

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Zpracování odpadů z hliníku

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Vlastimil Altmann, Ph.D.

Autor práce: Bc. Martin Prokeš

PRAHA 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra využití strojů

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prokeš Martin

Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

Zpracování odpadů z hliníku

Anglický název

Waste processing of aluminum

Cíle práce

Zjištění a ověření výkonnostních parametrů nové lisovací linky na zpracování hliníkového odpadu a jejich porovnání se stávajícím lisem ve společnosti Ball Aerocan CZ s.r.o.

Metodika

Posouzení parametrů článků linky na zpracování hliníku. Výpočet a doporučení lisu, jako článku linky. Technicko-ekonomické posouzení.

Osnova práce

- 1 Úvod.
- 2 Cíl práce.
- 3 Současný stav řešené problematiky.
- 4 Metodika práce.
- 5 Vlastní práce.
 - 5.1 Analýza stávající technologie.
 - 5.2 Návrh řešení.
 - 5.3 Technicko-ekonomické vyhodnocení návrhu.
- 6 Diskuse a doporučení pro praxi.
- 7 Závěr.
- 8 Seznam použité literatury.

Rozsah textové části

60 stran textu včetně obrázků a tabulek.

Klíčová slova

Linka, hliník, lis, porovnání.

Doporučené zdroje informací

ALTMAN, V., RŮŽIČKA, M.: Technologie a technika skládkového hospodářství. VŠB – technická universita Ostrava, 1996 ISBN 80-7078-355-9.

ALTMAN, V.: Odpadové hospodářství. VŠB – technická universita Ostrava, 1996 ISBN 80-7078-372-9.

JELÍNEK, A. a kol.: Hospodaření a manipulace s odpady ze zemědělství a venkovských sídel. Ing. František Savov, Praha 2001.

VOŠTOVÁ, V., FRIES, J.: Zpracování pevných odpadů, ČVUT, Fakulta strojní. Praha 2003 ISBN 80-01-02672-8.

JURNIK, A.: Ekologické skládky, Alda, Olomouc 1994, ISBN 80-856-32-3

JUCHELKOVÁ, D.: Likvidace a využití odpadů, VŠB, Fakulta strojní, Ostrava 2000 ISBN 80-7078-747-3.

Vedoucí práce

Altmann Vlastimil, doc. Ing., Ph.D.

Termín zadání

listopad 2013

Termín odevzdání

duben 2015

prof. Ing. Miroslav Kavka, DrSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 3.2.2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Vlastimila Altmanna, Ph.D., a použil jsem jen pramenů citovaných v příložené bibliografii.

V Praze dne 5. 4. 2015

.....

Bc. Martin Prokeš

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Vlastimilu Altmannovi, Ph.D., za odbornou pomoc, věcné rady a připomínky a za vstřícnost při vedení této diplomové práce. Dále děkuji panu Tomáši Michníkovi, zaměstnanci společnosti Ball Aerocan CZ s. r. o., za poskytnutí potřebných informací.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je zjištění výkonnostních parametrů nové linky na zpracování hliníkového odpadu a jejich porovnání se zjištěnými parametry stávajícího zařízení v podniku Ball Aerocan CZ s. r. o. ve Velimi. Práce má dvě základní části, a sice teoretickou a praktickou. V teoretické části se práce zabývá výrobou hliníku, jeho vlastnostmi a možnostmi jeho využití. Dále jsou publikovány možnosti vzniku hliníkových odpadů, jejich druhy či značení. Poslední část teoretické části pojednává o možnostech úpravy a zpracování odpadního hliníku. V praktické části jsou tyto teoretické poznatky aplikovány na zjištění a ověření parametrů nového a stávajícího zařízení na zpracování odpadního hliníku v podniku. Výstupem je poté technicko-ekonomické zhodnocení a doporučení pro praxi.

Klíčová slova: hliník, odpad, drcení, paktování, briketování, linka, objemová hmotnost, kompresní poměr, porovnání.

Waste processing of aluminium

Summary

Goal of this thesis is detection of efficient parameters on new aluminium waste processing line and theirs comparison with detected parameters of current equipment in company Ball Aerocan CZ s. r. o., Velim. Thesis got two parts – theoretical and practical. Theoretical part deals with fabrication of aluminium, its quality and possibility of usage. Also there are published possibilities of origin aluminium wastes, their kinds and labelling. Last part of theoretical chapter deals with possibilities of modifications and processing waste aluminium. In practical part are these theoretical pieces of knowledge applied to detection and verification parameters of new and current equipment for processing aluminium waste in company. As results there is a technical-economic evaluation and recommendations for practice.

Keywords: aluminium, waste, shredding, baling, briquetting, processing line, volume mass, compression ratio, comparison.

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce	2
3 Metodika.....	3
4 Odpadní hliník a jeho zpracování	5
4.1 Výroba a vlastnosti hliníku	5
4.1.1 Výroba hliníku.....	5
4.1.2 Základní vlastnosti hliníku, jeho slitin a jejich značení.....	7
4.1.3 Využití hliníku.....	9
4.1.4 Nároky na výrobu hliníku	10
4.1.5 Produkce sekundárního hliníku	12
4.1.6 Výroba sekundárního hliníku	13
4.2 Odpadní hliník a jeho rozdělení	15
4.2.1 Rozdělení kovového odpadu	15
4.2.2 Odpadní hliník a jeho značení.....	16
4.3 Úprava hliníkového odpadu.....	18
4.3.1 Základní postupy úpravy kovových odpadů	18
4.3.2 Zmenšování kusovosti – mechanické zdrobňování.....	20
4.3.3 Odlučování jednotlivých složek materiálu.....	24
4.3.4 Zkusování.....	28
5 Zpracování odpadního hliníku ve společnosti Ball Aerocan CZ s. r. o.	31
5.1 Popis společnosti Ball Aerocan CZ s. r. o.	31
5.2 Proces výroby hliníkových pouzder v podniku	32
5.3 Vznik hliníkových odpadů v podniku	33
5.3.1 Vznik čistého hliníkového odpadu	34

5.3.2 Vznik barevného hliníkového odpadu	36
5.4 Stávající zařízení na zpracování hliníkového odpadu v podniku.....	38
5.4.1 Vibrační rám na velkoobjemové vaky	38
5.4.2 Paketovací lis S1W.....	38
5.5 Nové zařízení na zpracování hliníkového odpadu	40
5.5.1 Jednosloupový zvedák plastových vozíků	40
5.5.2 Jednohřídelový drtič	41
5.5.3 Pásový dopravník hliníkové drtě.....	42
5.5.4 Briketovací lis	43
5.5.5 Článekový dopravník hliníkových briket	44
5.5.6 Rám na velkoobjemové vaky a váha	45
5.6 Provoz linky	46
5.7 Porovnání stávajícího a nového řešení	48
5.7.1 Objemová hmotnost vstupních surovin	48
5.7.2 Objemová hmotnost paketů	49
5.7.3 Objemová hmotnost briket.....	51
5.7.4 Porovnání kompresních poměrů.....	52
5.7.5 Porovnání provozních faktorů.....	53
5.7.6 Ekonomické zhodnocení	55
5.7.7 Technicko-ekonomické zhodnocení	56
6 Doporučení pro praxi	57
7 Závěr	59
8 Seznam použité literatury	60
8.1 Seznam obrázků	63
8.2 Seznam tabulek	64
8.3 Seznam příloh	64

1 Úvod

Neustále se zvyšující počet obyvatel na planetě a jejich rostoucí materiálová potřeba jsou hlavními důvody pro objevování a využívání stále nových a nových produktů, při jejichž výrobě a po jejichž využití vznikají obrovská množství různorodých odpadů.

Nezastupitelnou roli hrají prakticky v každém odvětví lidské činnosti kovy. Dnes už si jen těžko lze představit stavebnictví, dopravu, průmysl, potravinářství či další obory bez použití kovových materiálů. Většina kovových materiálů se vyrábí z rud, jejichž těžba a přepracování na čistý kov (popř. slitiny) jsou velmi energeticky náročné a významně zatěžují životní prostředí. Jelikož je valná část prostředků (energie, finance) přímo zakomponovaná ve výrobě primárních kovů a jelikož je většina kovů velmi dobře recyklovatelná, tak se přímo nabízí materiálové využívání kovového odpadu.

Hliník, ačkoliv patří mezi nejběžnější prvky na Zemi a jeho rozsáhlé praktické využití z něj činí po železe druhý nejběžnější kov, je v průmyslové výrobě poměrně mladou záležitostí trvající sotva dvě staletí. Tato diplomová práce se zabývá právě průmyslovým zpracováním hliníku, resp. zpracováním odpadů vzniklých při výrobě hliníkových pouzder pro aerosolové spreje. Práce mapuje vznik hliníkového odpadu při výrobě, odpad charakterizuje a následně popisuje jeho zpracování, resp. úpravu drcením a lisováním. Na dvou různých technologiích se snaží analyzovat výkonnostní parametry jednotlivých zařízení a vzájemně je porovnat a vyhodnotit jejich efektivnost.

2 Cíl práce

Tato diplomová práce si klade za cíl zjištění a ověření výkonnostních parametrů nové linky na zpracování hliníkového odpadu a jejich porovnání se zjištěnými parametry stávajícího paketovacího zařízení v podniku Ball Aerocan CZ s. r. o. ve Velimi.

Tento cíl je plněn pomocí dílčích teoretických cílů, které jsou následující:

- seznámení se s hliníkem jako materiálem, s jeho vlastnostmi, výrobou a využitím,
- seznámení se s druhy hliníkového odpadu, s možnostmi jeho zpracování a recyklace,
- seznámení se s technologií využívanou pro zpracování a úpravu hliníkového odpadu.

Tyto teoretické znalosti jsou pak využity ve vlastní práci pro následující dílčí praktické cíle:

- analýza vzniku jednotlivých druhů hliníkových odpadů v podniku a jejich charakteristika,
- charakteristika technologických zařízení využívaných pro zpracování hliníkového odpadu, zjištění a ověření jejich výkonnostních parametrů,
- porovnání zjištěných parametrů stávajícího a nového zařízení pro zpracování hliníkového odpadu a jejich technicko-ekonomické zhodnocení,
- praktická doporučení pro budoucí používání.

3 Metodika

Před samotným řešením vlastní práce je nutné seznámení se současným stavem dané problematiky: s hliníkem jako materiálem, s jeho výrobou, vlastnostmi a využitím. Dále je nezbytné popsání hliníkového odpadu, jeho druhů a možnosti jeho úpravy a následné recyklace.

V podniku samotném byla provedena analýza vzniku hliníkového odpadu a rozlišení jeho jednotlivých druhů. Jednotlivé druhy vzniklých hliníkových odpadů jsou popsány a charakterizovány jejich vlastnostmi. Nejdůležitější z nich je objemová hmotnost. Pokud je známá před a po zpracování, může být snadno porovnána efektivnost jednotlivých zařízení.

Pro zjištění objemové hmotnosti volně loženého (sypaného) materiálu byla využita zkušební nádoba v podobě standardního plastového vozíku, který se v podniku používá pro přepravu vzniklého hliníkového odpadu. Vnitřní rozměry nádoby jsou 930×580×500 mm. Prázdňá nádoba má hmotnost 19,5 kg. Zkoumaný materiál byl do nádoby volně nasypán a vyrovnán s horní hranou tak, aby byl využit celý objem testovacího vozíku. Takto zaplněná nádoba byla přesunuta na podnikovou podlahovou váhu s dílkem 500 g a zvážena, čímž byla získána hmotnost plného vozíku $m_{\text{plného vozíku}} [kg]$. Po odečtení hmotnosti prázdňého vozíku $m_{\text{prázdňého vozíku}} [kg]$ byla vypočtena hmotnost samotného materiálu m podle vzorce 1:

$$m = m_{\text{plného vozíku}} - m_{\text{prázdňého vozíku}} [kg] \quad /1/$$

Objemová hmotnost volně loženého materiálu se pak získá jako podíl hmotnosti materiálu $m [kg]$ a objemu nádoby podle vzorce 2, kde d , δ , $v [m]$ jsou vnitřní rozměry nádoby (délka, šířka a výška):

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{nádoby}}} = \frac{m}{d \cdot \delta \cdot v} [kg \cdot m^{-3}] \quad /2/$$

Pokud bylo prováděno více měření, tak výsledná hodnota objemové hmotnosti je dána čistým aritmetickým průměrem dle vzorce 3, kde n je celkový počet měření:

$$\rho_{\text{výsledná}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \rho_i [kg \cdot m^{-3}] \quad /3/$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou v textu prezentovány formou tabulek.

Dále byla popsána stávající a nová technologická zařízení pro zpracování hliníkového odpadu. Pro vyjádření efektivnosti obou technologií je důležité zjištění objemové hmotnosti výsledného produktu (paketu, brikety) a kompresního poměru neboli zhutnění materiálu a jejich vzájemné porovnání.

Pro výpočet objemové hmotnosti briket či paketů bylo důležité nejprve změřit rozměry daného produktu. Dalším krokem bylo zvážení produktu na podnikové můstkové váze s dílkem 10 g. Objemová hmotnost produktu se pak určila obdobně jako u vzorce 2, avšak místo rozměrů a hmotnosti nádob byly použity rozměry a hmotnosti brikety či paketu. Pro výpočet průměrné objemové hmotnosti se následně postupovalo podle vzorce 3. Objemové hmotnosti briket a paketů jsou prezentovány ve formě tabulek a následně porovnány.

Kompresní poměr vyjadřuje zhutnění materiálu, neboli poměr stavu po slisování a před slisováním. Vypočítá se jako podíl objemové hmotnosti slisovaného materiálu $\rho_{\text{slisovaného materiálu}} [kg \cdot m^{-3}]$ a objemové hmotnosti volně loženého materiálu $\rho_{\text{volně loženého materiálu}} [kg \cdot m^{-3}]$. U kompresního poměru platí, že čím je vyšší, tím dochází k větší kompresi, čili je lis efektivnější. Vypočítá se podle vztahu 4:

$$k = \frac{\rho_{\text{slisovaného materiálu}}}{\rho_{\text{volně loženého materiálu}}} [-] \quad /4/$$

Obě technologie byly poté porovnány z následujících hledisek:

- náročnost obsluhy,
- údržba zařízení,
- spotřeba elektrické energie a provozních kapalin,
- kvalita výsledného produktu,
- přeprava výsledného produktu,
- ekonomické zhodnocení atd.

Výstupem porovnání je pak přehled kladů a záporů pro daná zařízení.

4 Odpadní hliník a jeho zpracování

4.1 Výroba a vlastnosti hliníku

4.1.1 Výroba hliníku

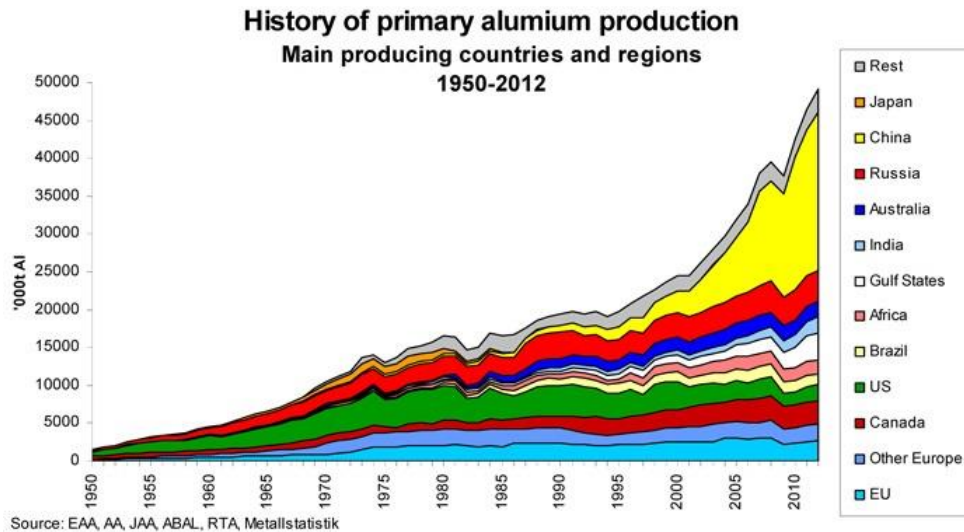
Ačkoliv patří hliník mezi nejběžnější prvky na Zemi, tak jeho průmyslová výroba a využití je poměrně mladou záležitostí. Hliník patří mezi nejvýznamnější prvky obsažené v zemské kůře. Je zastoupen jak v jeho čedičové, tak v žulové vrstvě.

V přírodě se hliník vyskytuje ve zhruba 250 minerálech, z nichž mezi nejdůležitější patří korund, diaspor, boehmit, gibbsit či spinel. Z ekonomického hlediska je pro získání hliníku nejdůležitější hornina zvaná bauxit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, která je mj. důležitá také pro získání vzácných kovů jako např. gallia či germania. [1]

Na existenci hliníku jako prvku poprvé poukázal Angličan Humhry Davy v roce 1807. Čistý hliník však poprvé izoloval dánský chemik Hans Christian Ørsted v roce 1825. Výroba hliníku však byla velmi nákladná a až v roce 1854 se podařilo francouzskému chemikovi jménem Henry Etienne Sainte-Claire Deville vynalézt způsob, jak snížit cenu výroby zhruba na desetinu původní ceny. V roce 1886 pak francouzský metalurg Paul Louis Héroult, a nezávisle na něm Američan Charles Martin Hall, objevili způsob průmyslové výroby elektrolýzou, který je základem i v dnešní výrobě hliníku. [2]

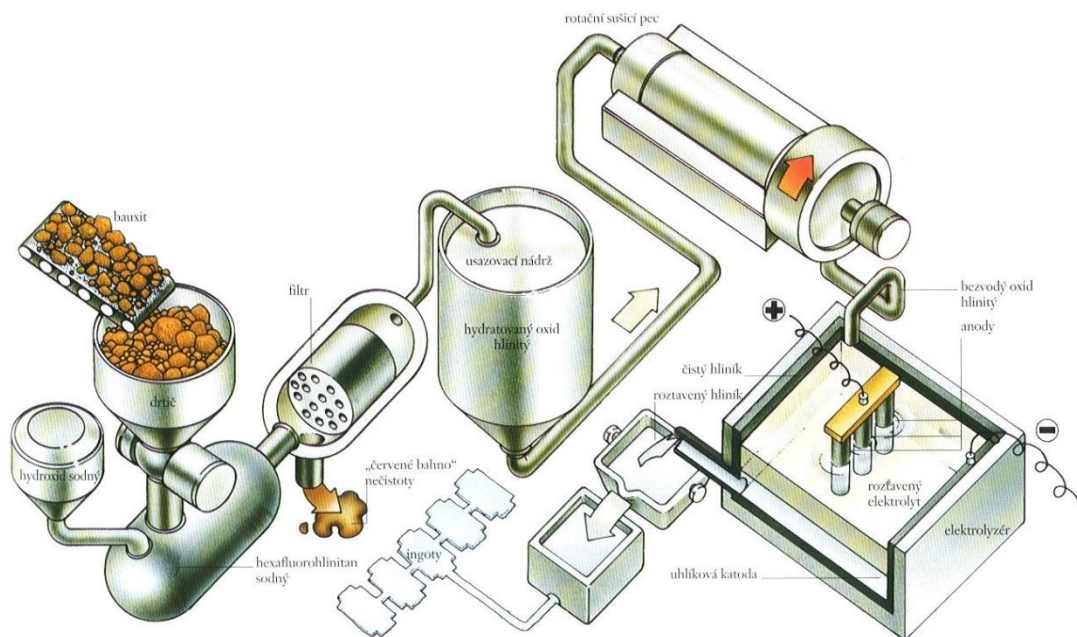
Nejvýznamnějšími světovými producenty bauxitu jsou Austrálie, Guinea, Jamajka, Brazílie a Čína. O výrobu hliníku se pak kromě zmíněných zemí starají především USA, Rusko, Indie či Venezuela. Světová zásoba bauxitu je odhadována na 50 bilionů tun, což by v příštích více než sto letech nemělo nijak narušit produkci hliníku [3]. V současné době roste světová výroba hliníku závratným tempem. Je to způsobeno jeho rozšířením využití ve všech možných oborech, zejména pak v leteckém a automobilovém průmyslu. Obrázek 1 zachycuje grafickou podobu vzrůstajícího tempa jeho výroby v tisících tun v letech 1950–2012. Zatímco po 2. světové válce se produkce pohybovala kolem tří milionů tun, tak v roce 2000 to bylo už 23 milionů tun a v roce 2012 pak dokonce už téměř 50 milionů tun hliníku. Z obrázku je také patrné rozložení výroby mezi největší producenty hliníku, a také poklesy způsobené různými faktory, jako např. ropné krize v letech 1973 a 1982.

Důležitými pojmy jsou zde primární a sekundární hliník. Primární hliník je takový, který vzniká prvovýrobou, např. elektrolýzou především z bauxitu. Sekundární hliník je naopak takový, který vzniká recyklací z hliníkového šrotu.



Obrázek 1 – Graf vývoje světové produkce primárního Al v letech 1950 až 2012 [4]

Nejběžnějším způsobem výroby primárního hliníku je dnes Hall-Heroultův proces. Při něm se bauxit rozpouští v roztaveném kryolitu, který má funkci elektrolytu. Princip výroby primárního hliníku znázorňuje obrázek 2.



