenan Herco, Šefik Sarajlić 209

POSTUPAK IZRADE KVALITETNIH GEOLOŠKIH PODLOGA U SLUŽBI PRIMENJENE GEOLOGIJE, LEŽIŠTE UGLJA „POLJE G“, KOLUBARSKI UGLJONOSNI BASEN, SRBIJA

Slobodan Lalatović 220

ZNAČAJ I REALIZACIJA GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA ZA IZGRADNJU TE "KOLUBARA B"	
Miodrag Kezović	233
DETALJNA ANALIZA PRVOG UGLJENOG SLOJA U DELU LEŽIŠTA "TAMNAVA-ZAPADNO POLJE"	
Miodrag Kezović	227
KOMPJUTERSKI SIMULACIONI MODEL DISKONTUNUALNOG SISTEMA EKSPLOATACIJE UGLJA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA	
Dimšo Milošević, Miro Maksimović	259
ODREĐIVANJE UKUPNE ŽIVE U UGLJU POMOĆU ANALIZATOR AMA-254	
Rada Krgović, Jadranka Todorović	269
PREGLED OSNOVNIH SIROVINA ZA PROIZVODNJU ČELIKA U SVIJETU U RAZDOBLJU OD 2000. DO 2022. GODINE	
Mirko Gojić, Stjepan Kožuh, Ivana Ivanić	294
KOMASACIJA I ODRŽIVO KORIŠĆENJE POLJOPRIVRENOG ZEMLJIŠTA	
Milan Trifković, Miroslav Kuburić, Jelena Tatalović, Žarko Nestorović	308
KOMPLEKSNOŠĆ SISTEMA ODVODNJAVANJA NA PK GACKO	
Aleksandar Ateljević, Dušan Nikčević, Nenad Lasica, Petar Marković, Ranko Stojanović	313
MODELIRANJE ZAGAĐENJA ZEMLJIŠTA U ZONI RUDNIKA SA POVRŠINSKOM EKSPLOATACIJOM LIGNITA, PRIMENOM DALJINSKE DETEKCIJE I GIS-a	
Milislav Tomić	325
POJAM, ZNAČAJ I NAČIN FORMIRANJA ORGANIZACIONE KULTURE U DELATNOSTI RUDARSTVA	
Blagoje Aleksić	334
PRIMENA ANTRACITA KAO TEHNOLOŠKE SIROVINE U SPECIJALNE NAMENE	
Bojana Maksimović, Branislav Stakić, Jovica Sokolović, Ivana Ilić	350
UNAPREĐENJE UPRAVLJANJA POMOĆNOM MEHANIZACIJOM NA PK „DRMNO“ PRIMENOM KONCEPTA PAMETNOG RUDARSTVA	
Filip Todorović, Goran Anđelić	357

TERMALNA ANALIZA MEHANIČKI AKTIVIRANOG NATRIJUM KARBONATA I NJEGOVE FAZNE PROMENE TOKOM VREMENA RELAKSACIJE

Nataša Đorđević¹, Slavica Mihajlović¹, Sanja Martinović², Milica Vlahović²

¹Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, Srbija,

²Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd

Apstrakt

Ovo istraživanje se bavi termičkom analizom mehanički aktiviranog natrijum karbonata i promenama do kojih dolazi kako tokom aktivacije sistema, tako i tokom vremena relaksacije aktiviranog Na_2CO_3 u kontrolisanim uslovima. Natrijum karbonat je aktiviran 2 i 7 minuta u vibro mlinu, a zatim su aktivirani uzorci odloženi u atmosferi ugljen dioksida pri vlažnosti od 95 % tokom 96 h. Nakon toga je urađena diferencijalna termalna analiza sa termogravimetrijom da bi se utvrdile promene do kojih je došlo na aktiviranim uzorcima u periodu relaksacije. Praćena je promena temperature razlaganja aktiviranih uzoraka Na_2CO_3 kao i gubitak mase i stepen konverzije Na_2CO_3 u NaHCO_3 u funkciji od vremena aktivacije i vremena relaksacije. Proučene su i reakcije konverzije natrijum karbonata u natrijum bikarbonat u prisustvu ugljen dioksida i vlage.

