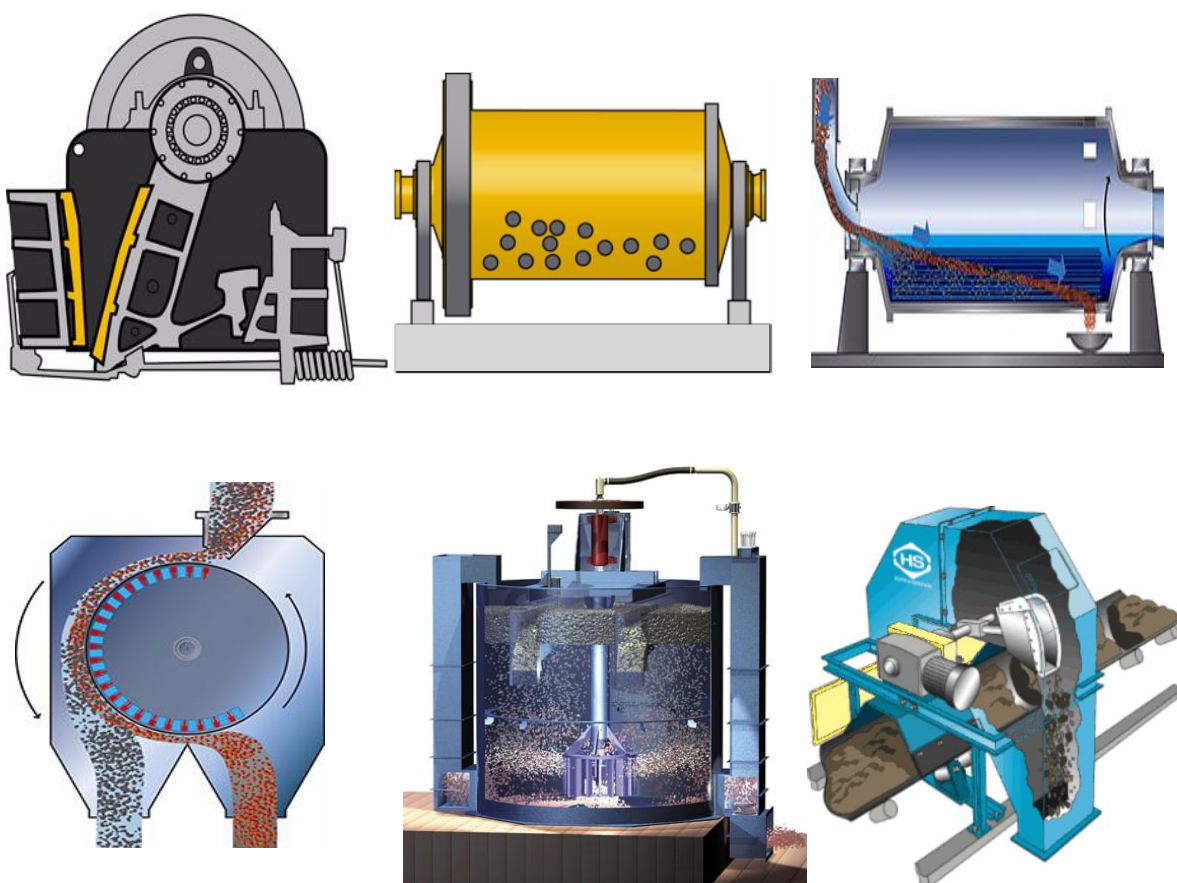


Martina Laubertová

Tomáš Vindt

Úvod do úpravy nerastných surovín



Košice 2019

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie

Martina Laubertová, Tomáš Vindt

Úvod do úpravy nerastných surovín

Košice 2019

© 2019 Martina Laubertová, Tomáš Vindt

Druh publikácie: Vysokoškolská učebnica

Názov: Úvod do úpravy nerastných surovín.

Autori: Ing. Martina Laubertová, PhD.
Ing. Tomáš Vindt, PhD.

Recenzenti: prof. Ing. Tomáš Havlik, DrSc.
doc. Dr. Ing. Milan Škrobán, CSc.
doc. Ing. Jaroslav Legemza, PhD.