Obrázek 2 – Schéma principu výroby primárního hliníku [5]

4.1.2 Základní vlastnosti hliníku, jeho slitin a jejich značení

Hliník je tzv. lehký kov stříbrné barvy. Latinský název je aluminium, odkud pochází značka Al. V periodické soustavě prvků má protonové číslo 13. Jeho objemová hmotnost je $2\,699\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a teplota tavení je $660\text{ }^\circ\text{C}$. Hliník krystalizuje v kubické soustavě s plošně středěnou mřížkou, což mu dává předpoklady pro vynikající tvářitelnost za studena. Hliník má také dobrou tepelnou a elektrickou vodivost a tažnost 30–40 %. Vlastnosti hliníku závisí především na jeho čistotě. Běžnými postupy lze získat hliník o čistotě 99,3–99,8 %. V praxi se pro výrobu polotovarů nejčastěji používá hliník o čistotě 99,5 %, nazývaný jako technicky čistý elektrovodný hliník. Pro potravinářské účely se používá hliník o čistotě 99,7–99,8 %. Několikanásobnou elektrolýzou či speciálními rafinacemi lze získat i čistší hliník, avšak vzhledem k vysokým nákladům se takto vyrábí materiál pouze pro laboratorní či speciální účely. Nejběžnějšími nečistotami v hliníku jsou železo (zhruba 0,005 %) a křemík (asi 0,05 %). Zásadní vlastností hliníku je vysoká odolnost proti korozi, která je dána vrstvou oxidu hlinitého Al_2O_3 na povrchu. Tato přilnavá vrstva je nevodivá, silná asi $0,01\text{ }\mu\text{m}$, a dobře chrání materiál před korozi. Vrstva oxidu hlinitého lze uměle zvýšit až na $25\text{ }\mu\text{m}$ tzv. eloxováním. [6]

Česká norma ČSN 42 1400 rozděluje hliník na dvě základní skupiny:

- hliník tvářený – dodává se ve třech jakostech, Al 99,85%, Al 99,5% elektrovodný a Al 99,5% pro plátování,
- hliník hutnický – má větší množství nečistot, používá se na odlévání a na výrobu slitin. Jeho čistota je od 98 % do 99,7 %.

Některé vlastnosti hliníku je možné ovlivnit přidávkem legujících prvků, čímž vznikají slitiny hliníku. Ty se rozdělují na:

- slitiny tvářené,
- slitiny na odlitky. [7]

Slitiny hliníku tvářené

- a) Slitiny s vysokými mechanickými vlastnostmi – mají větší pevnost, ale omezenou odolnost proti korozi. Typickými zástupci jsou Al-Cu4-Mg (dural) či Al-Cu4-Mg1 (superdural), které dosahují vysokých pevností (420 MPa u duralu a 500 MPa u superduralu). Další slitiny typu Al-Cu se legují ještě křemíkem, niklem či zinkem.

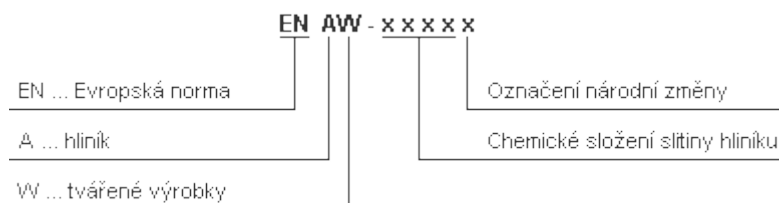
- b) Slitiny se středními mechanickými vlastnosti – mají nižší pevnost, avšak dobrou odolnost proti korozi. Typickým zástupcem je pantal Al-Mg-Si s pevností až 420 MPa. Dalším legujícím prvkem bývá mangan. [7]

Slitiny hliníku na odlitky

Hlavním legujícím prvkem je křemík, se kterým jsou pak slitiny označovány společným názvem siluminy. Jsou houževnaté, odolné, avšak obtížně obrobitelné. Typickými zástupci jsou Al-Si-Cu či Al-Si-Mg. Mezi další slitiny na odlitky se řadí např. Al-Mg či Al-Cu-Ni. [7]

Označování hliníku a jeho slitin

Označování hliníku a jeho slitin se v ČR řídí normou ČSN EN 573-1-2-3 (42 1401). Příklad značení prezentuje obrázek 3, jednotlivé významy číslic pak tabulka 1.



Obrázek 3 – Schéma číselného značení hliníku a jeho slitin [8]

Tabulka 1 – Význam číslic ve značení hliníku a jeho slitin [9]

Význam 1. číslice		Význam 2. číslice	Význam 3. a 4. číslice
Řada	Skupina slitin		
1XXX	Al min. 99,00 %	0: nelegovaný hliník s běžným obsahem doprovodných prvků 1–9: zvláštní regulace obsahu doprovodných prvků.	Minimální obsah Al v % za desetinnou čárkou s přesností na 0,01 % (např. 1065 => obsahuje 99,65% Al).
2XXX	Cu	Modifikace dané slitiny: 0: základní slitina 1–9: modifikace zákl. slitiny.	Nemají zvláštní význam, rozlišují pouze různé slitiny ve skupině.
3XXX	Mn		
4XXX	Si		
5XXX	Mg		
6XXX	Mg a Si		
7XXX	Zn		
8XXX	Ostatní prvky		
9XXX	Neobsazeno	–	

4.1.3 Využití hliníku

Význam a využití hliníku se měnily v čase tak, jak se snižovaly náklady na jeho výrobu. V polovině 19. století byl hliník dokonce dražší než zlato a sloužil především k výrobě šperků. Např. v roce 1855 byla hliníkovými šperky vyzdobena královská koruna na Světové výstavě v Paříži. Postupem času však došlo ke zprůmyslnění výroby hliníku, což vedlo k nárůstu vyrobeného množství. S tím se logicky snižovala i cena, a proto se začal hliník využívat v široké škále oborů.

Dnes se hliník a jeho slitiny využívají prakticky v každém odvětví, přičemž největší zastoupení má doprava, stavebnictví, strojírenství, potravinářství či elektrotechnický průmysl. [1]

Hliník v dopravě

Využití hliníku a zejména hliníkových slitin v dopravě má své opodstatnění. Mezi hlavní důvody patří nízká objemová hmotnost, která vede ke snížení spotřeby pohonných hmot a tím pádem i ke snižování emisí. Dále jsou to např. výborné antikorozi vlastnosti či vynikající deformační schopnosti, které pak vedou ke zvýšení bezpečnosti. V současné době je tak hliník nepostradatelným např. v leteckém průmyslu, kdy dopravní letadla obsahují až $\frac{2}{3}$ použitých materiálů právě z hliníkových slitin. Hliník je také ve velké míře využíván v automobilovém průmyslu, při konstrukci kolejových vozidel, jízdních kol, v loďařství či kosmonautice. [1]

Hliník ve stavebnictví

V posledních několika desetiletích pronikl hliník a jeho slitiny také do stavebnictví. Je to především díky jeho nízké objemové hmotnosti, jednoduché a levné údržbě, dlouhodobému zachování původního vzhledu či odolnosti proti korozi. Velkou měrou se tak z hliníku vyrábí různé fasádní prvky, konstrukce vlakových či autobusových zastávek, nákupních center nebo čerpacích stanic. Stále častěji se také využívají hliníková lešení, žebříky či schůdky apod. [1]

Hliník v potravinářství

I zde má hliník v současné době velký podíl užití. Díky možnosti výroby tenkých fólií se z hliníku stal ideální obalový materiál, který se nevyužívá jen ve formě alobalu, ale také např. k výrobě misek, příborů či nádobí. Zvláštní skupinou je pak výroba plechovek či

tub určených např. pro nápoje či aerosolové spreje. [1] Těmi se tato práce bude v pozdější fázi primárně zabývat.

Další využití hliníku

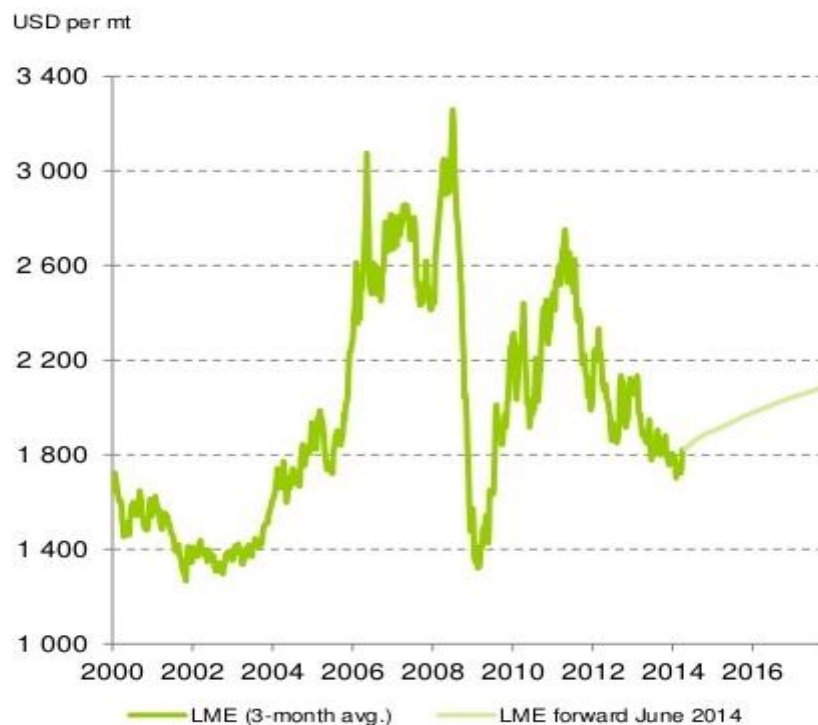
Z hliníku a jeho slitin se také mj. vyrábí celá řada různých dílů, popř. celých součástí strojů či zařízení. Jsou to např. části zařízení pro rafinaci ropy, výměníky tepla, chladiče, ventilátory, rotory, potrubí, součásti různých textilních či optických přístrojů, příruby atd. V elektrotechnice se dříve využíval hliník jako vodič, avšak dnes je většinou již nahrazován mědí. Hliník se také využívá ve výpočetní technice (chladiče, výroba CD atd.) a v celé řadě dalších odvětví. [1]

4.1.4 Nároky na výrobu hliníku

Značnou nevýhodou výroby primárního hliníku je velká energetická a ekologická zátěž. Na vyrobení jedné tuny primárního hliníku je v závislosti na jeho čistotě a technologii zpracování průměrně využito:

- 15–20 MWh elektrické energie,
- 2,5–6 t surového bauxitu,
- 2 t Al_2O_3
- 75–80 kg kryolitu,
- 600–650 kg anodové hmoty (na bázi uhlíku).

Uvádí se, že výroba jedné tuny hliníku je asi 3× energeticky náročnější než výroba plastů, až 25× energeticky náročnější, než výroba skla, či 9× energeticky náročnější než výroba pocínovaného plechu. Díky své závislosti na energiích a vstupních materiálových surovinách tak výrobní cena hliníku značně kolísá. Ta se tak odvíjí např. od pohybu cen ropy a energií na trhu, od stability amerického dolaru. Obrázek 4 uvádí grafické znázornění ceny hliníku v dolarech na jednu měrnou tunu od roku 2000 do současnosti, ze kterého je kolísání ceny jasně patrné. [1], [10], [11]



Obrázek 4 – Graf vývoje ceny hliníku na trhu od roku 2000 [12]

Výroba hliníku nezpůsobuje jen značnou energetickou zátěž, ale také výraznou ekologickou zátěž. Primární surovina bauxit se těží v povrchových dolech, často v okolí rovníku. Proto bývají nová ložiska bauxitu spojována s velkým kácením tropických pralesů, záborem zemědělské půdy a vystěhováním původních obyvatel. Hliníkárny jsou závislé nejen na přísunu elektrické energie, ale také na přísunu vody a kvůli tomu se často v jejich blízkosti staví velké přehrady a hydroelektrárny. Při těžbě bauxitu navíc vzniká velké množství hlušiny. Při samotné výrobě se pak produkuje velké množství odpadů (uvádí se, že na jednu tunu vyrobeného hliníku vznikne půl tuny nebezpečných odpadů). Produkují se také emise, např. fluor, který je zodpovědný za alergické reakce a chudokrevnost. [13]

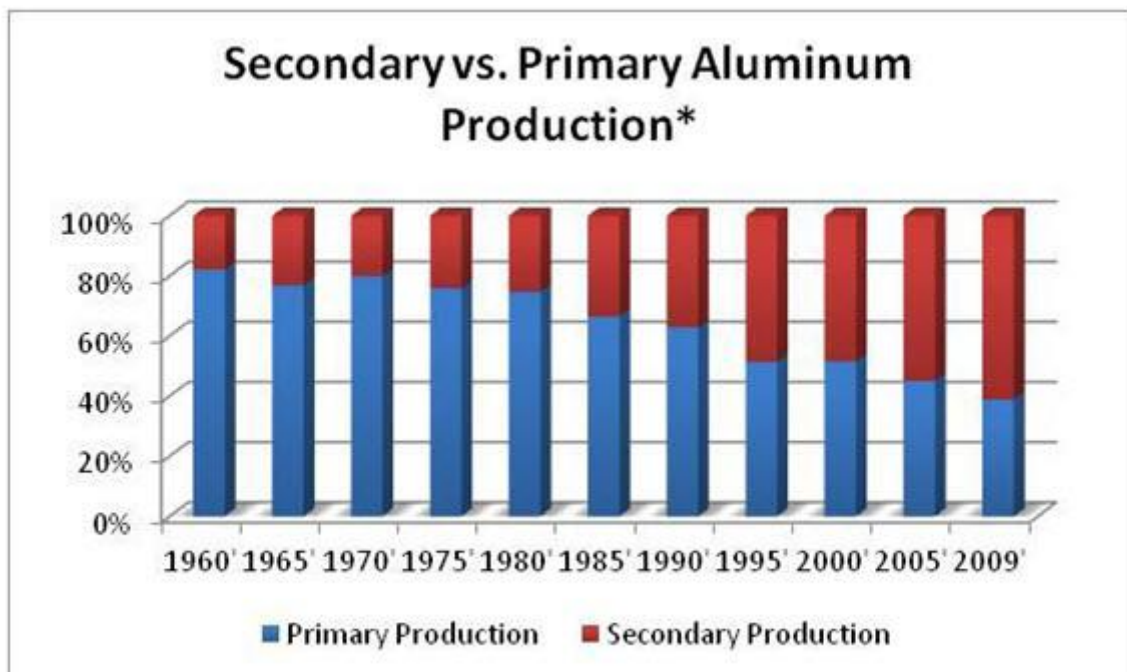
Z výše uvedeného je zřejmé, že využívání hliníku přináší úsporu energií, financí atd. Na druhou stranu je ovšem také patrné to, že výroba primárního hliníku je nejen finančně, energeticky a materiálově velmi náročná, ale jedná se také o značnou ekologickou zátěž. Z toho důvodu je žádoucí zvyšování produkce sekundárního hliníku, čili výroba nových produktů recyklací z hliníkového šrotu.

4.1.5 Produkce sekundárního hliníku

Jelikož je převážná část energetických a surovinových zdrojů zakomponována přímo ve výrobě primárního hliníku, tak výroba sekundárního hliníku je tržně velmi výhodná. Proces roztavení hliníkového šrotu spotřebuje jen malý zlomek energií potřebných k výrobě primárního hliníku. Díky zvyšující se poptávce po hliníku je tedy velmi výhodné začlenit hliníkový šrot jako surovinu pro získání sekundárního hliníku, a to především z následujících důvodů:

- finanční: 95% úspora energií,
- environmentální: snížení emisí skleníkových plynů o 95 %,
- shoda s předpisy a standardy,
- rostoucí povědomí o životním prostředí,
- hliník je 100% recyklovatelný bez ztráty kvality.

Díky těmto aspektům roste poptávka po sekundárním hliníku tak, že v roce 2001 již překročila produkci primárního hliníku a některé odhady hovoří až o 80% zastoupení sekundárního hliníku na trhu již v roce 2020. Na obrázku 5 je graficky znázorněn poměr produkce sekundárního a primárního hliníku v letech 1960–2009. [14]



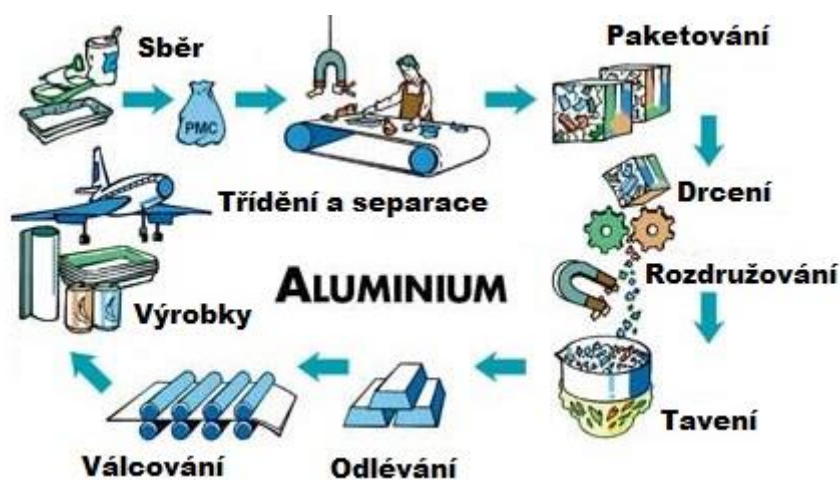
Obrázek 5 – Graf produkčního zastoupení primárního a sekundárního hliníku [14]

4.1.6 Výroba sekundárního hliníku

Při výrobě sekundárního hliníku je nejdůležitějším faktorem různorodost vstupních surovin. Nejběžnějšími vstupními surovinami jsou:

- výrobní odpad vzniklý při druhovýrobě (odřezky plechů, tyčí atd.),
- vytríděné sběrné suroviny (např. plechovky, obaly),
- suroviny vzniklé obráběním (třísky),
- stěry a solné strusky atd. [1]

Proces recyklace hliníku (výrobu sekundárního hliníku) schematicky znázorňuje obrázek 6.



Obrázek 6 – Schéma procesu recyklace hliníku [15]

Výroba sekundárního hliníku se dá rozdělit na několik etap:

- a) **Úprava vstupních surovin** – klasickými postupy jsou třídění, drcení, rozdružování (např. magnetická separace) či zhutňování (paktování, briketování). Pokud je povrch zpracovávaného materiálu pokryt nátěrem nebo např. plastovým povlakem, je vhodné tyto nežádoucí příměsi odstranit. To lze zařídit několika způsoby, z nichž nejběžnější jsou tyto dva:
 - profukování horkým vzduchem (max. 400 °C),
 - profukování horkým vzduchem v kombinaci s omíláním materiálu v rotačním bubnu.

Oxidace povrchu materiálu, a tím i jeho ztráty, jsou minimalizovány uzavřením celého procesu do prostoru bez přístupu kyslíku. Probíhá zde tedy pyrolýzní proces. [1], [16]

b) **Tavení** – probíhá v tavicích agregátech. Typ pece se volí podle druhu vstupních surovin a jejich úpravy před samotným tavením. Zpravidla se používají pece:

- plamenné nístějové,
- šachtové,
- bubnové,
- rotační atd.

Protože má hliník vysokou schopnost reagovat s O_2 , N_2 , H_2 , vodní párou či CO_2 a dalšími plyny, tak se vždy taví pod vrstvou tavidel – krycích solí. Ty kromě ochrany hliníku před oxidací rozpouští vznikající látky a umožní jejich pozdější rafinaci. Jako nejlepší se pro tyto účely jeví směs $NaCl$ a KCl v poměru 1:1 s přídavkem kryolitu Na_3AlF_6 v množství 3–5 %. [1], [17]

c) **Filtrace** – slouží k zachycení nerozpustných sloučenin a vměstků. V praxi se využívají dva způsoby filtrace:

- aktivní materiály – využívají principu adsorpce vměstků na filtru,
- neaktivní filtry – zadržují vměstky mechanicky na filtrech. [1], [17]

d) **Rafinace** – odstranění rozpustného vodíku z taveniny se může provádět např. následujícími metodami:

- probubláváním taveniny neutrálními plyny jako Ar či N_2 ,
- rafinací solí pomocí chloridů různých kovů,
- rafinací vakuováním,
- rafinací chlorem. [1], [17]

e) **Separace hliníku ze solných stěr** – při tavně ve zmiňovaných krycích solích vznikají tzv. stěry. Ty se nacházejí na povrchu taveniny a stahují se z něj před samotným odléváním. Stěry obsahují zpravidla 10–30 % kovového hliníku (při tavně bez ochranného tavidla až 80 % hliníku), dále oxidy hliníku, oxidy, nitridy a karbidy přítomných kovů, chloridy a krycí soli. Hliník lze ze studených stěr regenerovat několika způsoby:

- vytavováním v rotační peci pod solným tavidlem,
- použitím separační techniky (mletí a oddělení oxidů od kovu),
- hydrometalurgickým způsobem. [1], [17]

- f) **Odlévání** – vyčištěný vytavený hliník se odlévá do ingotů různých velikostí a tvarů. Odlévají se velké ingoty o hmotnostech v řádech stovek kg, ale i menší o hmotnostech 5–25 kg. Čistý materiál lze odlévat i ve formě pásků. [16]

4.2 Odpadní hliník a jeho rozdělení

4.2.1 Rozdělení kovového odpadu

Opadem je ve smyslu zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech „*každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl či povinnost se jí zbavit*“. [18] Kovový odpad je široký pojem, a proto je třeba zavést rozdělení na tři základní skupiny:

- železné odpady,
- odpady neželezných kovů (Cu, Al, Pb, Zn, Sn, Ni či T),
- odpady drahých a vzácných kovů (Au, Ag, Pt, Rh atd.).

