

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra materiálu a strojírenské technologie



Bakalářská práce

Možnosti a limity recyklace slitin hliníku a mědi

Filip Šebek

© 2023/24 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Filip Šebek

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Možnosti a limity recyklace slitin hliníku a mědi

Název anglicky

Possibilities and limits of recycling aluminium and copper alloys

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je shromáždit a analyzovat aktuální poznatky o možnostech a limitech recyklace slitin hliníku a mědi ve výrobním podniku s přihlédnutím k současné situaci na trhu komodit a energií. Student se v konkrétním výrobním podniku zaměří na technologii výroby a její vnitřní a vnější ekonomické ukazatele. Na základě závěrů z literárního rozboru předmětné problematiky a poznatků získaných ve výrobním podniku zabývajícím se hutní výrobou stanoví bakalář přínos práce.

Metodika

Současný stav řešeného problému (literární rešerše).

Závěry a přínos práce.

Doporučený rozsah práce

cca 40 stran

Klíčová slova

ekonomické ukazatele, recyklace, slitiny hliníku, slitiny mědi

Doporučené zdroje informací

COLANGELO, F., et al.: Handbook of sustainable concrete and industrial waste management : recycled and artificial aggregate, innovative eco-friendly binders, and life cycle assessment. Elsevier/Woodhead Publishing, 2022.

Časopis: Cleaner Engineering and Technology, Journal of Environmental Chemical Engineering, Journal of Environmental Management, Waste Management, Journal of Cleaner Production, Polymers, Materials, Manufacturing Technology, Research in Agricultural Engineering, Journal of Materials Processing Technology, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, International Journal of Fatigue, Wear

DAVIS, J.R.: Copper and copper alloys. Materials Park : ASM International, 2001.

Deutsches Kupfer-Institut e.V.: Recycling von Kupferwerkstoffen. Düsseldorf : Deutsches Kupfer-Institut e.V., 2001.

Firemní literatura a sborníky z konferencí

KRIŠTOFOVÁ, D.: Recyklace neželezných kovů. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2003.

MICHNA, S.: Aluminium materials and technologies from A to Z. Děčín : Alcan Děčín Extrusions, 2007.

MICHNA, S.: Encyklopedie hliníku. Prešov: Adin, 2005.

ZIMRING, C.: Aluminum upcycled : sustainable design in historical perspective. Baltimore : Johns Hopkins University Press, 2017.

1906

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2023

prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2023

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 21. 08. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti a limity recyklace slitin hliníku a mědi" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.03.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu práce panu prof. Ing. Miroslavu Müllerovi, Ph.D. za pomoc při výběru tématu a zejména za vedení mé práce, kdy mi poskytl spousty potřebných rad. Dále bych rád poděkoval vedení hutního oddělení OETINGER CZ, s.r.o. za poskytnuté informace, data a konzultace. Nakonec bych rád poděkoval své rodině a blízkým, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

Možnosti a limity recyklace slitin hliníku a mědi

Abstrakt

Jedná se o literární rešerši z oblasti recyklace slitin hliníku a mědi s poukázáním na možnosti a limity tohoto procesu a shromážděním aktuálních informací o dané problematice. Přínosem práce je seznámení s novými poznatky a SWOT analýza aplikovaná pro předem zvolený podnik. Práce čerpá z české i zahraniční literatury, odborných článků tak i firemní literatury a poznatků z odborné praxe. Tak je tomu především v druhé polovině práce, kde je podrobně vysvětlen proces recyklace v podniku.

Práce postupně prochází v průběhu kapitol charakteristikou kovů, procesem recyklace s přihlédnutím na legislativu, katalog odpadů, výrobní operace v podniku, ekonomické ukazatele a SWOT analýza pro zvolenou společnost.

V závěru je stanovené shrnutí celé problematiky.

Klíčová slova: ekonomické ukazatele, recyklace, slitiny hliníku, slitiny mědi

Possibilities and limits of recycling aluminium and copper

Abstract

This is a literature research in the field of recycling of aluminium and copper alloys, pointing out the possibilities and limits of this process and collecting current information on the subject. The contribution of the thesis is the introduction of new knowledge and SWOT analysis applied to a preselected enterprise. The thesis draws on czechs and foreign literature, professional articles as well as company literature and knowledge from professional practice. This is especially the case in the second half of the thesis, where the recycling process in the enterprise is explained in detail.

The thesis progressively goes through the chapters characterization of alloys, recycling processes taking into account legislation, waste catalogue, production operations in the company, economic indicators and SWOT analysis for the selected company.

At the end a summary of the whole issue is provided.

Keywords: economic indicators, recycling, aluminium alloys, copper alloys

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce a metodika	2
2.1 Cíl práce	2
2.2 Metodika.....	2
3 Slitiny hliníku a mědi	3
3.1 Historie hliníku a mědi	3
3.2 Charakteristika kovů.....	5
3.3 Hliník.....	7
3.4 Měď	8
3.5 Použití v průmyslu.....	10
4 Proces recyklace	12
4.1 Recyklace hliníku a mědi	13
4.2 Odpadová legislativa	14
4.3 Značení odpadu hliníku a mědi	15
4.4 Solná struska.....	16
5 Výroba sekundárních slitin	17
5.1 Výrobní technologie hliníku.....	18
5.1.1 Úprava vstupních surovin.....	18
5.1.2 Tavení	19
5.1.3 Odlévání	21
5.1.4 Distribuce tekutého hliníku	21
5.2 Výrobní technologie mědi	22
5.2.1 Úprava vstupních surovin.....	22
5.2.2 Tavení	23
5.2.3 Odlévání	23
6 Ekonomické ukazatele	24
6.1 Energie.....	24
6.1.1 Cena zemního plynu	24
6.1.2 Cena elektrické energie	25
6.2 Trh s komoditami	26
6.2.1 Trh s hliníkem.....	27
6.2.2 Trh s mědí.....	28
7 SWOT Analýza.....	29
7.1 SWOT Analýza podniku výroby recyklovaného hliníku a mědi	29
8 Závěr.....	31
Seznam použitých zdrojů	32

Seznam obrázků

Obrázek 1 Práce u čínské vysoké pece	4
Obrázek 2 První fázový diagram Cu-Sn z roku 1908.....	5
Obrázek 3 Krystalická mřížka plošně středěná.....	6
Obrázek 4 Vodiče s izolací	12
Obrázek 5 Slisované hliníkové plechovky.....	14
Obrázek 6 Schéma výrobního procesu	17
Obrázek 7 Stěry z licích pánví.....	18
Obrázek 8 Schéma briketovací linky	19
Obrázek 9 Rotační pec společnosti OETINGER CZ, s.r.o.	20
Obrázek 10 Pánvev na tekutý hliník společnosti OETINGER CZ, s.r.o.	22
Obrázek 11 Graf ceny zemního plynu v EUR/MWh.....	25
Obrázek 12 Graf ceny elektrické energie v EUR/MWh.....	26
Obrázek 13 Ceny primárního a sekundárního hliníku z LME v EUR/t.....	27
Obrázek 14 Vývoj ceny mědi za burze LME v EUR/t	28

Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled minerálů s největším zastoupením hliníku[8].....	7
Tabulka 2 Světová spotřeba hliníku z roku 2002[8].....	10
Tabulka 3 Hliníkový odpad pyrometalurgie z Katalogu odpadů[16]	15
Tabulka 4 Měděné odpady pyrometalurgie z Katalogu odpadů[16]	16
Tabulka 5 SWOT Analýza pro podnik recyklující hliník a měď [vlastní zdroj].....	30

Seznam použitých zkratk

POH	Plán odpadového hospodářství
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
EU	Evropská unie
TTF	Title Transfer Facility
EUR/MWh	Euro za megawatthodinu
MWh	megawatthodina
EUR/CZK	Euro za České koruny
ČR	Česká republika
CZK/KWh	Koruna za kilowatthodinu
USD/t	Americký dolar za tunu
LME	London Metal Exchange

1 Úvod

Recyklace je pojem, se kterým se dnes setkává každý. Tento termín je spojován se snahou využít odpady, které jsou pomocí výrobního procesu přetvořeny na výrobky a současně s tím co nejméně zatěžovat životní prostředí. Jinak tomu není ani při recyklaci hliníku a mědi, kdy se střetávají snaha o využití odpadů, jak nejvíc je to možné.

Proto aby byl tento proces správně pochopen, tak je potřeba se blíže podívat na vlastnosti materiálu který do tohoto typu výroby spadá. Proto je v úvodní kapitole popsáno, jakou tyto kovy hrály roli během naší historie a poté se práce začne zabývat jejich vlastnostmi, kvůli kterým jsou slitiny z těchto kovů tak využívané. Tím že bude obeznámena základní charakteristika kovů bude jednodušší uvést typy příkladů. Nakonec tedy budou uvedeny nejčastější oblasti využití, ke kterým jsou uvedeny aktuální poznatky.

Jakmile je znám materiál, může se přejít k uvedení recyklačního cyklu. Proces znovuvyužití odpadu je zde představen nejdříve všeobecně ale poté je tento model aplikován na zvolený podnik. Vysvětleny jsou zde odborné pojmy z této části průmyslu dále vyobrazené na fotografiích, které byly v podniku vyfoceny. Klíčovým faktorem je zde vysvětlení že odpad pro jeden subjekt může znamenat vstupní materiál pro subjekt druhý. Odpad tedy může být chápán různými způsoby. Proto je zde uvedena i právní legislativa, která nastíní budoucnost v oblasti odpadového hospodářství a zároveň zde nebude opomenuto ani rozdělení dle katalogu odpadů.

Následovat budou poznatky aplikované na výrobní proces v podniku OETINGER CZ, s.r.o., který se recyklací hliníku a mědi zabývá. Je zde rozebrán proces na jednotlivé operace od úpravy vstupního materiálu přes tavení až k odlévání. Zjištěné informace jsou obohaceny o zkušenosti z projektu COMAX ACADEMY.

Společně s procesem výroby ale přichází na řadu ekonomické ukazatele, které vychází z informací světově uznávaných burz. Pro poukázání na možnosti budoucího směřování podniků věnující se této problematice, je před závěrem stanovena SWOT analýza, ve které jsou shrnuty silné, slabé stránky, příležitosti a hrozby tohoto oboru.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je shromáždit a analyzovat aktuální poznatky o možnostech a limitech recyklace slitin hliníku a mědi ve výrobním podniku s přihlédnutím k současné situaci na trhu komodit a energií. Student se v konkrétním výrobním podniku zaměří na technologii výroby a její vnitřní a vnější ekonomické ukazatele. Na základě závěrů z literárního rozboru předmětné problematiky a poznatků získaných ve výrobním podniku zabývajícím se hutní výrobou stanoví bakalář přínos práce.

2.2 Metodika

Základní informace byly nalezeny pomocí klíčových slov v doporučené literatuře, která byla uvedena v zadání od vedoucího práce. Vyhledávaná slova zprvu odpovídala uvedeným v zadání práce, ale následně byla rozšířena o varianty, které byly potřebné pro hlubší porozumění.

Počátek práce vychází z menších variant citovaných zdrojů, a to především kvůli složitějšímu nalezení odlišných informací pro popsání historického pozadí. Jakmile se práce začne zabývat charakteristikou kovů, dochází ke kombinaci využití informací ze studií na univerzitě a použití literatury k tomu potřebné. Od tématu obou kovů jsou zdroje pestřejší a informace zde uvedené jsou spojením vícera pohledů.