Ključne reči: Mehanička aktivacija, Na_2CO_3 , fazne promene, termalna analiza

Uvod

Natrijum karbonat ima sposobnost apsorpcije ugljen dioksida iz vazduha. U cilju povećanja sorpcionih sposobnosti, istraživači su različitim metodama pokušavali da ostvare maksimalne rezultate primenom različitih koncentracija masenih odnosa natrijum karbonata i bikarbonata [1], pravljenjem rastvora i suspenzija, ispitivanjem jonskih tečnih/laponitnih hibrida kao efikasnih adsorbenata CO_2 [2], pravljenjem različitih aparatura koje koriste natrijum karbonat, kao i sorbense na bazi natrijum karbonata, a u cilju što bolje apsorpcije CO_2 . Ispitivane su mogućnosti poboljšanja unosa CO_2 od strane polietilenamina kao i korišćenjem cink-silikatnih nosača [3] i drugim metodama [4-7]. Poznato je da su isprobani različiti modeli u cilju apsorbovanja ugljen dioksida, bilo u industrijskim postrojenjima, bilo direktno izloženog vazduha (obzirom da je ugljen dioksid nus-proizvod mnogih industrijskih postrojenja, njegovo ispuštanje veoma utiče na zagađenje životne sredine). Brojni istraživači su se bavili apsorpcijom ugljen dioksida [8,9]. Od velikog je značaja praćenje nivoa CO_2 u vazduhu, bilo da se radi o prirodnim katastrofama koje doprinose poremećajima atmosfere, vode i zemljišta [10-14], bilo uticaju čoveka delovanjem kroz tešku i automobilsku industiju i život u velikim gradovima [15-16].

Eksperimentalna procedura

U ovoj studiji je korišćen natrijum karbonat p.a. čistoće, MERCK indeks 11.8541. Vrednosti energije veze predstavljene natrijum karbonatom su: a) Na–O (364 kJ/mol), b) C–O (1076,4 kJ/mol), c) C=O (532,2 kJ/mol). Temperatura raspadanja natrijum karbonata je 851°C. Natrijum karbonat ima monoklinsku kristalnu rešetku (a = 8,907; b = 5,239; c = 6,043). Specifična masa je 2500 kg / m³. Hemijski sastav natrijum karbonata prema MERCK indeksu 11,8541 dat je u tabeli 1.

Tabel 1. Hemijska analiza natrijum karbonata

$\Sigma \text{Na}_2\text{CO}_3=99,5$	%
Cl ⁻	0,002
SiO ₂	0,005
Pb	0,0005
Fe	0,0005
Al	0,01
Mg	0,0005
K	0,01
SO ₄ ²⁻	0,005
Ca	0,005
Gubitak sušenjem 180°C	0,5

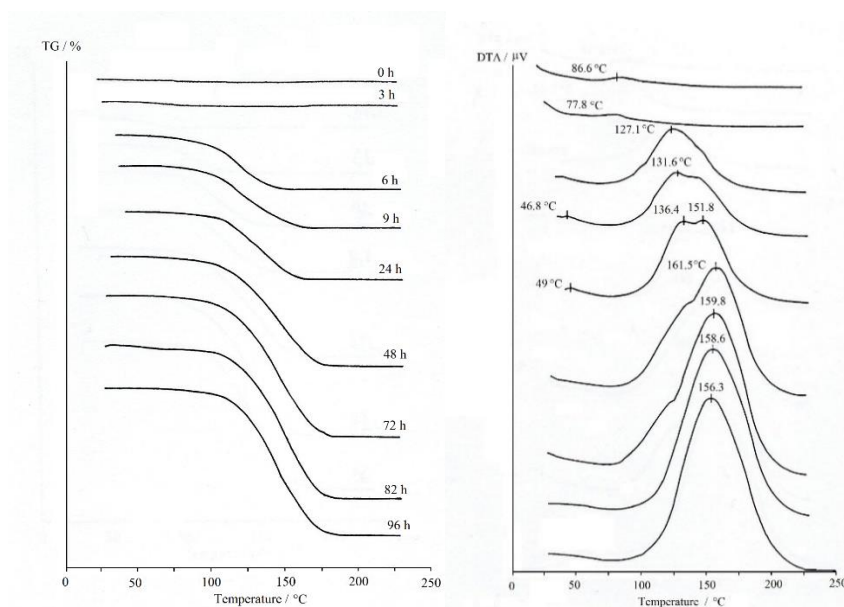
Urađena je hemijska analiza na reprezentativnom uzorku.

