

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва**

# **УТИЛІЗАЦІЯ ТА РЕКУПЕРАЦІЯ ВІДХОДІВ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ  
для студентів спеціальності 101 “Екологія”**

**КРОПИВНИЦЬКИЙ - 2023**

Утилізація та рекуперація відходів. Методичні рекомендації до практичних занять. Укладачі: Кропивна А. В., Молокост Л.А.-Кропивницький, ЦНТУ, 2023, с.40.

Укладачі: Кропивна А. В., доцент, кандидат технічних наук;

Молокост Л.А., викладач

Затверджено на засіданні кафедри  
матеріалознавства та ливарного  
виробництва

Протокол № 2 від 6.09.2023 р.

Відходи - атрибут будь-якої діючої виробничої системи. В даний час близько 90 % ресурсів перетворюється у відходи, і тому проблеми ресурсозбереження та зниження рівня забруднення навколишнього середовища є головними проблемами людства. Кількість відходів, що утворюються в процесі виробництва характеризується показником «1:10:100». Сьогодні у світі на 1 т кінцевого продукту утворюється 10 т відходів при його виробництві і 100 т відходів при видобутку сировини. Кожні 15 років кількість споживаної мінеральної сировини подвоюються, а її вартість зростає. Як сировинний потенціал відходи можуть замінювати первинні ресурсні джерела і відігравати важливу роль в інтеграційному потенціалі сталого розвитку, зменшуючи ресурсоспоживання і сприяючи забезпеченню сировинної незалежності територій, створюючи додатковий експортний потенціал тощо.

Основні напрямки економічного і соціального розвитку України на найближче майбутнє містять такі завдання: послідовно підвищувати режим економії в усіх сферах діяльності людини, перетворити ресурсозбереження у вирішальний фактор задоволення потреб народного господарства; добитися, щоб приріст потреб в паливі, сировині, енергії, воді і інших матеріалах задовольнявся в основному за рахунок їх економії. Ці завдання можна вирішити тільки шляхом переробки і використання вторинних матеріальних ресурсів з допомогою ресурсозберігаючих технологій.

Ресурсозберігаючі технології вирішують і друге важливе завдання: захищають природу від шкідливих речовин, які поступають з підприємств у повітря, - воду, ґрунт у вигляді відходів виробництва і житлово-комунальних господарств.

На сесії Генеральної Асамблеї ООН 1997 року було заявлено, що на Україні нагромадилось більше 25 млрд. т різних відходів виробництва і споживання, які займають більше 160 тис. га родючих українських ґрунтів, і щорічно зростає на 3-4 тис. га. Внаслідок гіпертрофованого розвитку гірничодобувної промисловості в Україні домінують відходи, що утворюються під час розробки родовищ (до 75 % загального обсягу) та збагачення корисних копалин (відповідно 13 і 14 %). Значну частину становлять відходи хіміко-металургійної переробки сировини.

Однією з найбільш гострих господарських і природоохоронних проблем залишається проблема побутових відходів. За даними Міністерства регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства, за 2016 рік в Україні **утворилося** близько 11

мільйонів тонн сміття. Це сміття майже не переробляється, а захоронюється на 5,5 тисячах сміттєзвалищ і полігонів твердих побутових відходів. Загальна площа цих звалищ і полігонів — понад 9 тисяч гектарів, або 90 км<sup>2</sup>. В Україні щорічно збільшується обсяг твердих побутових відходів (ТПВ) на сміттєвих полігонах і звалищах з інтенсивністю 1 куб. м (тобто 200 - 300 кг) на людину в рік.

Утилізація передбачає повторне використання вторинних матеріалів, що не знаходять прямого використання за призначенням, в новій якості, яку отримують в результаті спеціальної обробки відходів. Утилізація найчастіше здійснюється на спеціалізованих підприємствах з метою використання отриманих продуктів за новим призначенням. Прийнятий у 1998 році Закон України “Про відходи” визначає правові, організаційні засади діяльності, пов'язаної із запобіганням або зменшенням обсягів утворення відходів, їх збиранням, перевезенням\*, зберіганням, обробленням, утилізацією та видаленням, знешкодженням та захороненням, а також з відверненням негативного впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини.

Знання основних джерел найбільш шкідливих відходів, їх вплив на довкілля, методів їх утилізації, переробки, та знешкодження потрібні спеціалістам в першу чергу, спеціалістам екологам, а також спеціалістам виробничої сфери.

Практичне заняття №1

**Утилізація і рекуперація відходів металургійної промисловості**

**Мета роботи** - набуття навичок розрахунків кількості відходів металургійного виробництва та розробки технології їх переробки.

## 1.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Металургійна промисловість належить до шкідливих виробництв, які мають негативний вплив умови праці та на довкілля.

Основними технологічними процесами металургійного виробництва є: отримання чавуну (в доменних печах), сталі (в конверторах, мартенівських печах та в електропечах), а також металевого прокату. Інтенсивне світове зростання виробництв сталі, викликає потребу безперервного зростання кількості сировини, що використовується. Так, для забезпечення металургійного виробництва з надр землі щорічно людство добуває 10 млрд. т мінеральної і майже стільки ж органічної сировини, при цьому у відходи перетворюється більша їх частина. Відповідно, кількість відходів збільшується пропорційно росту виробництва металургійної продукції вдвічі зростає за 8... 10 років.

Основними видами відходів металургійного виробництва є різні види шлаків, колошниковий (доменний) газ, колошниковий пил, окалина і додаткові частини сталейних зливок тощо. В Україні у середньому склад відходів металургійного підприємства комплексного циклу розподіляється таким чином: шлаки – 57 – 63 %; мінеральні відходи (брухт вогнетривких матеріалів, вихідні компоненти шихти) – 4 – 6 %; металобрухт (власний) – 15 – 17 %; пил, шлам, окалина – 9 – 13 %; інші – 2 – 4 % . Як видно, металургійні шлаки відіграють переважну роль в утворенні відходів, однак основне їхнє застосування не пов'язане з металургійною переробкою.

Комплексне використання відходів доменного виробництва може дає значний економічний ефект. Зі шлаків виробляють замітник природного гранітного щебню, із розплавлених шлаків методом термічної обробки одержують жужільну пемзу. Добавка сталеплавильного шлаку до складу сировини зменшує собівартість цементу на 30...40%. З іншої сторони, подрібнений шлак ефективно застосовують у якості добавки до асфальтобетонних сумішей. Найбільший економічний ефект досягається при виробництві з доменних шлаків мінеральної вати.

Гази металургійного виробництва містять пороховидну складову, а також такі шкідливі сполуки, як CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> тощо. На першій стадії газоочищення проводиться обезпилення, тобто вилучення або вловлювання завислих часток. Очистка викидів, що мають частинки розміром менше 1 мкм

досягається механічними і електричними технологічними засобами.

Хімічний склад доменних шлаків головних металургійних заводів Украй наведено в табл. 1.2, поглиначів або каталізаторів в залежності від методу очистки (суха або рідинна).

Для вибору ефективної технології і обладнання переробки металургійних відходів, що утворюються, необхідно знати їх кількість, склад і властивості.

В табл. 1.1. наведено матеріальний баланс в кг для доменного виробництва при отриманні 1 т рідкого чавуну

Таблиця 1.1.

Матеріальний баланс доменної печі

Завантажено в піч, кг		Отримано із печі, кг	
Залізна руда	2030	Чавун	1000
Марганцева руда	140	Шлак	755
Флюс	590	Колошниковий газ	5217
Кокс	975	Колошниковий пил	348
Повітря	3575		
Всього	7320 кг		7320 кг

Хімічний склад типових доменних шлаків металургійних заводів наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2.

Хімічний склад доменних шлаків різних металургійних підприємств (масові %)

Підприємств о	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe O	Mn O	CaO	Mg O	SO <sub>3</sub>	S	Mo	Mn
1	36,0	15,1	4,0 3	1,55	37,0 2	3,3	0,7 7	1,6 4	0,9 9	0,1 3
2	40,7	7,4	0,9 9	4,32	42,4	3,17	0,5 8	0,7 7	0,9 5	0,1 5
3	40,0	7,7	0,3	1,10	47,5	2,20	1,4 6	0,5 6	1,0 5	0,1 9

Основними характеристиками шлаку є:

*Mo* - модуль основності;

*Ma* - модуль активності.

$$Mo = (\% CaO + \% MgO) / (\% SiO_2 + \% Al_2O_3);$$

$$Ma = (\% SiO_2) / \% Al_2O_3.$$

Шлаки характеризуються гідралічною активністю, тобто здатністю взаємодіяти в подрібненому стані з водою і затвердіти, перетворюючись в

міцний камінь. Ступінь гідравлічної активності шлаків залежить від їх мінералогічного, фазового складу і змінюється в широких межах.

Гідравлічна активність шлаку зростає зі збільшенням значень модуля основності і модуля активності.