Metoda popisu výrobního procesu ve zvoleném podniku byla psána z části pomocí dohledaných informací z literatury a z druhé části odbornými poznatky získanými během praxí ve firmě.

Ekonomické ukazatele jsou tvořeny podrobným prohledáním odborných webových stránek z českých i zahraničních zdrojů s cílem stanovit přehledný výsledek aktuální situace na trhu s komoditami.

SWOT analýza byla vytvořena na základě celé práce a poznatků a diskuzí s vedením hutního oddělení společnosti. Výsledkem je zde uvedení budoucích možností a limit které bude muset podnik překonat, aby byl schopný dalšího růstu.

3 Slitiny hliníku a mědi

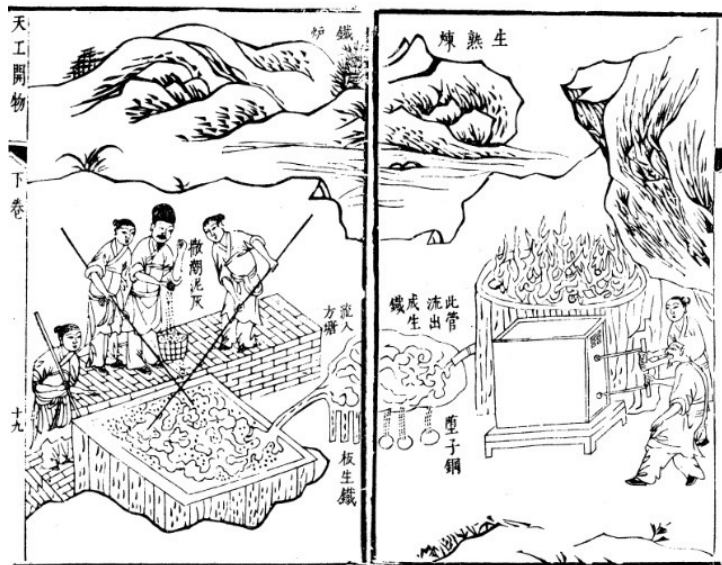
Pro uvedení tématu hliníku a mědi je důležité, aby byly zkoumány mnohé aspekty, které s nimi souvisejí. Z počátku je zajímavá a vůči sobě rozdílná historie obou těchto prvků, kde ovšem každý z nich tvoří velký kus lidské historie. Postupem času jsou ale jak hliník, tak měď, střetávány s širokým zájmem veřejnosti a jsou využívány díky svým jedinečným vlastnostem. Díky tomu jsou čím dál častěji spatřovány v běžném životě a jsou tedy nedílnou součástí jak průmyslu, tak spotřeby. Aby bylo možné se s těmito prvky setkat, bylo potřeba vymyslet postupy výroby, které budou dále vysvětleny.

3.1 Historie hliníku a mědi

První lidmi opracované kovy, byly nalezeny na území dnešního Španělska. Jednalo se s největší pravděpodobností o měď, olovo a zlato s tím, že se tyto nálezy datují do starší doby kamenné (11. – 8. tis. př. n. l.). Později v období mladší doby kamenné (7. – 6. tis. př. n. l.) je nalezen zpracovaný hliník v oblasti Blízkého východu, ovšem nepoužíval se na nic jiného než na drobné výrobky jako korálky, napodobeniny dnešních jehel a až později, v kombinaci s cínem, se začal používat na výrobu menších a větších nástrojů. Toto období archeologové rádi nazývají dobou bronzovou, kdy se předpokládalo, že veškeré měděné nálezy byly z bronzu.[1]

Byly zde dva směry úpravy rud člověkem, buď tavením nebo pouze úpravou v nalezeném stavu. Právě metalurgický proces se ve větším počtu ukazuje až o přibližně 2000 let po surovém zpracování a můžeme se s tím setkat u mnoha kultur a civilizací jako antický Egypt, starověké Řecko a později i Římská říše. Faktem ale zůstává, že Čínská kultura znala metalurgická zařízení dlouho před tím, než se staly běžnými v Evropě, myšleny např. vysoké pece nebo kovací lisy s hydraulickým mechanismem které můžeme vidět na *Obrázku 1*. Pozdější výzkumy ovšem dokládají, že tomuto období předchází doba měděná (5200–3500 př. n. l.), která pojednává o poslední fázi doby kamenné.[1]

Tehdy bylo nejčastější použitím metalurgického zpracování mědi ve východním Srbsku a používaly se vyhloubené jámy plné uhlí, nebo tavební kelímky. Postupně se ale od toho způsobu ustupovalo a začaly se objevovat tavící pece s větší kapacitou. Můžeme z toho tedy usoudit, že slévárenství se stává jedním z nejstarších řemesel. [1]



Obrázek 1 Práce u čínské vysoké pece[2]

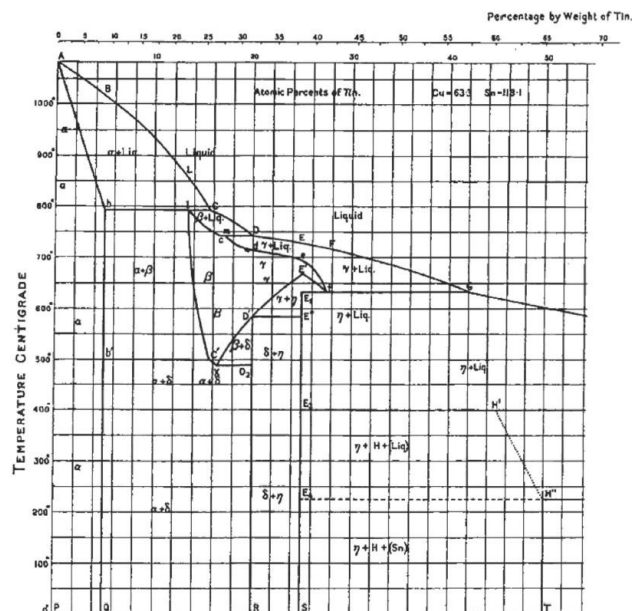
Mezitím co měď má bohatou historii sahající až hluboko do počátku lidstva, hliník je pravým opakem. Zatím co období starověku a středověku nám představilo pouze 12 dnes známých chemických prvků, tak mezi 18. a 20. století se to razantně změnilo. Právě v 19. století, kdy bylo objeveno prvků nejvíce, se objevil i prvek aluminium.[3]

Tento název poté upravil do našeho jazyka přírodovědec Jan Svatopluk.[3] V polovině 18. století byla nalezena tzv. kamencová zemina, chemickým označením Al_2O_3 . Ovšem zájem o ní projevil až o půl století později údajně Antoine Lavoisier (1743-1794) který pověřil anglického chemika sira Humpry Davyho (1778-1829). Ten se pokusil elektrochemicky vyložit hliník z roztavené směsi oxidu hlinitého a draslíku K_2CO_3 . Když bylo jasné že tato metoda se jeví jako neúspěšná tak se o to pokusil dánský chemik Hans Christian Ørsted (1777-1851). I ten ale nedosáhl valného úspěchu, a tak tedy práci přenechal Fridrichu Wöhlerovi (1800-1882). Ten při reprodukci pokusů svého předchůdce zjistil, že Ørsted hliník získal, ale pouze silně znečištěný draslíkem. Trvalo ovšem delší dobu, než se Wöhlerovi podařilo získat hliník ve formě slitku. Psal se rok 1825 a německý chemik se tak stává uznávaným objevitelem, dnes již známého prvku jako hliník. Od jeho objevení a získání v čisté podobě ale bylo potřeba ještě mnoho práce, aby se stal tak používaným, jako je v dnešní době.[4]

Na počátku jeho užívání byla samotná výroba velmi drahá. Dokonce tehdy převyšovala cenu zlata. Částečné snížení ceny přišlo až v roce 1855 kdy Henri Étienne Sainte-Claire Deville (1818-1881) představil na světové výstavě v Paříži malé hliníkové bloky, které bylo možno

vyrobit díky inovativnímu vynálezu. Aby se hliník stal ještě dostupnější, muselo se počkat až do roku 1886. Tehdy se podařilo vymyslet průmyslovou výrobu elektrolyzou Paulu Héroultovi (1863-1914) a nezávisle na něm Charlesi Martinu Hallovi (1863-1914). Proto tedy název Hall-Héroultův proces, který se používá dodnes a je pro něj zapotřebí bauxit. [4]

Právě koncem 19. století se začíná dávat větší prostor studiím i dříve opomíjených slitin. Přichází období, kdy se svět zaměřil i na výrobu neželezných kovů a jednalo se především o slitiny na bázi mědi jakými jsou Cu-Sn a Cu-Zn. Díky tomu vzniká i velice známý rovnovážný diagram Cu-Sn, který je zachycen na *Obrázku 2*. Autory tohoto diagramu jsou metalurgové z Cambridge, Charles Thomas Heycock (1858-1931) a Francis Henry Neville (1847-1915).[3]



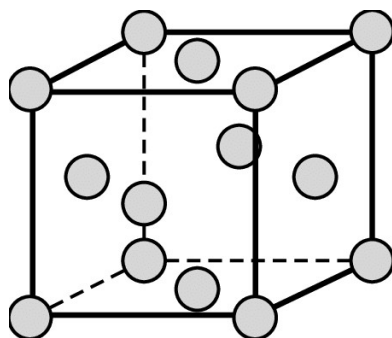
Obrázek 2 První fázový diagram Cu-Sn z roku 1908[3]

3.2 Charakteristika kovů

S pojmem kovy je možné se setkat zhruba od prvních hodin chemie na základních školách, a není divu. Jedná se totiž o prvky, které tvoří přibližně třičtvrtě periodické tabulky. Mají tedy takové zastoupení, že není možné si jich nepovšimnout. Zároveň to ale znamená, že se liší různými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi. Ale i přes to mají některé vlastnosti společné – jako je dobrá tvárnost a nízká až střední tvrdost. To ve většině případů znamená, že jsou přizpůsobené k tolika možnostem použití díky tváření, odlévání a dalším metodám,

díky kterým je možné se s nimi setkat poměrně často v každodenním životě. Mají význam ve formě kovové, ale i v podobě různých sloučenin, např. ve sklářství, chemii či keramice. Navíc jsou i elektricky a tepelně vodivé, což dodává prvkům další specifickou výhodu, kterou lidé rádi využívají např. v elektrotechnice. Elektrická vodivost je způsobena strukturou atomů a chováním elektronů. Kovové materiály jsou tvořeny krystalickou mřížkou, a právě v ní jsou atomy pravidelně uspořádány. Je několik variant těchto mřížek. Existuje mřížka krychlová prostorově středěná, šesterečná a krychlová plošně středěná. Tu můžeme vidět na *Obrázku 3*, což je typ mřížky, který je charakteristický pro hliník i měď.[5]

Atomy se skládají z jadra, tvořený protonem a neutronem, a obalu který obsahuje elektrony. Právě poslední oblasti obalu atomu se říká valenční, na které je určitý počet valenčních elektronů. Právě tyto elektrony jsou schopné se volně pohybovat mezi atomy v krystalické mřížce a díky tomu přenášet elektrický proud. Zároveň jsou zodpovědné za vlastnosti jako je tepelná vodivost a schopnost vytvářet elektromagnetické pole.