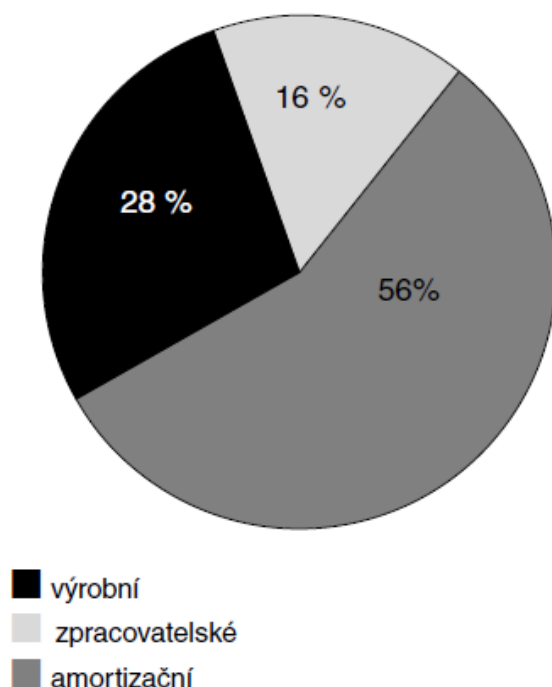
Všechny tyto kovy se mohou vyskytovat jak samostatně, tak i ve slitinách. V ČR má největší zastoupení železný odpad, dále pak odpady neželezných kovů. Odpadů drahých a vzácných kovů je logicky nejméně. [19]

Důležitým aspektem pro další rozdělení kovových odpadů je místo jejich vzniku. Rozlišují se tři základní druhy (jejich procentuální zastoupení znázorňuje obrázek 7):

- a) **Výrobní (vlastní, vratný) odpad** – vzniká při hutní výrobě a zpravidla je v hutích rovnou zpracováván, a proto nebývá předmětem obchodu. Výhodou je jeho kvalita, znalost přesného složení, minimální znečištění.
- b) **Zpracovatelský odpad** – vzniká při zpracování hutních výrobků, tj. během kování, lisování, obrábění atd. Zpravidla jej tvoří třísky, piliny, odřezky, zmetky atd. Jeho zastoupení je závislé na úrovni technologie či složitosti konstrukce výrobku, z čehož je patrné, že se zvyšující se technologickou a konstrukční vyspělostí klesá podíl zpracovatelského odpadu. Pokud je zpracovatelskému odpadu věnována řádná péče, tj. je kvalitně tříděn, minimálně znečištěn, dobře označen a předupraven, tak se stává jedním z nejjádanějších druhů odpadu.
- c) **Amortizační odpad** – vzniká vyřazováním strojů a výrobků. Jsou to všechny vyřazené výrobky a jejich části, které obsahují obchodně zajímavé množství kovů. Amortizační odpad tvoří největší zastoupení v produkci kovového

odpadu, a to jak u kovů železných, neželezných tak i drahých a vzácných. Z hlediska zpracování se samozřejmě jedná o nejsložitější odpad. Stroje jsou tvořeny velkým množstvím součástí vyrobených jak z kovů, tak nekovů. Jejich dokonalé rozdělení a upravení na druhotnou surovinu je tak zcela zásadní. Amortizační odpad je dělen podle původu na:

- železniční (kolejnice, mosty, stožáry, lokomotivy, vagony),
- lodní,
- šrot z automobilů a letadel,
- šrot ze strojů a zařízení (autobusy, jeřáby, cisterny, kotle...),
- šrot z domácností (domácí spotřebiče, radiátory, kov. obaly...). [19]



Obrázek 7 – Graf zastoupení kovových odpadů podle místa vzniku [20]

4.2.2 Odpadní hliník a jeho značení

Jak už bylo zmíněno, je velmi žádoucí odpadní hliník zpracovávat a produkovat z něj hliník sekundární. V současné době je v oběhu stále asi 75 % hliníku vyprodukovaného za posledních 100 let. Úroveň jeho recyklace v jednotlivých odvětvích stoupá. Ve stavebnictví či automobilovém průmyslu se zpět recykluje asi 95 %, v obalové technice je to zatím zhruba jen 50 %. [21]

Hliníkový odpad je definován normou ČSN EN 12 258 jako „*nezpracovaný materiál, určený pro obchod a průmysl, obsahující hlavně hliník a/nebo slitiny hliníku, který je výsledkem sběru a/nebo vrácení:*

- *kovu, který pochází z různých fází výroby; nebo*
- *výrobků po použití;*

k použití pro výrobu tvářených slitin a slitin na odlitky a pro další výrobní procesy.“ [22] Z toho vyplývá i rozdělení hliníkových odpadů na nový (pochází z výroby a zpracování výrobků z hliníku) a starý (pochází z výrobků po použití).

Norma pak rozlišuje základní druhy hliníkového odpadu:

- stěr (pěna),
- hrubé částice kovu; kusový kov,
- přetoky,
- odřezky,
- třísky,
- použité nápojové plechovky (UBC),
- použité obaly z hliníku,
- odpady ze spaloven. [22]

V ČR se odpadní hliník značí podle normy ČSN 42 1331 Odpady neželezných kovů a jejich slitin. Odpadům je přiděleno šestimístné číslo ve formátu XXX XXX, přičemž první trojčíslí značí třídu odpadu (podle chemického složení) a druhé trojčíslí pak druh odpadu (podle rozměrů nebo hmotnosti odpadu). Neželezným kovům přísluší čísla tříd odpadu 311 až 912. [7]

Podle Katalogu odpadů 381/2001 Sb. se hliník objevuje pod několika katalogovými čísly v závislosti na druhu technologie a původu hliníku:

- odpady z pyrometalurgie hliníku náleží do podskupiny 10 03,
- hliníku (a jeho slitinám) ze stavebních a demoličních odpadů náleží katalogové číslo 17 04 02,
- hliníkovým složkám z odděleného sběru komunálního odpadu je přiřazeno katalogové číslo 20 01 40 (kovy),
- obalovým odpadům pak náleží katalogové č. 15 01 04 (kovové obaly). [23]

Obalový hliník podléhá následujícímu značení: podle zákona č 477/2001 Sb., o obalech je „osoba uvádějící výrobek na trh povinna označit materiál obalu, ze kterého je vyroben.“ [24] Značení obalů se řídí normou ČSN 77 0052-2 o identifikačním značení obalů pro následné využití odpadu z obalů. Identifikační značení může mít dvě podoby. Buď se sestává z grafické značky a identifikačního kódu, nebo se sestává pouze z písemného identifikačního kódu. [25]

Grafickou značkou je obrazec složený ze tří plných šipek ve tvaru rovnostranného trojúhelníku. Písemný identifikační kód je vlastně zkratkou určitého materiálu. Číselný identifikační kód je každému určitému materiálu přidělen. Povinnost vybavit obal identifikační značkou odpadá v případě hmotnosti menší než 5 g, bez ohledu na jeho rozměr. Dále se identifikační značkou nemusí označovat etikety, štítky, víčka, krytky, uzávěry, dávkovače apod., i když přesáhnou hmotnost 5 g. Hliníku je přiřazena zkratka ALU a identifikační kód 41 (viz obrázek 8). [25]



Obrázek 8 – Příklady identifikačních značek hliníkových obalů [26]

4.3 Úprava hliníkového odpadu

4.3.1 Základní postupy úpravy kovových odpadů

Před samotným procesem recyklace či jiného zpracování druhotné suroviny je zpravidla nutné provést mechanickou úpravu či předúpravu materiálu. Ta má za cíl dosáhnout potřebné konzistence, tvaru, objemu atd. daného zpracovávaného (upravovaného) materiálu. Volba úpravových technologií vždy musí respektovat stav původní suroviny a další způsob navazujícího zpracovatelského procesu. [27]

S vývojem průmyslové výroby, vzrůstající životní úrovní občanů a jejich zvyšující se materiálovou spotřebou se nejen rozšiřuje sortiment produktů, ale v souvislosti s tím se také zvyšuje množství a různorodost odpadů. Jejich úprava pak vychází z klasických postupů aplikovaných při zpracování uhlí, rudných a nerudných suroviny apod. Tyto postupy se poté dále rozvíjejí, modifikují a rozšiřují – tím se specializují na konkrétní druhy surovin.

Souhrnně se při zpracování druhotných surovin aplikují tyto postupy:

a) Zmenšování kusovosti – mechanické zdrobňování:

- lisování,
- dělení (stříhání, pálení),
- drcení, mletí.

b) Odlučování jednotlivých složek materiálů:

- třídění, rozdružování,
- odvodňování,
- jiné (speciální) postupy.

c) Zkusování:

- spékání – aglomerace,
- peletizace,
- briketace. [27]

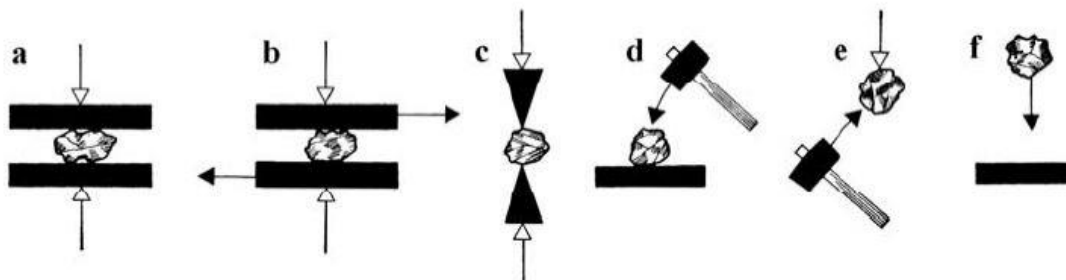
Co se týče kovových odpadů, tak zde se rozlišují základní zpracovatelské technologie na:

- ruční třídění a pálení,
- lisování (paketování),
- stříhání,
- drcení a mletí,
- lámání,
- briketování,
- granulování. [28]

Železný a ocelový odpad se většinou stříhá (např. konstrukce, trubky, rámy nákladních vozidel), lisuje, drtí (např. autovraky, kuchyňské spotřebiče), mele, láme (např. kolejnice) nebo briketuje (třísky). Litinový odpad se často drtí (např. kotle, radiátory, bloky motorů), pálí či briketuje (třísky). Neželezné kovy se zpravidla třídí, lisují či stříhají. Granulují se např. kabely a vodiče. [28] Pro různé druhy hliníkové odpadu jsou typické následující operace: paketování/briketování, odlakování/odpovlakování, drcení, stříhání, třídění, rozdružování flotací a sušení. [22]

4.3.2 Zmenšování kusovosti – mechanické zdrobňování

Mechanické zdrobňování má za cíl zmenšit objem dané suroviny a tím zjednodušit její následné zpracování. Při zdrobňování je surovina rozrušována a drcena působením vnějších sil, především pak tlakem a smykem. Základní způsoby zdrobňování naznačuje obrázek 9.



Obrázek 9 – Schéma základních způsobů zdrobňování [29]

Materiál je zdrobňován následujícími základními způsoby:

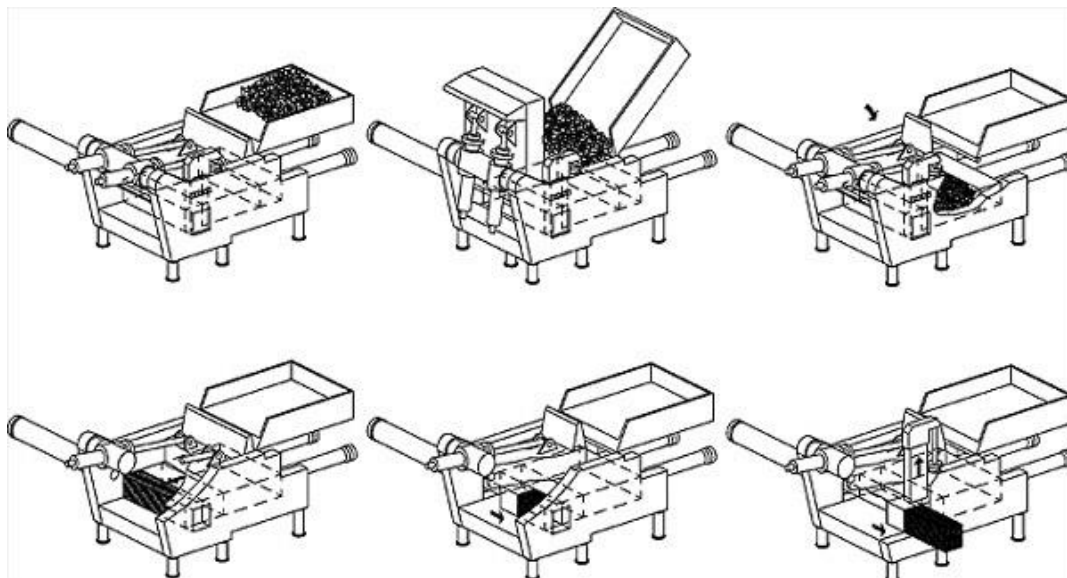
- a) rozmačkáváním,
- b) roztíráním,
- c) štěpením,
- d) úderem,
- e) odrazem,
- f) nárazem. [29]

Ve zdrobňovacích zařízeních se zpravidla uplatňuje více způsobů současně. Od uvedených schémat se skutečný provoz také liší tím, že zařízení nikdy nezpracovává jednotlivé kousky materiálu, ale vždy současně větší počet kusů nebo zrn, čímž dochází nejen k působení pracovního elementu, ale také k vzájemnému působení jednotlivých zrn (nárazy, roztírání). [27]

Lisování

Technologie lisování patří ve zpracování kovových odpadů k těm nejběžnějším. Využívají se paketovací lisovny, a to buď stacionární, nebo mobilní. Paketovací lisovny bývají hydraulické a využívají se k lisování různého charakteru kovového odpadu, od drobných částí až po celá zařízení (např. autovraky). Výstupem je balík – paket zpravidla ve tvaru kvádra. Rozměry paketů jsou dány velikostí lisovací komory, hmotnosti paketů jsou pak od jednotek kg až po tisíce kg. Objemová hmotnost slisovaného materiálu [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] se

oproti neupravenému materiálu výrazně zvýší, a to i 25×. Princip paktování znázorňuje obrázek 10. V první fázi je materiál přiveden do lisovací komory, následně je pomocí beranu materiál v komoře slisován do paketu. V poslední fázi dojde k uvolnění beranu, otevření komorových dveří a pomocí beranu je balík vytlačen např. na dopravník. [30]



Obrázek 10 – Schéma principu pakovacího lisu [30]

Stříhání

Zatímco zájem o pakety z velkých lisů je stále menší, tak produkce stříhaného materiálu je na vzestupu. [28] Nůžky se zpravidla vyrábí hydraulické, a to jak mobilní, tak stacionární. Jsou určeny pro zpracování různorodého těžkého a objemného odpadu, konstrukcí, rámu nákladních vozidel, zemědělských strojů apod. Dostupné jsou i stroje kombinované, které umožňují stříhání i paktování.

Drcení

Drcení patří mezi nejběžnější, ale zároveň nejdražší technologie sloužící k úpravě odpadů. Vzhledem k rozmanitosti vstupních surovin je třeba správná volba drticích zařízení, kterých existuje celá řada. Základní rozdělení drticích zařízení, které se řídí normou ČSN 72 9101, je následující:

a) Čelistové:

- s jednoduchým pohybem čelisti (dvouvzpěrné),
- se složeným pohybem čelisti (jednovzpěrné),
- zvláštní typy (rotační).

b) Kuželové:

- ostroúhlé,
- tupoúhlé,
- inerční,
- zvláštní typy.

c) Válcové:

- jednoválcové,
- dvouválcové (hladké, ozubené, nožové...),
- víceválcové (dvojité, tříválcové...).

d) Kladivové:

- jednorotorové (s válci, odrazové...),
- dvourotorové (odrazové).

e) Odrazové:

- jednorotorové,
- dvourotorové.

f) Metací:

- jednostupňové,
- dvoustupňové.

g) Speciální:

- jednoúčelové drtiče, desintegrátory, bubnové třídící... [27], [31]

Pro volbu správného drtícího zařízení je důležité se řídit následujícími faktory:

- mechanické a fyzikální vlastnosti zdrobňovaného materiálu,
- maximální rozměry a zrnitost vstupního materiálu,
- charakter zrn výstupní suroviny,
- měrná spotřeba elektrické energie a potřebný příkon,
- náročnost na obsluhu, údržbu,
- hmotnost a rozměry stroje,
- výkonnost drtiče,
- cena zařízení atd. [27]

Pro výpočty drtičů se používají různé empirické vzorce, empirické součinitele a také zkušenosti s drcením stejného či obdobného materiálu. Mezi hlavní technické

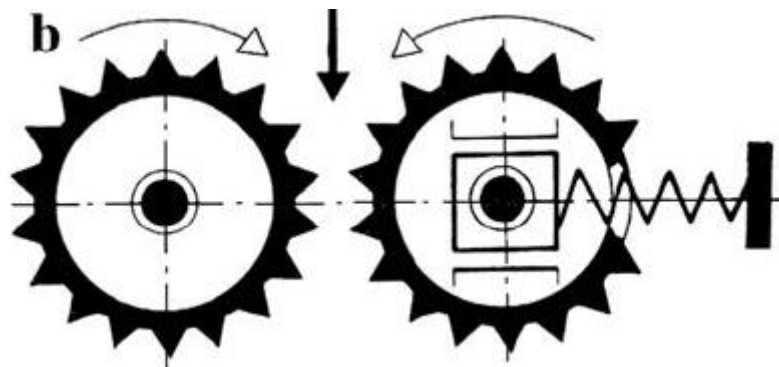
charakteristiky drtičů patří zrnitost produktu [mm] a stupeň zdrobnění [-]. Zrnitost produktu udává průměrnou velikost zrna nadrceného materiálu. Podle zrnitosti se člení drcení na:

- hrubé (nad 125 mm),
- střední (25–125 mm),
- jemné (do 25 mm),
- (zrna pod 3 mm získáváme pomocí mletí). [29]

Stupeň zdrobnění je důležitý z hlediska technologického pro volbu vhodného zdrobňovacího zařízení (platí i pro mlýny) a udává poměr velikosti zrna před (z_1) a po zdrobnění (z_2): [27]

$$s = \frac{z_1}{z_2} [-] \quad /5/$$

Drtiče jsou vhodné jak pro amortizační kovový odpad (autovraky, kuchyňské spotřebiče atd.), tak pro zpracovatelský odpad. Často jsou v kombinaci s dalšími zařízeními (dopravníky, separátory atd.) součástí tzv. drtících linek. Pro kovové odpady se často používají válcové drtiče, které podle počtu válců rozdělujeme na jednoválcové, dvouválcové a víceválcové. Materiál je zdrobňován mezi dvěma proti sobě se otáčejícími válci, popř. mezi otáčejícím se válcem a čelistí (nepohyblivou, přítlačnou). Povrch válců může být hladký nebo tvořen různými výstupky (hroty, zuby). Variantou mohou být pláště válců tvořené pomocí většího počtu kotoučů nasazených vedle sebe na jádru válce. Drtící elementy (zuby, hroty) mohou být navíc vyměnitelné. Na rozdíl od hladkých válců disponují ozubené válce nižšími obvodovými rychlostmi, aby se omezilo vylamování zubů. Před poškozením chrání také odpružení jednoho z válců či automatický reverzní chod. Základní princip dvouválcových ozubených drtičů naznačuje obrázek 11. [27]



Obrázek 11 – Schéma základního principu dvouválcového ozubeného drtiče [29]

Mletí

Mletí je technologie obdobná jako drcení, s tím rozdílem, že stupeň zdrobnění je větší a naopak výsledná velikost zrn menší. Podle velikosti zrna se rozlišuje mletí na:

- hrubé (do 3–6 mm),
- střední (0,08–0,8 mm),
- jemné (0,03–0,08 mm),
- velmi jemné (do 0,03 mm). [27]

Na rozdíl od drcení může mletí probíhat nejen za sucha, ale také za mokra. Oproti drtičům mají mlýny také vyšší spotřebu energie, vyšší spotřebu mlecích elementů apod. Z hlediska konstrukce rozdělujeme mlýny na tyto základní druhy:

- a) gravitační (kulový, tyčový, autogenní),
- b) vibrační,
- c) běhounové (tíhové, pružinové, kroužkové, odstředivé...),
- d) válcové,
- e) rotorové (kladivové, tlukadlové, ventilátorové, úderové...),
- f) tryskové a metací,
- g) zvláštní typy (koloidní, míchadlové, stoupy...). [27]

4.3.3 Odlučování jednotlivých složek materiálu

Stejně jako zmenšování kusovosti je oddělování jednotlivých složek materiálu zcela zásadní pro efektivní zpracování nejen kovových odpadů. Jednotlivé složky materiálů se mohou oddělovat podle několika různých kritérií. Jedná se o dělení podle velikosti zrna (třídění), dělení podle různých vlastností materiálů (rozdrůžování), oddělování vlhkosti (odvodňování) či jiné speciální postupy, které jsou upravovány pro konkrétní druhy materiálů.