Сучасна концепція утилізації відходів на металургійних підприємствах припускає багаторазове використання вторинних ресурсоцінних матеріалів для власних потреб підприємства або за його межами за умови їхньої переробки. сучасна концепція утилізації відходів на металургійних підприємствах припускає багаторазове використання вторинних цінних у ресурсному відношенні матеріалів для власних потреб підприємства або за його межами за умови їхньої переробки. На виробництво чавуну із залізної руди питомі капітальні і поточні витрати в 5 разів більші, ніж на збирання, переробку та транспортування вторинної сировини. Так, сучасна сталеплавильні печі працюють найбільш ефективно, якщо до складу шихтових матеріалів до 50% металобрухту. Брухт чорних металів у кількості 1т замінює більше 2 т збагаченої руди, які необхідно витратити для виплавки 1 т сталі. Сталь, яку отримують із металобрухту має собівартість в 15...20 разів нижчу, ніж виплавлена з рудної сировини.

## 1.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Завдання видається викладачем індивідуально у вигляді варіанту (програми виробництва чавуну або сталі одним із способів: конверторний, мартенівський, електроплавка).

При розрахунках кількості необхідного рідкого чавуну для заданої програми виробництва сталі необхідно врахувати уґар вуглецю (для виробництва переробного чавуну 3,8...4,4%С).

## 1.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Розрахунки продуктів доменного виробництва.
3. Описати задану технологію виплавки чавуну та сталі.
4. Дати характеристику відходам і запропонувати методи їх утилізації та використання.

## 1.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМСЖОНТРОЛЮ

1. Продукти доменного виробництва.
2. Відходи в доменному та сталеплавильному виробництвах.
3. Охарактеризуйте найбільш екологічно брудний спосіб виплавки сталі.
4. Які методи очищення доменних газів використовують у металургійному виробництві?
5. В чому полягає економічна ефективність та екологічна доцільність використання металевого брухту?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропивний, О.В. Медведева, А.В. Кропивна, О.В. Кузик // Загальна редакція В.М. Кропивного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020, - с. 243.
2. Управління та поводження з відходами: підручник / За ред. проф. Сафранова Т.А., проф. Клименка М.О. Одеса: ТЕС, 2012, - 272 с.
3. Розенгарт Ю.І. Вторинні енергетичні ресурси чорної металургії та їх використання. Вища школа, 1988. – 327с.
4. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропивний, А.В. Кропивна, Л.А. Молокост, М.В. Босий, О.В. Кузик – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 196 с.

### Практичне заняття №2

#### **Визначення ефективності використання вторинних матеріалів у металургійному виробництві**

**Мета роботи** – ознайомлення з методикою оцінки економічної ефективності використання вторинних матеріалів.

#### 2.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Госпрозрахунковий використання вторинних матеріалів (відходів) металургійного підприємства розраховується на річний об'єм переробки і реалізації всіх відходів власного виробництва (в деяких випадках і частково одержаних зі сторони). Цей ефект досягається за рахунок реалізації цієї продукції або заміни частини первинної сировини відходами, використання теплоти колошникового газу, а також у результаті скорочення негативного впливу відходів на довкілля: зниження витрат на транспортування і зберігання відходів у звалищах.

Загальний економічний ефект підприємства являє собою суму ефектів, які одержуються на кожній стадії використання відходів:

$$E = E_{1no} + E_{2no} = ,$$

де:  $E_{noi}$  - ефект, який одержують від реалізації  $i$ -го виду продукції (гранульованого шлаку), що виготовляється із шлаку;

$N$  - число видів продукції (гранульований шлак, мінеральні плити тощо);

$E_{poj}$  - ефект від реалізації  $j$ -го виду відходу (колошниковий пил);

$E_{zn}$  - ефект, який одержують внаслідок заміни первинної сировини (залізної руди, коксу);



$E_{ci}$  - ефект від скорочення негативного впливу відходів на довкілля.

Ефект, який одержує підприємство від реалізації матеріалів, що виготовляється із відходів (шлаку) по кожному виду продукції визначається за формулою:

$$E_{no} = (C_{no} - C_{no}) \cdot A_{no} - E_n \cdot K_{no},$$

де:  $C_{no}$  - оптова ціна одиниці продукції, грн.;

$C_{no}$  - собівартість одиниці цієї продукції, грн.;

$A_{no}$  - обсяг реалізованої продукції із відходів в натуральних вимірах (тис. т, кг);

$K_{no}$  - капіталовкладення (або собівартість основних виробничих фондів) у виробництві продуктів із відходів, грн.

Ефект, який одержують підприємством при реалізації стороннім організаціям відходів (окаліни, пилу, шлаку) визначають за формулою:

$$E_{po} = (C_o - H_o) \cdot A - E_n \cdot K_o,$$

де:  $C_o$  - оптова ціна одиниці реалізованого відходу, грн.;

$H_o$  - експлуатаційні витрати підприємства на збір і підготовку до реалізації в розрахунку на одиницю відходу, грн.;

$A$  - об'єм реалізації відходів в натуральному вимірюванні;

$K_o$  - капіталовкладення, які необхідні для організації реалізації відходів або вартість основних фондів по збору і підготовці до реалізації відходів, грн.;

$E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень (для металургійної промисловості приймають 15%).

Ефект, який одержують в результаті заміни первинної сировини відходами за рахунок зниження собівартості основної продукції, визначають за формулою:

$$E_z = (C_o - C_g) \cdot G - E_n \cdot \Delta K,$$

де:  $C_o$  - собівартість одиниці основної продукції, виготовленої з первинної сировини, грн.;

$C_g$  - собівартість тієї ж продукції при додаванні відходу, грн.;

$G$  - обсяг основної продукції, одержаної з додаванням відходу, в натуральних вимірюваннях;

$\Delta K$  - капіталовкладення, які пов'язані зі здійсненням міроприємств по заміні первинної сировини відходами при виробництві основної продукції.

Ефект від зниження, поточних витрат на транспортування і утримання відходів у звалищах при їх утилізації для кожного виду відходів може бути визначений за формулою:

$$E_n = Y_{yn} \cdot A,$$

де:  $Y_{yn}$  - питомі витрати на вилучення і утримання (захоронення) одиниці виду відходів.

Шлаки поділяють на доменні, сталеплавильні, феросплавні і ваграночні та отримані при плавці кольорових металів.

В доменних печах на 1 т чавуну утворюється 0,6...0,7 т шлаку, в конверторах і мартенівських печах на 1 т сталі 0,1...0,3 т шлаку, в електропечах при плавці кольорових металів на 1 т від 100 до 200 т.

В Україні утилізується до 60% утворюємих доменних шлаків та до 30%, сталеплавильних шлаків.

Головний споживач шлаків - цементна промисловість, при цьому крім економічної доцільності використання шлаків, можливо отримання хімічностійких цементів, які стійкі при роботі в агресивних середовищах.

Для визначення госпрозрахункового економічного ефекту, який досягається металургійним підприємством за рахунок використання або реалізації споживачам вторинних ресурсів необхідно мати вихідні розрахункові показники (собівартість, ціну реалізації, собівартість основних фондів тощо).

З метою набуття практичних навичок доцільно використати дані, наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Дані для визначення ефективності використання металургійних відходів

№ пп	Найменування відходів, які направляються на використання і продукцію з відходів	Об'єм тис..т	Собівартість, грн.	Ціна реалізації, грн.	Собівартість основних фондів тис. грн.
1	Переробка доменного шлаку				
1.1	Шлак гранульований	3200	1,12	1,47	5600
1.2	Мінеральні плити	2800	5,67	9,00	3700
2	Колошниковий порошок	400	1,03	1,63	4000
3	Переробка сталеплавильного шлаку	200			
		900	8,60	9,40	1200
3.1	Фосфатні добрива	450	1,50	2,20	1300
3..2	Шлаковий щебінь	440	10,0	11,8	4000
3.3	Вилучений метал	10			
4	Окалина	180			
4.1	Добавка в агломераційну шихту	90	5,8		400
4.2	Реалізація на сторону	90	5,8	6,8	400
			2,4	8,0	13 200
5	Теплові ВЕР, тис. Г кал.	1500			

Використання колошникового порошу і окалини в агломераційному ; виробництві може дати економічний ефект за даними таблиці 2.2.

Таблиця 2.1.

№ пп	Назва	Витрата, т/т	Ціна, грн./т
1	Агломераційна шихта	1,3	8,5
2	Порох колошниковий	0,07	1,03
3	Окалина	0,041	5,80

Витрати на розміщення 1 т всіх видів відходів у звалищах складають 0,3 грн., транспортні витрати на відділення 1 т відходів: шлаку 1,02 грн., колошникового порошу 0,08 грн., окалини 0,03 грн.

**Приклад.** Визначити госпрозрахунковий економічний ефект, який досягається за рахунок переробки доменного шлаку.

Рішення:

$$E = E_{1no} + E_{2no} = (1,47-1,12) \cdot 2800 - 0,15 \cdot 5600 + (9,0-5,67) \cdot 400 - 0,15 \cdot 3700 = 140 + 775 = 915000 \text{ грн.}$$

де:  $E_{1no}$  - ефект від реалізації гранульованого шлаку;

$E_{2no}$  - ефект від реалізації мінеральних плит.