Obrázek 3 Krystalická mřížka plošně středěná[6]

Největší skupinou kovů, jak po stránce průmyslu, tak po stránce technické, jsou železa a jeho slitiny. Znamé také pod pojmem feroslitiny. Zbylou skupinou jsou kovy neželezné a lze je také rozdělit podle mnoha hledisek např. podle teploty tání, výrobního postupu a hustoty.

Neželezné kovy jsou děleny mezi primární a sekundární. Mezi zástupce primárních kovů patří např. měď, olovo, zinek nebo cín. Poté tu jsou sekundární neželezné kovy jako arsen, antimon, bismut, kadmium nebo rtuť. Ony prvky jsou vedlejšími produkty výrobních kovů, ale lze je získat i z rudy.[7]

Rozdílnost lze uvést také v jejich atomové hmotnosti nebo hustotě. Zde jsou kovy děleny na lehké nebo těžké. Mezi první skupinu lze přiřadit např. hliník, hořčík nebo titan, které mají hmotnost pod $4,5\text{g cm}^{-3}$. Za těžké uvedme např. olovo, zinek a měď. Dále kovy můžeme

rozdělit podle bodu, kdy dochází k teplotě tavení, radioaktivity, vzácnosti (jejich obtížné dostupnosti) a ušlechtilosti, která uvádí, že kovy této charakteristiky jsou odolné vůči korozi a mají nízkou reaktivitu.[7]

3.3 Hliník

Jak bylo již výše uvedeno, ačkoli je hliník třetím nejčastějším prvkem pod povrchem Země, tak jeho průmyslovou výrobu bylo možné spatřit poprvé až v Paříži roku 1855 během světové výstavy v podobě malých hliníkových bloků. A i díky faktu, že tvoří 7,5 – 8,3 % zemské kůry, tak je možné ho nalézt ve více než 250 různých minerálech. Samotný hliník se však na planetě nevyskytuje. Získat ho lze různými technologiemi z bauxitu. Ty nejvýznamnější minerály se zastoupením hliníku jsou korund, diaspor, gibbsit, spinel a další uvedené v *Tabulce 1* níže. Pro upřesnění, k získání jedné tuny čistého hliníku je potřeba zpracovat čtyři až šest tun bauxitu. Bauxitem rozumíme zbytkové jílové horniny, které obsahují hydroxidy hliníku a vzniká vlivem eroze a zvětrávání, a to díky činitelům, jakými mohou být déšť, teplota a vítr. Poté dochází k vymývání a rozpouštění minerálů, které jsou odplavovány vodou a vzniká tak po nashromáždění vysoce koncentrovaná hliníková sloučenina. [8]

Metody, jakými lze hliník získat je několik. Jednou z nich je Bayerova metoda, jejímž principem je rozpouštění hydrátů oxidu hlinitého z bauxitů v koncentrovaných roztocích hydroxidu sodného, za vzniku hlinitanu sodného a hydrolytického sražení hydroxidu hlinitého ze zředěných roztoků hlinitanu sodného. Tato metoda je nazývána metodou mokrou.[7]

Tabulka 1 Přehled minerálů s největším zastoupením hliníku[8]

Minerály	Chemický vzorec	Hmot. % Al_2O_3
korund	Al_2O_3	100
diaspor, boehmit	$Al_2O_3 \cdot H_2O$	85
gibbsit (hydrargilit)	$Al_2O_3 \cdot 3 H_2O$	65,4
spinel	$Al_2O_3 \cdot MgO$	71
kyanit, andaluzit, silamanit	$Al_2O_3 \cdot SiO_2$	63
kaolinit	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2 H_2O$	39,5
alunit	$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 4Al(OH)_3$	37
nefelín	$(Na,K)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	32,3-35,9
leucit	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$	23,5
sericit	$K_2O \cdot 3 Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$	38,4

Jiný způsob je metoda spékací, ta je zase označována jako metoda suchá. Využívá se tehdy, když má bauxit vyšší obsah oxidu křemičitého.[7] Zde se ruda nejprve spéká se solemi alkalických kovů. Častými zástupci jsou karbonáty typu Na_2CO_3 a další složkou jsou CaCO_3 v případě Müller-Jarkovinoва způsobu. Je ovšem možný i proces tavení z rud v elektrických pecích, pojednává o tom způsob Kuzněcov-Žukovský. V případě, že by nebyl dost kvalitní bauxit pro Bayerovu metodu, lze využít i metody kombinované. Těmito způsoby dosáhneme čistého oxidu hlinitého. Dalším krokem je výroba hliníku elektrolýzou. Je hned několik dalších způsobů, jak získat čistý hliník, ale tento je z nich nejpoužívanější a dobře technicky provedený. Tuto metodu vymyslel německý chemik Fridrich Wöhler roku 1845.[8]

Ovšem průlom přinesli až Paul Héroult a Charles Hall v roce 1886. Dodnes se tento způsob výroby používá, a to jen s drobnými změnami. Jako např. v počítačových technologiích, kdy se zefektivnil a zjednodušil proces řízení elektrolýzy. Tím, že je hliník neušlechtilý a zároveň lehký kov, není možné jej vyrobit z vodních roztoků, ale je potřeba elektrolýza z roztavených solí. K tomu se používají speciální elektrolyzéry, tedy pece, u kterých nalezneme tekutý kryolit o teplotě 960 °C.[8]

Ve výsledku je tedy možné konstatovat, že hliník svým zastoupením výroby ve světě drží prvenství mezi neželeznými kovy. Je získáván ze 70 % pomocí výše uvedených postupů a metod, zatímco zbývajících 30 % je vráceno do výrobního procesu jako odpad, jedná se tedy o recyklaci.[7]

3.4 Měď

S mědí se lidstvo seznámilo již dávno v historii, a tak se jedná o jeden z nejstarších známých kovů. Pojmenování se odvíjí od místa těžení na ostrově Kypr, název se ale časem upravil na cuprum. V přírodě lze měď najít v sulfidických nebo oxidických rudách, ve kterých se nachází v procentuálním zastoupení od 0,2 do 2,5 obsahu rudy. Právě ze sulfidických rud se vyrábí přibližně 80 % světové výroby a mezi nejčastěji se vyskytující minerály se řadí chalkopyrit, chalkosin, kovelin a bornit. Zbytek pak připadá na rudy oxidické, u kterých se ale postupně podíl ve světové výrobě zvyšuje. Oxidické rudy zase tvoří minerály jako malachit, azurit, kuprit a tenorit. To ale znamená, že výroba mědi je z 60 % tvořena z rud a zbylých 40 % se do výrobního procesu dostává recyklací s odpadním vstupem. Dle výsledků je objem výroby mědi ve světě druhým největším ve skupině neželezných kovů, hned za hliníkem.

V současnosti se valná většina mědi získává ze sulfidických rud pyrometalurgicky za pomoci surovin s obsahem chalkopyritu. Hydrometalurgicky se měď získává z chudších sulfidických a oxidických rud.[7]

Měď má skvělé vlastnosti a díky tomu je široce rozšířeným prvkem. Obecně platí, že se jedná o těžký neželezný kov se středním bodem tavení. Používá se díky své elektrické a tepelné vodivosti. Prvek je odolný vůči atmosférické korozi a jeho rozsáhlé využití je dáno i díky jeho snadnému zpracování a dobré pevnosti. Naproti tomu je prvek nemagnetický, a to má své výhody a nevýhody. Rozhodně lze dobře pájet, a jak měď, tak měděné slitiny lze svařovat různými metodami, např. plynovým, obloukovým nebo odporovým svařováním. Slitiny lze dobře leštit do jakékoli požadované struktury a lesku. Dále mohou být pokovovány, potaženy organickými látkami nebo chemicky obarveny.[9]

Podle norem se měď dělí na dvě skupiny, a sice na tvářenou a slévárenskou měď. Tvářená měď se používá především pro konstrukční účely anebo pro využití její elektrické vodivosti. Měď slévárenskou lze využít jako předslitinu k tvorbě dalších měděných slitin. I když další dělení slitin již není obsaženo v normách, tak se nejčastěji lze setkat s bronzí a mosazí.

Bronzí jsou dle norem pojmenovány podle legujícího prvku, který jim zlepšuje fyzikální a mechanické vlastnosti. Známe především bronzí cínové, které tvoří největší skupinu bronzů. Tyto bronzí obsahují nanejvýš 20 % cínu. Jsou odolné vůči korozi a také má vysokou odolnost vůči opotřebení. Jsou buď tvářeny ve formě trubek nebo plechů, anebo odlévány, kdy se s nimi lze setkat např. u oběžných kol čerpadel nebo armatur. Dále jsou známy bronzí olovené, hliníkové nebo červené, kdy se jedná o kombinaci legujících prvků cínu, olova a zinku. Mosaz je v praxi nejčastěji zastoupena s obsahem mědi nad 50 %. Slitiny s menším procentuálním zastoupením mědi by v průmyslu neobstály kvůli tvrdosti a křehkosti, které by nabízely. Je možné je dělit na mosazí *tvářené* a *slévárenské*. Tvářená mosaz je určována dvaceti jakostními značkami např. MS 70 nebo MS 59 Pb, kdy prvky na konci poukazují na další přísady. Mosazí slévárenské se naopak označují Ms L a jedná se o mosazí které jsou legovány ještě dalšími prvky.[10]

3.5 Použití v průmyslu

Výše uvedené slitiny mají v průmyslu díky svým vlastnostem velice široké využití. Již od dávných dob se vědělo, že jak hliník, tak měď jsou měkké kovy, a tudíž se s nimi dobře pracuje a jsou lehce tvářitelné. S hliníkem se setkáme v každém okamžiku všedního dne. Po probuzení člověk vypíná budík, čistí si zuby pastou, kterou vymačkává z tuby. V průběhu dne si jde k automatu pro sycený nápoj v plechových nádobách, anebo při jezení jogurtu, kdy otvírá vrchní kryt a odhazuje jej do odpadního koše. Přitom tento stříbřitě barevný kov se začal masivně používat teprve před přibližně 120 lety, kdy byl roku 1887 využit na střechu kostela Gioacchino. Níže nalezneme *Tabulku 2*, kde je přibližně vidět přibližně, jak je hliník využíván v jednotlivých odvětvích. S mědí je možné se setkat ve všemožné elektronice a opět tedy je součástí každodenního života lidí. Ovšem je mnohem více využití, kde je možno ji najít.[8]

Tabulka 2 Světová spotřeba hliníku z roku 2002[8]

Odvětví	Spotřeba hliníku v %
Doprava (letecká, lodní, železniční a automobilová)	59,1
Stavebnictví	18,4
Strojnictví	10,3
Elektrotechnický průmysl	7,2
Potravinářský průmysl	4,3
Ostatní	0,7
CELKEM	100

