

# EKONOMSKI UČINKI PREDELAVE STRANSKIH PRODUKTOV RECIKLIRANJA ODPADNEGA ALUMINIJA IN ALUMINIJEVE ŽLINDRE V TRŽNO ZANIMIVE IN OKOLJU NEŠKODLJIVE IZDELKE

## THE ECONOMICS OF CONVERTING ALUMINUM WASTES INTO VALUABLE AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PRODUCTS

**Varužan Kevorkijan**

Zasebni raziskovalec  
kevorkijan.varuzan@amis.net

*Prejem rokopisa - received: 2000-11-28; sprejem za objavo - accepted for publication: 2001-05-17*

V delu obravnavamo postopke recikliranja aluminijevih zlitin iz odpadnega aluminija in aluminijeve žlindre s pretaljevanjem v rotacijski peči konvertorskega tipa, ogrevani z gorilnikom na zemeljski plin in kisik. Opisani so trije postopki pretaljevanja odpadnega materiala: **klasični**, **"mokri" postopek** z dodatkom soli v razmerju 1:1 glede na vsebnost nealuminijskih sestavin v odpadnem materialu, **"suhi" postopek** z dodatkom soli 0,6:1 glede na nealuminijske sestavine v odpadnem materialu in **postopek pretaljevanja brez dodatka soli**, ki se večinoma uporablja le za pretaljevanje aluminijeve žlindre.

Osnovni problem, ki se pojavlja pri vseh treh postopkih recikliranja aluminijevih zlitin iz odpadnega aluminija in aluminijeve žlindre je **predelava stranskih produktov** pretaljevanja odpadnega materiala v koristne in okolju neškodljive izdelke oz. surovine za nadaljnjo uporabo.

Pri "mokrem" in "suhem" postopku gre za predelavo t.i. **"slanega kolača"**, pri postopku pretaljevanja brez dodatka soli pa za predelavo **"nekovinskega ostanka"**.

Opisani so in ekonomsko ovrednoteni različni postopki recikliranja soli iz "slanega kolača" in predstavljeni možni postopki nadaljnje predelave "nekovinskega ostanka".

Ključne besede: recikliranje aluminijevih zlitin, odpadni aluminij, aluminijeva žindra, pretaljevanje v rotacijski peči, stranski produkti, "slani kolač", "nekovinski ostanek"

The advanced aluminum-alloy recycling procedures, based on remelting of aluminum scrap and aluminum dross in a tilted rotary barrel furnace equipped with a multi-purpose oxy-fuel-based combustion system have been evaluated. These are: the "wet" process, in which typically 1 kg of salt flux is added to 1 kg of non-aluminum constituents of scrap and dross, the "dry" (low-salt) process, which uses 40% less salt flux compared to the "wet" process, and the "salt-free process", which is promising for the recovery of aluminum from aluminum dross.

The common problem in all of above-listed procedures is an appropriate diversion of the recycling wastes produced by aluminum recycling in a variety of commercially valuable and environmentally friendly products.

The "wet" and "dry" processes generate a so-called "salt cake", which consists of aluminum metal, spent salt flux and residue oxides while the "salt-free process" produces only residue oxides.

Different procedures for salt recovery from salt the cake were described and the economics associated with these scenarios were evaluated. Moreover, various possibilities for the conversion of residue oxides into valuable products were listed and the economics associated with additional processing of residue oxides were also evaluated.

Key words: recycling of aluminum alloys, aluminum scrap, aluminum dross, remelting in rotary furnace, aluminum wastes, "salt cake", "residue oxides".

### 1 UVOD

Na prehodu v novo tisočletje skoraj tretjino (30%) aluminija, ki ga uporabljamo na svetu, pridobivamo z recikliranjem. Tako je delež recikliranega aluminija zadnja leta praktično enak deležu sekundarnega aluminija, tj. predelanih aluminijevih zlitin <sup>1</sup>.

V EU je danes 170 industrijskih obratov za recikliranje odpadnega aluminija <sup>1</sup>. Od tega jih je več kot 100 s kapaciteto do 10 000 ton/leto, 50 obratov ima kapaciteto do 20 000 ton/leto in trije obrati razpolagajo s kapaciteto do 100 000 ton/leto. V večini primerov gre za obrate, v katerih z recikliranjem odpadnega aluminija izdelujejo livarske zlitine.