## 2.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Завдання видане викладачем для розрахунку матеріального балансу (практична робота № 1 використовується студентом для проведення розрахунків економічного ефекту від переробки відходів.

## 2.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Описати коротко вибрану технологію переробки відходів металургійного виробництва.
3. Розрахувати економічний ефект від переробки та реалізації відходів металургійного виробництва.
4. На підставі отриманих даних зробити висновок щодо доцільності запропонованих заходів утилізації відходів.

## 2.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Негативні наслідки зберігання відходів металургійного виробництва у звалищах.
2. Основні витрати на зберігання відходів у звалищах.

3. В чому полягає економічна доцільність заміни первинної сировини металургійного виробництва відходами?
4. Головні фактори здешевлення виплавки сталі із металобрухту.
5. Домінуючі відходи прокатного виробництва та галузь використання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропивний, О.В. Медведєва, А.В. Кропивна, О.В. Кузик // Загальна редакція В.М. Кропивного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020,- с. 243.
2. Управління та поводження з відходами: підручник / За ред. Т.А. Сафранова, М.О. Клименка Одеса: ТЕС, 2012, - 272 с.
3. Розенгарт Ю.І. Вторинні енергетичні ресурси чорної металургії та їх використання. - Вища школа, 1988. – 327с.
4. Щербаков, А. О. Технології переробки та використання вторинних матеріальних ресурсів (ресурсозберігаючі технології) [Текст] / А. О. Щербаков. - Тернопіль : Астон, 1999. - 292 с.

#### Практичне заняття №3

#### **Технологічні процеси переробки відходів ливарного виробництва**

Мета роботи - ознайомитись з основними технологіями переробки відходів ливарного виробництва

#### 3.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Ливарне виробництво як і металургійне відноситься до шкідливих, але в процесі ливарного виробництва утворюється значно більші відходів. Так, металеві відходи в металургії складають 1,1%, тоді як в ливарному виробництві вони сягають 14,7%. Використання металобрухту припадає в основному на власне виробництво сталі і складає понад 78% загального споживання відходів чорних металів.

Ливарне виробництво є основною заготівельною базою підприємств машинобудування, тому що тут виробляються заготовки для різноманітних деталей. Характерна особливість; ливарного виробництва висока витрата сировинних матеріалів і енергоресурсів.

Технологічний процес регенерації відпрацьованих формових сумішей складається з наступних операцій: подрібнення кусків, які спеклись, очищення їх від металевих включень, просіювання з одночасним продуванням повітрям і відсмоктування пилу, відтирання зерен кварцового піску від плівок зв'язуючого матеріалу і повторне знепилення. При використанні такої схеми регенерації формові суміші повертаються у виробництво на 95%

Подрібнення шматків, які спеклися в агрегати у процесі взаємодії з розплавленим металом проводиться у дві стадії: попереднього подрібнення на валкових млинах і остаточного подрібнення до необхідного ступеня помолу на роторних дробарках. Очистка формової суміші від металевих включень проводять за допомогою магнітних сепараторів. З відпрацьованої формової суміші металеві феромагнітні включення притягуються до магніту і скидаються в бункер для використання в процесі повторного переплавлення.

В процесі подрібнення, магнітної сепарації і обезпилювання відбувається часткове руйнування кірок і плівок зв'язуючих речовин на поверхні зерен піску. Для очищення піску відпрацьовану формову суміш пропускають через оптичний пристрій, який являє собою корпус з відбивними плитами, що прикріплені до його стінок з внутрішньої сторони. Пристрій приводиться в дію крильчатою повітродувкою. Відтирання зерен піску від кірок зв'язуючого матеріалу здійснюється за рахунок взаємодії зерен піску, які відкидаються відцентровою силою плитами і тертям зерен між собою.

Формова суміш, яка пройшла стадію дроблення, сепарацію і просів безперервно подається в приймач регенератора і далі в камеру, з якої під дією сили, тяжіння попадає в кінцевий отвір між вертикальною трубою і її кожухом. Суміш попадає у щілину між гирлом труби і соплом, по якому подається повітря під тиском 0,2.. 0,3 кг/см<sup>2</sup>. Частици піску і зростки зерен розмірами до 2,5 мм захоплюються повітряним потоком, розганяються і вилітають з прискоренням вгору. При виході з труби повітряно-пісковий потік вступає в контакт з відбійним щитом, на внутрішній поверхні якого утримується шар піску. Цей шар піску відіграє подвійну роль: приймаючи удар потоку на себе, пісок захищає щит від передчасного зносу, а з іншої сторони, при обтіканні з внутрішньої поверхні відбійного щита піщинки піску рухаючись з різною швидкістю в різних шарах потоку стираються одна об одну. Внаслідок тертя зростки зерен дезінтегруються. Окремі зерна звільняються від плівок, глиняних оболонок і набувають очищену округлену форму. Очищений пісок відводиться в приймач, а повітряний потік, втративши швидкість, виходить крізь завісу падаючого піску, втягує з собою в атмосферу порох і дрібні частинки кварцу. Ця установка має досить низький коефіцієнт очищення, тому операції регенерації формової суміші повторюють кілька разів.

Більш продуктивним методом очищення формової суміші є метод "киплячого шару", сутність якого полягає в тому, що в рухомий шар піску у вертикальному напрямку "вверх-вниз" вводять обертаючі лопатки. Швидкість повітряного потоку розраховується так, щоб гранули суміші не виносилися ним, а тільки знаходились у русі і були б у зваженому стані. Такі установки здатні регенерувати за 1 годину 100 кг формової суміші з залишковим вмістом глини 2%. Вуглецеві плівки з часток піску відділяють шляхом обпалювання в окисній

атмосфері.

В цехах лиття по моделям, що витоплюються, застосовуються модельні розчини, до складу яких можуть входити: парафін, віск, каніфоль, стеарин і полістирол. Модельний розчин після витоплювання у рідкому стані разом з водою стікає в розділювач, де відділяється від води і перекачується по нагрітому трубопроводу в плавильний агрегат для повторного використання.

В якості шихтових матеріалів при литті сталі по моделям, що витоплюються використовують відходи ковальсько-штампувальних цехів, механічної обробки, висічку, облой, браковані вироби, виплески, ливникові системи. Це технологічне повернення піддається попередній підготовці шляхом очищення і подрібнення.

Використання для плавки шихти, яка складається лише з одного повернення, не рекомендується, оскільки при багаторазовому переплавленні відходів збільшується газонасиченість металу і його забруднення оксидами. Кількість відходів, які використовують при проведенні нових плавок, не повинна перевищувати 40% від маси шихти.

На термообробній ділянці відходи, які були утворені при відбиванні залишків керамічних оболонок і відділення відливок від ливникової системи, конвеєрами транспортуються в короби, які періодично вивозять із ливарного цеху для їх утилізації. Ливники збирають у бункери передають на дільницю підготовки і навантаження шихти.

У якості зв'язуючих речовин при виготовленні стержневих сумішей використовується: рослинні олії, мінеральні масла, різні смоли, патока, сульфітно-спиртова барда (продукт перероблення відходів целюлозно-паперового виробництва), декстрин (хімічно оброблений крохмаль) і рідке скло, що є швидкотвердіючою зв'язуючою речовиною.

Регенерація самотвердіючих формових сумішей, для скріплення яких використовують рідке скло, здійснюється хімічним способом шляхом обробки піску в киплячому розчині лугу з концентрацією від 1 до 15% впродовж 1 години при температурі 100°C. Після того, як плівка на поверхні кварцових зерен розчиниться, відділений пісок відмивають від лугу водою, просушують і розділяють на фракції шляхом просіву крізь сито. Ступінь вилучення рідкого скла при застосуванні такої технології досягає 70%.

Лиття в оболонкові форми може бути застосоване для всіх видів сплавів і крупних виливків. Суміш для оболонкових форм складається з дрібнозернистого кварцового піску і 4...5% термореактивної смоли пульвербакеліту (суміш фенолформальдегідної смоли з добавками уротропіну). Суміш засипається на поверхню гарячої металевий підмодельної плити з моделлю і після витримки впродовж 20...30 сек. оплавляється. В результаті на моделі утворюється затверділа оболонка товщиною 5... 10 мм. Після охолодження термореактивна бакелітова смола незворотно

затвердіває, тому оболонки після руйнування і подрібнення можуть бути використані лише в будівництві як наповнювач для бетонних розчинів.

### 3.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. За завданням викладачу скласти технологічну схему |регенерації одного із видів відходів ливарного виробництва.
2. Для заданої програми виробництва ливарного цеху підрахувати можливу кількість регенерованої формової суміші, враховуючи що на одну тону виливків необхідно 0,9т кварцового піску і 8% вогнестійкої глини (в складі формової суміші).

### 3.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Коротко описати вибрану технологічну схему регенерації відходів ливарного виробництва. Навести розрахунки.
3. На підставі даних різних методів регенерації формових сумішей проаналізувати переваги і недоліки вибраних методів.