Uzorak Na₂CO₃, težine 50 g, aktiviran je mehaničkim postupkom u trajanju od 2 i 7 minuta u visokoenergetskom mlinu sa torzionim oprugama i prstenastim elementima „KHD HUMBOLDT VEDAGAG“. Zapremina radne posude mlina bila je 2 dm², a optimalna masa materijala koji se može aktivirati je 200 g. Snaga motora bila je 0,8 kV. Uređaj radi diskontinuirano u atmosferi vazduha. Intenzivno vibrirajuće kretanje radnog komada mlina sa masivnim prstenovima dovodi do zagrevanja posude do temperature od 80 °C. Nakon aktivacije, uzorci natrijum karbonata su stavljani u atmosferu ugljen-dioksida i vlažnosti od 95 % tokom 96 h. Uzorci su izloženi sobnoj temperaturi. Kao funkcija vremena aktivacije u mehaničko-hemijskom reaktoru, vreme zadržavanja uzorka posle aktivacije (vreme relaksacije) praćeno je primenom DTA/TG metoda. Praćena je promena temperature raspadanja aktiviranih uzoraka Na₂CO₃, kao i gubitak mase i stepen konverzije Na₂CO₃ u NaHCO₃ u funkciji vremena aktivacije i vremena relaksacije. Termogravimetrijska i diferencijalna termička analitička merenja su obavljena na aktiviranim uzorcima na METZSCH aparatu u temperaturnom opsegu 20-1000 °C, sa brzinom zagrevanja od 10 °C/min.