Proizvodnja gnetnih aluminijevih zlitin iz odpadnega aluminija je možna le v primeru, ko razpolagamo z eno-

vrstnim ter skrbno pregledanim in sortiranim odpadnim materialom. Poleg enovrstnega sortiranja mora biti odpadni aluminij za aluminijeve gnetne zlitine še ekološko neoporečen <sup>2</sup>.

Recikliranje aluminijevih zlitin iz odpadnega aluminija navadno poteka v dvokomornih <sup>3</sup> ali v rotacijskih pečeh <sup>4</sup>.

Klasični postopek recikliranja v dvokomorni peči poteka z dodatkom soli za pretaljevanje <sup>3</sup>, vendar je v literaturi opisana tudi sodobna različica, ki obratuje brez dodatka soli in uporablja elektromagnetno črpalko za prečrpavanje taline <sup>5,6</sup>.

Obstaja tudi več različic recikliranja aluminijevih zlitin v rotacijskih pečeh. Klasični postopek poteka v rotacijski peči s stalnim naklonskim kotom, ki je ogrevana z gorilnikom na zemeljski plin (ali tekoče

gorivo) ter zrak. To je t.i. "mokri" postopek, za katerega je značilno, da je pri delovni temperaturi ekvimolarna zmes NaCl in KCl z dodatki KF, NaF ali kriolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) staljena in kot specifično lažja plava po površini Al-taline. Masa dodane soli je enaka masi nekovinske frakcije v odpadnem aluminiju oz. aluminijevi žilindri. Poleg nekoliko boljšega izkoristka in cenejšega obratovanja je dodatna prednost tega postopka v primerjavi s postopkom pretaljevanja v dvokomorni peči, da z isto proizvodno opremo omogoča predelavo odpadnega aluminija in aluminijeve žilindre.

Tehnologijo so v zadnjem času izpopolnili tako, da je postala veliko bolj učinkovita in prijaznejša do okolja. K temu je v veliki meri pripomogla uporaba gorilnika na zemeljski plin ter kisik. Ker je peč, po novem, med obratovanjem tesno zaprta, se je zmanjšala količina dimnih plinov, še zlasti tistih, ki vsebujejo  $\text{NO}_x$ , in jih je pred spuščanjem v ozračje potrebno očistiti, kar je, ob izpolnjevanju strogih okoljevarstvenih standardov, privedlo do občutnega zmanjšanja proizvodnih stroškov. Sodobna, hruškasta oblika rotacijske peči in vgradnja mehanizma za spreminjanja naklonskega kota peči med obratovanjem sta v veliki meri prispevali k izboljšanju izkoristka, manjši porabi energije in soli za pretaljevanje ter večji produktivnosti reciklirne naprave, **slika 1**. Omenjene tehnološke izboljšave so pripomogle, da se je v zadnjem času med predelovalci odpadnega aluminija in aluminijeve žilindre začel vse bolj uveljavljati t.i. suhi postopek za katerega je značilna do 40% manjša poraba soli za pretaljevanje <sup>7-9</sup>. Naj omenimo, da je v večini primerov zmes za pretaljevanje sestavljena iz 60 mas.% NaCl in 40 mas.% KCl. Vloga soli za pretaljevanje je, da zaščiti kovinski aluminij pred nadaljnjo oksidacijo, pomaga pri odstranjevanju zaščitne plasti oksida s površine posameznih kapljic kovine in omogoča njihovo lažje zlivanje v talino ter preprečuje prehajanje delcev oksidne faze v talino pred njenim izlivanjem iz peči <sup>10</sup>. Poleg suhega se vse bolj uveljavlja tudi postopek brez dodatka soli. Novost je, da postopek brez dodatka soli ("salt-free" processing), ki so ga do zdaj izvajali le pri rotacijskih pečeh s plazmo (npr. DROSSCAR<sup>®</sup>), od zdaj

komercialno ponujajo tudi na pečeh, ogrevanih z gorilnikom na zemeljski plin in kisik (ALUREC<sup>®</sup>)<sup>11,13</sup>. Pri tem postopku naj bi prej opisano večstransko vlogo soli za pretaljevanje prevzeli natančno regulirana atmosfera v peči in kontrolirano ogrevana talina, kar bi občutno zmanjšalo količino nastalih stranskih produktov in odpravilo potrebo po recikliranju soli.