### 3.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чим пояснюється високий процент металовідходів ,у ливарному виробництві?
2. На які технологічні процеси ливарного виробництва необхідні великі витрати сировинних матеріалів?
3. Яка технологічна схема дає можливість повторно використовувати до 95% формової суміші?
4. Який метод очищення формової суміші застосовують при проведенні регенерації?
5. Який із методів регенерації формової суміші може забезпечити до 25% економії глини?
6. При якому способі виготовлення ливарних форм досягається високий процент повернення матеріалів для моделей?
7. Який відсоток відходів допускається використовувати при плавці металів і чому?

### ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропівний, О.В. Медведева, А.В. Кропівна, О.В. Кузик // Загальна редакція В.М.Кропівного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020,- с. 243.
2. Управління та поведження з відходами: підручник / За ред. проф. Сафранова Т.А., проф. Клименка М.О. Одеса: ТЕС, 2012, - 272 с.

3. Щербаков, А. О. Технології переробки та використання вторинних матеріальних ресурсів (ресурсозберігаючі технології) / А. О. Щербаков. - Тернопіль : Астон, 1999. - 292 с.

4. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост, М.В. Босий, О.В. Кузик – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 196 с.

#### Практичне заняття №4

### Особливості утилізації відходів, які містять вологу і мастила

Мета роботи - ознайомитись з основними технологічними процесами утилізації відходів в яких містяться волога і мастила.

#### 4.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ,

Основними виробництвами машинобудування, в яких відходи містять вологу і мастила є обробка металів тиском та обробка різанням.

З методів обробки металів тиском найбільш широко використовують прокатку, в наслідок проведення якої утворюється шлам з вологістю 20...30%, 2...3% мастильних матеріалів, а решта оксид заліза. Шлам фільтрують від вологи. Після цього вміст оксиду заліза підвищується 60...70%. Для вилучення заліза зі шламу використовують два шляхи. Перший полягає в тому, що після відділення мастила до шламу додають хімічні реагенти, друга - вилучення заліза після випалювання мастил шляхом проведення відновних реакцій. У випадку, коли шлам має високий вміст вологи і мастил (до 28%), його попередньо висушують при температурі до 150°C протягом 15...20 хв. В наслідок такого нагрівання вологість шламу знижується до 1%, а вміст мастила до 0,5%. Дегідратований і дегазований шлам змішують з сировиною (залізна руда, кокс, флюс) і використовують у якості добавки при виробництві агломерату.

При обробці металів різанням відходами є: відпрацьовані інструменти (ножівкові полотна, відпрацьовані фрези), стружка, тирса, частки абразиву та мастильно-охолоджуючі рідини. До складу мастильно-охолоджуючої емульсії входять: вода, масло, інгібітор корозії речовини, які значно знижують корозійні властивості рідини (нітрит натрію); поверхнево активні речовини (для підвищення змочуваності поверхні) і емульгатори (желатин) для тривалого збереження емульсії і протидії пошаровому розділенні емульсії на воду і мастило.

Відпрацьовані ножівкові полотна на 70...80% використовуються в якості деревообробних різців. Недоліком цих різців є обмежена глибина входження



їх у матеріал внаслідок плоскої форми інструмента. Різці, які виготовляють з відпрацьованих фрез, цього недоліку не мають тому, що дискові фрези вже мають кут нахилу поверхонь від периферії до центру. Тому заточувати бокові поверхні різців з фрез не має необхідності. Різці з відпрацьованих фрез готують, розрізаючи її дисковою пилкою з алмазним або карборундовим напиленням. Коефіцієнт використання цих відходів сягає 0,5...0,6. Термін роботи великих фрез можливо продовжити шляхом зменшення кількості зубців у відпрацьованій фрезі, де переточка вже не можлива через зменшення діаметра і малої відстані між зубцями. Абразивним кругом сточують кожний другий зуб, щоб зменшені зубці з'єдналися між собою плавним закругленим переходом, як це зроблено у вихідній фрезі. За рахунок збільшення відстані між зубцями в міру її затуплення можна піддавати подальшій заточці.

Металева тирса та стружка утворюються при механічній обробці: точінням, свердлінням, фрезеруванням, струганням, шліфуванням та при заточувальних операціях. Сучасне обладнання, як правило, комплектується магнітними сепараторами для відділення частинок металу від частинок абразиву і мастильно - охолоджуючих рідин. В умовах дрібносерійного виробництва на одному і тому ж обладнанні обробляють деталі із різних металів і сплавів. Найкращим методом утилізації є збір і відправка тирси і стружки металу на централізований склад загального зберігання металобрухту. В масовому або багатосерійному виробництві, де для обробки одного і того ж виду деталей використовуються поточні лінії, можливості утилізації металобрухту значно розширюються.

Окремим випадком утилізації залишків металевої тирси або стружки є використання їх магнітних властивостей. Притягуючись до магніту, стружка або тирса утворює на полюсах магніту рихлі нарости. Якщо замкнути ці нарости між полюсами магніту і помістити в їх середовище деталь, яка швидко обертається, то кожна металева частинка тирси буде виступати як своєрідний абразивний різець. Множина таких мікрорізців значно прискорює і полегшує полірування і доводку поверхні деталі до високих класів чистоти. В цьому випадку необхідність в полірувальних пастах і промивних водах відпадає, що дає економію в обробці.

Металева тирса і стружка можуть використовуватись для переплавки, це порівняно дорогий метод утилізації відходу металу, тому що попереднє розділення сталей за марками тривалий і трудомісткий процес. Крім того, при переплавці змішаної стружки і тирси відбувається значне вигорання компонентів, отримуються сплави низької якості.

Інститут надтвердих матеріалів Національної Академії наук України запропонував переробляти тирсу і стружку на порошкову сировину для

порошкової металургії. Операції цього процесу полягають в тому, що сировину відмивають від мастил у бензині або гасі, завантажують в шаровий або вібраційний млин з середовищем етилового спирту, де відбувається подрібнення до заданого ступеню перемелювання. Отриманий порошок змішують з розчином синтетичного каучуку у бензині та пресують у профілі на пресі.

Пресування виробів проходить в сталевій формі. Після розрахунків наважки порошки змішують, дозують і засипають в матрицю прес форми. Наважка порошку (кг) розраховується за формулою:

$$Q = \gamma \cdot v \left( 1 - \frac{П}{100} \right) \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де:  $\gamma$  - питома вага матеріалу, г/см<sup>3</sup> (для чорних металів  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>);

$v$  - об'єм виробу після спікання, см<sup>3</sup>;

$П$  - фактична пористість спеченого виробу, % (практично  $П = 15 \dots 30\%$ );

$K_1$  - коефіцієнт, який враховує втрату порошку при пресуванні і який залежить від точності виготовлення прес-форми,  $K_1 = 1,005 \dots 1,01$ ;

$K_2$  - коефіцієнт, що враховує втрату маси при спіканні в результаті підновлення оксидів і відділення домішок, в тому числі і мастил, ( $K_2 = 1,01 \dots 1,03$ )

Питома вага стружки або тирси, г/см<sup>3</sup>: для стружки – (0,25...0,30)  $\gamma$ ; для тирси – (0,35...0,5)  $\gamma$ . Ці дані необхідні для визначення об'єму порожнини прес-форми, а також ємності для зберігання сировини.

Пористість одержаного напівфабрикату складає 25...30%. Далі його спікають в захисній атмосфері або вакуумі.

Таблиця 4.1

Температура та тривалість спікання окремих металевих порошоків

Матеріал порошку	Температура, °С	Тривалість спікання, хв
Залізо (вуглецева сталь)	1000...1050	15...30
Мідь (сплави міді)	850...950	45...60
Корозійно стійка сталь	1200...1300	60...90
Алюміній (сплави алюмінію)	500... 550	40...50

Подальше формоутворення з таких заготовок досягається, пресуванням, ковкою або прокаткою, що позитивно впливає на структуру отриманої металевої заготовки. Спосіб дозволяє вводити до складу цієї сталі необхідні легуючі добавки з їх рівномірним розподілом по всьому об'єму заготовки. Так, введення добавки 0,1...0,2% титану підвищує твердість інструменту, що перешкоджає його схопленню з поверхнею оброблювального металу, зменшує коефіцієнт тертя і збільшує строк служби різця. Встановлено, що

стійкість різців, які виготовлені за даною технологією в три рази вищі порівняно зі стандартними інструментами.

При механічній обробці різанням з метою підвищення режимів різання і підвищення продуктивності праці використовують мастильно - охолоджуючі рідини. В процесі роботи вони поступово забруднюються частинками абразиву, тирсою, стружкою та іншими включеннями. Методи очищення мастильно - охолоджуючих рідин полягають в їх відстоюванні, відділенні мастил і нейтралізації звільненої від мастил води.

Механічні домішки очищаються у відстійниках з попередньою магнітною сепарацією відпрацьованої емульсії. Забруднена мастильно - охолоджуюча рідина проходить в клиновидну зону між обертальним магнітним барабаном і корпусом сепаратора. Металеві залишки притягуються до барабана і очищуються з нього гумовою щіткою. Потім намагнічена емульсія попадає в бак-відстійник, де частинки шламу коагулюють в більш крупні агрегати і випадають в осад. Він відфільтровується і очищена мастильно - охолоджуюча рідина знову повертається в обіг.