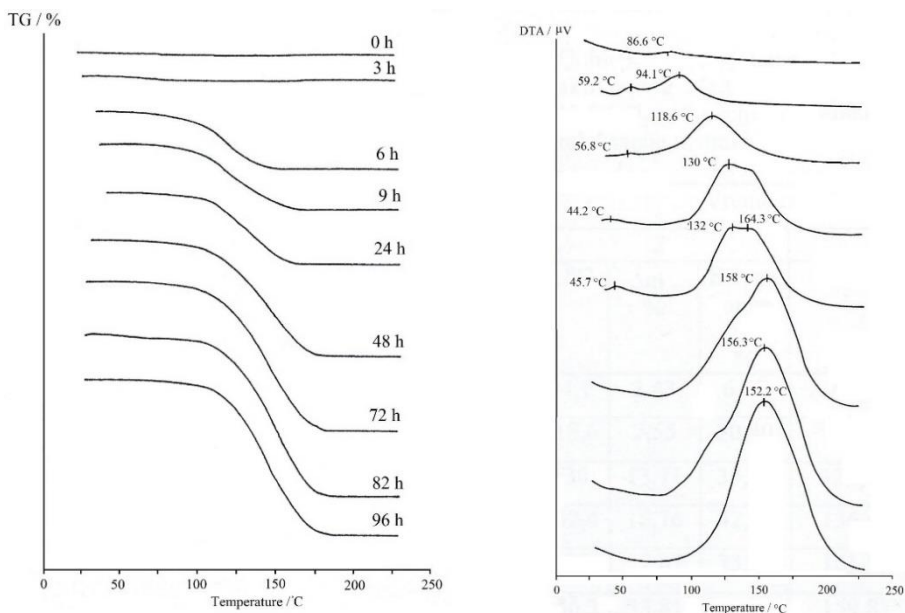
3. Rezultati i diskusija

Cilj DTA/TG analize je bio da se utvrde promene razlaganja (gubitak mase pri razlaganju i temperature na kojima dolazi do razlaganja) u funkciji od vremena aktiviranja i vremena relaksacije uzoraka Na_2CO_3 . Na osnovu ovih podataka bilo bi moguće utvrditi kvantitativnu procenu konverzije aktiviranog natrijum karbonata u NaHCO_3 u kontrolisanim ulovima. Na slikama 1. i 2. su prikazani uporedni dijagrami DTA i TG analize aktiviranih uzoraka.

Promena temperature razlaganja i gubitak mase u funkciji od vremena mlevenja i vremena relaksacije prikazani su na slikama 3. i 4.



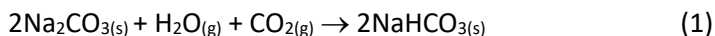
Slika 1. DTA/TG uporedni dijagram uzoraka Na_2CO_3 aktiviranih 2 minute u funkciji od vremena relaksacije u atmosferi CO_2 i vlažnosti 95%

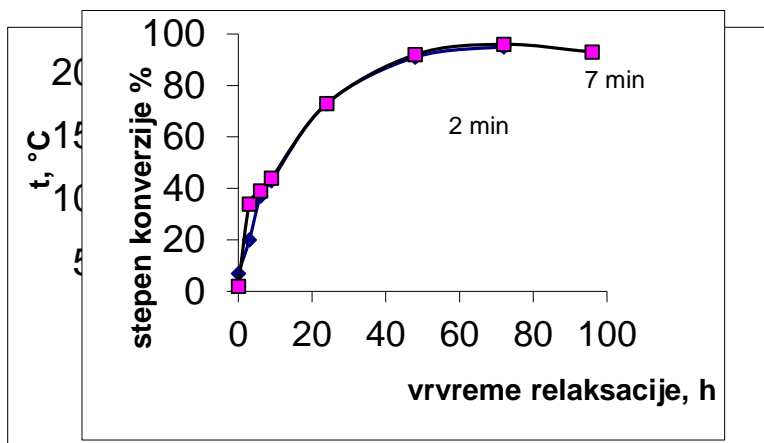


Slika 2. DTA/TG uporedni dijagram uzoraka Na_2CO_3 aktiviranih 7 minuta u funkciji od vremena relaksacije u atmosferi CO_2 i vlažnosti 95%

Sa dijagrama promene temperature razlaganja u funkciji od vremena relaksacije i vremena aktivacije, prikazanom na slici 3., uočava se da u prvih 24 sata temperatura razlaganja ima tendenciju porasta, pri čemu u prva tri sata temperatura naglo raste. S obzirom da su temperature razlaganja za uzorke kojima je odmah nakon aktiviranja (vreme relaksacije 0 h za 2 i 7 minuta aktiviranja) rađena analiza, vrednosti ispod $100\text{ }^\circ\text{C}$, radi se o prostom gubitku vlage. Pri tome je vrednost gubitka vlage ispod 2,5% za oba uzorka, Slika 4.