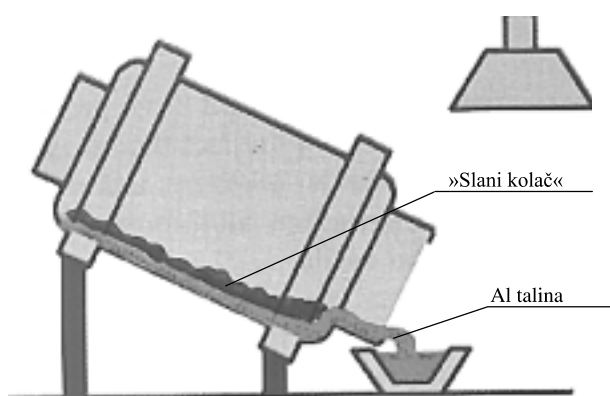
Postopki brez dodatka soli (kot sta npr. DROSSCAR<sup>®</sup> in ALUREC<sup>®</sup>) so se zaenkrat uveljavili v praksi le pri regeneraciji aluminija iz aluminijeve žilindre. Odstranjevanje zaščitne plasti oksida s površine posameznih kapljic kovine in njihovo zlivanje v talino je v tem primeru omogočeno z intenzivnim mešanjem žilindre. Talino aluminija ščiti pred oksidacijo zaščitna atmosfera, ki vsebuje  $\text{CO}_2$ .

Kljub nekaterim napovedim v novejši (pretežno reklamni) literaturi <sup>12</sup>, da je z omenjenimi postopki možno enako učinkovito in pod enakimi pogoji (torej, brez dodatka soli) reciklirati aluminijeve zlitine iz odpadnega aluminija, vsaj zaenkrat in v nam dostopni literaturi ni jasnih zagotovil, ki bi to dokazovala.

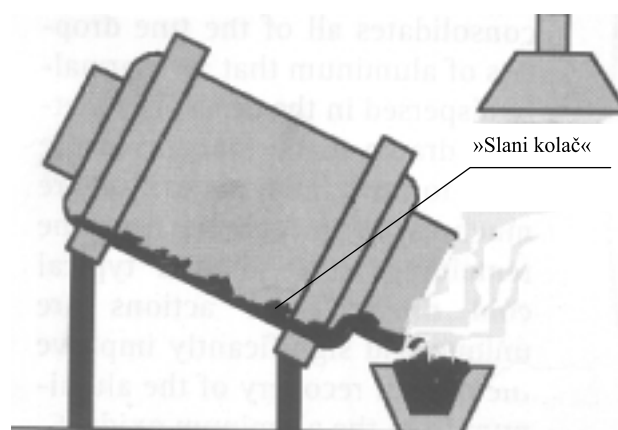
Ko govorimo o "idealnem" postopku pretaljevanja, potem je to postopek, ki ob visokem izkoristku in visoki kakovosti taline ustvarja najmanj stranskih produktov ali vsaj stranske produkte, ki jih je razmeroma enostavno in poceni predelati v okolju neškodljive in tržno zanimive izdelke.

Znano je, da pretaljevanje s solmi pušča za seboj t.i. "slani kolač"- zmes, sestavljeno iz mešanice soli, v vodi netopnih oksidov in sledov kovinskega aluminija <sup>14</sup>. V večini evropskih držav je odlaganje "slanega kolača" na ustrezne deponije vse bolj problematično in temu primerno drago. V nekaterih najbolj razvitih državah Evrope je tovrstno odlaganje že prepovedano. Zato je bilo v državah EU v zadnjem času zgrajenih več obratov za recikliranje soli in aluminija iz "slanega kolača" ter predelavo ostanka v koristne in okolju neškodljive izdelke, kot so cement in materiali, odporni proti ognju.

Tradicionalni "mokri" postopek pretaljevanja odpadnega aluminija in žilindre v rotacijski peči odprtega tipa,



**Slika 1a:** Izlivanje Al-taline  
**Figure 1a:** Pouring the aluminium



**Slika 1b:** Odstranjevanje "slanega kolača"  
**Figure 1b:** Removing the dry salt-cake

ogrevani z gorilnikom na zemeljski plin ter zrak, poteka pri 700-800 °C v oksidacijski atmosferi. Razmerje med potrebno količino soli za pretaljevanje in količino nekovinske frakcije v odpadnem aluminiju oz. žlindri je 1:1. Ker ima mešanica soli za pretaljevanje tališče pri 667 °C, pomeni, da je med izvajanjem procesa v tekočem stanju. Učinkovitost postopka pretaljevanja je v veliki meri odvisna od režima mešanja, ki omogoča odstranjevanje plasti oksidov s površine posameznih kapljic raztaljene Al-zlitine in njihovo zlivanje v talino.