#### 4.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Скласти технологічну схему утилізації одного із видів відходів при обробці металів тиском або механічної обробки різанням.
2. Провести техніко-економічний аналіз від утилізації металевої тирси та стружки.

#### 4.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Привести технологічну схему утилізації вибраного виду відходу з коротким її описом.
3. Навести розрахунки використання металевої тирси і стружки.

#### ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які із виробництв машинобудування мають відходи з значним вмістом мастил та вологи?
2. Що є домінуючим відходом при прокатці?
3. Шляхи вилучення заліза із шламу.
4. Домінуючі відходи при механічній обробці металів різанням.
5. В чому полягає утилізація залишків тирси, стружки та мастильно - охолоджуючої рідини при обробці чорних і кольорових металів?
6. Шляхи покращення експлуатаційних властивостей інструментів (різців), виготовлених із відходів.
- 7; Мета використання мастильно - охолоджуючої рідини при обробці металів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропивний, О.В. Медведева, А.В. Кропивна, О.В. Кузик // Загальна редакція В.М. Кропивного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020,- с. 243.
2. Управління та поводження з відходами: підручник / За ред. проф. Сафранова Т.А., проф. Клименка М.О. Одеса: ТЕС, 2012, - 272 с.
3. Щербаков, А. О. Технології переробки та використання вторинних матеріальних ресурсів (ресурсозберігаючі технології) / А. О. Щербаков. - Тернопіль : Астон, 1999. - 292 с.

### Практичне заняття № 5

#### **Очищення і використання промислових відхідних газів**

Мета роботи - ознайомитись з основними типами домішок промислових газів та методами їх очищення і вторинного використання.

#### 5.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Промислові гази містять домішки в вигляді порошу, туману та газів. В свою чергу гази вміщують органічні ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  тощо) та неорганічні ( $\text{HCl}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}$  тощо) сполуки. Доля неорганічних викидів в загальному об'ємі викидів підприємства складає 10...26%. Колошниковий (доменний) газ містить: пил до 30г/м<sup>3</sup>;  $\text{CO}$  23...40%;  $\text{CO}_2$  15...22%;  $\text{H}_2$  1,5...6%; сліди  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

В мартенівському виробництві сталі викиди вміщують: пилу 0,5...2 г/м<sup>3</sup> і в загальному балансі викидів співвідношення складає: пилу, оксидів азоту, діоксиду сірки як 0,8:0,9:1.

В ливарних цехах при роботі вагранки продуктивністю 5...10 т/год виділяється на 1т виплавленого чавуну: пилу 11,5 кг/т;  $\text{CO}$  – 193 кг/т;  $\text{SO}_2$ -0,4 кг/т. Хімічний склад пилу:  $\text{SiO}_2$  - 20...50%;  $\text{CaO}$  - 2...12%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -0,5...6%;  $\text{MgO}$  - 0,5...4%;  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ - 10...36%;  $\text{C}$  - 30...40%.

При випуску в ковш чавуну із вагранки на 1 т рідкого металу виділяється в атмосферу 125...130 г  $\text{CO}$  і 18...22 г графітового пилу. До складу порошу входять мінеральні частинки, а до складу туману рідкі залишки технологічних рідин, мастильних речовин тощо.

Очищення відхідних промислових газів є обов'язковою вимогою при проведенні всіх технологічних процесів. Вона пов'язана з використанням складного обладнання, великих витрат енергії і низьким ступенем окупності. Очищення може бути рентабельною операцією у випадку організованої і централізованої їх переробки на базі виробництва, для якого той чи інший утилізований відхід є сировиною в основних технологічних процесах.

Прикладом є виробництво сірчаної кислоти з сірчистого газу, який вилучається в процесах отримання міді з сірчистих руд. Координація виробництв на цих підприємствах дозволяє проводити очищення відхідних газів і дає сировину сірчаноокислотному виробництву.

Методи очищення промислових газів зводяться до трьох груп: суха очистка за допомогою твердих поглиначів або каталізаторів; рідинна очистка за допомогою рідин-поглиначів-абсорбентів і очищення без застосування поглиначів або каталізаторів.

В залежності від ступеня очищення розрізняють: грубу, середню і тонку очистку атмосфери від промислових газів.

Першою стадією газоочищення вважається обезпилювання, тобто вилучення або вловлювання завислих часток (твердих і рідких): із ступенем дисперсності 0,2... 10 мкм. Частинки зі ступенем дисперсності більше 10 мкм легко осаджуються під дією сил тяжіння, а частинки ступенем дисперсності менше 0,2 мкм уловлюються за допомогою фільтрів. Найпростішою конструкцією пиловловлювача є пилеосадна камера, в якій відділення пилу відбувається за рахунок гравітаційних сил при втраті швидкості частинками пилу. Ці камери застосовуються для обезпилювання повітря після подрібнення відпрацьованих формових сумішей у ливарному виробництві, а також для збору компресорного мастила. Мокре пиловловлювання здійснюються у циклонах при зрошенні їх стічними водами з вмістом домішок до 30 г/л і при розбризкуванні їх по внутрішньому об'єму циклона. Проходячи крізь водяну завісу, газ з початковою запиленістю понад 70 г/м<sup>3</sup> очищується від пилу на 97...99%. Продуктивність типової установки 60 тис м<sup>3</sup>/рік, а собівартість такого очищення в 20 разів нижча ніж при застосуванні електрофільтрів. Недолік мокрого обезпилення, полягає у великій втраті води шляхом її випаровування.

Фільтрування характеризується більш високим ступенем очищення газів від завислих частинок, оскільки фільтри дозволяють забезпечити, практично повне вловлювання частинок усіх розмірів. Фільтрування характеризується універсальністю, здатністю вловлювання твердих частинок, як у сухому, так і в рідкому вигляді, навіть із туману, а також очищати гази, що нагріті до високої температури і знаходяться при будь-якому тиску, а також при низьких концентраціях завислих частинок.

В промислових умовах використовують тканинні, волокнисті, губчасті, мастильні і електричні фільтри. В тканинних фільтрах застосовують фільтруючі матеріали двох типів: звичайні тканини і войлочні фільтри. Перші служать для вловлювання тонких фракцій пилу і мають підвищений коефіцієнт очищення.

Запилені тканинні фільтруючі елементи регенерують трьома методами:

струшуванням фільтруючих елементів механічним або аеродинамічним шляхом; пульсацією, або різкою зміною напрямку фільтруючого потоку газу, зворотним продуванням фільтруючих елементів очищеними газами або повітрям. Транспортування, пилу, вивантаженого з тканинних фільтрів здійснюється в герметичних контейнерах.

Волокнисті фільтри являють собою групу нетканих волокнистих матеріалів (типу набивних матів з картону, паперу тощо). Цей фільтруючий матеріал має одноразове використання (не підлягає регенерації).

Губчасті фільтри це металеві поропластові системи з наперед заданим ступенем пористості, розміром пор і загальною капілярною структурою матеріалу. Губчасті фільтри відрізняються великою пилоємністю, хімічною стійкістю, високою вартістю вихідної сировини і можливістю регенерації шляхом промивання у теплій воді з додавкою миючих засобів.

Мастильні фільтри це фільтри мокрого очищення, в яких замість води, застосовують нафтові мастила. Такий фільтр являє собою секції, в які монтується металеві перегородки з великою кількістю отворів. Останні зміщені у сусідніх перегородках по відношенню одна до одної. Забруднені газу, які подаються від компресора, проходять крізь отвори в перегородках багаторазово міняючи свій напрям. Пилінки з відхідних газів при цьому прилипають до поверхні перегородок, затримуючись на них. Мастильні фільтри є довговічні, не кородують і коштують порівняно дешево.

Електричні фільтри складаються з металевих електродів з високорозвиненою поверхнею, на які осідають частинки з зарядом, протилежним заряду електрода. У складі установки є пристрій, який струшує і відділяє частинки з електродів в окремий бункер. Такі фільтри малоенергоємні (10Вт на 1000 м<sup>3</sup>/г). Недоліком цих фільтрів є складність їх експлуатації та недостатня ефективність.

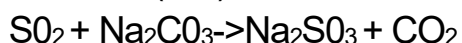
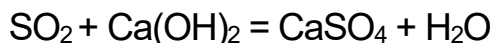
Після пиловловлювання промислові газу можуть проходити спеціалізоване вловлюванню компонентів, які входять до їх складу. Для цієї мети використовують тверді, або рідкі поглиначі (активоване вугілля, силікагель, целіти і іонообмінні смоли тощо). Ці поглиначі характеризуються універсальністю і здатні, тобто працюють у широкому інтервалі абсорбуємих речовин.