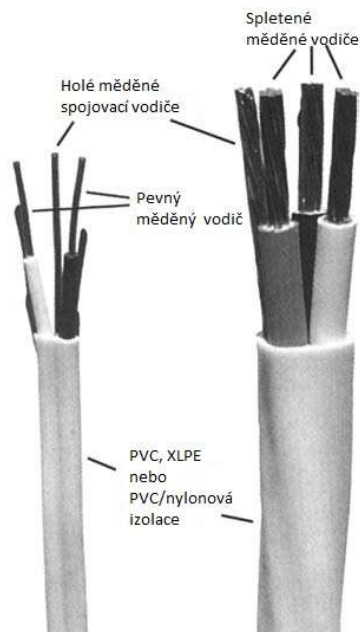
Jedním z velkých oblastí využití, kde se s těmito slitinami lze setkat je automobilový průmysl. Zde je kladen důraz na co největší šetrnost z pohledu nižších emisí a spotřeby paliva, které jdou ruku v ruce se snižováním hmotnosti. Jako příklad je možné uvést třeba motorový blok, kde kromě snížení hmotnosti má hliník dobrou tepelnou vodivost, díky čemuž dobře umožňuje odvádět teplo. Hliník se stává stále populárnějším materiálem pro výrobu karosérií. Jednak z důvodu snížení hmotnosti a zároveň díky svým vlastnostem slouží jako dobrá ochrana proti korozi. V neposlední řadě se s hliníkem setkáme u brzdových komponent, kterými jsou třmeny nebo brzdové destičky. S mědí se můžeme setkat například v chladicích systémech a elektrických komponentech, kde je vynikajícím vodičem elektřiny a tepla. To ji dělá ideálním materiálem pro konektory a vodiče. Celkově tedy integrace hliníku a mědi v tomto odvětví umožňuje snižovat hmotnost vozidel, což vede k lepší účinnosti a nižším emisím. Ty dále vedou k udržitelnějšímu provozu vozidel.[8]

Nesmí se opomenout ani letectví. Jedná se o důležitý článek v dopravním odvětví, kde je více než kde jinde potřeba lehkého a zároveň pevného materiálu. Hliník je zde jasnou volbou, a proto je přibližně 66 % letadla tvořeno slitinami hliníku. Tady jej může najít především na místech, které jsou velmi zatěžovány napětím, jakými jsou křídla a trup letadla. S mědí se zde opět setkáme v elektronice. Může zde jít o elektroinstalace a kabely pro přenos elektrické energie a signálů. [8; 9]

Dalším, velmi častým odvětvím je stavebnictví. Zároveň se ale historicky jedná o nejstarší sektor, kde byl hliník poprvé využit. Tady se se slitinami hliníku a mědi setkáme kupříkladu u oken a dveří, což umožňuje výrobu pevných konstrukcí. Nebo u fasád a obkladů, které jsou odolné vůči povětrnostním podmínkám a korozi, což zajišťuje dlouhou životnost budovy. Celkově je možné se s hliníkem setkat na budovách firem, na autobusových a vlakových zastávkách, u benzinových pump nebo u průmyslových hal. Měď lze najít v kabelech a vodičích. Využívá se tedy v elektrických instalacích budov. Střešní krytiny jsou také velmi často z mědi, a to ve formě krytin a plechů. Dále může být součástí vodovodních a topných systémů. [8; 9]

Velké uplatnění pro oba kovy je v elektrotechnickém průmyslu. Tady jsou obě slitiny klíčovým materiálem. Kromě vodičů zde máme elektrické spoje s kontakty tvořené mědí a transformátory s elektromotory tvořeny hliníkem. Z mědi jsou tvořeny veškeré vodiče sloužící k výrobě, přenosu a distribuci elektrické energie. Zde je možnost se setkat s přenosovými kabely pro telekomunikaci. Dále s elektronickými obvody, generátory a elektrickými kontakty, které lze spatřit na *Obrázku 4* níže. [9]

V neposlední řadě lze tyto slitiny kovů nalézt v odvětví spotřebního zboží. Měď tu zastupují veškeré elektrické spotřebiče. Může jít o mikrovlnné trouby, televizní obrazovky, rychlovarné konvice a jiné. Hliník lze spatřit zase v kuchyni, kde se využívá pro výrobu hrnců a pánví. Setkat se s ním lze i u nábytku, a to zejména u toho venkovního, kterými jsou např. zahradní židle a stoly. Tohle je ale jen výčet možností a variant toho, kde je možné se s těmito slitinami setkat.[9]



Obrázek 4 Vodiče s izolací[9]

4 Proces recyklace

Obecně pojem recyklace znamená proces, kdy je využito problematiky odpadu k jeho dalšímu využití. Myšlenkou je opakující se používání odpadů a jejich vlastností jako druhotné suroviny ve výrobním procesu. Jedná se tedy o cyklické uvádění materiálu do výrobního cyklu, odtud pak pochází název. Během tohoto procesu se recyklovaný materiál přetváří v druhotnou vstupní surovinu, která je použitelná posléze k další výrobě. Recyklace umožňuje šetřit obnovitelné i neobnovitelné zdroje a často může snižovat zátěž životního prostředí. Směrnice EU č. 98/2008 (ES) v článku 3 definuje pojem recyklace jako jakýkoliv způsob využití, kterým je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky, ať pro původní nebo jiné účely. Zahrnuje zpracování organických materiálů, ale nezahrnuje energetické využití a zpracování na materiály, které mají být využity jako palivo nebo zásypový materiál.[11]

Lze tedy říci, že se recyklační proces skládá ze sběru, kde je snaha nashromáždit co nejvíce odpadu. U hliníku se může jednat o plechy, nádoby nebo obaly, kdežto u mědi je možné se setkat např. s elektrickými dráty, kabely nebo třeba trubkami.

Poté přichází čas na třídění. Zde je kladen důraz na co nejpečlivější rozřídění odpadu, se snahou vyseparovat odpad, který již není možné dále recyklovat, tedy znovu využít k ob-

nově. Jakmile je odpad roztríděn, mluvíme o něm dále jako o vstupním a zároveň sekundárním materiálu. Ten putuje dál procesem k přepracování. Když se pojednává o hliníkových materiálech, tak se roztaví v pecích při určité teplotě. Dále jsou zbaveny nečistot a později jsou přepracovány do různých tvarů, kdy se již jedná o polotovary nebo výrobky. Stejný proces se uplatňuje u mědi.

Následně putuje výrobek buď do další fáze výroby, anebo je jako výrobek nabízen koncovým spotřebitelům, kde je uplatněna fáze užití. Poté co spotřebitel využije výrobek a nevidí v něm další smysl, vyhazuje jej do příslušného odpadního koše. Tedy celý proces začíná od znova. Recyklace obou kovů je důležitá z hlediska ochrany životního prostředí a šetření přírodních zdrojů. Tento proces umožňuje znovupoužití materiálů a snižuje množství odpadů.

4.1 Recyklace hliníku a mědi

V případě recyklace hliníku a mědi je zapotřebí získat odpad. Možností je hned několik, buďto od různých společností, které se zabývají zpracováním nebo výrobou mědi a hliníku. Další možností jsou spotřebitelé, kteří měď nebo hliník po použití vyhodili do příslušného odpadního koše nebo rovnou odvezli na sběrný dvůr. Odpady se v tomto odvětví mohou dělit na několik skupin. Některé vznikly při primární výrobě hliníku a mědi, výrobě hliníkových nebo měděných výrobků anebo při druhotné výrobě. Dříve se tento odpad skládkoval, ale dnes je snaha o využití k smysluplnému zařazení do spotřeby v podobě výrobků.

Mezi materiál, který se dnes využívá k recyklaci, tedy sekundární nebo také druhotný, se považují odpady jako stěry, odřezky a třísky, všelijaké obaly a použité litiny. Ovšem jedním z nejčastějších zástupců sekundárního materiálu v komunálním odpadu jsou hliníkové plechovky. Ty je možné vidět na *Obrázku 5*, kde jsou slisovány do paketových bloků. Celková spotřeba se pohybuje každoročně přibližně kolem 180 miliard.[12] Ovšem tím, že člověk začne přispívat tříděním, a k recyklaci opravdu dojde, tak se za celý proces ušetří více než 90 % energie, která by byla potřebná k výrobě nového kovu.[13] U hliníku se lze setkat s poškozenými kabely, odpadem z demontáže budov, poškozeným potrubím a různé odpady vzniklé průmyslovou výrobou.



Obrázek 5 Slisované hliníkové plechovky [vlastní zdroj]

4.2 Odpadová legislativa

Zákonodárná moc spadá kromě mnohých kategorií také na odpady. Jejím úkolem je snižovat špatný vliv na životní prostředí, a přitom nebránit postupnému rozvoji průmyslu a společnosti. Tuto snahu zaštiťuje vládní orgán Ministerstvo životního prostředí. Proto, aby těchto cílů bylo dosaženo, bylo potřeba vypracovat plán odpadového hospodářství (dále pouze POH) pro naši republiku. Tento nástroj pro řízení odpadového hospodářství byl schválen vládou v roce 2014, jako reakci na povinnost, kterou stanovil Evropský parlament a Rada ve směrnici 2008/98/ES o odpadech.[14]

Avšak roku 2022 vláda České republiky schválila aktualizaci tohoto nástroje s výhledem do roku 2035. Nyní jsou do tohoto plánu zakomponovány cíle novelizovaných evropských směrnic spolu se zákonem s ukončenou životností a novely zákona o obalech. Strategické cíle POH pro Českou republiku jsou např. předcházení vzniku odpadů a snižování měrné produkce odpadů, udržitelný rozvoj společnosti s přechodem na cirkulární ekonomiku nebo maximální využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů.[14]

4.3 Značení odpadu hliníku a mědi

Tím že jsou hliník i měď častými výrobními materiály v průmyslu, tak jsou zároveň zastoupeny ve velké míře v odpadech. Za účelem zařazení odpadů do příslušných položek vznikla vyhláška 8/2021 (dnes již druhá verze), ve které se nachází kategorizace hliníkových odpadů z pyrometalurgické výroby zobrazené v Tabulce 3, kdy je symbolem „*“ označen nebezpečný odpad. Odpad je zařazen pod šestimístné katalogové číslo, kde první dvě číslovky znamenají skupinu, druhé dvojčíslí podskupinu a třetí dvojčíslí druh odpadu. Takto šestimístné označení bylo bezpodmínečné až do 31. prosince 2023. Od roku 2024, lze využít i osmimístná katalogová čísla.[15]

Tabulka 3 Hliníkový odpad pyrometalurgie z Katalogu odpadů[16]

10 03	Odpady z pyrometalurgie hliníku
10 03 02	Odpadní anody
10 03 04*	Strusky z prvního tavení
10 03 05	Odpadní oxid hlinitý
10 03 08*	Solné strusky z druhého tavení
10 03 09*	Černé stěry z druhého tavení
10 03 15*	Stěry, které jsou hořlavé nebo při styku s vodou uvolňují hořlavé plyny v nebezpečných množstvích
10 03 16	Jiné stěry neuvedené pod číslem 10 03 15
10 03 17*	Odpady obsahující dehet z výroby anod
10 03 18	Odpady obsahující uhlík z výroby anod neuvedené pod číslem 10 03 17
10 03 19*	Prach ze spalin obsahující nebezpečné látky
10 03 20	Prach ze spalin neuvedený pod číslem 10 03 19
10 03 21*	Jiný úlet a prach (včetně prachu z kulových mlýnů) obsahující nebezpečné látky
10 03 22	Jiný úlet a prach (včetně prachu z kulových mlýnů) neuvedené pod číslem 10 03 21
10 03 23*	Pevné odpady z čištění plynů obsahující nebezpečné látky
10 03 24	Pevné odpady z čištění plynů neuvedené pod číslem 10 03 23
10 03 25*	Kaly a filtrační koláče z čištění plynu obsahující nebezpečné látky
10 03 26	Kaly a filtrační koláče z čištění plynu neuvedené pod číslem 10 03 25
10 03 27*	Odpady z čištění chladicí vody obsahující ropné látky
10 03 28	Jiné odpady z čištění chladicí vody neuvedené pod číslem 10 03 27
10 03 29*	Odpady z úpravy solných strusek a černých stěrů obsahující nebezpečné látky
10 03 30	Odpady z úpravy solných strusek a černých stěrů neuvedené pod číslem 10 03 29
10 03 99	Odpady jinak blíže neurčené

S odpadem mědi je to velmi podobné. I ten je možné nalézt v Katalogu odpadů vyhlášky 8/2021 Sb, níže jako Tabulka 4. Na rozdíl od hliníkového odpadu však nemá tak rozsáhlou kategorizaci.