Leta 1993 sta firmi AGA in Hoogovens Aluminium Huttenwerk vpeljali nov postopek pretaljevanja, poimenovan ALUREC. Postopek poteka v rotacijski peči hruškaste oblike, ki po obliki spominja na konvertor za jeklo in je ogrevana s plinskim gorilnikom na kisik. Novost je tudi mehanizem za spreminjanje naklonskega kota med obratovanjem peči, zapiranje peči z zatesnjenimi vrati in računalniško nadziranje procesa. Slednje z avtomatsko regulacijo hitrosti vrtenja, temperature taline in pretoka toplote s plinskega gorilnika na talino zavira termične reakcije in skrbi za visoko kakovost taline. Nova tehnologija zagotavlja več kot 90-odstotni izkoristek pri recikliranju in regeneraciji aluminija ob najmanj 75-odstotnem izkoristku energije in se je že v praksi izkazala kot enako učinkovita, ko gre za recikliranje odpadnega aluminija ali za regeneracijo

aluminija iz aluminijeve žlindre. Današnji ALUREC®, ki ga kot dodelano tehnologijo pretaljevanja odpadnega aluminija in aluminijeve žlindre ponujajo firme AGA AB, Hertwich Engineering GmbH ter Corus Aluminum Voerde GmbH <sup>15</sup>, omogoča regeneracijo aluminija iz aluminijeve žlindre brez dodatka soli (salt free processing) in recikliranje aluminija iz odpadnega aluminija z manjšim dodatkom soli, kot t.i. suhi postopek pretaljevanja (dry, low salt processing) ali kot tradicionalni mokri (wet processing) postopek.

Pretaljevanje brez dodatka soli, ki ga ponuja omenjen "joint-venture" je še posebej zanimivo, ker ne pušča za seboj "slanega kolača" in izključuje potrebo po recikliranju soli. Ostanek, ki ostaja po pretaljevanju brez dodatka soli, je možno predelati v surovino za industrijo cementa oz. v različne dodatke, ki se uporabljajo pri proizvodnji jekla. Gre za dodatke, s katerimi v jeklarstvu uravnavajo sestavo in tekočnost žlindre, dezoksidirajo in razžvepljujejo staljeno jeklo ter vplivajo na hitrost strjevanja taline.

Podoben sistem suhega pretaljevanja odpadnega aluminija in aluminijeve žlindre ponujata na trgu podjetji Altek v sodelovanju z Air Products & Chemical Inc. <sup>16</sup> ter MDY Corporation <sup>17</sup>.

**Tabela 1:** Značilna sestava "slanega kolača", ki zaostaja po pretaljevanju različnih Al zlitin v mas.% <sup>14</sup>

**Table 1:** Weight Percentage of Major Constituents in Salt-Cake Samples <sup>14</sup>

	UBC-I	UBC-II	2XXX in 7XXX	3XXX	5XXX	6XXX	3XX
Aluminij*	5,6	1,3	5,1	5,0	5,8	7,2	4,9
Soli**	31,1	27,5	11,3	37,9	12,7	7,1	47,5
Oksidni ostanek	63,6	71,2	83,6	57,1	81,5	85,7	47,6

UBC: Rabljene pločevinke (Used Beverage Cans )

UBC-I: Značilen vzorec

UBC-II: Neznačilen vzorec

Aluminij\*: Kovinski aluminij

Soli\*\*: Vodotopne soli, večinoma NaCl in KCl

**Tabela 2:** Pregled sestavin oksidnega ostanka, pridobljenega iz različnih Al-zlitin <sup>14</sup>

**Table 2:** Phases Present in Salt-Cake Residue-Oxide <sup>14</sup>

Faza	UBC-I	UBC-II	UBC-III	2XXX in 7XXX	3XXX	5XXX	6XXX	3XX
Spinel	+	+	+	+	+	+	+	+
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	+	+	-	+	+	+
MgO	+	n.d.	n.d.	n.d.	+	n.d.	n.d.	n.d.
Aluminijum hidroksid	+	-	+	+	+	+	+	+
Amorfne snovi	+	-	+	+	+	+	+	+
Dodatne faze v sledovih		CaF <sub>2</sub>	NaCl KCl	AlN		AlN CaF <sub>2</sub>	AlN	AlN CaF <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>