Třídění

Mezi základní úpravnické pochody patří třídění, kde se surovina třídí (dělí) podle velikosti zrna. U zpracování odpadů dochází u třídění často i k rozdrůžování podle kvality (druhu) materiálu. Principem třídění je získání dvou frakcí pomocí třídícího prvku. K třídění se používají síta nebo rošty. Dvěma základními frakcemi, které se tříděním získávají, jsou přepad (nepropadne sítem, roštem) a propad (propadne sítem, roštem). Základním

parametrem třídícího je okatost síta [mm], což je rozměr otvorů v sítěch. U roštů je obdobným parametrem rozteč roštnic [mm]. Přehled druhů třídění, jejich principů a příkladů zařízení prezentuje tabulka 2. [29]

Tabulka 2 – Přehled postupů třídění [27]

Druh třídění	Princip třídění		Druhy zařízení
Mechanické	Geometricky rozdílné rozměry zrn		Roštové třídíče
			Sítové třídíče
Hydraulické	Rozdílná sedimentační rychlost ve vodě	Oddělování zrn podle soupádnosti	Hřeblové a šroubovicové třídíče, třídíče se vzestupným vodním proudem, protiproudé třídíče
		Spolupůsobení hydrocyklóny – odstředivé síly	
Pneumatické	Rozdílná sedimentační rychlost ve vzduchu		Vibrační odprašovací třídíče, pulsační odprašovací třídíče, odstředivé odprašovací třídíče

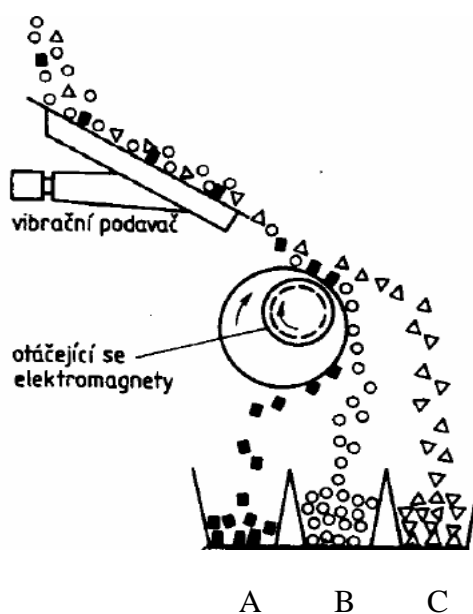
Rozdružování

Hlavním účelem rozdružování je oddělení jednotlivých materiálů na základě jejich rozdílných vlastností (např. hustota, smáčivost, elektromagnetické vlastnosti atd.). Při rozdružování se získávají dvě základní složky, a sice požadovaná surovina (koncentrát) a druhá složka (jalovina). Někdy též vznikají meziprodukty, které mají menší užitkový obsah než koncentrát. Základní rozdružovací metody uvádí tabulka 3. [29]

Tabulka 3 – Přehled rozdužovacích metod [29]

Metoda rozdužování	Princip rozdužování	Typy technologií
Gravitační	Na základě různé skutečné hustoty.	Rozdužování v těžkých kapalinách, rozdužování ve vodě (sazečky, splavy, žlaby...), pneumatické rozdužování, zvláštní způsoby.
Magnetické	Na základě rozdílné mag. susceptibility.	Slabě magnetické rozdužování (za sucha, za mokra), silně magnetické rozdužování.
Elektrické	Na základě rozdílné el. vodivosti složek.	Rozdužování s různým uspořádáním el. pole, s různým uspořádáním elektrod, s různým pohybem materiálu.
Flotační	Na základě rozdílných povrchových vlastností zrn.	Pěnová flotace (přímá, nepřímá), aglomerační flotace, flotace na nosiči, elektroflotace.

U zpracování kovových odpadů je velmi často využíváno magnetické rozdužování. Např. separátor, který pracuje na principu vířivých proudů (obrázek 12), funguje tak, že na rotující třídící válec, ve kterém se jinou rychlostí, ale stejným směrem, otáčejí elektromagnety, padá surovina. Ta je vlivem vířivých proudů tříděna tak, že nemagnetický podíl padá kolmo dolů (B), feromagnetický materiál (železo) je válcem unášen a odpadá později (A) a paramagnetické látky (hliník, měď...) jsou indukcí odhozeny dále (C). Účinnost separace je až 98 %. [32]

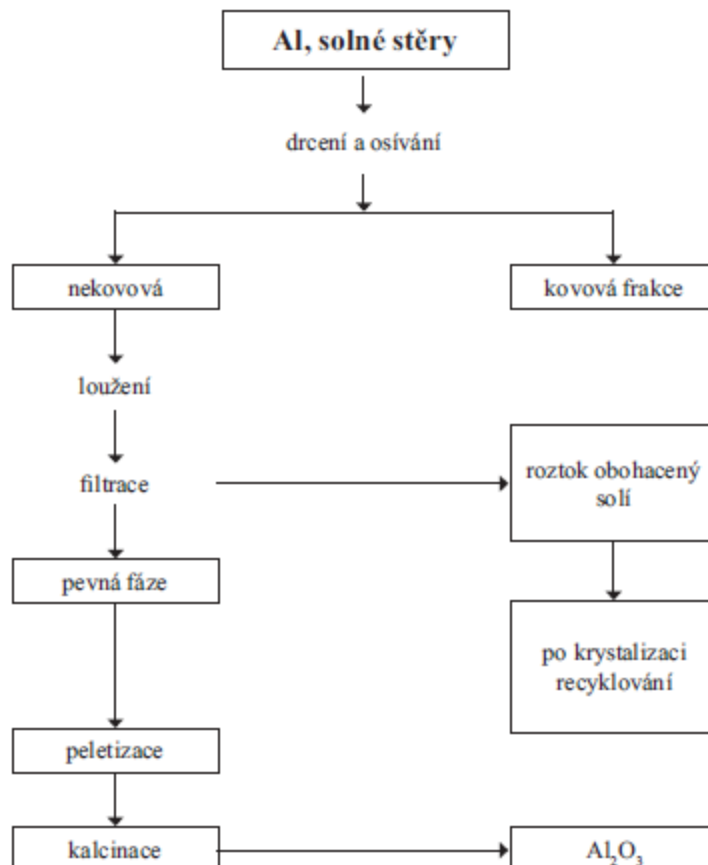


Obrázek 12 – Schéma principu magnetické separace vířivými proudy [32]

Speciální postupy

Zatímco odvodnění nemá při úpravě kovových odpadů zvláštní význam, tak uplatnění speciálních postupů je celkem důležité v některých oblastech. Postupy vycházejí ze základních klasických zařízení, ale jsou upravovány např. pro objemný kusový kovový odpad nebo v kombinaci s podchlazováním pro dokonalejší rozdužení. Mezi speciální postupy se řadí např.:

- kryogenní postupy – používají se pro dokonalejší zdrobňování a rozdužení jednotlivých složek odpadů, např. u polymerů,
- hydrometalurgické pochody – používají se při zpracování chudých a komplexních rud nebo např. při zmiňované regeneraci hliníku ze studených stěrů (kapitola 4.1.6). Princip hydrometalurgického zpracování hliníkových solných stěr udává obrázek 13,
- pražení – uplatňuje se např. při oddělování neželezných kovů. [29]



Obrázek 13 – Schéma principu hydrometalurgického zpracování hliníkových stěr [1]

4.3.4 Zkusování

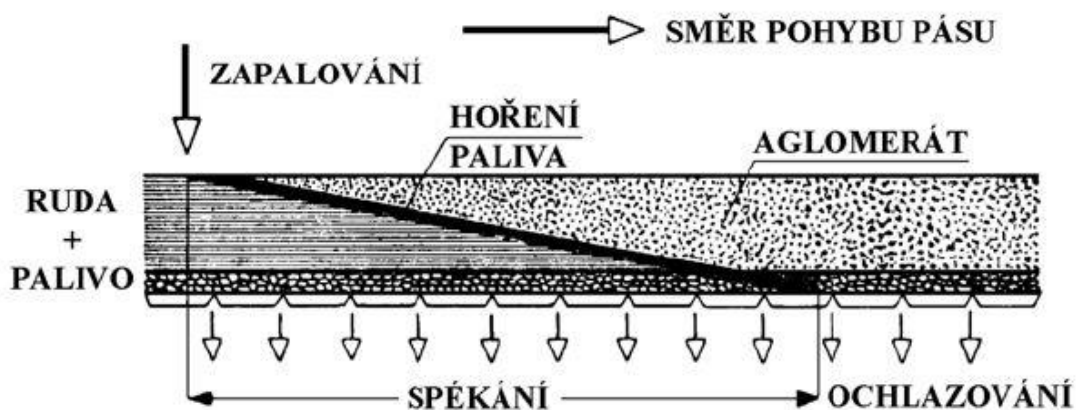
V průběhu jednotlivých druhů úprav druhotných surovin často vznikají malé nebo jemné třídy materiálu. Následné zpracování takto jemného materiálu bývá obtížné, málo ekonomické a neefektivní. Proto je často lepší zvýšení měrné hmotnosti dané suroviny, která usnadní a zefektivní nejen následné zpracování, ale také např. manipulaci a přepravu. Rozeznávají se tři zásadní technologické procesy. [29]

Spékání – aglomerování

Podstata spékání (aglomerování) spočívá ve slinutí aglomerované hmoty působením teploty. Nejčastěji se technologie využívá pro spékání jemnozrnných rud nebo koncentrátů se zrnky menšími než 5 mm. Spéká se pomocí paliv tak, že za přítomnosti uhlíku nastává částečná redukce a tvoří se FeO – oxid železnatý, který je snadno tavitelný a stmeluje tak zrnka rudy. Spotřeba paliva závisí na druhu spékaného materiálu a obsahu síry v něm obsažené. [27]

Nejdůležitějšími způsoby aglomerování jsou:

- spékání v otáčivých pecích,
- spékání v pásovém aglomeračním přístroji (obrázek 14),
- spékání v pánvích s přerušovaným provozem.



Obrázek 14 – Schéma principu spékání v pásovém aglomeračním stroji [29]

Peletizace (granulování)

Na rozdíl od spékání probíhá peletizace (granulování) za normální teploty. Produktem peletizace je peleta (granule) většinou kruhového průřezu s průměrem okolo 6–8 mm a délkou zhruba 10–30 mm. Zatímco peletizace je souhrnný název používaný

především pro zpracování organického materiálu (dřevní odpad, průmyslové rostliny atd.), tak u kovů je zažité granulování. Peletizace organického materiálu spočívá v protlačování jemnozrného materiálu skrze matrici, čímž dochází ke zkusovění. Granulování kovů spočívá v sekání materiálu na granule. Granulováním se často zpracovávají vyřazené kabely a vodiče. Základem pro správné granulování je mít kov (hliník, měď) oddělený od nežádoucích prvků jako je guma, PVC a dalších druhů izolace. Granulování probíhá v tzv. granulačních linkách, které se běžně skládají z granulátoru, separátoru, dopravníků a odsávacího zařízení. O granulování kabelů se starají řezací nože a síto, které jsou patrné z obrázku 15. [29], [28]

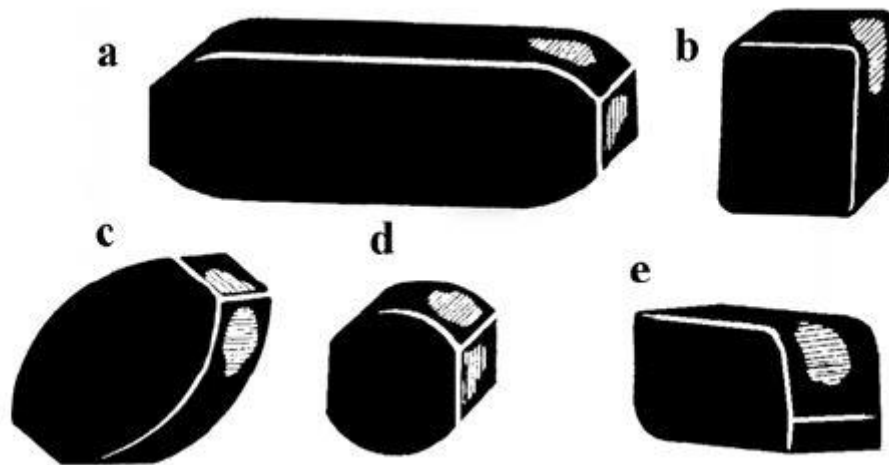


Obrázek 15 – Fotografie granulátoru vodičů [33]

Briketace

Briketování se využívá ke zkusovění jemnozrného materiálu. Produktem jsou brikety různých rozměrů a tvarů (viz obrázek 16). Briketování probíhá v briketovacích lisech. Technologie briketování závisí na vlastnostech lisovaného materiálu. Některé lze lisovat bez pojiva (lignit, měkké hnědé uhlí), jiné materiály pojivo vyžadují. Briketování kovů se uplatňuje především u zpracovatelského odpadu. Briketují se např. třísky,

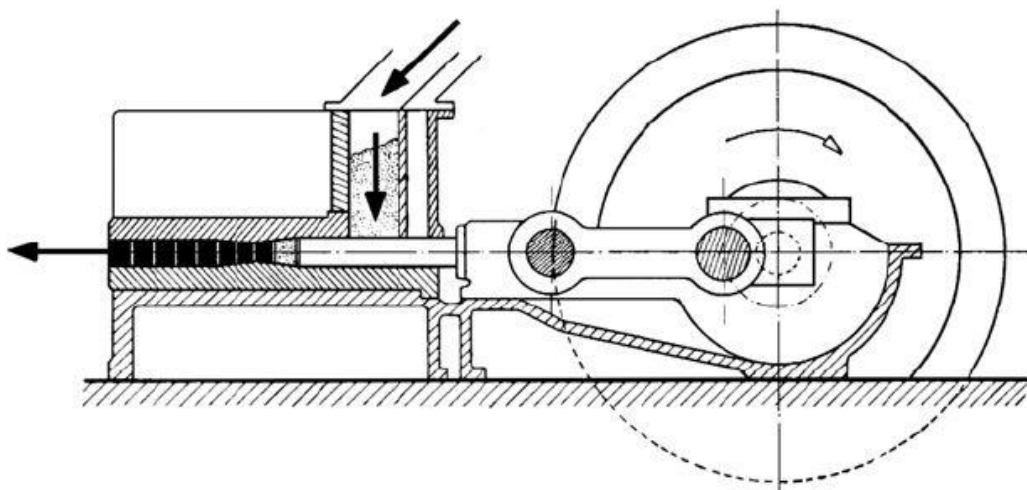
předdrcené kovové odpady atd. Před samotným briketováním by měl být kov zbaven nežádoucích příměsí, jako jsou zbytky olejů, emulzí apod.



Obrázek 16 – Schéma různých tvarů briket [27]

Základními typy briketovacích lisů jsou:

- razidlové lisy (obrázek 17),
- válcové (styčné) lisy,
- lisy s uzavřenou komorou,
- prstencové lisy. [29]



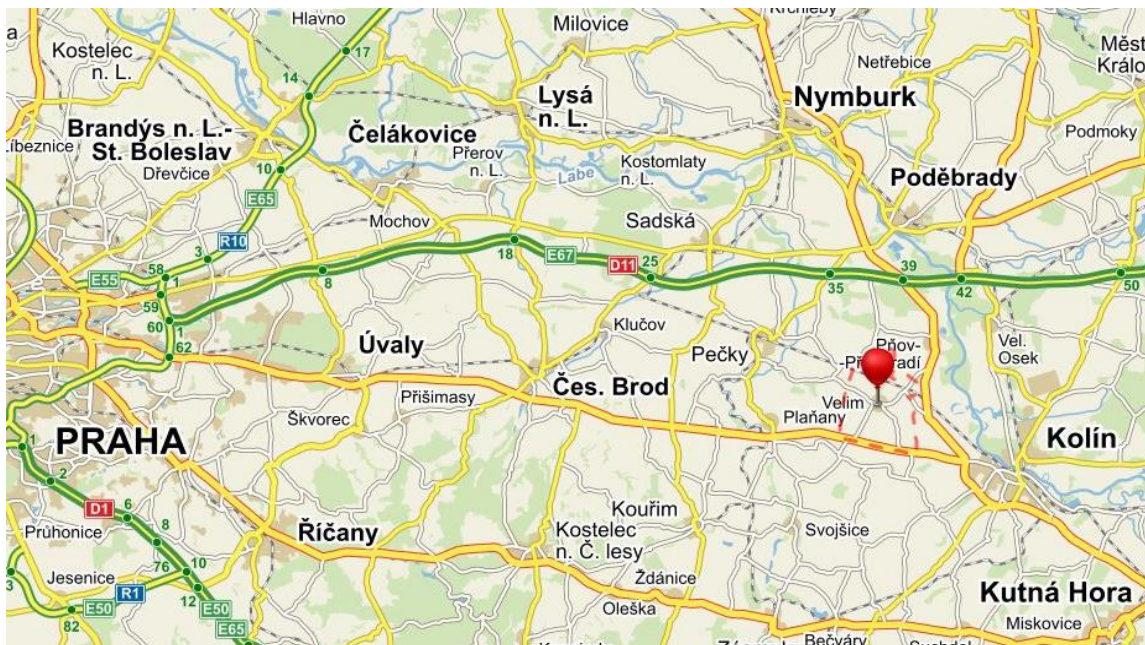
Obrázek 17 – Schéma razidlového lisu [29]

5 Zpracování odpadního hliníku ve společnosti Ball Aerocan CZ

s. r. o.

5.1 Popis společnosti Ball Aerocan CZ s. r. o.

Společnost Ball Aerocan CZ s. r. o. se nachází v obci Velim (obrázek 18), která leží 10 km severozápadně od Kolína na I. tranzitním železničním koridoru (Německo) – Děčín – Praha – Pardubice – Česká Třebová – Brno – Břeclav a také nedaleko dálnice D11 Praha – Poděbrady. Historie Velimi sahá až do období eneolitu, tedy 3 800–1 900 p. n. l. První historická zmínka o Velimi je z roku 999. V současnosti má obec 2124 obyvatel a katastrální výměru 1570 ha. [34]



Obrázek 18 – Mapa polohy obce Velim [35]

Velimský závod, který se zabývá výrobou hliníkových pouzder pro aerosolové spreje, se začal stavět v roce 2001 pod názvem Cebalsol, patřící do skupiny francouzského hliníkového konglomerátu Pechiney. Výroba začala v dubnu 2002 a do konce roku bylo vyprodukováno prvních 45 milionů kusů výrobků. Později firma přešla pod záštitu kanadského koncernu Alcan. Od roku 2006 pak byla součástí mezinárodního holdingu Aerocan a v roce 2011 přešla celá skupina Aerocan pod americký koncern Ball Corporation. Podnik poskytuje práci takřka 300 stálým zaměstnancům a navíc je zdrojem

obživu i pro několik externích firem (bezpečnostní služba, úklidové služby, externí servis a údržba, brigádníci), čímž patří mezi významné zaměstnavatele v regionu. [36]

Vzhledem ke značnému výrobnímu a ekonomickému úspěchu firmy Ball Aerocan CZ s. r. o. (dále jen „podnik“) je neustále rozšiřována výrobní kapacita, jsou instalovány nejmodernější automatizované technologie a podnik je tak schopen vyrábět nové a komplikované typy výrobků, které jsou zákazníkem žádány. Výrobní kapacita roste každým rokem. Zatímco v roce 2002 činila 45 milionů kusů, v roce 2006 to už bylo 201 milionů kusů a v roce 2013 dokonce 457 milionů kusů (viz tabulka 4). [37] V současné době probíhá výroba na sedmi linkách vyrobených speciálně pro velimský závod a na jedné starší lince. Nový je také např. automatický paletizér doplněný o samojízdné vysokozdvizné vozíky či linka na zpracování hliníkového odpadu, kterou se tato práce primárně zabývá.

Tabulka 4 – Výroba společnosti Ball Aerocan CZ s. r. o. v letech 2002–2013 [37]

Rok	Výroba [$\cdot 10^6$ ks]	Rok	Výroba [$\cdot 10^6$ ks]
2002	45	2008	275
2003	94	2009	275
2004	137	2010	310
2005	175	2011	382
2006	201	2012	448
2007	241	2013	457

5.2 Proces výroby hliníkových pouzder v podniku

Výroba hliníkových pouzder je v podniku Ball Aerocan CZ s. r. o. zajišťována na celkem osmi výrobních linkách. Průměrná denní produkce byla v roce 2003 zhruba $1\,250\,000 \text{ ks} \cdot \text{den}^{-1}$. Pokud jsou všechny linky v plném provozu a nejsou zatíženy poruchou či odstávkou, dosahuje se špičkového objemu výroby až $1\,500\,000 \text{ ks} \cdot \text{den}^{-1}$. Výroba zahrnuje pouzdra o průměrech 35–59 mm různých délek a tvarů. Technologická úprava jedné z linek umožňuje navíc kromě pouzder pro aerosolové spreje také výrobu hliníkových nápojových plechovek ve tvaru láhve. 99 % výrobků je určeno pro export. Proces výroby pouzder je znázorněn na obrázku 19.