Tabulka 4 Měděné odpady pyrometalurgie z Katalogu odpadů[16]

10 06	Odpady z pyrometalurgie mědi
10 06 01	Strusky (z prvního a druhého tavení)
10 06 02	Pěna a stěry (z prvního a druhého tavení)
10 06 03*	Prach z čištění spalin
10 06 04	Jiný úlet a prach
10 06 06*	Pevný odpad z čištění plynu
10 06 07*	Kaly a filtrační koláče z čištění plynu
10 06 09*	Odpady z čištění chladicí vody obsahující ropné látky
10 06 10	Jiné odpady z čištění chladicí vody neuvedené pod číslem 10 06 09
10 06 99	Odpady jinak blíže neurčené

4.4 Solná struska

Pyrometalurgickou výrobou také dochází ke vzniku mnoha odpadů, jak je již uvedeno v tabulkách výše. Vážným problémem nejen ve střední Evropě je výskyt solné strusky jako vzniklý odpad z tavicích solí. Je však nutné uvést, že tato struska vzniká pouze v rotačních pecích. Pokud ale bude uváděna jiná pec, např. sálavá, tak struska z ní je nazývána jako černá struska. Solná struska je obsažena v katalogu odpadů pod číslem 10 03 08 – Solné strusky z druhého tavení.[16]

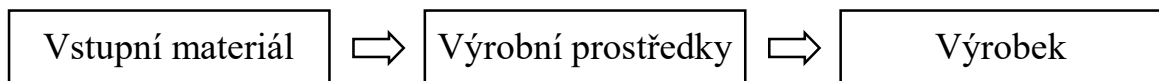
Solná struska vzniká po roztavení hliníkového šrotu pod hladinu krycích tavidel. Zde pak dochází k reakci s rafinačními, tedy čistícími tavidly. Struska poté obsahuje 5 – 7 % zbytkového hliníku, 15 – 30 % oxidu hlinitého, 30 – 55% chloridu sodného a 15 – 30 % chloridu draselného. Dále pak podle typu šrotu mohou obsahovat karbidy, nitridy, sulfidy a fosfidy.[17]

Likvidace solné strusky je velmi důležitá. V případě, že nebude likvidace provedena správně a toxické ionty kovů by se dostaly k podzemním vodám, došlo by k vážnému znečištění. Hlavními problémy jsou vysoká reakce s vodou nebo vlhkostí ve vzduchu a dále extrakce závadných látek.[17]

5 Výroba sekundárních slitin

V této kapitole bude pozornost zaměřena na celkový proces výroby s poznatky z konkrétního podniku. Následně budou sledovány vnitřní a vnější ekonomické ukazatele, kde bude práce zaměřena na cenu komodit a energií. Dále je práce zaměřena na jednotlivé limity a pomocí SWOT analýzy bude posouzen stav podniku na trhu.

Pro uvedení celé problematiky je klíčové porozumění obecné definice procesu výroby, která je uvedená v na *Obrázku 6*. Stejně jako při jakékoli jiné výrobě se i zde nachází vstup v podobě materiálu, který je dovezen od dodavatelů a pomocí výrobních prostředků následně přetvořen do výstupu, tedy výrobku. Ten je dále distribuován odběrateli, za kterým jdou pohledávky. V našem případně podnik pak dosahuje výnosu, tím jsou myšleny tržby za výrobky.[18]



Obrázek 6 Schéma výrobního procesu [vlastní zdroj]

Vstupní materiál je zde chápán jako odpad z primární výroby, myšleno třísky z obrábění, stěry z pecí nebo licích pánví na *Obrázku 7*, hliníkové obaly jako plechovky nebo různé potravinové obaly. Ovšem primární výrobou myslíme externí výrobní procesy, které s tímto podnikem nemají nic společného. Je možné se setkat i s poškozenými litinovými součástkami, ale i s čistým materiálem.[8]

Výrobní prostředky zde zastupuje mnoho strojů, jimiž jsou elektrická, rotační a ustalovací pec, výrobní linky na tvorbu třískových briket, paketovací lisy, nebo různá zařízení na analýzu chemického složení. Výrobními prostředky je ale potřeba chápat i lidskou práci a veškeré operace, které požadují lidský faktor. Důležité je zmínit i různá zařízení a vozidla, která materiál převáží a přispívají tím celkovému procesu.

Poté, co vstup v podobě materiálu projde výrobním procesem, tak vzniká výstup, tedy výrobek. Zde se tyto výrobky opět dělí na ingoty mnoha tvarů, nebo na tekutý kov. Tento typ výrobku je ale finální pouze pro zvolený podnik. Odběratelé považují ingoty nebo tekutý hliník jako polotovar, který využijí k dalšímu zpracování ve svém vlastním výrobním procesu.



Obrázek 7 Stěry z licích pánvi [vlastní zdroj]

5.1 Výrobní technologie hliníku

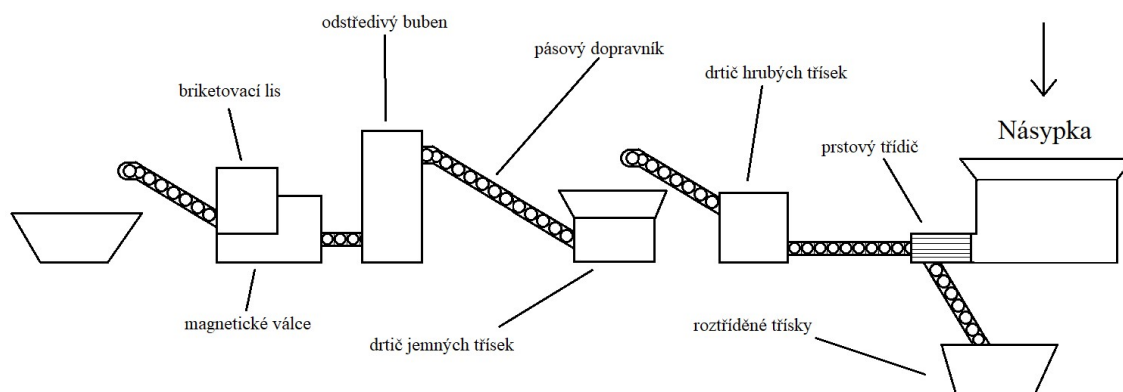
Postup výroby sekundárního hliníku je specifický svou širokou paletou vstupního materiálu. V podniku, kde byla práce vykonávána, tomu nebylo jinak. Bylo možné se setkat s litinovým odpadem, surovinami získanými tříděním odpadů v podobě plechovek, nebo materiálem získaným z mechanického obrábění, čímž jsou myšleny třísky.[8]

5.1.1 Úprava vstupních surovin

Prvním krokem technologie lze chápat úpravu tvaru surovin, kterým je dosaženo lepší výtěžnosti a snížení propálení, tedy ztráty materiálu. To bývá nejčastějším jevem u třískového odpadu. Změna je prováděna klasickými metodami, jakým je drcení, třídění, rozdrůžování, paketování nebo briketování.[8] V podniku jsou použity způsoby úprav briketování (podrobněji popsáno v dalším odstavci), lisování do rozměrů 400 mm^3 nebo 300 mm^3 , stříhání pomocí hydraulických nůžek nebo řezání plazmovým hořákem.

Pro lepší pochopení briketování je proces vysvětlen na Obrázku 8 níže, kde se nejprve třísky nasypané do násypky. Ty propadají až k prstovému třidiči, který separuje jednotlivé třísky od nežádoucího odpadu. Posléze třísky putují přes drtiče hrubých a jemných třísek po pásovém dopravníku až se dostanou do odstředivého bubnu. Odsud se pomocí odstředivé síly odseparuje zbytek emulze nebo jiné příčiny vlhkosti a přes magnetické válce, zbavující třísky železných kovů, se třísky dostanou do briketovacího lisu, kde jsou stlačeny do formy válečkovitých briket.

Po tomto tvářícím procesu je možné vybrat od jednotlivých dodavatelů vzorky např. třísky a briketu. Ty lze dále speciálními metodami zkontrolovat a posoudit mnoho parametrů. Mezi ně se řadí odmagnetizování, které je potřeba vykonat kvůli výskytu železa, procentuální vlhkost způsobenou emulgemi nebo ztrátovost propálením. Tato měření jsou zakončena chemickou analýzou, podle které se určuje, jaký následující materiál bude využit pro společné tavení.



Obrázek 8 Schéma briketovací linky [vlastní zdroj]

5.1.2 Tavení

Pro další krok je nutné, aby podnik disponoval tavicím agregátem. Pro nejlepší výběr pece je potřeba uvážit druh suroviny a její předběžné zpracování. Možnou variantou je rotační pec s naklápěcím mechanismem, rotační pec, šachtová aj.[8] Všeobecně je hliníkový odpad v České republice nejčastěji taven zemním plynem, a to v rotačních bubnových pecích. Teplota tavení musí překonat hranici 660 °C.[19]

Ve společnosti OETINGER CZ, s.r.o. se používá rotační bubnová pec s řízenou atmosférou, níže na Obrázku 9.[20] a elektrické indukční pece. Tento typ pece se skládá z pecního bubnu,

základového rámu, plynové měřicí a třídící soustavy zemního plynu a kyslíku, sázecího zařízení a odsávacího zařízení spalin. Topným médiem rotační pece je zde zemní plyn, kyslík a vzduch, mezitím co u plynových ustalovacích pecí je to zemní plyn a vzduch.

Prvním krokem je přehřátí pece na provozní teplotu. Tou obvykle bývá 600 až 700 °C. Jakmile je této teploty uvnitř bubnu pece dosaženo, přichází na řadu jednotlivé vsázky. Ty jsou určeny plánovačem výroby a zároveň musí splňovat ve výsledku chemické složení požadované zákazníkem. Obsahují odpady neželezných kovů dle seznamu odpadů, čisté kovy a rafinační i krycí přísady. Mezi jednotlivými vsázkami bývá časový rozestup potřebný k úplnému roztavení materiálu.