+ - osnovna sestavina

- sestavina, prisotna v sledovih

n.d. - sestavina, ki ni bila določena

## 2 PREGLED STRANSKIH PRODUKTOV, KI NASTAJAJO PRI PRETALJEVANJU ODPADNEGA ALUMINIJA IN ŽLINDRE

Osnovni stranski produkt, ki nastaja pri pretaljevanju odpadnega aluminija in aluminijeve žindre, je t.i. "slani kolač". Gre za zmes, sestavljeno iz mešanice soli, oksidnega ostanka in nekaj neizkoriščenega aluminija.

Značilna sestava "slanega kolača" je navedena v **tabeli 1**.

"Slani kolač" najprej lužijo v vodi, da raztopijo vodotopne sestavine, kot sta NaCl in KCl. Oksidni ostanek, ki ostaja kot usledina po luženju v vodi, sestavljajo v vodi netopne snovi, kot so: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, spinel (magnezij aluminat), aluminijev hidroksid, amorfne snovi nedefinirane sestave ter AlN in CaF<sub>2</sub> v sledovih.

Fazna sestava oksidnega ostanka je prikazana v **tabeli 2**.

V **tabeli 3** je podana vsebnost nekaterih nečistoč v oksidnem ostanku.

**Tabela 3:** Vsebnost nečistoč v oksidnem ostanku <sup>14</sup>

**Table 3:** Impurity Levels in Residue-Oxide Samples <sup>14</sup>

Element	Vsi vzorci razen 3XX in posebej navedenih (%)	3XX (%)
Magnezij	3,9-8,6	4,7
Silicij	0,5-1,5 (UBC-II=4,8)	5,3
Kalcij	0,4-1,5 (UBC-II = 2,2)	1,4
Titan	0,05-0,4 (UBC-I = 1,1)	0,3
Cink	0,0-0,4	0,3
Mangan	0,05-0,3	0,14
Železo	0,4-0,7	1,5
Baker	0,02-0,3	0,5

Preseneča nas ugotovljeno dejstvo, da je sestava oksidnega ostanka neodvisna od vrste zlitine, z izjemo nekoliko povišane koncentracije silicija v vzorcih, dobljenih iz 3XX zlitin in UBC- vzorcih.

Oksidni ostanek z nizko vsebnostjo silicija bi lahko brez večjih težav uporabili kot surovino za nepregorne materiale. V primeru oksidnega ostanka s povišano vsebnostjo silicija (vzorca 3XX in UBC) bi bilo treba razviti ustrezen postopek odstranjevanja vseh sestavin, ki vsebujejo silicij.

Stranski produkt, ki zaostaja po drobljenju, mletju in sejanju stisnjencev ter odstranjevanju frakcije kovinskih delcev, je Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> s primesmi SiO<sub>2</sub> in nekaterih drugih nečistoč.

## 3 RECIKLIRANJE SOLI IZ "SLANEGA KOLAČA"

Za recikliranje soli iz "slanega kolača" so na voljo različni postopki <sup>18,19</sup>, kot so npr.:

1. luženje v vodi pri 25 °C, odstranjevanje usedline (oksidnega ostanka) in izparevanje vode iz raztopine vodotopnih soli tako, da dobimo suho zmes soli, ki jo je možno vrniti v proces pretaljevanja
2. luženje v vodi pri 250 °C in pri povišanem pritisku ter izločanje soli z naglo (flash) kristalizacijo
3. luženje v vodi pri 25 °C, koncentriranje raztopine z izparevanjem in izločanje soli z dodatkom acetona ter
4. luženje v vodi pri 25 °C in koncentriranje ter izločanje soli z elektrodializo.

Oglejmo si stroškovno analizo naštetih postopkov. V **tabeli 4** so našteje cene surovin, energije in delovne sile (podatki se nanašajo na ZDA).