Výroba začíná naskladněním hliníkových kalot (obrázek 19, pozice 1) dovezených z hutí. Kaloty se míchají v míchadle kalot společně s mazivem, aby došlo k promazání

vnějšího povrchu kaloty. Promazaná kalota je poté lisem vytlačena jedním rázem do tvaru dutého válce se dnem (obr. 19, poz. 2). Na ořezávacím stroji je poté plechovka kartáčována a budoucí hrdlo je oříznuto na požadovaný rozměr (obr. 19, poz. 3).



Obrázek 19 – Schéma procesu výroby hliníkového pouzdra na aerosolové spreje [38]

Vylisovaná plechovka potřebných rozměrů je následně omyta v myčce a opatřena vnitřním lakem ve vstříkovacím stroji (obr. 19, poz. 4). Zaschnutí a vytvrzení vnitřního laku zajišťují korýtkové pece, vychladnutí plechovky pak chladicí zóna. Dále prochází plechovka soustavou tiskařských strojů a pecí v tomto pořadí: nanesení základního laku (obr. 19, poz. 5), pec, nanesení potisku (obr. 19., poz. 6), pec, nanesení vrchního laku (obr. 19, poz. 7), pec.

Potisknutá a nalakovaná plechovka poté dostane finální tvar a je vytvořeno hrdlo v konifikačním stroji (obr. 19, poz. 8). Hotové pouzdro (obr. 19, poz. 9) je poté na balicím stroji zabaleno v různém počtu do přepravních balení. Tato balení jsou narovnána na paletu, která je v paletizéru zabalena a poté je přesunuta do skladu hotových výrobků, odkud dochází k expedici. Mezi každou zásadní operací je navíc mezioperační zásobník sloužící k vyrovnání provozních výkyvů linky.

5.3 Vznik hliníkových odpadů v podniku

Podnik investuje nemalé finanční prostředky také do odpadového hospodářství a environmentální politiky. Kromě sběrných klasických nádob na papír či sklo se v podniku třídí také několik druhů plastů (plastové fólie, plastové vázací pásy, nápojové lahve či kelímky). Dále jsou zde umístěny nádoby na sběr železného a neželezného šrotu. Plastové fólie jsou lisovány hydraulickým paketovacím lisem do balíků, papírové kartony jsou stahovány vazačkou atd. Podnik také disponuje vlastní čistírnou odpadních vod či vlastními vrty a úpravnou vody.

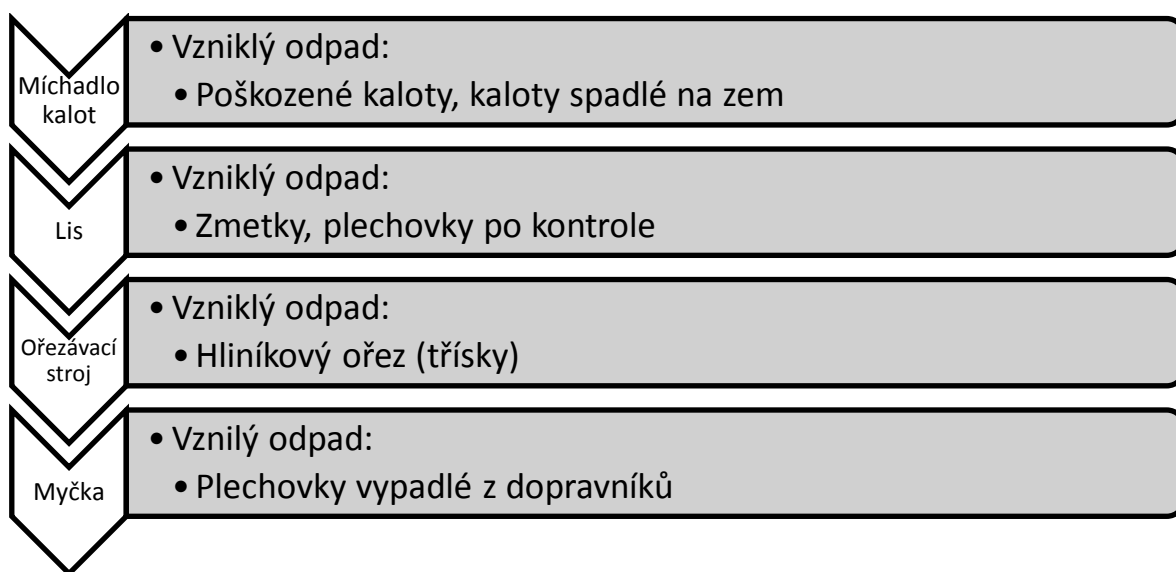
Stěžejním odpadem je však hliníkový odpad. Jelikož odpad vzniká při zpracování hutních výrobků, jedná se o tzv. zpracovatelský kovový odpad. Pokud je tento odpad řádně obhospodařován, stává se pak významnou druhotnou surovinou. V podniku se rozlišují dva základní druhy hliníkových odpadů:

- čistý hliník,
- barevný hliník.

Podle normy ČSN EN 12 258 jsou tedy v podniku produkovány nové odpady, a sice konkrétně druhy hrubé částice kovu, kusový kov a třísky.

5.3.1 Vznik čistého hliníkového odpadu

Jak už vyplývá z názvu, o čistý hliník se jedná v případě, že ještě neprošel lakováním či tiskem. V celkové denní produkci je jeho zastoupení zhruba třetinové. Při průměrné produkci odpadů zhruba tři tuny za den by to tedy činilo jednu tunu „čistého“ hliníku za den. Ačkoliv čistý hliník obsahuje např. mazací prostředky, tak se separuje a upravuje zvlášť, neboť je pro zpracovatele výhodnější. Typy čistého hliníkového odpadu a jejich vznik znázorňuje obrázek 20.



Obrázek 20 – Schéma vzniků čistého hliníkového odpadu a jeho druhy

U čistého hliníku jsou tedy v podniku rozlišovány tři druhy odpadů:

- odpadní kaloty,
- odpadní plechovky,
- ořez (třísky).

Pro výrobu nepoužitelnou se kalota (obrázek 19, pozice 1) stává tehdy, pokud jeví známky mechanického poškození či pokud dojde k jejímu kontaktu s podlahou (např. pád z dopravníku či vysypání z protržené krabice). Takovéto kaloty se shromažďují v plastových přepravkách, které jsou po naplnění vysypány do tzv. „big bagů“ (velkoobjemových vaků) s čistým hliníkem.

Pro výrobu nepoužitelnou se plechovka stává po kontaktu s podlahou (např. porucha dopravníku), po provedené kontrole pracovníkem kvality, nebo pokud se jedná o zmetek. Ty mohou být odhaleny soustavou čidel a následně automaticky odstraněny z výrobní fáze (např. vyfouknutím z dopravníku) či odstraněny na základě požadavku kvality. Tyto tuby jsou shromažďovány v plastových vozících, které jsou v daných intervalech nebo při jejich naplnění, odvezeny příslušným pracovníkem k lince zpracovávající hliníkový odpad.

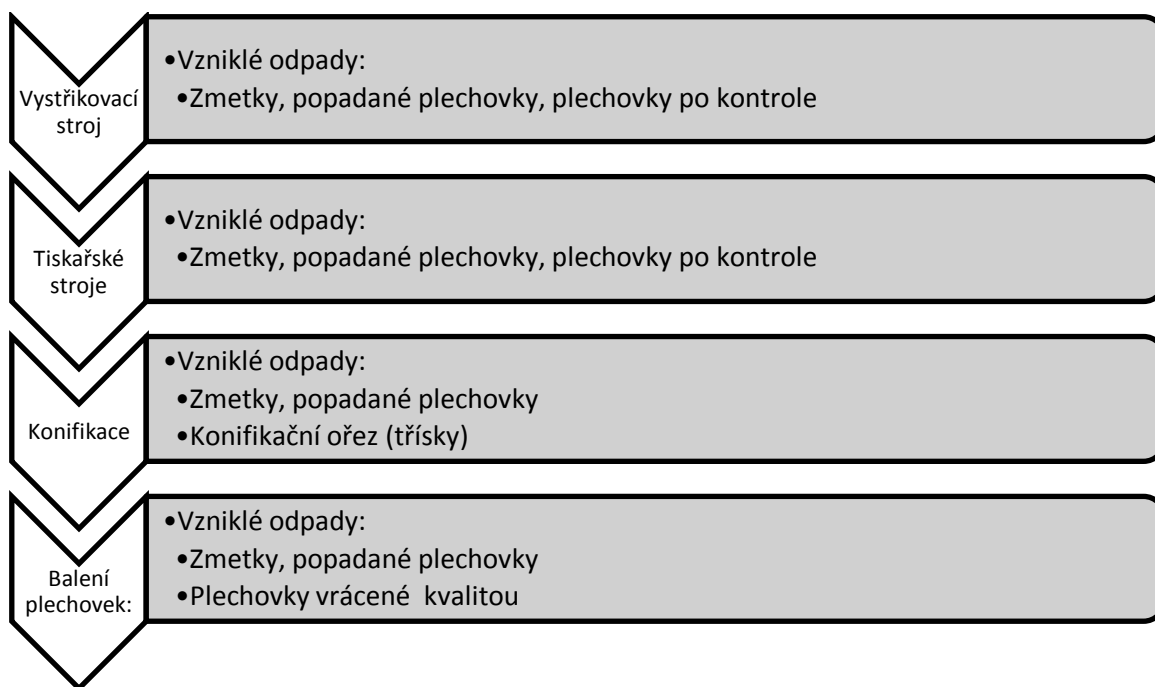
Posledním produktem řadícím se do čistého hliníku je tzv. „ořez“ (obrázek 21). Jedná se o třísky, které byly odříznuty z tuby na ořezávacím stroji. Třísky mají tloušťku stejnou jako stěna tuby, šířka a délka jsou různé v závislosti na rozměrech původní a výsledné plechovky. Typickým pro ořez je vlnitý tvar. Třísky jsou stejně jako tuby shromažďovány v plastových vozících a v daných intervalech, či při naplnění, jsou příslušným pracovníkem odvezeny k lince na hliníkový odpad.



Obrázek 21 – Fotografie plastového vozíku s čistým hliníkovým ořezem [foto autor]

5.3.2 Vznik barevného hliníkového odpadu

Barevný hliníkový odpad vzniká všude tam, kde již plechovka (nebo její část) obsahuje lak či potisk. Jeho zastoupení v celkové produkci je zhruba dvoutřetinové a při průměrné produkci hliníkového odpadu tři tuny za den by činilo tedy asi dvě tuny denně. Stejně jako čistý hliník se i ten barevný separuje a zpracovává zvlášť. Typy barevného hliníkového odpadu a proces jeho vzniku znázorňuje obrázek 22.



Obrázek 22 – Schéma vzniku barevných hliníkových odpadů a jejich typy

Barevný rozlišuje na dva základní druhy:

- odpadní tuby,
- ořez.

Mezi odpadní barevné tuby patří (obdobně jako u čistých) takové, které jsou testovány pracovníkem kvality, tuby po kontaktu s podlahou či zmetky. Tuby se opět shromažďují v plastových vozících a postup nakládání s nimi je stejný jako u čistých odpadních tub.

Zvláštní kategorií jsou již plechovky prošlé balením. Tam patří přebytky výroby (např. půl palety přebývající nad rámec zakázky), zabalené palety poškozené (např. při neopatrné manipulaci vysokozdvížným vozíkem) či palety navracené kvalitou. V takovýchto případech pak zpravidla dochází k manuálnímu přetřídění, popř. je celá

paleta přepravena k lince na zpracování hliníkového odpadu, kde dojde k jejímu zpracování.

Posledním zástupcem barevného hliníkového odpadu je ořez. Barevné třísky vznikají při závěrečném tvoření hrdla a tvaru tuby v konifikačním stroji. Jsou charakteristické tím, že jeden prostorový rozměr (délka) výrazně převyšuje zbylé dva prostorové rozměry (šířka a výška). Délka třísek je různorodá a závisí na právě na komplikovanosti tvaru a množství odřezaného materiálu. Třísky některých typů tub jsou dlouhé jen řádově několik mm, kdežto u jiných mohou dosahovat až několik desítek cm (viz obrázek 23). Takovéto třísky poté tvoří spletnce, které znesnadňují jejich zpracování. Stejně jako v předchozích případech je i tento odpad shromažďován v plastových vozících a poté převážen k lisovací lince hliníkového odpadu.



Obrázek 23 – Fotografie dlouhého hliníkového barevného ořezu [foto autor]

5.4 Stávající zařízení na zpracování hliníkového odpadu v podniku

5.4.1 Vibrační rám na velkoobjemové vaky

Až do léta roku 2013 se hliníkový odpad v podniku zpracovával na dvou samostatných zařízeních. Čistý hliníkový ořez a odpadní kaloty se bez jakékoliv úpravy shromažďovaly ve velkoobjemových vacích o objemu 2 m³. Vysypání plastových vozíků bylo prováděno pomocí jednosloupového šroubového zvedáku s elektrickým pohonem. Plastový vozík s hliníkovým odpadem byl umístěn do zdvihacího rámu a stiskem tlačítka byl vyzdvihnut a vysypán do velkoobjemového vaku. Sloupový zvedák dnes v podniku slouží dále, a sice u nové lisovací linky na hliníkový odpad, kde po drobných úpravách zajišťuje stejnou funkci jako kdysi. Velkoobjemové vaky byly uchyceny v rámu, který byl vybaven vibračním natřásacím zařízením, který zajišťoval sklepaní třísek a umožnil tak řádné naplnění vaku. Hmotnost naplněného a setřásaného vaku se obvykle pohybovala kolem 800–1000 kg, v závislosti na velikosti třísek či na množství přisypaných kalot.

5.4.2 Paketovací lis S1W

Odpadní tuby a barevný ořez zpracovával horizontální kanálový hydraulický lis. Jednalo se o paketovací lis se střížným systémem S1W vyrobený firmou Paal's Packpressen-Fabrik v Německu. Parametry lisu jsou následující:

- typ lisu: S1W,
- výkon motoru: 19 kW,
- rozměry lisovacího kanálu: 40×40 cm,
- lisovací síla: 650 kN,
- rok výroby: 1996.

Paketovací lis S1W (obrázek 24) slouží v podniku i dnes, a to při plánovaných odstávkách nebo poruše nové lisovací linky. V lisu se paketovaly zvláště tři druhy hliníkového odpadu, a sice čisté tuby, barevné tuby a barevný ořez.

Barevné a čisté tuby se paketovaly zvláště. Vozík s tubami byl zaměstnancem zdvihnut a vysypán pomocí jednosloupového šroubového zvedáku do násypky lisu. Ten potom odpad slisoval do paketu, který byl následně beranem lisu vytlačen na manipulační plochu. Balík poté musel zaměstnanec manuálně upravit (sražení hran kladivem) a umístit na připravenou paletu. Jednalo se tedy o poměrně zdlouhavou a fyzicky náročnou práci,

kteřou musel pracovník plnit nad rámec svých povinností, neboť lis neměl samostatnou obsluhu.

Obdobně se zpracovával i barevný ořez. Dlouhé třísky dokázal lis zpracovat bez problémů. Komplikací ovšem bylo občasné zasekávání „chuchvalce“ ořezů v násypce, kdy pak musel zaměstnanec ořez pomocí pěchovací tyče namáčknot do lisovací komory a poté spustit paketování. Samotné krátké třísky nedokázal paketovací lis zpracovat – po jejich slisování často docházelo k rozpadnutí paketu. Tomu se předcházelo manuálním mícháním dlouhých a krátkých třísek, kdy se lopatou přimíchával krátký ořez do násypky s dlouhým ořezem. Zpracování barevného ořezu bylo tedy ještě komplikovanější než zpracování tub.

Slisované pakety – čisté tuby, barevné tuby, barevný ořez, se umísťovaly zvlášť na samostatné palety. Po dosáhnutí určité výšky se paleta zabalila do plastové fólie na ovinovacím stroji, zvažila a opatřila štítkem. Takto připravená paleta hliníkového odpadu byla připravena k expedici.



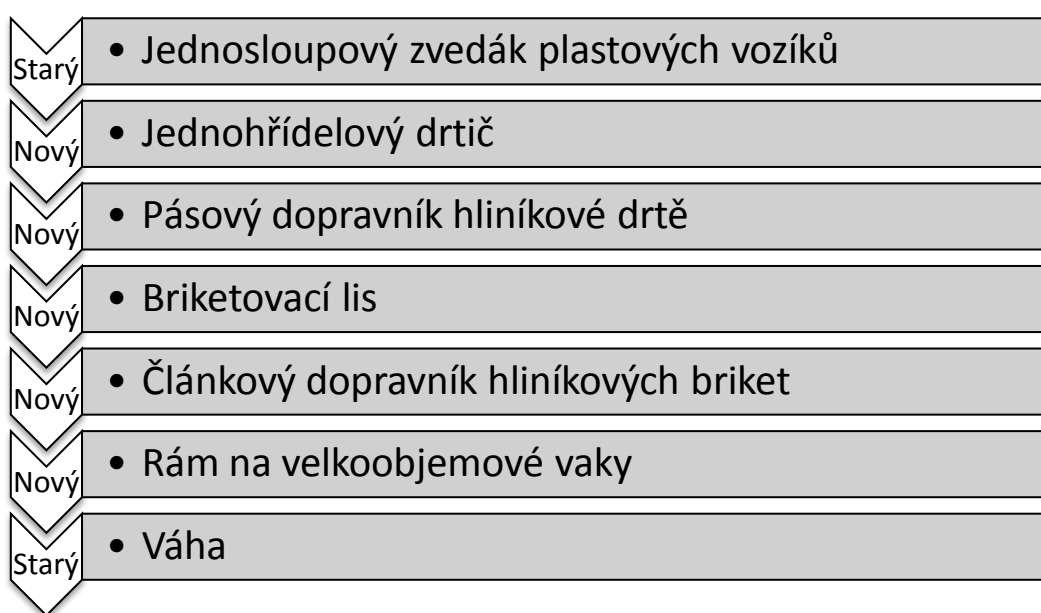
Obrázek 24 – Fotografie paketovacího lisu S1W [foto autor]

5.5 Nové zařízení na zpracování hliníkového odpadu

Na podzim roku 2013 bylo v podniku namontováno několik nových zařízení, která v kombinaci se stávajícími zařízeními dala vzniknout lince na zpracování odpadního hliníku. Tato linka má oproti předchozímu řešení dvě velké výhody, a sice:

- možnost zpracovávat všechny druhy hliníkového odpadu jedním zařízením,
- vyšší kompresní účinnost vedoucí ke snížení nákladů.

Proces zpracování hliníkového odpadu na nové lince naznačuje schéma na obrázku 25.



Obrázek 25 – Schéma zpracování hliníkového odpadu na nové lince

5.5.1 Jednosloupový zvedák plastových vozíků

Jednosloupový zvedák je v podniku již od samotného počátku provozu. Dříve sloužil k vyprazdňování plastových vozíků s čistým ořezem do velkoobjemových vaků umístěných ve vibračním rámu. V současné době je umístěn na začátku linky na zpracování hliníkového odpadu. Zvedák zdvihá vozíky nad násypnou hranu drtiče, která činí 2,3 m. Parametry jako příkon, typ či hmotnost zařízení bohužel nejsou čitelné, kvůli značnému poškození výrobního štítku.

Za více než rok provozu nové linky doznal zvedák několika drobných úprav. Zdvihací rám byl vybaven bezpečností zábranou zamezující vypadávání vozíku. Prostor kolem zvedáku byl pak nově zabezpečen kovovým zábradlím.

5.5.2 Jednohřídelový drtič

Jedním ze dvou základních technologických článků celé linky je drtičí zařízení. V lince je nainstalován jednohřídelový drtič WEIMA, typ WL 8 AL 1500/22 kW. Do násypky o objemu 1 m³ je jednosloupovým zvedákem přiváděn hliníkový odpad. Ten je drcen pomocí patentovaného střížného V-rotoru (obrázek 26) a přítlačného beranu. Přítlačný beran je hydraulicky řízen a poháněn automaticky v závislosti na zatížení. Střížný V-rotor má průměr 252 mm a je vybaven 4krát otočnými střížnými noži, které jsou umístěné ve frézovaných nosičích. Drtič je vybaven ocelovým sítím, které je umístěné pod rotorem. To umožňuje regulaci velikosti drtě v rozmezí 15–100 mm.