Поглинання промислових газів рідкими речовинами базується на розчиненні компонентів у тому чи іншому розчиннику, а також на хімічній взаємодії між ними з утворенням нових нерозчинних хімічних сполук. В промислових відхідних газу, найпоширенішими є: вуглекислий газ, оксид вуглецю, сірчистий газ, оксиди азоту, ціаністий водень, аміак. При згоранні палива в газогенераторах, у зварювальних, металургійних та ливарних цехах утворюється значна кількість вуглекислого газу. Норма вмісту CO<sub>2</sub> в повітрі

0,03%. При 4% і більше CO<sub>2</sub> подразнює верхні дихальні шляхи, викликає шум у вухах, запаморочення і головний біль. Для поглинання вуглекислого газу застосовують безбарвна в'язка гіроскопічна рідина етаноламін C<sub>2</sub>H<sub>7</sub>NO, з яким він при реагуванні утворює солі. Перед поглинанням відхідні газу охолоджують з 200°C до 40°C водою. Поглинання вуглекислого газу проводиться в абсорбційних колонах. Для цього моноетаноламін заливається на тарілки абсорбера, а газ, що очищається, подається в абсорбер знизу і омиває етаноламін, очищається від H<sub>2</sub>S і CO<sub>2</sub>. Утворений насичений розчин вуглекислого метаноламіну поступає для регенерації в десорбер, де при нагріванні до 105°C він розкладається на вуглекислий газ і етаноламін.

Оксид вуглецю (або чадний газ) входить до складу газів, що виділяються при виплавці металів, у коксохімічному виробництві тощо. Допустима норма оксиду вуглецю в повітрі складає 0,02 мг/л. Вдихання оксиду вуглецю приводить до отруєння організму, яке зводиться до порушення обміну кисню при взаємодії гемоглобіну з CO. Наступає кисневе голодування живих тканин, особливо клітин центральної нервової системи. Очищення відхідних газів від чадного газу здійснюється твердими поглиначами (мурашинокисла сіль, закисні солі міді, залізними або нікелевими каталізаторами). Технологічний процес полягає у тому, що стиснуті відхідні газу, які містять оксид вуглецю, пропускають через абсорбер, який завантажений керамічними кільцями, у верхню частину башти подається охолоджена до 0°C мурашинокисла мідь з добавками, аміаку, а знизу вверх протитоком підіймаються відхідні газу. Утворений насичений розчин комплексної солі, який витікає з башти поступає на регенерацію шляхом нагрівання до температури 70...80°C. При цьому комплексна сіль розкладається з виділенням оксиду вуглецю і мурашинокислої солі, яка поступає знову в абсорбер. Оксид вуглецю використовуюється в якості палива, а також у якості відновника і реагента для синтезу органічних сполук.

Сірчистий газ утворюється при горінні різних видів палива в металургійних і ливарних цехах, в сушильних печах стержневих відділків, при плавці міді. Фізіологічний вплив сірчистого газу на людину починає виявлятися при вмісті в повітрі 0,03...0,05 мг/л. При таких концентраціях він викликає подразнення слизової оболонки очей і горла, а при тривалому впливі може викликати хронічні захворювання верхніх дихальних шляхів. Методи вловлювання сірчистого газу засновані на його властивості розчиненості у воді і взаємодії з розчинами лугів. Зв'язування сірчистого газу здійснюється в абсорберах, які зрощуються вапняним молоком або содою:



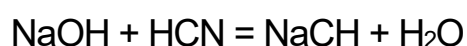
Оксиди азоту утворюються при газових розрядах в атмосфері, а також при дії азотної кислоти на метали, при травленні матеріалів меланжем (суміш сірчаної і азотної кислот), неповному згоранні азотовмістимих полімерних речовин (капрону, нейлону), при хіміко-термічній обробці виробів шляхом азотування, при електрозварювальних роботах тощо. Попадаючи в організм людини і реагуючи з вологою на поверхні легень, оксиди азоту вражають альвеолярну тканину, внаслідок чого виникає набряк легень, з'являються складні рефлекторні розлади. Допустима норма вмісту оксидів азоту в повітрі складає 0,005 мг/л. Очищення повітря від оксидів азоту полягає в їх поглинанні 5% - ним водним розчином каустичної соди.

Аміак використовується для азотування зносостійких металевих деталей. Аміак утворюється при розкладанні амонійних солей, мінеральних добрив, а також в хімічних виробництвах, які пов'язані з одержанням азотистих сполук тішу карбаміду. Аміак, потрапляючи в організм людини, викликає сильне подразнення очей, набряк легень і розширення серцевої сумки. Суміш аміаку з повітрям (близько 16% по об'єму) є вибуховою. Допустима норма аміаку складає 0,02 мг/л. Способи вловлювання аміаку із повітря засновані на його високій розчинності у воді: в одному об'ємі води розчиняється до 700 об'ємів аміаку, і також завдяки його високій реакційній здатності.

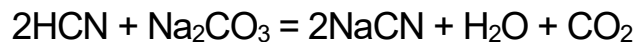
Ціанистий водень та його сполуки відносяться до найбільш токсичних речовин. Ціанистий водень, попадаючи в організм людини, перешкоджає переносу кисню гемоглобіном, в результаті чого настає параліч дихального центру і удушення внаслідок кисневого голодування. Особливістю ціанистого водню є те, що пари проникають в організм крізь шкіру і викликають загальне отруєння. Цим пояснюється їх обмежене застосування у виробничих технологіях. Газоподібний ціанистий водень може бути наявним у повітрі робочих приміщень при гальванопластичному золоченні, срібленні, мідненні, при ціануванні сталевих виробів, гартуванні і рідинній цементації металів, при роботі з червоною кров'яною сіллю при вилученні золота і срібла з пуста породи та утилізації відходів.

Методи очищення повітря від ціанистого водню поділяється на дві групи: хімічне зв'язування з наступним осадженням його у вигляді солей з молекулярною трансформацією ціанистої групи в нешкідливі роданітні сполуки.

Найбільш повне вилучення ціанистого водню досягається при застосуванні в якості поглинача розбавлених розчинів лугів. При цьому потік газів пропускають крізь абсорбер струминного типу, де в якості поглинача використовується 3... 5% розчин каустичної або кальцинованої соди згідно реакції:







## 5.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Скласти технологічну схему очищення промислових газів від одного із шкідливих компонентів.
2. Проаналізувати найбільш доцільні фільтри для вибраної схеми очистки.
3. Провести розрахунки необхідного обміну повітря у металургійному цеху для забезпечення допустимих норм вуглекислого газу і чадного газу (при співвідношенні їх у доменному газі 1:2), якщо об'єм цеху 10000 м<sup>3</sup>.

## 5.3 .ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Привести технологічну схему очистки промислових газів від одного із шкідливих компонентів.
3. Описати спосіб очистки відповідно до технологічної схеми.
4. Навести дані розрахунків.

## 5.4.ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Основні складові промислових газів, їх класифікація.
2. Методи очищення промислових газів. Види фільтрів для пиловловлювання.
3. Найбільш поширені поглиначі шкідливих складових промислових газів.
4. Які із компонентів промислових відхідних газів є найбільш токсичними?
5. Розчинність в воді якого компоненту промислових газів є досить високою?
6. Назвіть компонент промислових газів хімічної промисловості, який є вибухонебезпечним у суміші з повітрям.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропивний, О.В. Медведева, А.В. Кропивна, О.В. Кузик // Загальна редакція В.М.Кропивного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020,- с. 243.
2. Управління та поведження з відходами: підручник / За ред. проф. Сафранова Т.А., проф. Клименка М.О. Одеса: ТЕС, 2012, - 272 с.
3. Щербаков, А. О. Технології переробки та використання вторинних матеріальних ресурсів (ресурсозберігаючі технології) / А. О. Щербаков. - Тернопіль : Астон, 1999. - 292 с.

Практичне заняття № 6

**Особливості технології утилізації і очищення стічних вод**

Мета роботи - ознайомитись з основними методами очищення стічних вод.

## 6.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Стічні води, як промислового характеру, так і комунально – побутові характеризуються різним складом у залежності від наявності тих чи інших підприємств у даному населеному пункті і кількості населення. Крім нерозчинних неорганічних і органічних речовин, вони можуть містити колоїдні домішки, а також зважені частинки разом з розчиненими газами - сірководнем, аміаком тощо. Особливо високу токсичність стічних вод викликає наявність в них фенолів, солей важких металів, ціанідів, ртуті, синтетичних миючих засобів, нафтопродуктів.

При наявності у воді 0,05 мг/л нафтопродуктів вода і риба набувають характерного запаху нафти, при 0,1 мг/л гине планктон; при 1,4 мг/л гине бентос, а при 2,2 мг/л гинуть личинки риб, а при 15 мг/л гине риба. При наявності у воді 1,0 мг/л -синтетичних миючих засобів гине планктон, при 3 мг/л гинуть дафнії, при 5 мг/л гинуть риби.