**Tabela 4:** Cene surovin, energije in delovne sile, uporabljene pri stroškovni analizi postopkov recikliranja soli iz "slanega kolača" <sup>18</sup>

**Table 4:** Cost of various products, consumables and labour applied in salt-cake recycling economic study <sup>18</sup>

Komponenta	Cena
"slani kolač"*	-44 USD/t
aluminijev oksid	66 USD/t
reciklirani aluminij (iz "slanega kolača")	1280 USD/t
zmes soli (NaCl in KCl)	66 USD/t
deionizirana voda	1,1 USD/m <sup>3</sup>
acetone	820 USD/m <sup>3</sup>
elektrika	0,06 USD/kWh
vodna para	11 USD/t
zemeljski plin	0,11 USD/m <sup>3</sup>
delo	17 USD/h

\* Negativni predznak pomeni, da se z vrednostjo "slanega kolača" v resnici kreditiramo, ob predpostavki, da se bomo tako izognili stroškom odvoza in odlaganja "slanega kolača" na deponijo.

V **tabeli 5** so prikazani rezultati ekonomske analize za vse štiri procese recikliranja soli iz "slanega kolača".

Iz **tabele 5** je razvidno, da vsi našteji postopki recikliranja soli iz "slanega kolača" kažejo ob predvideni 20-odstotni donosnosti kapitala negativno čisto sedanjo vrednost, pri čemer je postopek št. 3 ekonomsko najneugodnejši, postopek št. 4 pa z najmanj negativno čisto sedanjo vrednostjo.

To pomeni, da prenizka tržna vrednost mešanice soli NaCl in KCl, ki je le 66 USD/t, ne govori v prid naložbe kapitala v obrat za recikliranje soli iz "slanega kolača". V resnici bi morali biti ob načrtovani 20-odstotni donosnosti kapitala stroški kapitala za obrat recikliranja soli iz "slanega kolača" manj kot 2 milijona USD. Ker razvoj tako poceni tehnologije recikliranja soli iz "slanega kolača" najverjetneje ni mogoč, bo treba izhajati iz nekaterih drugih strateških odločitev, med katerimi je najbolj obetavna tista, ki predvideva trženje nekoliko predelanega oksidnega ostanka. Tako je npr. možno izračunati, da bi postopek št. 1 postal dobičkonosen, ko bi nam oksidni ostanek uspelo na trgu plasirati po ceni 220 USD/t, postopek št. 2, ko bi bila

**Tabela 5:** Rezultati ekonomske analize za vse štiri procese recikliranja soli iz "slanega kolača" <sup>18</sup>**Table 5:** Economic Assessment of Salt-Cake-Recycling Process Options <sup>18</sup>

Ekonomski parameter	Postopek št. 1	Postopek št. 2	Postopek št. 3	Postopek št. 4
Stroški kapitala (v 10 <sup>6</sup> USD)	12,8	10,1	16,0	8,2
Čista sedanja vrednost (v 10 <sup>6</sup> USD)	-10	-7	-15	-6
Prag pokritja prihodkov z odhodki (USD/t reciklirane soli)				
Slani kolač	-175	-179	-175	-175
Aluminij iz slanega kolača	-214	-218	-213	-214
Aluminijev oksid	202	207	201	202
Kemikalije	6	4	101	4
Proizvodni stroški	61	67	125	68
Stalni stroški	140	118	761	399
Obresti	611	436	761	399
SKUPAJ	631	435	963	391

cena oksidnega ostanka 115 USD/t, in postopek št. 4, ko bi bila cena oksidnega ostanka le 101 USD/t.

Seveda se ob vsem tem zastavlja ključno vprašanje: Kako predelati oksidni ostanek, da bi ta imel zahtevano tržno vrednost?

Na podlagi zgoraj opravljene analize je tudi jasno, zakaj postopek brez dodatka soli (ALUREC®), ki je primeren le za predelavo aluminijeve žindre, ponuja izjemne prednosti s tem, da izključuje nastanek "slanega kolača". Po tem postopku zaostaja po odlivanju taline kot stranski produkt pretaljevanja zmes oksidov (oksidni ostanek), ki jo v rotacijski peči nato predelajo v surovino za industrijo cementa ali v prej omenjene dodatke za jeklarstvo.

#### 4 MOŽNOSTI RECIKLIRANJA SOLI IZ SLANEGA KOLAČA IN PREDELAVE OKSIDNEGA OSTANKA

Če se odločimo za t.i. "suhi" postopek pretaljevanja odpadnega aluminija in aluminijeve žindre oz. za postopek pretaljevanja aluminijeve žindre brez dodatka soli, so možne naslednje opcije sanacije stranskih produktov pretaljevanja:

1. prodaja nepredelanega slanega kolača
2. recikliranje soli iz slanega kolača in prodaja nepredelanega ostanka doma ali v tujini, ali
3. regeneracija soli iz slanega kolača ter popolna predelava ostanka.