Obrázek 26 – Fotografie střížného V-rotoru drtiče [39]

Drtič typu WEIMA WL 8 AL 1500 má následující parametry:

- zpracovávané množství: 200–400 kg·h⁻¹,
- objem násypky: 1 m³,
- průměr V-rotoru: 252 mm,
- počet střížných nožů: 52 ks,
- rozměry střížného nože: 40×40 mm, broušené do konkávy,
- otvory výstupního síta: 15/20 mm,
- příkon motoru: 22 kW,

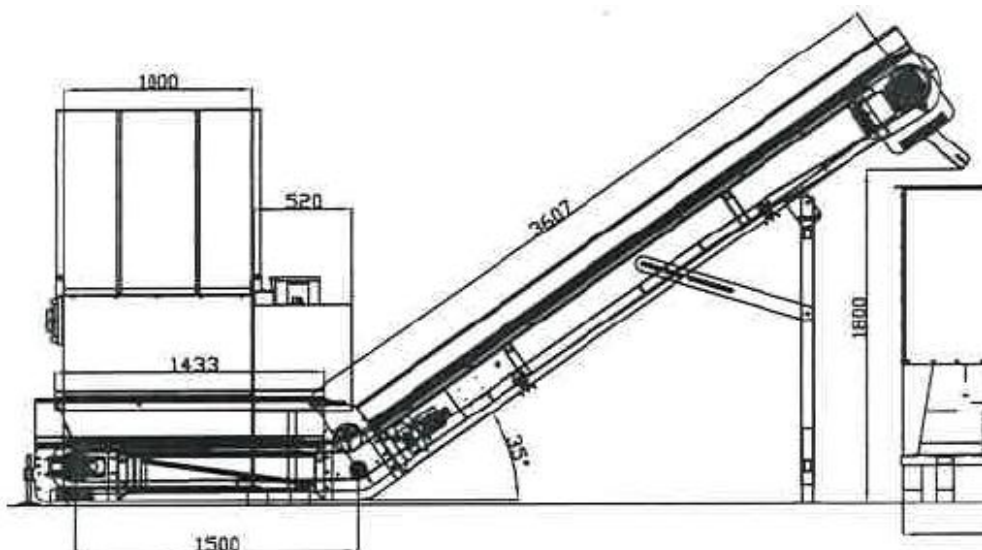
- velikost stroje: 2 000×1 800×1 640 mm (délka × šířka × výška),
- hmotnost stroje: 2 300 kg. [39]

Hliníková drť, která projde sítí, je odváděna pomocí žebrovaného pásového dopravníku. Obdobně jako jednosloupový zvedák, tak i drtič doznal během prvního roku provozu několika drobných úprav. Násypka byla zvětšena, zakrytována a vybavena pryžovými lamelami. Tato opatření, kromě zvýšení objemu násypky, přinesla snížení hlučnosti a prašnosti. Dále byla násypka vybavena servisními dvířky, která umožňují snadný přístup ke střížnému rotoru v případě potřeby otočení či výměny břitů. Drtič, včetně jednosloupového zvedáku, je zobrazen na obrázku 1 v příloze 1.

5.5.3 Pásový dopravník hliníkové drtě

Hliníkovou drť dopravuje do briketovacího listu pásový dopravník. Jedná se o lomený pásový dopravník ve tvaru L (obrázek 27) s pásem se zvlněnými bočnicemi a příčnými žebry. Příčná žebra jsou vprostřed přerušena kvůli vodícím kolečkům ve vratné větvi. Parametry pásového dopravníku Preis jsou následující:

- šířka pásu: 250 mm,
- úhel stoupání: 35°,
- rychlost dopravníku: 0,3 m·s⁻¹,
- příkon motoru: 1,5 kW. [39]

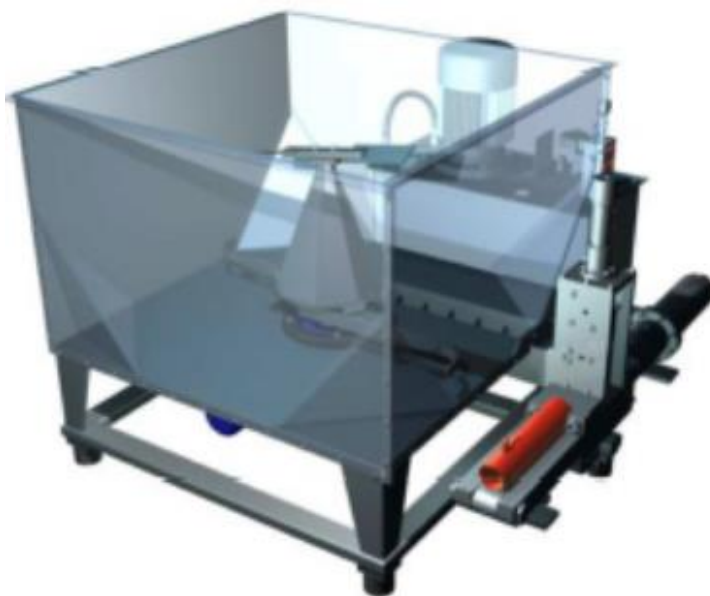


Obrázek 27 – Schéma základních rozměrů pásového dopravníku [39]

I pásový dopravník doznal během ročního provozu jedné zásadní změny. V celé přepravní délce pásu bylo namontováno zakrytování, které snižuje prašnost v okolí dopravníku. Aktuální podobu dopravníku představuje obrázek 2 v příloze 1.

5.5.4 Briketovací lis

Druhým základním technologickým článkem linky je briketovací lis. Linka disponuje lisem značky WEIMA, typ HD 1500 AL (obrázek 28). Hliníková drť je pomocí pásového dopravníku přiváděna do násypky o objemu 1,9 m³. Násypka je vybavena míchadlem, které zajišťuje neustálý a rovnoměrný přísun materiálu do podávacího šneku. Jeho rychlost je nastavitelná, čímž se reguluje množství přiváděného materiálu do lisovací komory a tím i délka brikety. Lisování probíhá bez přídavných pojidel pomocí vysokých tlaků až 250 bar. Vylisovaná kvádrová briketa (obrázek 29) je poté vysunuta z komory a odváděna pomocí článkového dopravníku. Dlouhodobý bezúdržbový provoz zajišťuje velká nádrž s hydraulickým olejem, kardanové uchycení šneku či automatický nástřik lisovacího beranu olejem proti nalepování hliníku.



Obrázek 28 – Schematický model briketovacího lisu [39]

Základní parametry lisu WEIMA HD 1500 AL jsou následující:

- výkonnost: 300 kg·h⁻¹,
- objem násypky: 1,9 m³,
- objem olejové nádrže: 600 l,

- velikost lisovaného materiálu: do 20 mm,
- velikost vylisovaných briket: 150×60 mm (výška × šířka, délka je různá),
- příkon motoru: 22 kW,
- rozměry stroje: 2 000×1 800×1 920 mm (délka × šířka × výška),
- hmotnost stroje: 2 800 kg. [39]



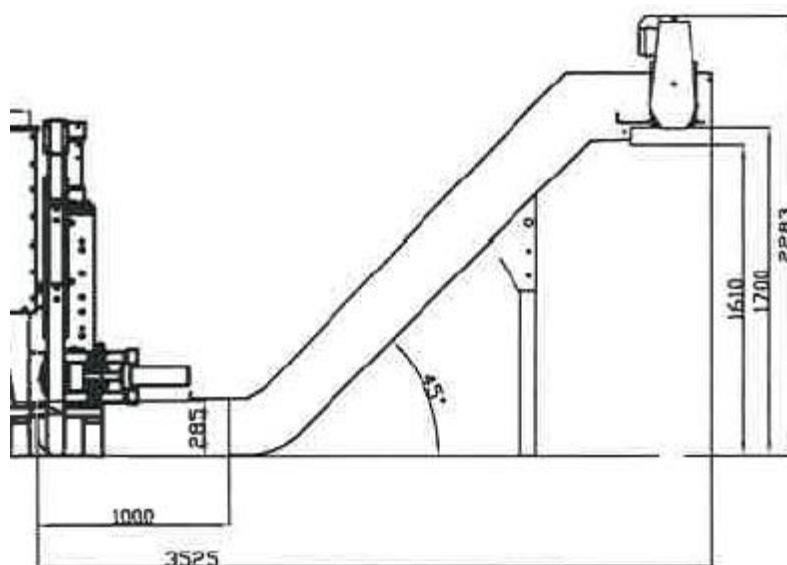
Obrázek 29 – Fotografie brikety z lisu WEIMA HD 1500 AL [39]

Obdobně jako u drtiče bylo u lisu provedeno několik zásadních úprav během prvního roku provozu. Snížení hlučnosti a prašnosti zajistila krycí nástavba nad násypkou. Samotná násypka pak byla navíc vybavena servisními dvířky pro snadnější kontrolu a servisní úkony. Aktuální podobu představuje obrázek 3 v příloze 1.

5.5.5 Článkový dopravník hliníkových briket

Pro dopravu vylisovaných briket z lisu do připravených velkoobjemových vaků slouží článkový dopravník. Ten je vybaven ocelovým destičkovým řetězem s příčnými žebry pro usnadnění dopravy briket a odloupených špon pod velkým úhlem. Dopravník je řešen jako krokový. Po vypadnutí jedné brikety se dopravní řetěz posune vždy o jednotkový krok. Šířka článkového řetězu je 200 mm, úhel stoupání dopravníku je 45°.

O pohon se stará motor o příkonu 1 kW. Základní geometrické parametry dopravníku jsou patrné z obrázku 29.



Obrázek 30 – Schéma článkového dopravníku vylisovaných briket [39]

5.5.6 Rám na velkoobjemové vaky a váha

Vylisované hliníkové brikety jsou článkovým dopravníkem dopravovány do velkoobjemových vaků o objemu 1 m³. Velkoobjemové vaky jsou umístěné v rámu (viz obrázek 30) na přepravní paletě. Vaky jsou proti pohybu zajištěné pomocí háčků. V rámu jsou umístěné vždy dva vaky, a sice pro čistý a barevný hliník zvlášť. Linka vždy zpracovává jeden konkrétní typ hliníku, kterým je vak plněn. V případě přechodu na druhý typ (viz kapitola Provoz linky) musí zaměstnanec manuálně přesunout rám do druhé polohy. Rám je umístěn na kolejové drážce a navíc disponuje mechanickým převodem pro usnadnění přesunu.

Po naplnění velkoobjemového vaku je vak pracovníkem logistiky uzavřen a pomocí vysokozdvížného vozíku přesunut na váhu. Po zvážení je vak vybaven štítkem a je připraven k expedici. Na uvolněnou pozici se poté připraví vak prázdný.

K dispozici je podlahová váha o rozměrech 1 250×1 250 mm s nosností 3 000 kg a dílkem 500 g. O indikaci se stará elektronická vážící jednotka CAS CI-2001 AS.



Obrázek 31 – Fotografie rámu na velkoobjemové vaky [foto autor]

5.6 Provoz linky

Nová linka na zpracování hliníkového odpadu pracuje nárazově, podle přísunu drceného materiálu, během nepřetržitého firemního čtyřsměnného provozu. Linka pracuje ve dvou režimech, a to ve zpracování barevného hliníku a zpracování čistého hliníku. V jeden daný okamžik se tedy zpracovává vždy pouze jediný typ hliníkového odpadu.

Jednotlivá pracoviště výrobních linek jsou vybavena pojízdnými plastovými vozíky, které jsou v průběhu výroby plněna hliníkovým odpadem. Plnění vozíků je řešeno buď manuálně (např. po kontrole tuby pracovníkem kvality), nebo automaticky (např. odsávání třísek nebo pneumatické odstraňování odhalených zmetků). Při naplnění, nebo v daných časových intervalech, předepsaných pracovním postupem, je vozík příslušným pracovníkem z daného pracoviště odtlačen k lisu na hliníkový odpad. Zde pracovník plný vozík zanechá, popř. jej rovnou pomocí sloupového zvedáku vysype do drtiče, a zpět si odveze prázdný.

Úkon pracovníka (vysypání vozíku nebo jeho zanechání na místě) závisí na tom, který odpad se právě zpracovává. V jeden daný okamžik se zpracovává pouze jediný druh odpadu. Pokud je tedy např. aktuálně drcen a lisován barevný hliník, musí pracovník

vozíky s barevným hliníkem sypat pomocí sloupového zvedáku rovnou do drtiče. Naopak vozíky s čistým hliníkem jsou odstavovány na příslušné místo. Vždy v daném časovém intervalu, konkrétně 16:00–18:00 při denní směně a 4:00–6:00 při noční směně, je pak zastaven přísun barevného hliníku. Linka se tzv. „vyjede“, čímž dojde k vyprázdnění barevného hliníku. Rám s velkoobjemovými vaky je poté přesunut do pozice „čistý hliník“ a od té chvíle je možné zpracovávat právě čistý hliník. Pracovníci tedy vysypou všechny přistavené vozíky s čistým hliníkem, stejně tak je možné drtit nově přivezený čistý hliník. Naopak vozíky s barevným hliníkem se po tu dobu analogicky odstavují na vyhrazené místo.

Provoz linky nemá vyhrazenou samostatnou obsluhu. O přísun hliníkového odpadu se tedy starají pouze ti zaměstnanci z výrobního procesu, kteří právě přivezou vozík s hliníkovým odpadem. Velkoobjemové vaky na konci linky mají na starosti pracovníci logistiky. Po jejich naplnění je vak pomocí vysokozdvizného vozíku přesunut na váhu a zvážen, poté je opatřen štítkem a přesunut na příslušný skladovací prostor, kde čeká na expedici. Nový velkoobjemový vak poté pracovník logistiky umístí na uvolněnou pozici.

Výjimku v „bezobslužnosti“ tvoří případy, kdy dojde např. k navrácení velkého množství výrobků pracovníkem kvality vlivem např. technické poruchy linky či nepozornosti příslušných pracovníků ve výrobním procesu. Pokud je v daný okamžik díky takovéto (nebo obdobné) mimořádné události k dispozici velké množství hliníkového odpadu, bývá na jeho zpracování najmut brigádník. Ten se zpravidla stará o rozbalení navrácené palety, odpáskování balíků, přesun tub do plastových vozíků a jejich vysypání do drtiče.

Linka na zpracování hliníkového odpadu, stejně jako výrobní linky, vyžaduje pravidelnou údržbu. Ta zahrnuje celou řadu úkonů od doplňování provozních kapalin, čištění strojů, kontrolu zařízení, výměnu opotřebovaných součástí až po úklid kolem linky. Úklid kolem linky je prováděn každý všední den ráno pracovníkem úklidové firmy. O pravidelnou údržbu zařízení se starají pracovníci technologické údržby. Tyto úkony jsou prováděny v pravidelných intervalech. Stejně jako u výrobních linek se i u linky na zpracování hliníkového odpadu provádí pravidelné měsíční odstávky. Jedna odstávka trvá zhruba 4–6 hodin a je při ní provedeno vnitřní a vnější čištění zařízení, kontrola a doplnění provozních kapalin, kontrola a výměna opotřebovaných součástí atd. Po dobu odstávky se hliníkový odpad zpracovává na starém paketovacím lisu S1W. Samozřejmostí u údržby

linky je také autorizovaný servis od dodavatelské firmy, který zajišťuje odbornější a náročnější údržbářské úkony. Nedílnou součástí péče o stroje jsou také úkony dané legislativou, jako např. pravidelné revize vyhrazených zařízení, v tomto případě revize elektrických zařízení.

5.7 Porovnání stávajícího a nového řešení

5.7.1 Objemová hmotnost vstupních surovin

Před samotným porovnáním daných technologických řešení je nutné znát charakter zpracovávaných surovin. Nejdůležitějším parametrem pro manipulaci s hliníkovým odpadem (a všeobecně s jakýmkoliv odpadem) je objemová hmotnost materiálu. Pro zjištění efektivnosti jednotlivých technologických řešení je důležité porovnání objemové hmotnosti před a po zpracování dané suroviny. Postup zjišťování objemových hmotností je uveden v kapitole Metodika. Objemové hmotnosti byly zjišťovány podle vzorce 2, průměrné objemové hmotnosti pak podle vzorce 3.

Nejběžnějším hliníkovým odpadem v podniku jsou tuby (ať už čisté či barevné). Objemová hmotnost volně ložených tub je závislá především na rozměrech tub samotných, hlavně na jejich průměru a délce. Z tabulky 5 je patrný rozdíl objemových hmotností, který je právě způsoben různou velikostí tub obsažených ve zkušební nádobě při daném měření. Všeobecně lze však konstatovat, že objemová hmotnost volně ložených tub je velmi nízká a pohybuje se kolem $65 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Tabulka 5 – Objemová hmotnost volně ložených tub

Číslo měření	Vnitřní rozměry vozíku [mm]			Celková hmotnost [kg]	Hm. prázdného vozíku [kg]	Hm. volně loženého materiálu [kg]	Objemová hmotnost [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
	Délka	Šířka	Výška				
1	930	580	500	35,5	19,5	16	59,33
2	930	580	500	36	19,5	16,5	61,18
3	930	580	500	36,5	19,5	17	63,03
4	930	580	500	39,5	19,5	20	74,16
5	930	580	500	37	19,5	17,5	64,89
Průměrná objemová hmotnost volně loženého materiálu							64,52

Velmi nízkou objemovou hmotnost mají i volně sypané hliníkové třísky, neboli barevný ořez. Jedná se především o takový ořez, který má charakter velmi dlouhých a tenkých třísek. Takovýto materiál, nejen že má velmi nízkou objemovou hmotnost, ale zároveň tvoří velmi často spletnice, které dokáží ve staré technologii působit problémy.

Kratší třísky spletnice netvoří, mají vyšší objemovou hmotnost, avšak na starém lisu S1W nešly samostatně zpracovávat. Z tabulky 6 je patrné, že objemová hmotnost barevných třísek je ještě menší než u volně ložených tub.

Tabulka 6 – Objemová hmotnost volně ložených barevných třísek

Číslo měření	Vnitřní rozměry vozíku [mm]			Celková hmotnost [kg]	Hm. prázdného vozíku [kg]	Hm. volně loženého materiálu [kg]	Objemová hmotnost [kg·m ⁻³]
	Délka	Šířka	Výška				
1	930	580	500	33,5	19,5	14	51,91
2	930	580	500	34	19,5	14,5	53,76
3	930	580	500	33,5	19,5	14	51,91
4	930	580	500	33	19,5	13,5	50,06
5	930	580	500	34,5	19,5	15	55,62
Průměrná objemová hmotnost volně loženého materiálu							52,65

Největší objemovou hmotnost má ze zpracovávaných odpadů tzv. čistý ořez, který vzniká po vylisování tuby na ořezávacím stroji. Tento materiál dosahuje zhruba desetinásobku objemové hmotnosti předešlých komodit. Starý lis S1W nedokázal samostatně tento odpad slisovat, a proto při zpracování starou technologií nebyl ořez nijak zpracováván a byl pouze z vozíků přesypáván do velkoobjemových vaků, jejichž optimálnímu zaplnění pomáhalo i ztřásání pomocí třasadla. Z tabulky 7 je patrné, že objemová hmotnost volně loženého čistého ořezu dosahuje zhruba 580 kg·m⁻³.

Tabulka 7 – Objemová hmotnost volně loženého čistého ořezu

Číslo měření	Vnitřní rozměry vozíku [mm]			Celková hmotnost [kg]	Hm. prázdného vozíku [kg]	Hm. volně loženého materiálu [kg]	Objemová hmotnost [kg·m ⁻³]
	Délka	Šířka	Výška				
1	930	580	500	176,5	19,5	157	582,13
2	930	580	500	174,5	19,5	155	574,71
3	930	580	500	173,5	19,5	154	571
4	930	580	500	178,5	19,5	159	589,54
5	930	580	500	178	19,5	158,5	587,69
Průměrná objemová hmotnost volně loženého materiálu							581,01

5.7.2 Objemová hmotnost paketů

Pakety jsou produktem paketovacího lisu S1W. Mají tvar kvádrů, jehož šířka a výška je 400 mm, délka se pak různí podle množství lisovaného materiálu v násypce. V lisu se zvláště pakují barevné třísky a tuby. Tuby se ještě navíc dělí na čisté a barevné.

Objemová hmotnost slisovaných paketů tub je patrná z tabulky 8 a pohybuje se kolem $800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Tabulka 8 – Objemová hmotnost slisovaných paketů z tub

Číslo měření	Rozměry paketu [mm]			Hmotnost [kg]	Objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]
	Výška	Šířka	Délka		
1	400	400	135	17,5	810,19
2	400	400	155	20	806,45
3	400	400	174	22,5	808,19
4	400	400	225	28	777,78
5	400	400	254	33	812,01
6	400	400	175	22,5	803,57
7	400	400	220	28,5	809,66
8	400	400	80	10,5	820,31
9	400	400	150	19	791,67
10	400	400	210	27	803,57
Průměrná objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]					804,34

Barevné třísky se lisují zvlášť. Jejich objemová hmotnost závisí především na skladbě třísek a jejich rozměrech. Pokud jsou třísky příliš krátké, musí se manuálně míchat s těmi delšími, jinak by nebyla zaručena konzistentnost výsledného paketu. Všeobecně lze však tvrdit, že pakety z daných barevných třísek mají o trochu nižší objemovou hmotnost nežli slisované tuby, pohybující se kolem $760 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, jak naznačuje tabulka 9.