Rok: 2019

Vydavateľ: Technická univerzita v Košiciach

Vydanie: prvé

Náklad: 100 ks

Rozsah: 182 strán

Za obsahovú a jazykovú úpravu textu zodpovedajú autori.

Editor textu a návrh obálky: Martina Laubertová (Obrázky uvedené na obálke učebnice sú použité z programu *HSC Sim Flowsheet Simulation*)

ISBN 978-80-553-2536-1

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-14-0591.

Vydanie tejto publikácie bolo finančne podporené Fondom R. Kammela, n.f.

Pod'akovanie patrí aj spoločnosti Slovenská banská, spol. s r.o. Hodruša-Hámre, Slovensko a spoločnosti Abenteuer Erzberg, Rakúsko za umožnenie exkurzie v úpravárenskej prevádzke a v povrchovej bani.

Špeciálne pod'akovanie patrí doc. Ing. Jurajovi Ďurove, PhD. za jeho odborné rady a pripomienky pri písaní tejto vysokoškolskej učebnice.

Obsah

Zoznam obrázkov	v
Zoznam tabuliek	viii
Úvod	2
1. Nerastné suroviny.....	4
1.1. Zásoby nerastných surovín na Slovensku.....	4
1.2. Kritické suroviny Európskej únie	7
1.3. Rozdelenie nerastných surovín.....	12
1.4. Technické rozdelenie kovov v hutnickej praxi.....	15
1.5. Rudy železa.....	17
1.6. Rudy ťažkých neželezných kovov	18
1.6.1. Rudy medi	18
1.6.2. Rudy niklu	19
1.6.3. Rudy kobaltu	20
1.6.4. Rudy mangánu	21
1.6.5. Rudy olova.....	22
1.6.6. Rudy zinku.....	24
1.6.7. Rudy antimónu	25
1.6.8. Rudy cínu.....	26
1.6.9. Rudy ortuti	26
1.7. Rudy ľahkých neželezných kovov.....	27
1.7.1. Rudy hliníka	27
1.7.2. Rudy horčíka	28
1.7.3. Rudy titánu	29
1.8. Rudy ušľachtilých a vzácnych kovov	30
1.8.1. Rudy zlata.....	30
1.8.2. Rudy striebra	31
1.8.3. Rudy volfrámu.....	32
1.8.4. Rudy molybdénu	33
1.9. Žiaruvzdorné materiály.....	34
2. Prehľad a rozdelenie úpravníckych procesov	40
2.1. Základné pojmy v úpravníctve	40
2.2. Rozdelenie úpravníckych procesov	44
2.2.1. Prípravné úpravnícke procesy	44
2.2.2. Základné úpravnícke procesy	44
2.2.3. Pomocné úpravnícke procesy	46
3. Prípravné úpravnícke procesy	47
3.1. Zdrobňovanie a triedenie	47
3.1.1. Drvenie	50