Гранично допустимі концентрації деяких речовин у воді, мг/л:

Фенол - 0,001	Сірковуглець - 1,0
Тринітробензол – 0,1	Аміак - 5,0
Мідь - 0,1...0,2	Свинець – 0,1...0,2
Фтор - 0,5...1,0	Хлор - 0,25...1,0
Бензол - 5,6	Сірководень -1,0...2,0
Нафта – 25...30	Миш'як – 0,1...0,2
Соляна кислота- 30... 35	Хром -0,1...0,2
Азотна кислота - 30... 35	Ртуть - 0,005
Сірчана кислота - 20...30	

Різноманітність складу, широкий інтервал концентрації домішок і зміна їх в часі ускладнюють аналіз промислових стоків і відповідно їх нейтралізацію. Тому всі заходи по визначенню методів очищення розпочинають з вивчення складу стічних вод, розробки схеми конкретних технологічних процесів і в першу чергу умов їх виникнення, попадання шкідливих речовин і можливість їх ізоляції. Комунальні стічні води містять забруднення до 370мг/л в осаді та до 1000 мг/л зважених часток. В результаті очищення в воді їх залишається 3...5 мг/л кожного. Забруднення промислових стоків господарсько-побутовими водами веде до їх біологічного отруєння, тому останні повинні мати окрему систему відводу.

Використання вторинних матеріальних ресурсів передбачає роботу підприємства з повною відсутністю промислових стоків, тобто коли вся вода, яка використовується в технологічних процесах, після відповідного очищення знову повертається в систему водопостачання. Однак, це можливо лише на новозбудованих підприємствах, які оснащені сучасними очисними спорудами. На діючих об'єктах повинно бути передбачено локальне очищення у вигляді очисних споруд, які можуть бути використані для зворотної системи водозабезпечення.

Всі роботи по очищенню стічних вод починаються з виділення з них нерозчинених домішок відстоюванням, флотацією, фільтруванням тощо. Методи такого освітлення дозволяють вилучати із стічних вод цінні домішки та у подальшому і використовувати їх у виробництві у якості сировини.

Для відділення частинок розміром менше ніж 5...10 мкм, необхідно попередньо їх укрупнити в агрегати коагуляцією або флотацією. Вказані методи очищення стічних вод є стандартними і реалізуються на типовому технологічному обладнанні.

Флотація полягає в утворенні комплексів «частинок з бульбашками», спливанні цих комплексів на поверхню у вигляді шару і їх відділення. Для цього через воду, що очищують, пропускають стиснуте повітря і додають поверхнево-активну речовину. Зважені частинки з нафтопродуктів, жирів, сірки та інші складові, які містять відходи, добре змочуються завдяки дії поверхнево-активних речовин і підіймаються на поверхню апарата флотатора. Мінеральні частинки піску, глини, ґрунту добре змочуються водою і осідають на дно апарата. Поверхневий шар у вигляді піни з забруднюючими речовинами відкидаються в шлакозбірник, а очищена вода у вигляді технічної води повертається для використання у виробничих процесах.

Коагуляція полягає у злипанні і збільшенні дрібних частинок з утворенням стійких агрегатів, які осідають. Наприклад, забруднена вода з фарбувальних камер стікає в басейн для коагуляції, туди ж додається коагулянт - сірчаноокислий алюміній або сірчаноокисле залізо. Ці солі гідролізуються у воді, утворюють гідроксиди у вигляді рихлих частинок, на поверхні яких і осідають колоїдні дрібнодисперсні частинки. 80% ний розчин коагулятора попередньо готують в окремій ємності і періодично додають в басейн для коагуляції, щоб концентрація коагулянту підтримувалась постійною на рівні близько 4 т/л. Внаслідок коагуляції відбувається розділення відходів лакофарбувальних матеріалів на легку і важку фракції у співвідношенні 1:2. Осад і шлам, який спливає, відбирають окремо за допомогою скребкового механізму. Очищена вода знов

повертається у фарбувальну камеру. Ефективність очищення води складає 80%, що дозволяє повторно використовувати воду для рециркуляції більше місяця. Втрати води зменшуються в чотири рази.

Іонообмінне очищення застосовується для запобігання утворення накипу, біологічних зрощувань і корозії тобто для повного знесолення води. Повне знесолення води при попередньому фільтруванні проходить у три стадії: Н-катионування, при якому виділяються всі катіони, а вода збагачується мінеральними кислотами; ОН - аніонування на слабкому основному аніоніті, в результаті якого виділяються іони кислотних залишків і проходить часткова нейтралізація води; ОН- аніонування на дуже основному аніоніті для обміну іонів слабких кислот і повної нейтралізації води. Таке триступеневе очищення використовується у випадках високої концентрації реакційно здатних речовин.

Термоокислювальне обеззараження вод застосовують тоді, коли інші методи очищення не ефективні. До таких стічних вод відносяться ті промислові стоки, які мають фенол, формальдегід, фталевий ангідрид і їм подібні речовини. Вони є компонентами смол, полімерних матеріалів. Найбільш розповсюдженим способом термічного обеззараження стічних вод є їх ' спалювання в печах циклонного типу, які забезпечують їх добре переміщування з киснем повітря при 1000°C і коли забруднюючі компоненти стічної води повністю окислюються. Димові гази, що виходять з печі через жарові труби, віддають своє тепло воді, яка нагрівається при цьому до 95°C: Якщо стічні води мають хлорні, сірчані і фосфорні з'єднання, в полум'я печі вдувають соду, щоб зв'язати і повністю вилучити такі компоненти. При спалюванні утворюються тверді, рідкі і газоподібні речовини і виділяється велика кількість тепла. Утилізація всіх компонентів цих фракцій, а також тепла є важливою справою, оскільки тільки в цьому випадку будуть виправдані витрати палива і фізичне виділення компонентів, які є у стічних водах.

Тверда фаза являє собою розплав мінеральних солей, які накопичуються на дні печі. Це цінна вихідна сировина для підприємств кольорової металургії.

Рідка фаза - сконцентрована водяна пара, яка після охолодження утворює воду, що може бути використана для технічних потреб.

Газоподібна фаза це вуглекислий газ, азот та його сполуки, а також невеликі домішки інших нейтральних газів, Гази, як правило, не утилізуються. Але з метою збору і утилізації азоту і вуглекислого газу кожна камера знешкодження стічних вод повинна мати додаткове обладнання для розподілу і поглинання цих газів.

Теплота використовується для попереднього підігріву стічних вод. Встановлено, що при згоранні 1 м<sup>3</sup> стоків, які містять відходи лакофарбової промисловості, утворюється така кількість тепла, яка дозволяє нагріти 40 м<sup>3</sup> холодної води. Це тепло можна використовувати в системах окислення або

нагрівальної апаратури.

Очищення стічних вод виробництв хлору, каустичної соди, полівінілхлориду та стічних вод має ряд особливостей. Сульфат натрію – це основна сіль, яка утворюється як побічний продукт при виробництві хлору та каустичної соди. Метод вилучення сульфату натрію із стічних вод полягає у зміні його розчинності в залежності від температури. При охолодженні розчинність сульфату в стічних водах у розчині знижується до 5... 10 г/л. Потім розчин поступає в кристалізатори, де сульфат натрію випадає в осад у вигляді безводної солі.

Стічні води виробництва полівінілхлориду, який одержується емульсійною полімеризацією, утворюються в процесі промивання автоклавів і збірників. Такі води мають наступний склад: рН 6,7, сухий залишок 1000... 1200 мг/л, вміст полівінілхлориду 500...900 мг/л. Окисленість складає 100...500 мг/л.

У стічні води при полімеризації мономера суспензійним методом входять стічні полімеризаційні рідини від центрифуг, води від промивання приміщень і апаратів. До їх складу входить сухий залишок 2700 мг/л, вміст полівінілхлориду 9500 мг/л, також міститься сополімер малеїнової кислоти зі стиrolом, при рН 7,6. Очищення стічних вод при виробництві полівінілхлориду здійснюється коагуляцією в зваженому прошарку з послідуною біохімічною доочисткою. У якості емульгаторів застосовують стиромаль і метилцелюлозу.

Спеціальним методам очищення підлягають стічні води, які утворюються при хімічній і електрохімічній обробках металів: травленні, нікелюванні, хромуванні, цинкуванні тощо. Вони містять значну кількість токсичних речовин: солі важких металів, кислоти тощо. Спочатку такі води поступають на нейтралізацію, де при безперервному переміщуванні обробляються суспензією гашеного вапна. При цьому утворюється рихлий осад гідроксиду заліза. Із нейтралізатора суміш поступає в барбатер, куди подається стиснуте повітря і оксид заліза випадає в осад. Далі розчин потрапляє в бак відстійник, який має магнітний транспортер. Тут проводиться відділення оксиду заліза від гіпсу. Оксиди заліза направляються на переплавку, а гіпс на виготовлення будівельних матеріалів. Утворена технічна вода повторно використовується для приготування вихідних розчинів;

Технологія очистки стічних вод, які містять солі заліза, хрому, нікелю, кобальту, а також хлориди і нітрати натрію заснована на ступінчатій нейтралізації кислих розчинів з наступним відділенням компонентів у тверду фазу і відділенням її від розчину фільтруванням. На першій стадії фільтрат обробляється вапняковим молоком для нейтралізації вільної кислоти і виділення хрому у вигляді гідроксиду. На другій стадії після відфільтрування гідроксиду хрому розчин обробляють аміачною водою і в осад випадає закис

окис заліза при аерації повітрям. Даний осад також відфільтровують. Фільтрат, який залишився, містить нікель у вигляді комплексної солі з аміаком і сульфат амонію. Фільтрат обробляють розчином хлористого кальцію. Випадає осад сульфату кальцію, який відфільтровують. Розчин, який залишився містить суміш хлористих солей нікелю і амонію. Його подають у піч “киплячого шару”, де вода і хлористий амоній випаровуються, а хлористий нікель кристалізується і збирається у вигляді готового продукту.