Tabulka 9 – Objemová hmotnost slisovaných paketů z barevných třísek

Číslo měření	Rozměry paketu [mm]			Hmotnost [kg]	Objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]
	Výška	Šířka	Délka		
1	400	400	78	9,5	761,22
2	400	400	125	15,5	775
3	400	400	227	27,5	757,16
4	400	400	215	26	755,81
5	400	400	186	23	772,85
6	400	400	86	10,5	763,08
7	400	400	144	17,5	759,55
8	400	400	165	20,5	776,52
9	400	400	235	28,5	757,98
10	400	400	126	15	744,05
Průměrná objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]					762,32

Čistý ořez se v původní technologii paketováním nezpracovával. Z přepravních vozíků byl pouze přesypán do velkoobjemového vaku a pomocí třasadla ideálně zaplněn. Objemová hmotnost výsledného produktu byla tedy obdobná jako u volně loženého ořezu v přepravním vozíku, kde se pohybuje kolem $580 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

5.7.3 Objemová hmotnost briket

Brikety jsou produktem nové linky na zpracování hliníkového odpadu. Mají tvar kvádrů. Jejich rozměry jsou 150 mm na výšku a 60 mm na šířku. Délka se různí podle množství přivedeného materiálu do lisovací komory, avšak všeobecně lze tvrdit, že se pohybuje kolem 100 mm. Výhodou briketování je fakt, že vstupní materiál stačí dělit pouze na dvě základní části, a sice čistý a barevný hliník. Jelikož dochází před samotným lisováním k drcení, které zajistí přibližně stejnou velikost vstupní suroviny pro lis, tak nehraje roli délka třísek či míchání třísek a tub. Jediný požadavek je tedy pouze na „čistotu“ hliníku. Z toho plyne, že objemová hmotnost je prakticky stejná pro všechny druhy materiálu či pro jejich kombinaci ve vstupní násypce. Z tabulky 10 je patrné, že průměrná objemová hmotnost přesahuje $1\,940 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, což naznačuje několikanásobně větší zhutnění než v případě použití paketovacího lisu.

Tabulka 10 – Objemová hmotnost lisovaných briket

Číslo měření	Rozměry brikety [mm]			Hmotnost [kg]	Objemová hmotnost [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
	Výška	Šířka	Délka		
1	150	60	95	1,66	1941,52
2	150	60	105	1,85	1957,67
3	150	60	95	1,69	1976,61
4	150	60	102	1,76	1917,21
5	150	60	111	1,92	1921,92
6	150	60	90	1,58	1950,62
7	150	60	95	1,67	1953,22
8	150	60	105	1,83	1936,51
9	150	60	108	1,88	1934,16
10	150	60	97	1,70	1947,31
Průměrná objemová hmotnost [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]					1943,68

Porovnání kompresních poměrů

Pomocí kompresních poměrů vypočítaných podle vzorce 4 a uvedených v tab. 11 lze snadno zjistit, že při použití nové linky se dosahuje daleko lepších výsledků než pomocí paketovacího lisu S1W. Kompresní poměr prakticky udává, kolikrát se sníží objem materiálu po lisování, neboli kolikrát se zvýší jeho objemová hmotnost.

Volně ložené tuby s objemovou hmotností zhruba $64,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ lze pomocí paketování zhutnit na pakety o objemové hmotnosti $804,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a pomocí briketování na brikety o objemové hmotnosti dokonce $1\,943,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Z tabulky 11 je tedy patrné, že kompresní poměr tub u paketování je zhruba 12,5:1 a u briketování asi 30,1:1. Lze tedy tvrdit, že drcení a briketování tub na nové lince je takřka 2,5× efektivnější než paketování.

U barevných třísek je situace obdobná. Volně ložené třísky dosahují objemové hmotnosti kolem $52,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Starší paketovací lis S1W z nich dokáže vylisovat pakety o objemové hmotnosti zhruba $762,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Nová lisovací linka pak pomocí drtiče a briketovacího lisu vytváří brikety o stejné objemové hmotnosti jako v předchozím případě, tedy zhruba $1\,943,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Kompresní poměry tedy dosahují hodnot téměř 14,5:1 u paketů a takřka 37:1 u briket. Briketováním barevných třísek se tak prakticky sníží objem 37krát oproti volně loženému materiálu. Briketování je tedy více než 2,5krát účinnější než paketování.

Čistý hliníkový ořez se při použití původní technologie nijak nekomprimoval, ale pouze přesypával do velkoobjemových vaků. Objemová hmotnost takového materiálu byla tedy prakticky shodná s objemovou hmotností volně sypaného materiálu, která je zhruba $581 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Nová linka na zpracování hliníkového odpadu si bez problémů poradí s tímto materiálem a výsledné brikety mají objemovou hmotnost opět průměrně $1\,943,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Dříve se tedy čistý hliníkový ořez nijak nekomprimoval, tudíž kompresní poměr je roven 1. Na nové lince se dosahuje kompresního poměru přibližně 3,35:1. Lze tedy tvrdit, že využití nové technologie je tedy 3,35× efektivnější než technologie původní.

Tabulka 11 – Kompresní poměry při paketování a briketování

Materiál	Kompresní poměr [-]		Efektivnost briket [-]
	Pakety	Brikety	
Tuby	12,47	30,13	2,42
Barevné třísky	14,48	36,92	2,55
Čistý ořez	1	3,35	3,35

5.7.4 Porovnání provozních faktorů

Z hlediska lisovacích poměrů a efektivnosti snižování objemu materiálu je nová lisovací linka jednoznačně vhodnější než původní paketovací lis S1W. I z hlediska samotného provozu vykazuje nová linka celou řadu předností.

Náročnost obsluhy

Ani jedno zařízení nemá vlastní vyhrazenou obsluhu. O přísun materiálu se starají samotní zaměstnanci podniku, kteří dovážejí odpad přímo ze svých stanovišť. O naplněné palety s vylisovanými pakety či o velkoobjemové vaky s briketami se stará pracovník logistiky. Rozdíl však nastává při samotném zpracování materiálu. Zatímco u nové linky je provoz plně automatizován a jediný lidský zásah tak tvoří jen přesun rámu s velkoobjemovými vaky z pozice „čistý hliník“ na „barevný“ a obráceně, tak u původního paketovacího lisu je člověk nezbytný. Vylisované pakety se musí manuálně odebírat, pomocí kladiva provést sražení hran a „otřepů“ a následně se musí přesunout a vyrovnat na paletu. Další komplikace nastává u paketování třísek. Dlouhé třísky často tvoří spletnice, které zacpávají násypku a musí se pomocí pýchovací tyče natlačit do lisovací komory. Krátké třísky pak samostatně slisovat nelze, a proto se musí manuálně míchat s těmi dlouhými.

Údržba zařízení

Výhodou paketovacího lisu je úspora času při údržbě, které je absolutně minimální a omezuje se pouze na kroky jako kontrola provozní kapaliny a její doplnění, úklid kolem lisu či nezbytné opravy.

Nová linka je oproti tomu značně komplikovanějším zařízením skládajícím se z několika strojů, které vyžadují větší údržbu. Na lince se tak provádí pravidelné odstávky, při kterých dochází ke kontrole a výměně provozních kapalin, nožů drtiče, spojů, ložisek atd. Důležité je také pravidelné vnitřní čištění. Také úklid kolem linky je časově náročnější, neboť nová linka je oproti paketovacímu lisu mnohem větší.

Spotřeba energie a provozních kapalin

Vzhledem ke komplikovanosti nové linky, která je daná větším počtem obsažených zařízení, je i větší spotřeba provozních kapalin, jako jsou hydraulické oleje, mazací tuky či oleje apod.

Také spotřeba elektrické energie hraje ve prospěch paketovacího lisu. Tabulka 12 uvádí hodinovou spotřebu elektrické energie u paketovacího lisu S1W, která činí 19 kWh a u nové linky na zpracování hliníkového odpadu, která činí 46,5 kWh. Nutno však podotknout, že dané hledisko je celkem neobjektivní z důvodu, že ani jedno zařízení totiž nepracuje kontinuálně, protože se nejedná o provoz, který se primárně zabývá zpracováním hliníkového odpadu, ale pouze nárazově, tedy tehdy, pokud pracovník či výrobní linka nějaký odpad vytvoří a přiveze jej ke zpracování, popř. je-li odvoz odpadu dán intervalem v příslušném pracovním postupu. Nová linka navíc nemusí pracovat vždy celá, ale může být v provozu pouze jen některá její část. Např. je-li rozdrčený materiál z drtiče již kompletně přepraven do lisu, tak je v provozu pouze briketovací lis a článkový dopravník, kdežto drtič a pásový dopravník stojí a čeká na přísun nového odpadu. Hodnoty uváděné tabulkou 12 jsou tedy platné pouze pro kontinuální provoz.

Tabulka 12 – Spotřeba elektrické energie daných zařízení při kontinuálním provozu

Zařízení	Příkon [kW]	Celkový příkon [kW]	Spotřeba el. energie za 1 h provozu [kWh]
S1W	19	19 + ?	19 + ?
Třasadlo	?		
Drtič	22	46,5	46,5
Pásový dopravník	1,5		
Lis	22		
Článkový dopravník	1		

Pozn: příkon pro třasadlo a příslušný dopravník není znám, neboť zařízení již není v podniku.

Přeprava výsledného produktu

Jedním z nejdůležitějších důvodů pro pořízení nového zařízení na zpracování hliníkového odpadu byla finanční úspora při přepravě zpracovaného odpadu do hutí. Přeprava samotných třísek či neslisovaných plechovek je pochopitelně velmi neekonomická.

Při paketování hliníkového odpadu byla důležitá nejen skladba samotného vstupního materiálu, ale také to, jak byly výsledné pakety upraveny a vyrovnány na paletu. Od toho se poté odvíjí hmotnost zaplněné palety. Čistý ořez se navíc nepaketoval

a přepravoval se ve volné formě ve velkoobjemových vacích. Palety byly navíc součástí výsledné jednotky expedované z podniku. Ty zabírají na návěsu nejen místo, ale také hmotnostní kapacitu návěsu. Standardní europaleta váží kolem 20 kg. Na 33 (34) paletových pozic, kterými disponuje standardní návěs za kamion, se pak ve výsledku běžně nakládalo 16–18 t hliníkového odpadu.

Při briketování dochází k plnění velkoobjemových vaků, které nevyžadují paletu při přepravě. Tím dochází k úsporám jak hmotnostním či prostorovým, tak finančním za nákup palet. Efektivnější lisování hliníkového odpadu pak napomáhá k zaplnění návěsu na plnou kapacitu, která standardně činí 24 t.

Kvalita výsledného produktu

Výslednou ekonomiku ve prospěch nové linky na zpracování hliníkového odpadu taktéž vylepšují další faktory. Jedním z nich je např. čistota výsledné brikety, jelikož briketovací lis dokáže při vysokém lisovacím tlaku odloučit např. řezné kapaliny, které ulpěly na třískách. Výsledná briketa má tak vyšší finanční hodnotu. Tu navyšuje také zájem hutí právě o brikety. Volně ložený či málo stlačený materiál lze sice také přetavit, avšak za vyšších ztrát propalem v tavicí peci. Právě vysoce stlačené brikety jsou tedy pro odběratele (hutě) mnohem zajímavějším produktem, a proto je jeho výkupní cena také vyšší.

5.7.5 Ekonomické zhodnocení

Finanční úspory, které přináší nová linka na zpracování hliníkového odpadu, vychází přímo ze zmiňovaných technických předností. Vyšší kompresní poměry vůči paketovacímu lisu (zhruba 2,5krát u tub a barevných třísek a 3,35krát u čistého ořezu) vedou ke snížení objemu odpadu, což se kladně projeví při jeho přepravě. Zatímco u dřívějšího paketování jezdil kamion naložený zhruba 16–18 tunami hliníku, tak v současnosti lze návěs zaplnit na maximální zatížení, které standardně činí 24 t, čímž dochází k úspoře zhruba 25–33 %.

Více zhutněný materiál je také vhodnější pro hutnické využití, kde při jeho tavně dochází k menšímu propalu, než je tomu např. u volně sypaných třísek. Zachycené vylišované provozní kapaliny taktéž zvyšují finanční hodnotu briket. U takovýchto briket, které se objemovou hmotností blíží objemové hmotnosti původního hliníku, může být tavení o 15 % a více úspornější. [40], [41]

Obsluha linky na zpracování hliníkového odpadu je jednodušší a méně časově i fyzicky náročná než u stávajícího paketovacího lisu. Pro zaměstnance tak odpadá manuální míchání třísek, pěchování zaseklých smotků třísek v násypce, odebírání a úprava výsledných paketů či jejich manuální rovnání na paletu. Už u jediného vozíku s barevnými třískami, u kterých se musely standardně provádět všechny zmíněné činnosti, dochází k časové úspoře i několika minut.

Naopak mezi nevýhody nové linky patří vyšší jednorázový odběr elektrické energie o zhruba 59 %. Avšak vzhledem k tomu, že obě zařízení nepracují kontinuálně, nýbrž nárazově (viz kapitola Porovnání provozních faktorů), není tato hodnota zcela relevantní.

Vyšší náklady vyžaduje i údržba linky. Zatímco pravidelnou měsíční údržbu paketovacího lisu zastal jeden pracovník, tak pravidelnou měsíční údržbu linky provedou za stejnou dobu čtyři zaměstnanci.

5.7.6 Technicko-ekonomické zhodnocení

Jednotlivé technické a ekonomické prvky popsané v předešlých kapitolách jsou shrnuty v závěrečném zhodnocení, které je provedeno formou kladů a záporů. Klady jsou uvedené v následujícím přehledu, zápory jsou logicky opačného charakteru vždy pro druhou technologii.

KLADY PAKETOVACÍHO LISU S1W:

- jednodušší údržba,
- menší náklady na elektrickou energii a provozní kapaliny při kontinuálním provozu o zhruba 59 %.

KLADY NOVÉ LINKY NA ZPRACOVÁNÍ HLINÍKOVÉHO ODPADU:

- jednodušší obsluha,
- větší kompresní poměr – 3,35krát větší u čistého ořezu a zhruba 2,5krát větší u ostatních druhů hliníkového odpadu,
- schopnost zpracování všech vzniklých druhů hliníkového odpadu,
- úspory při přepravě výsledného produktu 25–33 %,
- vyšší kvalita výsledného produktu a s tím spojená vyšší finanční hodnota o 15 % a více.

6 Doporučení pro praxi

Po počátečních provozních problémech, které byly odstraněny v průběhu zabíhacího provozu, bylo třeba odstranit několik dalších neduhů nové linky na zpracování hliníkového odpadu. Asi největšími problémy byly značná prašnost v okolí linky a zvýšená hlučnost. Prašnost byla způsobována především drticím zařízením a také používáním pásového dopravníku na dopravu drtě. Hlučnost způsobují především mechanická zařízení lis a drtič. Jako řešení k zamezení prašnosti bylo zvoleno kompletní zakrytování násypky drtiče, zakrytování pásového dopravníku a zakrytování násypky briketovacího lisu. Kryty byly zhotoveny svépomocí z plastu a oceli. Kryty násypek drtiče a briketovacího lisu byly navíc vybaveny servisními dvířky, která umožňují kontrolu stavu zařízení. Při servisním zásahu je třeba celé kryty odmontovat a sundat. Zakrytování problematických částí pomohlo nejen snížení prašnosti, ale také hlučnosti. Stavů před úpravou a po úpravě jsou zobrazeny na fotografiích umístěných v příloze 1.

Z hlediska bezpečnosti bylo nutné kolem linky na zpracování hliníkového odpadu nutné vytvořit bezpečnostní zóny. Ty vyznačují vyhrazená místa pro odkládání přepravních vozíků na hliníkový odpad, zóny kam pracovník nesmí vstupovat atd. Jednosloupový zvedák byl vybaven bezpečnostním držákem zabraňujícím možnému vypadávání vozíků. Před zvedákem bylo navíc umístěné bezpečnostní zábradlí.

Provozní parametry linky na zpracování hliníkového odpadu jsou takové, že bez problémů pokryjí i další navyšování výroby či rozšiřování počtu výrobních linek. Při větším přísunu hliníkového odpadu by bylo vhodné zajistit nový zvedák plastových vozíků. Ten současný je v podniku již od samého počátku výroby a tomu také odpovídá jeho stav. Nový zvedák by zajistil rychlejší zvedání vozíků, čímž by došlo k časové úspoře. Zároveň by mohl být nový zvedák vybaven v koncové poloze třasadlem, které by usnadňovalo dokonalejší vysypávání materiálu z vozíku.

Hodnotu výsledných briket by navíc mohlo zvýšit zaručení nepřítomnosti cizích příměsí jako např. kousků folie či železa. Tyto materiály se mohou do briket dostat např. nepozorností či lajdáckostí pracovníka, jehož zaviněním se tyto nevhodné materiály dostanou do vozíku s hliníkovým odpadem. Při stále vyšším počtu výrobních linek, a tím

i větším počtu zaměstnanců, se pak možnost výskytu těchto látek ve vstupním materiálu může zvýšit.

Lehké příměsi jako papír či plasty lze snadno odstranit pneumatickým způsobem. Různé magnetické materiály lze pak odstranit např. magnetickým separátorem. Tato zařízení by mohla být v budoucnosti umístěna v lince za drtícím zařízením u pásového dopravníku hliníkové drtě. Toto opatření by znamenalo nejen zaručení jakosti výsledné brikety, ale také ochranu briketovacích lisů před vstupem nežádoucích materiálů jako jsou kousky železa, které by mohly poškodit lisovací komoru. Pokud bude podnik i nadále velmi dobře prosperovat a rozšiřovat své výrobní kapacity, zvýší se tím logicky i množství hliníkového odpadu. Je tedy pak na zvážení, jestli by se navrhovaná opatření ekonomicky vyplatila.

7 Závěr

Podnik Ball Aerocan CZ s. r. o. ve Velimi se zabývá výrobou hliníkových pouzder pro aerosolové spreje. Při jejich výrobě vzniká celá řada různorodého zpracovatelského hliníkového odpadu. Jsou-li tyto odpady řádně tříděny, upraveny a označeny, tak patří mezi velmi zajímavé druhotné suroviny. Výroba sekundárního hliníku z hliníkového odpadu je ekonomicky mnohem výhodnější a navíc ekologičtější nežli výroba primárního hliníku. Je tedy v samotném zájmu podniku, aby se o vzniklý hliníkový odpad staral co nejlépe.

V podniku vzniká několik druhů hliníkových odpadů. Základní dělení je na čistý a barevný hliník. Barevný hliník obsahuje na rozdíl od čistého vrstvy laku, barev apod. Podle druhu materiálu vznikají v podniku třísky, ořezy a odpadní tuby.

Až do roku 2013 byl hliníkový odpad zpracováván v podniku pomocí paketovacího lisu S1W, který dokáže slisovat odpadní tuby. S lidským zásahem pak slisuje i barevné třísky. Čistý ořez se nelisoval, byl pouze shromažďován ve velkoobjemových vacích. Kompresní poměr dosahuje hodnot 12,5:1 pro tuby a 14,5:1 pro barevné třísky.

V současné době probíhá zpracování hliníkového odpadu na nové lince, jejíž součástí je kromě soustavy dopravníků především jednohřídelový drtič a briketovací lis. Nová linka dokáže bez problémů zpracovat všechny druhy vzniklého odpadu. Produktem jsou brikety ve tvaru kvádra s průměrnou objemovou hmotností zhruba $1\,943,7\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Kompresní poměry dosahují hodnot 30,1:1 u tub, 36,9:1 u barevných třísek a 3,35:1 pro čistý ořez. Z hlediska komprimace materiálu je tedy nová linka zhruba 2,5krát efektivnější při lisování tub a barevných třísek a 3,35krát efektivnější při zpracování čistého ořezu. Výsledné brikety jsou konzistentnější, vhodnější pro hutní zpracování a úspornější při přepravě. Nová linka je tedy schopna zpracovávat všechny druhy vzniklého hliníkového odpadu a je také jednodušší na obsluhu. Naopak nevýhodou je náročnější údržba a vyšší spotřeba elektrické energie a provozních kapalin.