Med tehnološkimi opcijami so tiste, ki predvidevajo različne načine recikliranja soli iz slanega kolača, in tiste, ki obravnavajo možne načine predelave ostanka.

Postopki predelave ostanka, ki jih omenja nam dostopna strokovna literatura, so predelava ostanka v:

1. surovino za nepregornee materiale <sup>14</sup>
2. keramiko na osnovi spinela <sup>20</sup>
3. glinico <sup>20</sup>
4. dodatek za jeklarstvo <sup>21</sup>
5. natrijev aluminat (Na<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) <sup>20</sup>
6. kalcijev aluminat (CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) <sup>20</sup>

7. prah za peskanje <sup>20</sup>

8. surovino za proizvodnjo cementa <sup>22</sup>

9. surovino za lahke betonske materiale <sup>23</sup>

10. surovino za umetna gnojiva <sup>24</sup>

11. surovino za papirno industrijo (aluminijev sulfat) <sup>25</sup>

12. steklo-keramiko <sup>26</sup>.

V literaturi je opisan tudi postopek direktne predelave slanega kolača (brez predhodnega recikliranja soli) v surovino za papirno industrijo <sup>27</sup>. Gre za postopek proizvodnje natrijevega-klor-hidroksi-aluminata.

#### 5 SKLEP

Poslovna opcija, ki predvideva prodajo nepredelanega slanega kolača tujemu odjemalcu, je ugodna iz več razlogov. Na enostaven in najcenejši način, ki vključuje le stroške pakiranja in izvoza, je poskrbljeno za popolno sanacijo stranskega produkta, s čimer smo se uspešno izognili odvozu le-tega na deponijo v domačem kraju. Tveganost te opcije se kaže v možni izgubi (ugodnega) odjemalca in nenehnem pritisku odjemalca na zmanjšanje prodajne cene.

Vse druge opcije, ki vključujejo kakršnokoli predelavo slanega kolača, pomenijo po eni strani poslovno premalo donosno investicijo v obrat za recikliranje soli in/ali predelavo ostanka ter, po drugi strani, uvajanje navadno ne preveč priljubljenih kemijsko-tehnoloških predelovalnih postopkov v obstoječo proizvodnjo.

Situacija bi bila drugačna, če bi se odprl domači trg za končne izdelke tovrstne predelave stranskih produktov. To z drugimi besedami pomeni, da bi se recikliranje soli iz slanega kolača izplačalo le v primeru, ko bi vedeli, komu bi lahko, pretežno na domačem trgu, prodali predelan ostanek.

Nepredelan ostanek bi v naših razmerah lahko ponudili opekarnam in cementarnam.

#### 6 LITERATURA

<sup>1</sup> R. P. Pawlek: V. International Aluminum Recycling Seminar, Light Metal Age, 58 (2000) 1-2, 80-87