Po roztavení a homogenizování je rotační pec nakloněna a tekutý hliník odtéká licím žlabem do druhé pece, a sice ustalovací. V této peci se hliník upravuje, tak aby odpovídal chemickému složení slitiny.[19] To je způsobeno legováním, tedy úmyslným zlepšením vlastností slitiny. Mezi tato zlepšení se považuje zvýšení tvrdosti a pevnosti při vyhovující houževnatosti. Zlepšení se provádí přidáním dalších prvků, a to v rozmezí od několika setin procenta až po desítky procent.[5]

Správné chemické složení se zjistí odlitím vzorku do malé kokily, kterou operátor výroby zkontroluje na chemickém spektrometru. Získané hodnoty zkontroluje, jakmile výsledek není uspokojivý, legování je opakováno.[19] Pokud je vše v rámci požadavků splněno, pak výroba směřuje k odlévání.



Obrázek 9 Rotační pec společnosti OETINGER CZ, s.r.o. [vlastní zdroj]

5.1.3 Odlévání

Tekutý hliník, který splnil požadavky na chemické složení, je možné pomocí licích žlabů transportovat do míst, kde je odlévání prováděno. Znamená to, že se roztavený kov vlije do formy, která má tvar a velikost budoucího odlitku. Ty mohou být finálními výrobky, nebo v případě zvoleného podniku polotovary, určené k dalšímu použití. [10] Jedná se tedy o ingoty slitin hliníku, které jsou dále zpracovávány ve slévárnách. Nejvíce žádanými bývají AlSi_9Cu_3 , $\text{AlSi}_{12}\text{Cu}$, $\text{AlSi}_{10}\text{Mg}$, AlSi_7Mg a AlSi_{12} . [20]

V současné době, aby byla uspokojena poptávka, je evidentní tlak na rychlost výroby. Společnosti tedy musely reagovat a pro odlévání zvolit linku s odlévacím pásem, na kterém jsou vedle sebe připevněny formy. Ty po vyplnění tekutým kovem putují dál přes chladicí komoru za účelem ztuhnutí odlitku. Jakmile je ztuhlý kov na konci odlévacího pásu, forma je otočena a ingot dopadá na ocelový pás. Ten je vybaven detekcí váhy, která když zjistí výchylku v povolené hmotnosti, tak nežádoucí ingot přemístí do kontejneru pro zmetky.

Po vyhodnocení správné váhy umožní detektor přesun ingotu do chladicí lázně, kde je ochlazen vodou. Pára, která vzniká chlazením horkých odlitků je pomocí odsávací vzduchotechniky odváděna mimo pracoviště. Po vynoření z vody je teplota ingotů do $100\text{ }^\circ\text{C}$ a jsou skládány na sebe, aby bylo možné je uskladnit a následně dodat odběrateli. Tímto bodem výrobní proces končí a další záležitosti již přejímá expediční úsek.

5.1.4 Distribuce tekutého hliníku

Společnost OETINGER CZ, s.r.o. od roku 2015 disponuje metodou, kdy kromě odlévání ingotů využívá distribuci tekutého hliníku. Ten se odlévá licími žlaby z ustalovací pece rovnou do speciálních nádob na Obrázku 10 zvané pánve. Ty jsou vybavené tepelnou izolací a díky tomu je ztrátovost teploty velice nízká. Zároveň se do jedné pánve vejde až 5 tun tekutého kovu. [20]

Liquid aluminium, jak se tato metoda nazývá, přináší hned několik ekonomických výhod pro odběratele. Klíčovým faktorem může být ušetření na nákladech za energii, kde je nutné pro opětovné roztavení ingotů přibližně 85 metrů krychlových zemního plynu na tunu. Snížení dochází i u mzdových nákladů, kdy se díky absenci tavicího procesu a dělníků, nemusí vyplácet mzda. Spolu s absencí tavení zde nedochází ani k emisím plynů. [21] V neposlední řadě je ušetřen čas, kdy se taví a může se tedy po příjezdu rovnou odlévat.

Tekutý hliník je převážen na kratší i delší vzdálenosti na speciálně upraveném přívěsu po třech pánvích. S pánvemi se manipuluje pomocí halových jeřábů a při důkladném upevnění k přívěsu má hliník uvnitř přibližně 700 °C. Jakmile se nákladní vůz s přívěsem rozjede musí mít řidič na mysli, že teplota hliníku uvnitř pánve klesá o cca 10 °C za hodinu.[22]



Obrázek 10 Pánve na tekutý hliník společnosti OETINGER CZ, s.r.o. [vlastní zdroj]

5.2 Výrobní technologie mědi

Princip výrobní technologie sekundárních slitin na bázi mědi je v mnoha ohledech totožný s technologií hliníku. Rozdílem je charakteristika kovu, jak je již popsáno výše, měď je těžký neželezný kov se střední teplotou tání, což je rozdílné od hliníku s nízkou tavicí teplotou. To tedy znamená, že měď se stává tekutou až při překročení teploty 1084,5 °C. Dále se pro tavení používají kelímkové plynové pece nebo elektrické indukční pece.[23] Opět tedy proces výroby tvoří jako první operace třídění.

5.2.1 Úprava vstupních surovin

Pro zpracování měděných odpadů je potřeba, aby byl vstupní materiál ve výrobním procesu správně roztříděn. Základním rozdělením, kterým se musí řídit každý podnik, je dělení na měděný šrot. Odtud se využívá 95 % recyklované mědi a přepracovává se buď tavením s doprovodem rafinace, což je proces odstraňování nečistot, nebo se přímo používá pro výrobu produktů.[7]

Další možnou variantou je speciální měděný šrot, což jsou kabely a tištěné spoje. Tedy obecně elektrotechnika, kde je většinou měděný vodič obalen PVC izolací, která slouží jako ochranný prvek. Ve fázi úpravy je ale nutné odstranění těchto izolací a totéž platí o železných nosičích. Poslední možností výskytu mědi v podobě odpadu jsou zbytky s jejím obsahem např. kaly z úpravy povrchů. Zde se ale jedná o velice nízký obsah mědi, že jejich náklady převyšují hodnotu jejího obsažení.[7]

5.2.2 Tavení

Samotná čistá měď je velice náchylná k povrchovým prasklinám a vzniku vnitřních dutin. Proto se s úplně čistou mědí není skoro možné setkat. Ve většině případů je měď legována prvky jako křemík, nikl, cín, zinek aj. Tyto prvky spolu vytváří slitiny, které mají lepší pevnostní vlastnosti než ty, které má vysoce čistá měď.[9]

Ve zvoleném podniku se slitiny mědi vyrábějí v plynové kelímkové peci, kde je topným médiem zemní plyn a vzduch. Jedná se o nejstarší typ tavení. Takovéto pece jsou buďto stacionární, nebo v tomto případě naklápěcí, kdy jsou velmi oblíbené kvůli nízkým investičním a provozním nákladům. Nevýhodou ovšem bývá nižší účinnost spojená s nepřímým ohřevem. Jejím principem je ohřívání kelímku pomocí tepla z hořáků umístěných v dolní části pece. Vsázky materiálu jsou prováděny manuálně z důvodu možného poškození kelímku strojním zavážením.[24]

5.2.3 Odlévání

Nyní je proces odlévání slitin mědi podobný tomu hliníkovému. Pec je díky automatickému zařízení možné nastavit do polohy odlévání, kdy hladina tekutého kovu odtéká odtokovými kanálky na licí žlaby. Ty vedou k místu, kde se nachází oblast lití do forem. Opět je k tomuto procesu použito linky s licím pásem. Rychlost pohybu pásu závisí na rychlosti toku roztažené mědi do forem. Forma po zaplnění kovem je posouvána až na konec linky, kde je ingot rovnou připraven pro složení do více kusového skladovacího tvaru. Nejžádanějšími bývají cínové bronzy, cínovo-olověné bronzy, červené bronzy, hliníkové bronzy nebo slévárenské mosaze.

6 Ekonomické ukazatele

Neexistuje podnik, který by v dnešní době nepodléhal ekonomickým situacím. Už pouze tím, že společnost někde sídlí, vypovídá o faktu, že má zde výhodné místo k vykonávání své činnosti. Tato skutečnost ale není nijak víc podstatná pro efektivní fungování výrobních operací. V současné době, která se kvůli mnoha okolnostem jeví jako proměnlivá a dynamická je pro podniky klíčové sledování výkonnosti a úspěšné řízení, ale i schopnost rychle reagovat na změny, které se mohou objevit z mnoha směrů.

Aby bylo možné takových cílů dosáhnout, je potřeba analyzovat a dobře interpretovat ekonomické ukazatele se kterými jsou tyto společnosti denně ve styku. Takovéto ukazatele nám představují měřitelné proměnné, které jsou dále používány pro hodnocení finančního zdraví, efektivity a rozvoje podniku.

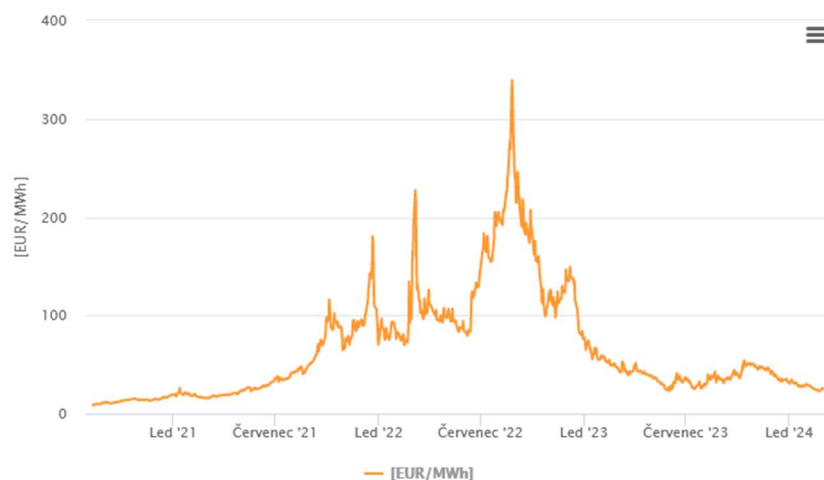
V následujících kapitolách budou uvedeny nejpodstatnější ekonomické ukazatele, se kterými se vybraná společnost potýká, a které jsou zároveň reakcí na současnou situaci ve světě i v České republice.

6.1 Energie

Ve výrobním procesu slitin hliníku a mědi je potřeba dodávka energie. Indukční pece vyžadují energii elektrickou, rotační bubnové pece zase zemní plyn. Jak bylo výše uvedeno, především trh s energiemi zažil otřes kvůli mnoha faktorům.

6.1.1 Cena zemního plynu

Ceny plynu ovšem nikdy nebyly úplně stabilní. Evropský trh s plynem je současně jedním z nejdynamičtějších na světě, a to kvůli faktorům změn ve struktuře dodávek tak politické iniciativě. Česká republika získávala zemní plyn převážně ze třech zdrojů. Prvním byly naleziště v Norsku a Nizozemsku. A potrubní dodávky ze severní Afriky a z Ruska. [25] Tím, že se Rusko počátkem roku 2022 rozhodlo pro agresí na Ukrajinu, tak došlo v radě Evropské rady k nevoli dovážet plyn z válčící země. Versailleské prohlášení z března 2022 podává dohodu 27 členských států EU, že co nejdříve bude ukončena závislost na ruských fosilních palivech.[26] Kromě toho můžeme na Obrázku 11 vidět i postupné zvýšení cen v období pandemie Covid-19. Celkově se tedy pojednává o období energetické krize.