8 Seznam použité literatury

1. **MICHNA, Štefan a kol.** *Encyklopedie hliníku*. 1. vydání. Prešov : Adin s. r. o., 2005. ISBN 80-89041-88-4.
2. **AL INVEST a. s.** Historie hliníku. [Online] [Citace: 17. 12. 2014.] Dostupné z: <<http://www.alinvest.cz/cs/hlinik/historie-hliniku>>.
3. **LYEW-AYEE, P.A.** *Bauxite Reserves for the World Aluminium Industry: Prospects to the Year 2020*. Milán : Proc. 8th Congress of ICSOBA, 1997.
4. **European Aluminium Association.** Aluminium – Production Process. [Online] [Citace: 17. 12. 2014.] Dostupné z: <<http://www.alueurope.eu/about-aluminium/production-process/>>.
5. **NĚMEČEK, Michal.** Výroba hliníku. [Online] [Citace: 17. 12. 2014.] Dostupné z: <<http://web.quick.cz/nemecek/obrazky.htm>>.
6. **KOUTNÝ, Jiří.** Hliníkové materiály a možnosti jejich svařování. *svarbazar.cz*. [Online] 2006. [Citace: 17. 12. 2014.] Dostupné z: <<http://www.svarbazar.cz/phprs/storage/hlinik.pdf>>.
7. **HLUCHÝ, Miroslav a KOLOUCH, Jan.** *Strojírenská technologie 1: Nauka o materiálu 1. díl*. 2. opravené vydání, dotisk. Praha : Scienta, 1999. ISBN 80-7183-150-6.
8. **General Weld s. r. o.** Číselné označování hliníku a jeho slitin dle ČSN EN 573-1:2005 (42 1401). [Online] 3. 3. 2008. [Citace: 19. 12. 2014.] Dostupné z: <<http://www.generalweld.cz/cz/standards.php?id=7>>.
9. **LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel.** *Strojnické tabulky*. 1. vydání. Úvaly : ALBRA, 2003. ISBN 80-86490-74-2.
10. **ŠMEJKALOVÁ, Jana.** Co možná nevíte o... *Bricklis.cz*. [Online] 4. 8. 2013. [Citace: 18. 12. 2014.] Dostupné z: <http://www.briklis.cz/wp-content/uploads/2013/02/hlinik_co_mozna_nevite.pdf>.
11. **ALUPlus.** Výroba hliníku. [Online] [Citace: 18. 12. 2014.] Dostupné z: <<http://www.hlinik.net/>>.
12. **Nordner.** Hydro Presentation. [Online] 24. 6. 2014. [Citace: 18. 12. 2014.] Dostupné z: <<http://www.slideshare.net/Nordnetnorge/nordnet-med-hydro-selskapspresentasjon>>.
13. **TŘEBICKÝ, Viktor a kol.** *Česká stopa: Ekologické a sociální dopady domácí spotřeby za našimi hranicemi*. Praha/Brno : Zelený kruh a Hnutí DUHA, 2005. ISBN 80-239-4730-3.

14. **MARGALIT, Jonathan.** Enhancing Aluminum Scrap Sorting with Handheld XRF - 5th Aluminium Sectional Forum, Guangzhou, China. *Thermo Fisher Scientific*. [Online] září 2013. [Citace: 19. 12. 2014.] Dostupné z: <<http://www.niton.com/docs/document-library/aluminum-china-2013-presentation.pdf?sfvrsn=2>>.
15. **Molik Scraps.** Aluminium Recycling. [Online] 8. 4. 2014. [Citace: 19. 12. 2014.] Dostupné z: <<http://molikscraps.com/alumirecy.html#2>>.
16. **SCHMITZ, Christopher J.** *Handbook of Aluminium Recycling*. SRN – Essen : Vulkan-Verlag GmbH, 2007. ISBN 978-3-8027-2936-6.
17. **KRIŠTOFOVÁ, Dana.** *Recyklace neželezných kovů*. 1. vydání. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003. ISBN 80-248-0485-9.
18. Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech. *Ministerstvo životního prostředí České republiky*. [Online] [Citace: 10. 2. 2013.] Dostupné z: <[http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/\\$file/185-01%20-%20odpady.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/$file/185-01%20-%20odpady.pdf)>.
19. **POLÍVKA, Emil a VRABEC, Jiří.** Kovový odpad. *Odpadové fórum*. 2001, 03, stránky 8-9.
20. **POLÍVKA, Emil a VRABEC, Jiří.** Rozruch okolo železného šrotu. *Odpadové fórum*. 2009, 03, stránky 22-23.
21. **Reynaers Aluminium.** Recyklace hliníku v Reynaers Aluminium. [Online] [Citace: 16. 12. 2014.] Dostupné z: <<http://www.reynaers.cz/cs-CZ/noviny/recyklace-hliniku>>.
22. ČSN EN 12258-3 – *Hliník a slitiny hliníku – Termíny a definice – Část 3: Odpad*. Praha : Český normalizační institut, 2004.
23. Vyhláška č. 381/2001 Sb., katalog odpadů.
24. Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech.
25. **EKO-KOM.** *Značení obalů*. Praha : EKO-KOM, 2011. str. 7.
26. **Veronica, Ekologický institut.** Hliník - zbytečný odpad. [Online] [Citace: 20. 12. 2014.] Dostupné z: <<http://www.veronica.cz/?id=276>>.
27. **FRIES, Jiří.** Technologie pro úpravu odpadů. [autor knihy] Věra VOŠTOVÁ a kol. *Logistika odpadového hospodářství*. 1. vydání. Praha : Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2009, 3, stránky 75 – 131.
28. **SÝKORA, Ondřej.** Stroje a zařízení na nakládání s kovovým odpadem. *Odpadové fórum*. 2003, 04, stránky 12 – 13.
29. **FRIES, Jiří.** *Stroje pro zpracování odpadu*. 1. vydání. Ostrava : Ediční středisko VŠB – TUO, 2007. ISBN 978-80-248-1511-4.

30. **ŽDAS, a.s.** Paketovací lisy CPB 400. [Online] [Citace: 11. 1. 2015.] Dostupné z: <<http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?id=36>>.
31. **ČSN 72 9101 – Drtiče (názvosloví).** Praha : Úřad pro normalizaci a měření, 1975.
32. **HORÁČEK, Jaroslav.** *Zpracovny nekovového odpadu.* Praha : Česká zemědělská univerzita, 2001. ISBN 80-213-0775-7.
33. **Exapro.** Granulator 300/450 Crusher. [Online] [Citace: 7. 1. 2015.] Dostupné z: <<http://www.exapro.com/granulator-300450-crusher-p21012030/>>.
34. **Obec Velim.** Historie obce. [Online] [Citace: 3. 1. 2015.] Dostupné z: <<http://www.velim.cz/informace-o-obci/historie/>>.
35. **Mapy.cz.** *www.mapy.cz.* [Online] [Citace: 3. 1. 2015.] Dostupné z: <www.mapy.cz>.
36. **Ball Aerocan CZ s. r. o.** Úvodem. [Online] [Citace: 3. 1. 2015.] Dostupné z: <<http://www.aerocan.cz/cms/Aerocan-uvod>>.
37. **Ball Aerocan CZ s. r. o.** Historie společnosti. [Online] [Citace: 3. 1. 2015.] Dostupné z: <<http://www.aerocan.cz/cms/profil-firmy-aerocan>>.
38. **Schoolscience.** Making steel and aluminium aerosol cans. [Online] [Citace: 3. 1. 2015.] Dostupné z: <<http://www.schoolscience.co.uk/aerosolpage5>>.
39. **MOURDER, Adolf.** *Nabídka firmy WEIMA.* Kostelec nad Černými lesy : Mourder, 2012.
40. **RUF, Roland.** Briketování třisek přináší úspory. *MM Průmyslové spektrum.* 2010, 11, str. 64.
41. **www.bricklis.cz.** Briketování třisek z mosazi se vyplácí. *Machining & tooling.* 2011, 02, str. 3.

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1	– Graf vývoje světové produkce primárního Al v letech 1950 až 2012.....	6
Obrázek 2	– Schéma principu výroby primárního hliníku	6
Obrázek 3	– Schéma číselného značení hliníku a jeho slitin.....	8
Obrázek 4	– Graf vývoje ceny hliníku na trhu od roku 2000	11
Obrázek 5	– Graf produkčního zastoupení primárního a sekundárního hliníku.....	12
Obrázek 6	– Schéma procesu recyklace hliníku	13
Obrázek 7	– Graf zastoupení kovových odpadů podle místa vzniku.....	16
Obrázek 8	– Příklady identifikačních značek hliníkových obalů	18
Obrázek 9	– Schéma základních způsobů zdobňování	20
Obrázek 10	– Schéma principu paketovacího lisu	21
Obrázek 11	– Schéma základního principu dvouválcového ozubeného drtiče	23
Obrázek 12	– Schéma principu magnetické separace vířivými proudy	26
Obrázek 13	– Schéma principu hydrometalurgického zpracování hliníkových stěr	27
Obrázek 14	– Schéma principu spékání v pásovém aglomeračním stroji.....	28
Obrázek 15	– Fotografie granulátoru vodičů.....	29
Obrázek 16	– Schéma různých tvarů briket	30
Obrázek 17	– Schéma razidlového lisu	30
Obrázek 18	– Mapa polohy obce Velim.....	31
Obrázek 19	– Schéma procesu výroby hliníkového pouzdra na aerosolové spreje.....	33
Obrázek 20	– Schéma vzniků čistého hliníkového odpadu a jeho druhy	34
Obrázek 21	– Fotografie plastového vozíku s čistým hliníkovým ořezem.....	35
Obrázek 22	– Schéma vzniku barevných hliníkových odpadů a jejich typy.....	36
Obrázek 23	– Fotografie dlouhého hliníkového barevného ořezu.....	37
Obrázek 24	– Fotografie paketovacího lisu S1W	39
Obrázek 25	– Schéma zpracování hliníkového odpadu na nové lince.....	40
Obrázek 26	– Fotografie střižného V-rotoru drtiče.....	41
Obrázek 27	– Schéma základních rozměrů pásového dopravníku	42
Obrázek 28	– Schematický model briketovacího lisu.....	43
Obrázek 29	– Fotografie brikety z lisu WEIMA HD 1500 AL.....	44
Obrázek 30	– Schéma článkového dopravníku vylisovaných briket	45
Obrázek 31	– Fotografie rámu na velkoobjemové vaky	46

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Význam číslic ve značení hliníku a jeho slitin	8
Tabulka 2 – Přehled postupů třídění	25
Tabulka 3 – Přehled rozdrůžovacích metod	26
Tabulka 4 – Výroba společnosti Ball Aerocan CZ s. r. o. v letech 2002–2013	32
Tabulka 5 – Objemová hmotnost volně ložených tub.....	48
Tabulka 6 – Objemová hmotnost volně ložených barevných třísek	49
Tabulka 7 – Objemová hmotnost volně loženého čistého ořezu	49
Tabulka 8 – Objemová hmotnost slisovaných paketů z tub	50
Tabulka 9 – Objemová hmotnost slisovaných paketů z barevných třísek	50
Tabulka 10 – Objemová hmotnost lisovaných briket	51
Tabulka 11 – Kompresní poměry při paketování a briketování	52
Tabulka 12 – Spotřeba elektrické energie daných zařízení při kontinuálním provozu.....	54

8.3 Seznam příloh

Příloha 1 – Fotografie částí linky před úpravou a po úpravě

Obrázek 1 – Fotografie drtiče a jednosloupového zvedáku před úpravou a po úpravě

Obrázek 2 – Fotografie pásového dopravníku před úpravou a po úpravě

Obrázek 3 – Fotografie briketovacího lisu před úpravou a po úpravě

Obrázek 4 – Fotografie celkového pohledu linky po úpravě

Příloha 2 – Schématický náčrt linky

Obrázek 5 – Schéma linky na zpracování hliníkového odpadu (bez zvedáku a rámu na velkoobjemové vaky)

Přílohy

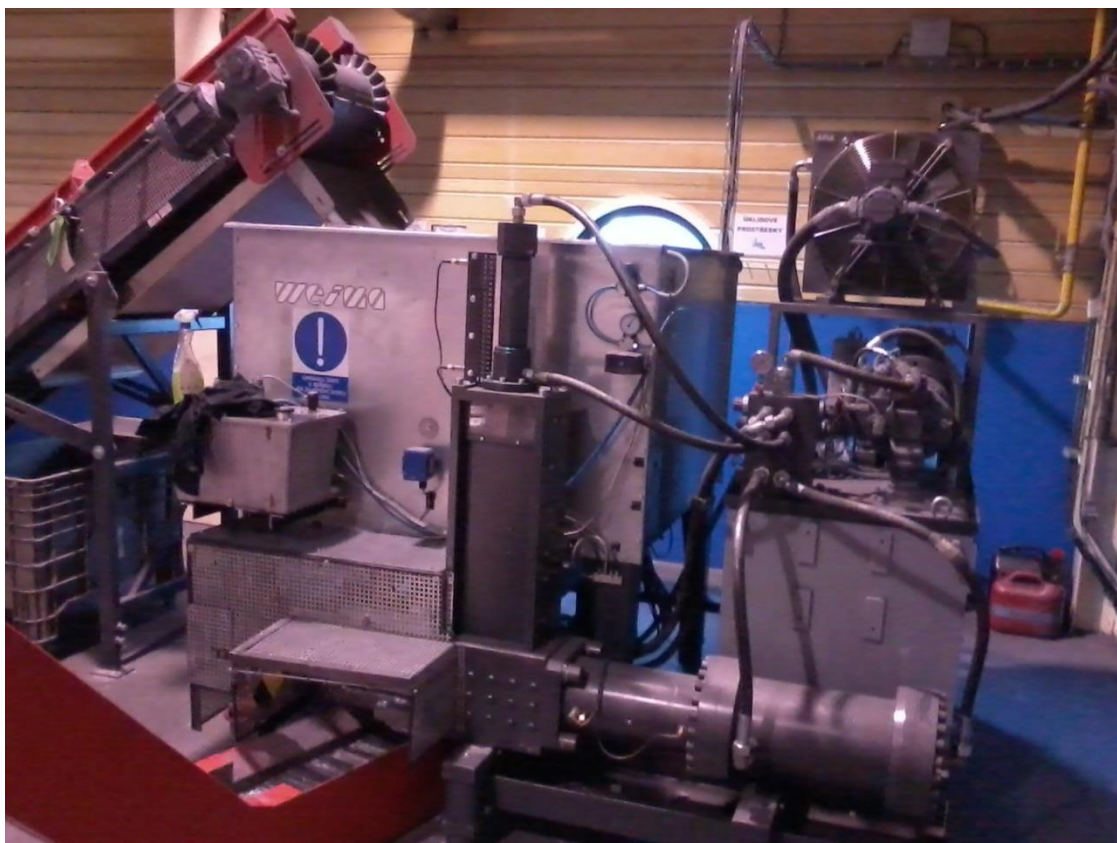
Příloha 1 – Fotografie částí linky před úpravou a po úpravě



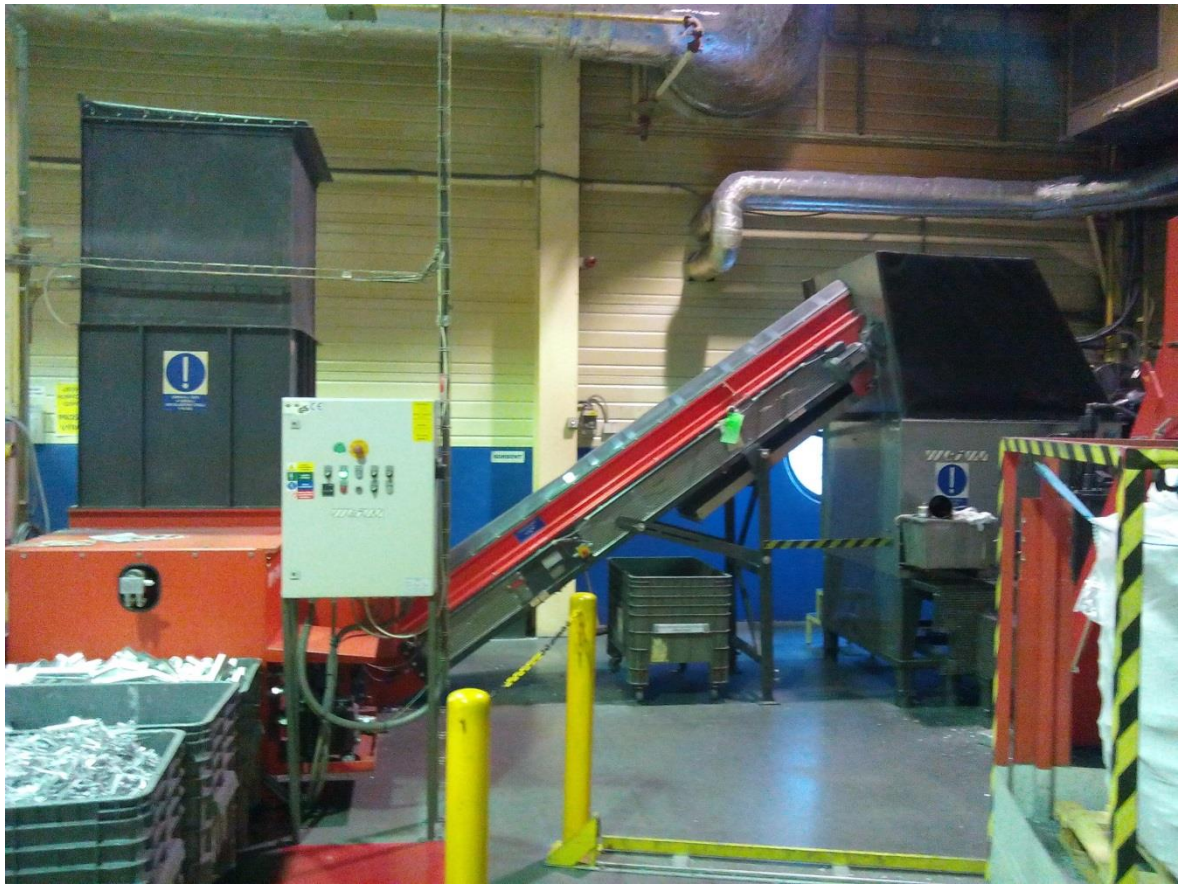
Příloha 1 – Obrázek 1 – Fotografie drtiče a jednosloupového zvedáku před úpravou a po úpravě [foto autor]



Příloha 1 – Obrázek 2 – Fotografie pásového dopravníku před úpravou a po úpravě [foto autor]

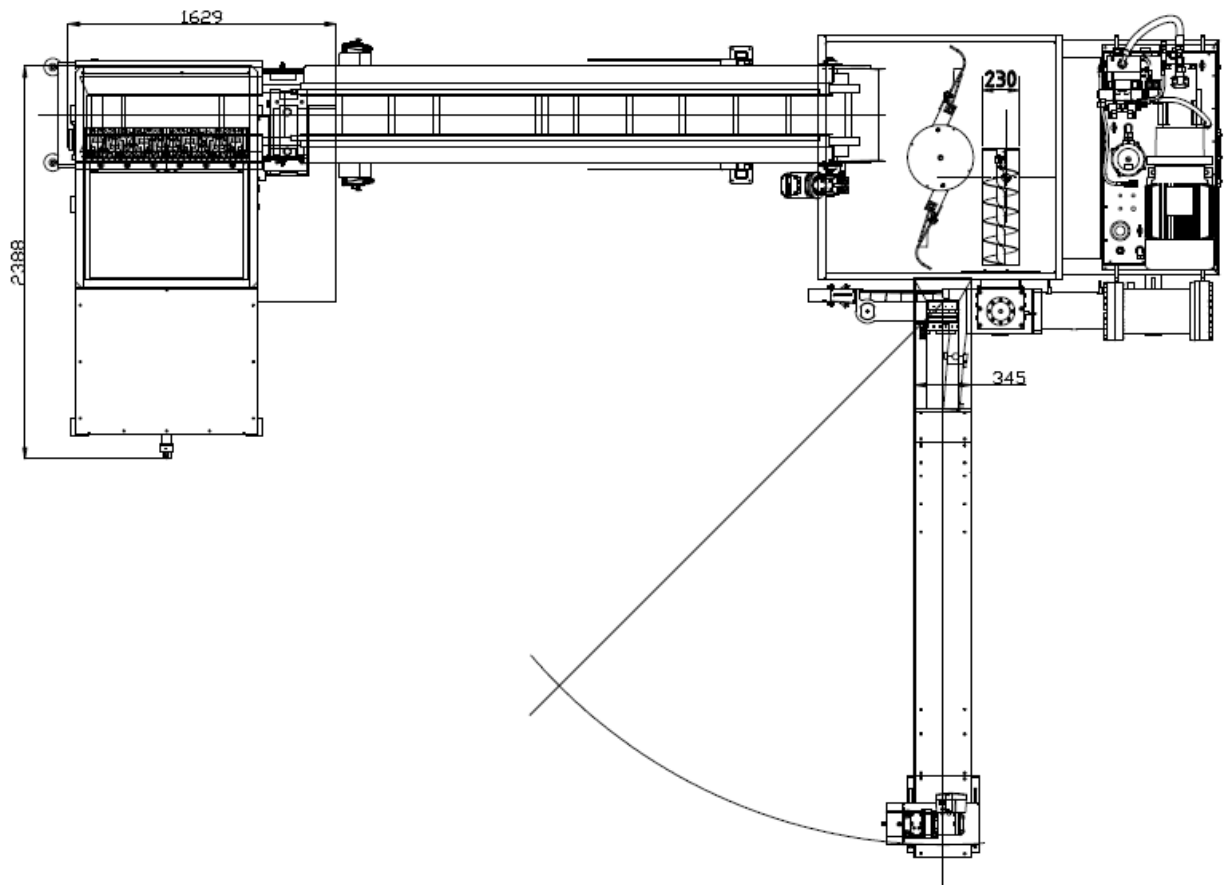


Příloha 1 – Obrázek 3 – Fotografie briketovacího lisu před úpravou a po úpravě [foto autor]



Příloha 1 – Obrázek 4 – Fotografie celkového pohledu linky po úpravě [foto autor]

Příloha 2 – Schématický nákres linky



Příloha 2 – Obrázek 5 – Schéma linky na zpracování hliníkového odpadu (bez zvedáku a rámu na velkoobjemové vaky) [39]