- <sup>2</sup> H. Rossel: New Recycling Approach-Generation of Aluminum Wrought Alloy Scrap of Old Cars. V. *Light Metals* 1998, Ed. B. Welch, TMS, 1998, 1217-1223
- <sup>3</sup> US Pat. 4 319 921, 1982
- <sup>4</sup> Alcan-s Recycling Plant at Borgofranco, Italy, *Aluminium*, 74 (1998) 11), 876
- <sup>5</sup> A. I. Nussbaum: Greenmelt Aluminum Scrap Recycling Plant at Hoogovens Aluminium in Duffel, Belgium, *Light Metal Age*, 56 (1998) 1-2, 32-41
- <sup>6</sup> D. M: Martosko: Recycling Contaminated Aluminum in a Salt-Free Environment. V. *Light Metals* 2000, Ed. R. D. Peterson, TMS, 2000, 907-911
- <sup>7</sup> D. Grimm, A Dross Processor for the Year 2000, *Light Metal Age*, 57 (1999) 7-8, 34-38
- <sup>8</sup> I. de Faro: Alumex: Brazil's Newest Aluminum Recycling Facility, *Light Metal Age*, 57 (1999) 7-8, 112-114
- <sup>9</sup> D. Zeng, S. Campbell: Maximizing Recovery of Aluminum Dross, *Aluminium*, 76 (2000) 1-2, 27-32
- <sup>10</sup> R. R. Roy, Y. Sahai: Role of Salt Flux in Recycling of Aluminum Scrap. V. *Light Metals* 1998, Ed. R. D. Peterson, TMS, 1998, 1237-1243
- <sup>11</sup> H. Gripenberg, H. Graeb, G. Flesch, M. Muellerthann: ALUREC-A New Salt-Free Process. V. *Third International Symposium-Recycling of Metals and Engineered Materials*, Eds. P. B. Queneau, R. D. Peterson, TMS, 1995, 819-828
- <sup>12</sup> Tilttable Rotary Furnace boosts Recovery from Dross and Scrap, *Aluminium Times*, 2 (2000) 4, 21
- <sup>13</sup> H. Gripenberg, M. Muellerthann, N. Jaeger: Salt-Free Dross Processing with Alurec<sup>®</sup>-Two Years Experience. V. *Light Metals* 1997, Ed. R. Huglen, TMS, 1997, 1171-1175
- <sup>14</sup> J. N. Hryn, E. J. Daniels, T. B. Gurganus, K. M. Tomaswick: Products from Salt Cake Residue-Oxide. V. *Third International Symposium-Recycling of Metals and Engineered Materials*, Eds. P. B. Queneau, R. D. Peterson, TMS, 1995, 905-916
- <sup>15</sup> Joint force in Aluminium Recycling, *Aluminium Times*, 2 (1999) 3, 5
- <sup>16</sup> The Tilting Rotary Furnace, *Light Metal Age*, 57 (1999) 7-8, 37
- <sup>17</sup> D. Yerushalmi: Recent Advances in Automated Controls Revolutionizing Rotary Furnace Efficiency, *Light Metal Age*, 58 (2000) 7-8, 68-70
- <sup>18</sup> D. Graziano, J. N. Hryn, E. J. Daniels: The Economics of Salt Cake Recycling. V. *Light Metals* 1996, Ed. W. Hale, TMS, 1996, 1255-1261
- <sup>19</sup> R. M. Russell, J. Sweeny: Reclaiming Salt Flux from Aluminum Salt Slag Wastes Process Design-Product Performance. V. *Light Metals* 2000, Ed. R. D. Peterson, TMS, 2000, 901-906.
- <sup>20</sup> S. Lavoie, J. Lachance: Five Years of Industrial Experience with the Plasma Dross Treatment Process. V. *Third International Symposium-Recycling of Metals and Engineered Materials*, Eds. P. B. Queneau, R. D. Peterson, TMS, 1995, 791-801
- <sup>21</sup> J. T. Skoch, R. L. Collins: Reduction of Salt Cake Waste by Removing Low Value Oxide Fines. V. *Third International Symposium-Recycling of Metals and Engineered Materials*, Eds. P. B. Queneau, R. D. Peterson, TMS, 1995, 937-946
- <sup>22</sup> D. A. Zuck: Aluminum Dross Oxide Products for the Portland Cement Industry. V. *Third International Symposium-Recycling of Metals and Engineered Materials*, Eds. P. B. Queneau, R. D. Peterson, TMS, 1995, 925-936
- <sup>23</sup> H.Y. Hwang, X. M. Song: Replacing Al Powder with Al Slag or Recycled Foil in Cellular Concrete, *JOM*, 49 (1997) 8, 29-30
- <sup>24</sup> F. R. Hubbard: K-SOIL<sub>TM</sub> - An Imco Recycling Inc. Development. V. *Third International Symposium-Recycling of Metals and Engineered Materials*, Eds. P. B. Queneau, R. D. Peterson, TMS, 1995, 917-924
- <sup>25</sup> B. W. Osborne: The Use of Primary Dross From the Aluminum Industry for Manufacturing Aluminum Sulfate. V. *Third International Symposium-Recycling of Metals and Engineered Materials*, Eds. P. B. Queneau, R. D. Peterson, TMS, 1995, 947-954
- <sup>26</sup> G. Balasubramanian, M. T. Nimje, V. V. Kutumbarao: Conversion of Aluminium Industry Wastes into Glass-Ceramic Products. V. *Recycling of Metals and Engineered Materials*, Eds. D. Steward, R. Stephensen, J. C. Daley, TMS, 2000, 1223-1228
- <sup>27</sup> V. Rayzman, I. Filipovich, L. Nisse, Y. Vlasenko: Sodium Aluminate from Alumina-Bearing Intermediates and Wastes, *JOM*, 50 (1998) 11, 32-37