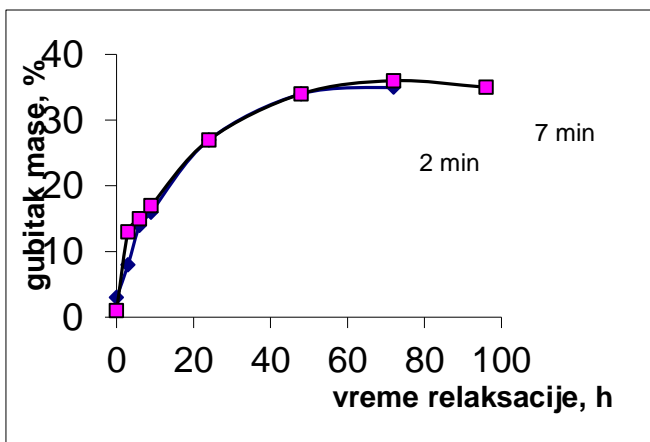
Do trećeg sata stajanja uzoraka u kontrolisanog sredini, usled aporpcije vlage i ugljen dioksida dolazi do takvih promena na uzorcima natrijum karbonata, koje dovode do porasta temperature razlaganja na oko $120\text{ }^\circ\text{C}$. Pri tome je gubitak mase 7,55 % (2 min.) odnosno gotovo 13 % (7 min). Ovo ukazuje da stajanjem aktiviranog natrijum karbonata u atmosferi ugljen dioksida i prisutne vlage verovatno dolazi do hemijskih promena na uzorku odnosno do konverzije Na_2CO_3 u NaHCO_3 po reakciji (1). Do 24-og sata temperatura razlaganja raste do vrednosti $160\text{ }^\circ\text{C}$, nakon čega se stabilizuje sve do kraja eksperimenta. Gubitak mase uzoraka je 27% za 24-ti sat, nakon čega i dalje raste do vrednosti 35, odnosno 36 % do 72-og sata, posle čega se stabilizuje.





Slika 3. Promena temperature razlaganja aktiviranih uzoraka Na₂CO₃ u funkciji od vremena aktivacije i vremena relaksacije.

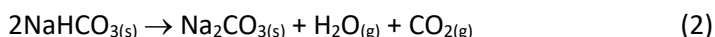
Na Slici 3. prikazana je promena temperature razlaganja aktiviranih uzoraka natrijum karbonata u funkciji od vremena aktivacije i vremena relaksacije. Tok obe krive, uzorka aktiviranog 2min kao i uzorka aktiviranog 7min je slican, s tim sto su temperature razlaganja uzoraka aktiviranih 2 min nesto niže u odnosu na uzorke aktivirane 7 min (od 1 do 9 °C).



Slika 4. Gubitak mase pri razlaganju aktiviranih uzoraka Na₂CO₃ u funkciji od vremena aktivacije i vremena relaksacije

Kriva promene gubitka mase pri zazlaganju aktiviranih uzoraka natrijum karbonata u funkciji od vremena aktivacije i vremena relaksacije je prikazana na Slici 4. Uočljiv je skok gubitka mase uzoraka tokom vremena relaksacije, posebno u toku prvih 50 sati, kada kriva promene dostiže gotovo maksimalnu vrednost. Dalji gubitak mase prati sasvim blag porast vrednosti, dostižući svoj maksimum. Pri tome se najveća razlika u zavisnosti od vremena aktivacije uocava u prvih 10 sati vremena relaksacije, pri cemu je veci gubitak mase uocen kod uzorka aktiviranog 7 min. Nakon 10 sati vremena relaksacije, promena toka gubitka mase kod ova analizirana uzorka je praktično zanemarljiv, te su promene prakticno istovetne.

Ako se pretpostavi da stajanjem aktiviranog natrijum karbonata u datim uslovima dolazi do konverzije aktiviranog natrijum karbonata u NaHCO_3 po reakciji (1), onda se razlaganje na povišenim temperaturama odigrava po suprotnoj reakciji, i to:



Kada se gubitak mase uzoraka datim u tabeli 3. preračuna po reakciji (2) na ugljen dioksid i vodu, dobijaju se podaci dati u vidu stepena konverzije. Iz podataka se može zaključiti da stajanjem uzoraka u višku ugljen dioksida i vlage i njihovom apsorpcijom po celoj zapremini uzorka dolazi do konverzije u natrijum bikarbonat, i da u toku 72 sata gotovo kompletan natrijum karbonat prelazi u natrijum bikarbonat. Promena stepena konverzije prikazan na Slici 5. koji je praćen na osnovu podataka dobijenih DTA i TG analizon aktiviranih uzoraka, pokazuje da je do 50-tog sata vremena relaksacije došlo do preko 90% konverzije natrijum karbonata u natrijum bikarbonat, i da je do 80-tog sata postignuta maksimalna vrednost od 95% za uzorak aktiviran 2min, i 96% za uzorak aktiviran 7 minuta. Najveća razlika u stepenu konverzije između uzoraka u funkciji od vremena aktivacije se uočava od 3-ćeg do 10-tog sata vremena relaksacije. Prikazani rezultati pokazuju da aktiviranje uzoraka ima značajnog uticaja na apsorpciju CO_2 i H_2O na uzorcima Na_2CO_3 . Ostvarena je konverzija natrijum karbonata u natrijum bikarbonat, sa stepenom konverzije i stepenom iskorištenja od $\eta=0,96$.

4. Zaključak

DTA i TG analize uzoraka koji su nakon aktiviranja stajali u atmosferi ugljen dioksida pri vlažnosti od oko 95% pokazuje da u toku vremena relaksacije dolazi do određenih hemijskih promena na aktiviranom uzorku. Ove promene u kristalnoj strukturi natrijum karbonata su se manifestovale time da stajanjem uzoraka u kontrolisanoj sredini dolazi ne samo do apsorpcije i adsorpcije, već i do hemisorpcije ugljen dioksida i vlage. Rezultat ove hemisorpcije je konverzija natrijum karbonata u natrijum bikarbonat. Ovo se manifestovalo porastom temperature razlaganja i gubitka mase uzoraka u funkciji od vremena relaksacije. Prezentovani rezultati pokazuju da se mehaničkom aktivacijom natrijum karbonata značajno povećava sposobnost sorpcionih svojstava Na_2CO_3 . Mehanička energija prenetá kristalima tokom perioda aktivacije ne samo da povećava slobodnu

površinu praha koji se aktivira, već i narušava kristalnu strukturu, i podiže sistem na viši energetski nivo. Energija akumulirana u aktiviranom natrijum karbonatu u uslovima prisutnog ugljen dioksida i vlage se oslobađa reagujući sa prisutnim agensima, vezujući ih hemijski. Stepem konverzije, dostiže približno idealnu vrednost (95,22% i 96,46%). Postignut je stepen iskorištenja $\eta=0,96$.

Zahvalnica

Ovaj rad je finansijasi podržalo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (br. 451-03-68/2022-14/200023 и 451-03-8/2022-14/200026).

5. References

1. B. Halimahton, A. elsadig, H. Mizan, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* vol 35, 389-397, 2012.
2. Schulze E., Lohmeyer S., Giese W., *Journal Isotopes in Enviromental and Health Studies*, vol 34, 1-2, 1998.
3. Yuanhao C., Weilin W., Liang L. at. all., *Materials.*, 11, 183 pp. 2018.
4. Xu Y., Zhou Y., Liu J., Sun L., *J. Energy Chem.*, 26, 1026–1029 pp. 2017.
5. Kuwahara Y., Kang D.Y., Copeland J.R., Brunelli N.A., Didas S.A., Bollini P., Sievers C., Kamegawa T., Yamashita H., Jones C.W., *J. Am. Chem. Soc.*, 134, 10757–10760 pp. 2012.
6. Xu Y., Zhou Y., Liu J., Sun L., *J. Energy Chem.*, 26, 1026–1029 pp. 2017.
7. Kekić D., Milenković M., Čudan A., *Ecologica.*, 95, 283-289 pp. 2019.
8. Zenović I., *Ecologica* 85, 143-149 pp. 2018.
9. Gilman P., Benjamin J., *Ann. Rev. Matterials, Sci. Paolo Alto*, 13, 279, 1983.