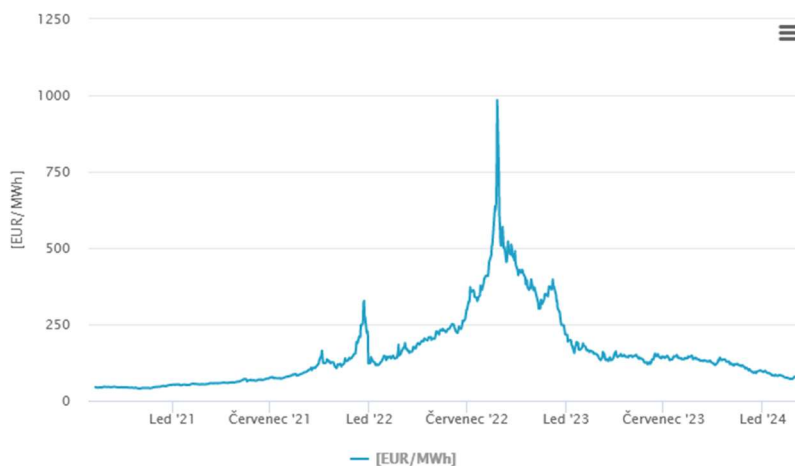
Obrázek 11 Graf ceny zemního plynu v EUR/MWh[27]

Velkoobchodní cena zemního plynu je určena na burze. Pro Evropskou unii je směrodatná cena z virtuálního obchodu TTF, sídlícího v Nizozemsku. Nejčastěji je cena vyjádřena v EUR/MWh a jedná se o kontrakt s dodávkou na následující měsíc. Jedna MWh odpovídá přibližně 95 m³. A průměrná denní cena plynu v roce 2024 je 27,84 EUR/MWh.[27] Pokud je tato hodnota přepočtena kurzem 25,3198 EUR/CZK (ke dni 03.03.2024), výsledná hodnota, která je v ČR nejčastěji pozorována vychází 704,9 CZK/MWh.

6.1.2 Cena elektrické energie

Elektrická energie je pro firmu důležitá nejen pro chod výrobních linek, ale i do oblasti administrativy, obchodu a mnoha dalších úseků. V dnešní době, která je více než kdy dřív fixována na digitalizaci a masové využívání softwarů, dává elektrická energie větší smysl, než si lidé uvědomují.

Cena je opět za poslední období velice volatilní, kvůli již zmíněné energetické krizi. Zároveň lze spatřit na Obrázku 12, že vliv války na Ukrajinu zde není tak viditelný jako v případě zemního plynu.



Obrázek 12 Graf ceny elektrické energie v EUR/MWh[28]

Velkoobchodní cena elektřiny na burze má podobu buď spotovou nebo termínovanou neboli futures, kdy se jedná o kontrakty s dodáním elektřiny v určité období. Nejčastěji se sleduje kontrakt s dodávkou na nejbližší následující rok. Tento typ je vyobrazený v grafu výše a často je označován aktuální cenou. Průměrnou denní cenou elektrické energie je pro tento rok 81,91 EUR/MWh.[28] Po přepočtení kurzem 25,3198 EUR/CZK (ke dni 03.03.2024) vychází pro českou firmu 2073,95 CZK/MWh.

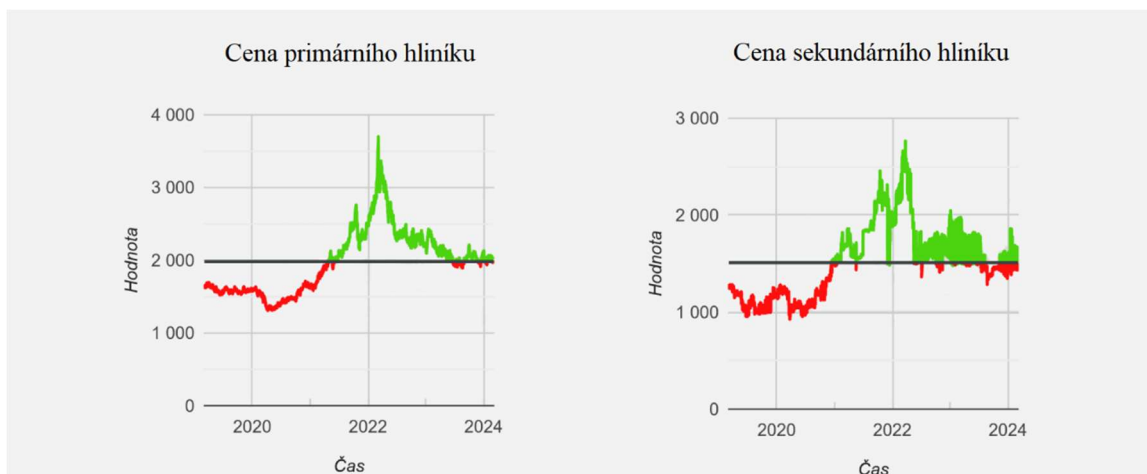
6.2 Trh s komoditami

S komoditami se obchodovalo již dříve v historii, a to hmotně. Dnes je princip obchodu s nimi velice podobný, jen se z části přenesl do digitálního prostředí. Obecně se komodity rozdělují podle toho, zda jsou extrahovány, pěstovány nebo vyráběny. Trh komodit definuje hlavní kategorie jako zemědělské komodity, kde jsou zastoupeny suroviny jako cukr, bavlna nebo kukuřice. Dále jsou zde zastoupeny energetické komodity, kam spadá plyn s ropou. Hospodářská zvířata sem také patří, a je možné zde dohledat komodity jako masité komodity nebo živý skot. To, co je pro tuto práci podstatné jsou kovové komodity, kam jsou řazeny drahé kovy jako zlato nebo stříbro, ale i základní kovy jako hliník nebo měď.[29]

6.2.1 Trh s hliníkem

Proto, aby firma mohla uskutečnit obchodní operace je důležité, aby znala cenu komodity, se kterou pracuje. Hliník se tedy v základu dělí na primární a sekundární. V porovnání je ale podstatné, že průměrné náklady výroby primárního hliníku je přibližně 1100 USD/t, mezitím co pro výrobu sekundárního hliníku je pouze 60 USD/t.[30] Pozornost je tedy směřována na ceny primárního a sekundárního hliníku na LME, kdy se jedná o jednu z největších světových burz, která obchoduje s kovy, včetně hliníku a mědi.

Cena hliníku se také incidentem války na Ukrajině značně rozpochovala. To je patrné na Obrázku 13, kde v období útoku cena vrůstá prudce vzhůru. Průměrná cena primárního hliníku (ke dni 04.03.2024) je 2 020 EUR/t a průměrná cena hliníku sekundárního je 1 442 EUR/t. Přepočtem za jednu tunu primárního hliníku je cena rovna výši 51 140 Kč mezitím co hliník po procesu recyklace stojí 36 524 Kč za jednu tunu materiálu.[31] Je tedy patrné, že byt' jsou náklady na výrobu sekundárního hliníku nižší o 95 %, tak cena je nižší pouze o 25 %.

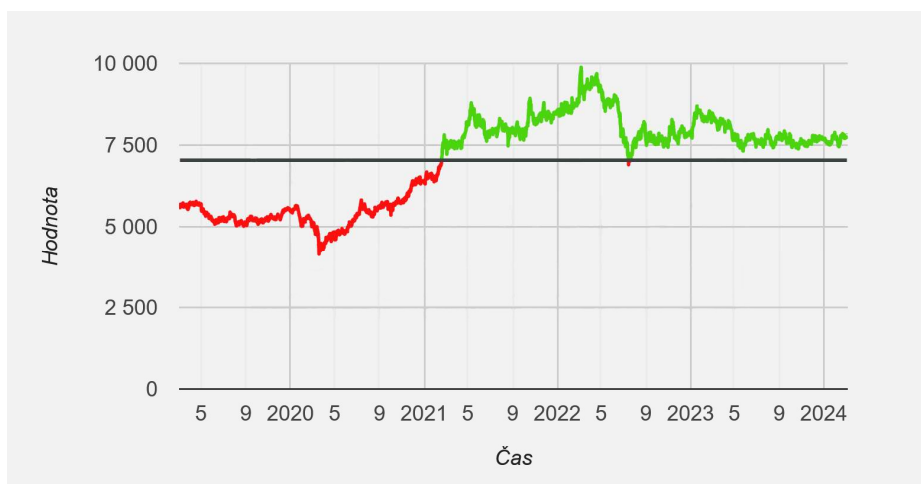


Obrázek 13 Ceny primárního a sekundárního hliníku z LME v EUR/t[31]

6.2.2 Trh s mědí

Trh s mědí za posledních pět let má vzestupnou tendenci. Tam, kde u hliníku došlo k prudkému zvýšení ceny, tak u mědi je tento stav podobný. Pokud je posuzováno období 5 let, tak cena je v posledních dvou letech již lehce nad úrovní pětiletého průměru, který činí 7 039 EUR/t, což je možné pozorovat na Obrázku 14.

Jestliže je hodnoceno období posledních dvou let, tak cena vykazuje značnou nestabilitu. Nejvyšší hodnotu měď dosáhla v březnu 2022, kdy po přepočtu kurzem stála jedna tuna přibližně 254 000 Kč. Naopak nejnižší cena na tunu mědi byla obchodována v červenci téhož roku, kdy cena klesla až na úroveň 174 000 Kč.[32] Aktuální cenou (ke dni 05.03.2024) je 7 761 EUR/t, přepočteno tedy na 196 881 Kč/t.[31]



Obrázek 14 Vývoj ceny mědi za burze LME v EUR/t[31]

7 SWOT Analýza

Pro lepší poukázání na budoucnost recyklace je vhodné analyzovat aktuální postavení dané firmy pomocí SWOT. Tato analýza je metoda umožňující identifikaci silných stránek, slabých stránek, příležitosti a ohrožení. Název je odvozen od zkratky původně anglických slov Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats. [33] Tato metoda má pomoci řešit efektivitu plánování a realizaci projektů. Zabývá se obsahem a objekty projektu s identifikací cílových věcí, které budou třeba udělat. Co je správné, závisí na konkrétní oblasti, pro kterou je analýza tvořena.[34]

SWOT analýza může být tvořena jak pro podnik jako celek, tak pro jednotlivé firemní procesy, či konkurenty. Výsledkem vzniká matice strategií, kde se nachází jednotlivé položky uvedené výše a zároveň odpovědi na otázky, které si analytik musí položit, aby odpovědi pokryl daný problém. Krom analýzy a matice strategií zde patří i rozbor možných rizik a způsobů vypořádání se s nimi.[33]

7.1 SWOT Analýza podniku výroby recyklovaného hliníku a mědi

Pro stanovení analýzy bylo zapotřebí zodpovědět otázky na následné kvadranty. Pro silné stránky bylo využito otázky: Jaké výhody má recyklace hliníku? Co odlišuje podnik od konkurence?

Na slabé stránky bylo využito těchto otázek: Ovlivňují ceny hliníku a mědi ekonomickou situaci uvnitř podniku? Jak jednoduché jsou investice do nových metod výroby? Čeho dalšího bylo možné si všimnout v rámci praxí?

Pro stanovení příležitostí musely být zodpovězeny následující otázky: Má Green deal od Evropské unie pouze negativní dopad na průmysl? Je poměrně mladá verze distribuce hliníku příležitostí pro podnik?