3.1.2.	Typy drvičov	52
3.1.3.	Mletie.....	56
3.1.4.	Typy mlynov	56
3.2.	Sitová analýza.....	60
3.2.1.	Vyhodnotenie sitovej analýzy	63
3.2.2.	Výpočtová časť- riešené príklady.....	66
3.2.3.	Výpočtová časť - úlohy	70
3.2.4.	PRAKTICKÉ CVIČENIE č. 1 Drvenie mletie a sitová analýza	74
4.	Základné úpravnicke procesy.....	76
4.1.	Flotácia	76
4.1.1.	Flotačné reagensy	78
	Zariadenia na flotáciu.....	81
4.1.2.	Flotačný proces z praktického hľadiska.	83
4.1.3.	PRAKTICKÉ CVIČENIE č. 2 Flotácia	86
4.1.4.	Výpočtová časť- riešené príklady.....	88
4.1.5.	Výpočtová časť - úlohy	92
4.2.	Magnetické rozdzružovanie	93
4.2.1.	Magnetické rozdzružovače.....	98
4.2.2.	PRAKTICKÉ CVIČENIE č. 3 Magnetické rozdzružovanie	102
5.	Pomocné úpravnicke procesy.....	104
5.1.	Odvodňovanie.....	104
5.1.1.	Gravitačné odvodňovanie	105
5.1.2.	Zahusťovacie zariadenia.....	108
5.1.3.	PRAKTICKÉ CVIČENIE č. 4 Gravitačné odvodňovanie.....	110
5.2.	Vzorkovanie v úpravni	112
5.2.1.	PRAKTICKÉ CVIČENIE č. 5 Vzorkovanie primárnych surovín.....	116
6.	Tepelná úprava rúd a ich koncentrátov	118
6.1.1.	Úprava kusovosti	118
6.1.2.	Sušenie.....	121
6.1.3.	Vlhkosť hornín	123
6.1.4.	PRAKTICKÉ CVIČENIE č. 6 Stanovenie vlhkosti rudných materiálov .	127
7.	Technologické ukazovatele úpravy	130
7.1.	Technologické výpočty.....	133
7.1.1.	Riešené príklady	133
7.1.2.	Úlohy na riešenie	137
8.	Technologické schémy úpravy nerastných surovín	140
8.1.	Typy schém	141
8.1.1.	Kvalitatívna schéma	141
8.1.2.	Úplná kvantitatívna schéma.....	141
8.1.3.	Strojovo technologická schéma.....	142
8.2.	Simulačný softvér HSC Sim.....	142
8.3.	Projekty.....	147

8.3.1.	Zadanie projektu ZU 1	147
8.3.2.	Úlohy projektov	148
9.	Úpravníctvo a jeho vplyv na životné prostredie	151
9.1.	Odpad	154
9.2.	Legislatíva v oblasti ochrany životného prostredia	157
10.	Budúcnosť úpravy nerastných surovín	159
10.1.	Hlbokomorské polymetalické konkrécie	159
11.	PRÍLOHY	163
	PRÍLOHA A: Základné pojmy	163
	PRÍLOHA B: Fyzikálno - chemické tabuľky	165
	PRÍLOHA C: Schémy úpravy nerastných surovín	169
	PRÍLOHA D: Bezpečnosť práce v laboratóriu	171
	PRÍLOHA E: Periodická tabuľka prvkov	174
	Zoznam použitej literatúry	175

Úvod

Nerastné suroviny sa v prírode zriedka vyskytujú v stave, v ktorom by ich bolo možné priamo využiť alebo spracovať. Obsahujú rôzne prímеси, ktoré môžu znižovať ich hodnotu, sťažiť ich spracovanie alebo zvyšovať náklady na ich dopravu. Častokrát je nevyhovujúca aj ich zrnitostná skladba. Preto je potrebné nerastné suroviny najskôr upraviť na také výsledné produkty, ktoré je možné účelne a hospodárne zužitkovať. V súčasnosti sú nerastné suroviny chudobnejšie a komplexnejšie, preto sa musia upravovať zložitými technologickými postupmi. Bez účinných a technologicky vyspelých spôsobov úpravy by veľká časť nerastných surovín bola nedobývateľná a nezužitkovateľná, čím by nebolo zaistené dostatočné množstvo kovov a ostatných surovín, potrebných pre ďalší rozvoj materiállovej základne hospodárstva štátu.

Predkladaná učebnica je určená predovšetkým pre študentov študujúcich v prvom stupni štúdia na Fakulte materiálov, metalurgie a recyklácie v študijnom odbore Environmentálne inžinierstvo a študijnom programe Spracovanie a recyklácia odpadov predmet *Základy úpravníctva*. Tento predmet je súčasťou študijných plánov tohto študijného programu a popisuje základy úpravy nerastných surovín so zameraním sa na úpravu rudných surovín. Je tiež prípravou pre nadväzujúci predmet *Druhotné suroviny*. Učebnica je rozdelená do štyroch základných častí.

Prvá časť učebnice sa zaoberá základným rozdelením kovov, minerálmi vybraných kovov, ich vlastnosťami, použitím a ich ťažbou. V tejto časti je teoreticky spracované rozdelenie úpravníckych procesov na prípravné, základné a pomocné. Podrobnejšie sú popísané vybrané úpravnícke procesy ako drvenie, mletie, triedenie, flotácia, odvodňovanie a magnetické rozdzružovanie.