Hrozby byly zodpovězeny na základě následujících otázek: Obává se podnik konkurence? Jsou rizikové změny v legislativě? Jaké další problémy mohou být rizikové?

Tabulka 5 SWOT Analýza pro podnik recyklující hliník a měď [vlastní zdroj]

	Pozitivní vlivy	Negativní vlivy
Vnitřní vlivy	<p>Nižší náklady než při výrobě primárního hliníku.</p> <p>Podnik prošel fúzí s německou firmou a posílil tak své postavení na trhu.</p>	<p>Závislost na cenách vstupního materiálu může ovlivnit ziskovost.</p> <p>Nákladné výdaje do investic pro nové recyklační technologie.</p> <p>Velká fluktuace zaměstnanců ve výrobním procesu.</p>
Vnější vlivy	<p>Dohody jako Green deal mohou vést k většímu povědomí o recyklaci hliníku a mědi.</p> <p>Tekutý hliník by mohlo vyžadovat více odběratelů, kvůli absenci opětovného roztavení.</p>	<p>Konkurence v této oblasti může ovlivnit ceny, a tedy i ziskovost.</p> <p>Riziko legislativních změn.</p> <p>Problémy s recyklováním solné strusky.</p>

8 Závěr

Cílem práce bylo shromáždit a analyzovat aktuální poznatky v podniku, zabývajícím se recyklací slitin hliníku a mědi. Poznatky, které byly získány odbornými praxemi a programem zaměřeným na hutní odvětví podniku, byly následně doplněny informacemi z doporučené či dohledané literatury na příslušné téma.

Odpady hliníku a mědi mají do budoucna velký potenciál pro další využití. Různé hospodářské plány prosazují čím dál větší využití recyklovaného materiálu a zároveň opouštějí od neobnovitelných zdrojů. V rámci Green dealu se Evropská unie zasadila o to, že v roce 2050 bude uhlíkově neutrální. I když je toto rozhodnutí kontroverzní, tak má tento postoj přispět k udržitelnějšímu průmyslu do následujících let. Proto je nutné, aby se podniky na tuto dohodu začali připravovat. Společnosti zabývající se metalurgií budou muset investovat do technologií, které budou využívat obnovitelné zdroje jako např. elektrickou energii na místo zemního plynu. Tím, že se ale čím dál víc využívá hliník a měď recyklovaná, tak energie na výrobu obou kovů je z velké většiny ušetřena.

Zvolená firma, která se specializuje na recyklaci hliníku a mědi, využívá pro výrobní proces rotační bubnové, indukční a malé kelímkové pece. Díky nim jsou schopné roztavit kovový odpad na požadovanou teplotu překročením bodu tání. Výsledkem jsou ingoty slitin a předslitin hliníku a mědi.

Přínosem práce bylo poukázat na možnosti a limity recyklace, kdy se jako velkou možností stává forma výsledného produktu, tekutý hliník. Tuto metodu rády využívají špičkové evropské automobilové závody. Do budoucna je tedy pravděpodobné, že v rámci úspory nákladů budou odběratelé rádi volit právě tuto metodu.

Aktuálně limitujícím faktorem recyklace je nakládání s odpadem solné strusky, která byla ve střední Evropě skládkována, ale to do budoucna nebude již možné. Během absolvování programu určeném pro studenty vysokých škol, bylo sděleno, že je zahájen plán na výstavbu podniku pro likvidaci solné strusky. Zároveň byla vytvořena SWOT analýza, kde byly uvedeny silné a slabé stránky v podniku i jejich možnosti a potenciální hrozby.

Jelikož firmy musí kvůli novým zákonům o ochraně životního prostředí a udržitelnosti rozvoje dbát na své výrobní procesy, je zde prostor pro velké inovace, proto se tímto směrem mohou ubírat další práce z oblasti recyklace slitin hliníku a mědi.

Seznam použitých zdrojů

- [1] MICHNA, Štefan. *Historie kovů*. Ústí nad Labem: Fakulta strojního inženýrství, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, 2021. ISBN 978-80-7561-315-8.
- [2] Chinese Fining and Blast Furnace.jpg. In: *Wikipedia* [online]. 2008 [cit. 2024-02-02]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chinese_Fining_and_Blast_Furnace.jpg
- [3] CAHN, R. W. *The coming of materials science*. Amsterdam: Pergamon, 2001. ISBN 0-08-042679-4.
- [4] ENGELS, Siegfried a Alois NOWAK. *Chemické prvky - historie a současnost*. Praha, Bratislava: Alfa; Státní nakladatelství technické literatury, 1977. ISBN 29.
- [5] HLUCHÝ, Miroslav, Oldřich MODRÁČEK a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 1 Metalografie a tepelné zpracování*. 3. přepracované. Praha: Scientia, spol., 2002. ISBN 80-7183-265-0.
- [6] LEIDERMARK, Daniel. FCC crystal structure. In: *ResearchGate* [online]. 2008 [cit. 2024-02-05]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/FCC-crystal-structure_fig4_255498873
- [7] JANDOVÁ, Jitka, Hong Nguyen VU a Petr DVOŘÁK. *Metody výroby neželezných kovů a zpracování odpadů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2018. ISBN 978-80-7592-026-3.
- [8] MICHNA, Štefan, Ivan LUKÁČ, Petr LOUDA, Vladivoj OČENÁŠEK, Heinz SCHNEIDER, Jaromír DRÁPAL, Rudolf KOŘENÝ a Andrea MIŠKUFOVÁ. *Aluminium materials and technologies from A to Z*. Prešov: Andis, 2007. ISBN 978-80-89244-18-8.
- [9] DAVIS, J. R. *ASM Specialty Handbook: Copper and Copper Alloys*. Materials Park: ASM International, 2001. ISBN 978-0-87170-726-0.
- [10] HLUCHÝ, Miroslav a Jan KOLOUCH. *Strojírenská technologie 1 Náuka o materiálu*. 4. revidované. Praha: Scientia, spol., 2007. ISBN 978-80-86960-26-5.
- [11] PTÁČEK, Petr. *ODPADY: Významu pojmu odpad a klasifikace odpadů* [pdf]. Praha, 2016. Dostupné také z: https://is.muni.cz/el/ped/podzim2015/UPVK_0045/um/NAOD2.pdf. Akademická práce. Masaríkova univerzita.
- [12] Aluminium cans consumed. *The World Counts* [online]. 2024 [cit. 2024-02-08]. Dostupné z: <https://www.theworldcounts.com/challenges/consumption/foods-and-beverages/aluminium-cans-facts>

- [13] GENERAL KINEMATICS. Why Brazil Is Breaking Records for Aluminum Recycling. GENERAL KINEMATICS. *General Kinematics* [online]. 2016 [cit. 2024-02-08]. Dostupné z: <https://www.generalkinematics.com/blog/why-brazil-is-breaking-records-for-recycling-aluminum/>
- [14] Plán odpadového hospodářství ČR. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2022 [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr
- [15] Katalog odpadů. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2024 [cit. 2024-03-02]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/katalog_odpadu
- [16] 8/2021 Sb. Katalog odpadů. *Zákony pro lidi* [online]. 2010 [cit. 2024-03-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-8>
- [17] TSAKIRIDIS, P.E. Aluminium salt slag characterization and utilization – A review. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 2012, **217-218**, 1-10 [cit. 2024-03-07]. ISSN 03043894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2012.03.052
- [18] BRČÁK, Josef, Bohuslav SEKERKA, Lucie SEKEROVÁ a Roman SVOBODA. *Mikroekonomie - teorie a aplikace*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2020. ISBN 978-80-7380-818-1.
- [19] DVORSKÝ, Václav. *Hodnocení kvality hliníkové slitiny v závislosti na podílu použitých vratných odpadů*. Ostrava, 2019. Bakalářská práce. Vysoká škola bá.
- [20] Hutní výroba: Katalog. In: OETINGER ALUMINIUM. *Oetinger.net* [online]. 2024 [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: https://www.oetinger.net/wp-content/uploads/2023/10/hp_katalog_-_2021.pdf
- [21] BRIGHTSTAR ALUMINIUM MACHINERY. More benefits of molten aluminium direct supply. BRIGHTSTAR ALUMINIUM MACHINERY. *Machine4aluminium* [online]. 2019 [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.machine4aluminium.com/more-benefits-of-molten-aluminium-direct-supply/>
- [22] Tekutý hliník. NICROMET. *Nicromet* [online]. 2024 [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://nicromet.cz/vyrobky-a-sluzby/tekuty-hlinik/>
- [23] ROUČKA, Jaromír. *Metalurgie neželezných slitin*. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2004. Učební texty vysokých škol. Vysoké učení technické v Brně.

- [24] JAGOŠOVÁ, Adriana. *Pece používané při výrobě odlitků z neželezných slitin* [Online]. Brno, 2018, 37 s. Dostupné také z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=173614. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Petr Bořil.
- [25] Cena za 1kWh zemního plynu v ČR. *Dodavatelektriny.cz* [online]. 2021 [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://dodavatelektriny.cz/energeticky-trh/cena-zemniho-plynu>
- [26] Dopad invaze Ruska na Ukrajinu na trhy: reakce EU. *Rada Evropské unie* [online]. 2024 [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/eu-response-ukraine-invasion/impact-of-russia-s-invasion-of-ukraine-on-the-markets-eu-response/>
- [27] Cena zemního plynu. *Oenergetice.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energostat/ceny-aktualne/zemni-plyn>
- [28] Cena elektřiny. *Oenergetice.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energostat/ceny-aktualne/elektrina>
- [29] Obchodování s komoditami 2023 - Jak na Obchodování komodit. *Admirals* [online]. 2023 [cit. 2024-03-04]. Dostupné z: <https://admiralmarkets.com/cz/education/articles/trading-instruments/obchodovani-komodit>
- [30] MIŠKUFOVÁ, Andrea, Dušan ORÁČ a Martina LAUBERTOVÁ. *Environmentálne aspekty výroby ľahkých kovov I: Výskyt a možnosti spracovania odpadov vznikajúcich pri výrobe hliníka*. Košice, 2013. Dostupné také z: https://urt.fmmr.tuke.sk/content/studium/vyuka/down/eavl_k_skrpta18.pdf
- [31] LME - nejaktuálnější přehled v ČR. *Barko, s.r.o.* [online]. 2024 [cit. 2024-03-04]. Dostupné z: <https://druhotnesuroviny.cz/lme>
- [32] Cena mědi a její vývoj. *Moneta* [online]. 2023 [cit. 2024-03-05]. Dostupné z: <https://www.moneta.cz/komodity/cena-medi?fbclid=IwAR1y5ksDD22NCxh2y2V9i1SOflXZmSbMbUmPu7PwqkNrAgRm9RWYrfCT2II>
- [33] KAVKA, Miroslav a Miroslav MIMRA. *Řízení a organizace výrobních procesů* [Interní učební text]. 6. upravené vydání. ČZU v Praze, Technická fakulta, 2021.
- [34] SABBAGHI, Asghar a Ganesh VAIDYANATHAN. SWOT Analysis and Theory of Constraint in Information Technology Projects. *Information Systems Education Journal* [online]. 2004, 2(23), 19 [cit. 2024-03-05]. Dostupné z: [http://isedj.org/2/23/IS-EDJ.2\(23\).Sabbaghi.pdf](http://isedj.org/2/23/IS-EDJ.2(23).Sabbaghi.pdf)