Druhá časť učebnice sa zameriava na výpočty technologických parametrov procesu (výnos, výťažnosť a účinnosť), na vyhodnotenie sitovej analýzy (kumulatívna a distribučná krivka) a na základné výpočty potrebné pri riešení laboratórnych úloh.

Tretia časť učebnice schematicky popisuje prehľad používaných zariadení a pomôcok potrebných na laboratórne cvičenia. Jednotlivé laboratórne úlohy sú tematicky zamerané na prípravné úpravnícke procesy (drvenie, mletie a triedenie), základné úpravnícke procesy (flotácia a magnetické rozdzružovanie) a pomocné úpravnícke procesy (odvodňovanie, vzorkovanie a stanovenie vlhkosti). V závere každej laboratórnej úlohy sú

uvedené kontrolné otázky. V časti *Technologické schémy úpravy nerastných surovín*, študenti navrhnu schému daného projektu s využitím simulačného softvéru.

Štvrtá časť učebnice obsahuje didaktické pomôcky pre študentov ako sú: fyzikálne - chemické tabuľky, „ťahák“ t.j. súhrn poučiek a definícií a pod.

Cieľom vysokoškolskej učebnice *Úvod do úpravy nerastných surovín* je zabezpečiť trvalé vedomosti a zručnosti študentov v oblasti úpravy primárnych surovín. Ťažiskom obsahu tejto učebnice je aplikácia teoretických poznatkov do praktickej činnosti budúceho absolventa bakalárskeho štúdia na Fakulte materiálov, metalurgie a recyklácie.

Po absolvovaní predmetu *Základy úpravníctva* by mal študent byť schopný:

- vysvetliť postup úpravy rudných surovín, popísať princíp jednotlivých operácií pri ich úprave,
- rozlíšiť pojmy ako nerast, ruda, minerál, vsádzka, výnos, sitová analýza, a pod.,
- vypočítať technologické ukazovatele úpravy nerastných surovín ako sú: hmotnostný výnos koncentráту a odpadu, výťažnosť koncentráту a odpadu, účinnosť procesu drvenia, triedenia a rozdrúžovania,
- vypočítať množstvo koncentráту pri flotácii, stupeň drvenia a pod.,
- navrhnuť proces úpravy primárnych surovín, ktorého výstupom bude bloková schéma úpravy v časti zadania semestrálneho projektu,
- posúdiť vhodnosť zaradenia drvičov, mlynov, triedičov a jednotlivých rozdrúžovačov do procesu úpravy,
- prakticky vyskúšať základy úpravy primárnych surovín pomocou procesov drvenia, mletia, sitovej analýzy, odvodňovania, flotácie a magnetického rozdrúžovania,
- vyhodnotiť závery, napísať správu a obhájiť výsledky z absolvovaného laboratórneho cvičenia.

Oblasť úpravy primárnych nerastných surovín v tejto publikácii nie je úplne vyčerpaná. Autori budú preto vďační za spätnú väzbu od študentov, za ich pripomienky a námety na skvalitnenie podobnej publikácie v budúcnosti.

© 2019, Martina Laubertová, Tomáš Vindt

Druh publikácie: Vysokoškolská učebnica

Názov: Úvod do úpravy nerastných surovín.

Autori: Ing. Martina Laubertová, PhD.
Ing. Tomáš Vindt, PhD.

Recenzenti: prof. Ing. Tomáš Havlik, DrSc.
doc. Dr. Ing. Milan Škrobán, CSc.
doc. Ing. Jaroslav Legemza, PhD.

Rok: 2019

Vydavateľ: Technická univerzita v Košiciach

Vydanie: prvé

Náklad: 100 ks

Rozsah: 182 strán

Za obsahovú a jazykovú úpravu textu zodpovedajú autori.

Editor textu a návrh obálky: Martina Laubertová (Obrázky uvedené na obálke učebnice sú použité z programu *HSC Sim Flosheet Simulation*)

ISBN 978-80-553-2536-1