Очищення стічних вод в природних умовах на полях зрошення дає також добрі результати, кращі ніж на спорудженнях штучного біологічного очищення. Однак за санітарними нормами на полях зрошування стічними водами не дозволяється вирощування овочів, кормових культур, кукурудзи, кормового буряка, а також використовувати їх як пасовище.

### 6.2.ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Проаналізувати склад стічних вод відповідно до гранично допустимих . . концентрацій кислот, металів та інших компонентів.
2. Скласти схему очищення стічних вод, що утворюються при проведенні одного із шкідливих виробництв.
3. Використовуючи схему утворення стічних вод на машинобудівному заводі, визначити основні речовини, які є найбільш шкідливими в одному із вибраних виробництв і яка їх кількість може міститися в 1 т води.

### 6.3.ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Привести класифікацію груп речовин за гранично допустимими концентраціями.
3. Навести схему очищення стічних вод вибраного виробництва з відповідними розрахунками.

### 6.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ.

1. Від яких факторів залежить склад стічних вод?
2. Які речовини викликають особливо високу токсичність стічних вод?
3. Послідовність заходів при розробці методу очищення стічних вод?
4. Чому комунально - житлові, господарсько – побутові та промислові стоки повинні мати окремі системи відведення?
5. Методи очнщення промислових стічних вод?
6. В чому полягає флотація стічних вод?
7. Мета іонообмінного очищення стічних вод.
8. Коли застосовується термоокислювальне обеззараження стічних вод?
9. Які стічні води повинні підлягати спеціальному очищенню?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропивний, О.В. Медведєва, А.В. Кропивна, О.В. Кузик // Загальна редакція В.М. Кропивного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020, - с. 243.
2. Фізико-хімічні основи процесів очищення води: підручник / М.Д. Гомеля, Т.О. Шаблій, Я.В. Радовенчик. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2019. – 256 с.
3. Ковальчук В.А. Очищення стічних вод. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2002, - 602 с.
4. Петрук В. Г. Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч.2 : Методи очищення стічних вод / Петрук В. Г., Северин Л. І., Васильківський І. В., Безвозюк І. І. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 258 с.

### Практичне заняття № 7

#### **Технології переробки твердих побутових відходів**

Мета роботи - ознайомитись з основними технологіями переробки твердих побутових відходів.

#### 7.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВВДОМОСТІ

Тверді побутові відходи (ТПВ) в середньому щорічно складають 300 кг на одного мешканця. Вони містять значну кількість різних корисних складових. Так, тверді побутові відходи середньому містять: макулатуру 20... 40%; чорні і кольорові метали 3...5%; текстиль 4...6%; пластмас 1...2%; склобою 1...2%; харчових залишків (органічна частина) 25...40%. Склад за елементами: вуглецю 16%; азоту 0,8%; кальцію біля 3% в формі вапна; фосфору 0,3%. Ступінь використання відходів у різних країнах не однаковий. Так, в Польщі трохи більше 20%, в Болгарії 50%, в Німеччині 70%. В розвинутих країнах світу утилізація відходів знаходиться в межах від 65 до 80%, а в Україні лише 10... 12% на рік.

Однією з найбільш гострих господарських і природоохоронних проблем залишається проблема побутових відходів. За даними Міністерства регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства, за 2016 рік в Україні утворилося близько 11 мільйонів тонн сміття. Це сміття майже не переробляється, а захоронюється на 5,5 тисячах сміттєзвалищ і полігонів твердих побутових відходів. Загальна площа цих звалищ і полігонів — понад 9 тисяч гектарів, або 90 км<sup>2</sup>. В Україні щорічно збільшується обсяг твердих побутових відходів (ТПВ) на сміттєвих полігонах і звалищах з інтенсивністю 1 куб. м (тобто 200 - 300 кг)

на людину в рік. Для порівняння: в розвинених європейських країнах, таких як Бельгія, Великобританія, Німеччина, Данія, Італія, Нідерланди, Швеція, Швейцарія, Японія, цей показник досягає 300-400 кг, а в США перевищив 700 кг. на одну людину в рік. Крім того, у економічно розвинутих державах утилізація побутових відходів стимулюється, існують біржі вторинної сировини, через які господарства інформуються про наявність відходів у продавців, а споживачі інформують про свої потреби. Раціональне використання тільки 1/10 частини побутових відходів зберігає до 20% капітальних вкладень у видобувну промисловість. Збір, підготовка та використання вторинних матеріальних ресурсів можна розглядати як галузь видобувної промисловості особливого характеру.

Сучасні технології переробки твердих побутових відходів спрямовані на отримання: добрив, чорних і кольорових металів та теплоти. Головним методом переробки твердих побутових відходів на добрива (гумус) є компостування, під яким розуміють біохімічний процес розкладу органічної частини ТПВ мікроорганізмами. Кисень і бактерії розкладають органічні речовини з відходів, утворюється вуглекислий газ, теплота і вода, проходить екзотермічний процес. Для інтенсифікації процесу масу потрібно переміщувати. Швидкість утворення компосту зростає при продуванні крізь матеріал повітря, а також при добавленні до субстрата штучно вирощених бактерій. Сучасні методи технології виготовлення компосту дозволяють одержати його за 2...3 доби.

Технологія утилізації чорних металів полягає в тому, що відходи піддаються магнітній сепарації, в наслідок якої чорні метали вилучаються із загальної маси відходів.

Переважає кількість кольорових металів міститься в побутовій радіоелектронній апаратурі (ПРЕА), яка була в ужитку. Кількість одиниць такої техніки, яка виходить із вжитку постійно збільшується за рахунок росту виробництва і реалізації. Кожна одиниця ПРЕА в середньому має міді 1400 г, алюмінію 250 г, нікелю 125 г, кобальту 62 г, скла 9,4 г, деревини 4 кг і пластмас до 2 кг.

Гальванічні елементи живлення утилізуються шляхом відбору феромагнітної фази та переплавку. У магазинах встановлюють контейнери для збору відпрацьованих гальванічних елементів живлення від транзисторних радіоприймачів, ліхтариків, годинників і іншої радіоелектронної апаратури. Потім на спеціальній сортувальній установці відділяються "гудзикові" елементи, які використовуються в годинниках, калькуляторах і іншій мініатюрній електроніці, які, правило, містять ртуть. Її вилучають і повторно використовують. Потім вручну



відсортовують нікель - кадмієві акумулятори, з яких одержують чисті метали. При одержанні цінних металів з електронного лому перш за все випаровують електролітичні конденсатори тому, що вони містять шкідливий рідкий електроліт, який при спалюванні дає отруйні гази. Тому електролітичні конденсатори складають в особливих сховищах. Дрібно подрібнені друковані плати нагрівають до 1200°C. Електролізом із сплаву в сірчаноокислотному електроліті виділяють мідь та срібло. Із ламп денного світла вилучають ртуть, а із автомобільних акумуляторів свинець.

Для виробництва 1 т утилізованої міді потрібно 1,3... 1,5 т мідних відходів, а мідної руди 800 т, тобто в сотні раз більше. Витрати електроенергії в першому випадку на 75% менші. Виплавка 1 т бронзолатунних сплавів із вторинної сировини скорочує витрати електроенергії в 5 разів, палива в 3.. 4 рази, а собівартість знижується в 2,5 рази. Питомі капітальні вкладення знижуються до 10 разів.

При виробництві 1 т паперу з макулатури зберігається більше 4м<sup>3</sup> деревини, економиться до 200м<sup>3</sup> води, в 2 рази зменшуються витрати електроенергії і на 2 людинодні трудові витрати.

Останнім часом надається велика увага комплексній технології переробки ТПВ. Так на сміттєпереробному заводі потужністю 200 тис. т на рік можна отримати 55 тис. т фракції, яка містить 1,5 тис. т макулатури, 7,5 тис. т полімерної плівки, біля 1 тис. т залізовміщуючого металобрухту, кольорові метали (в основному алюміній). Згідно технологічного процесу такого підприємства відходи із приймального бункера стрічковим транспортером подаються в первинну дробарку для попереднього грубого дроблення, а далі надходять у барабанний гуркіт, де вилучаються фракції придатні для повітряної сепарації і відбувається їх поділ на легкі важкі.

Легка фракція; яка попадає в циклон, складається в основному із паперу, пластмас, текстилю і інших легких частинок. Важка фракція складається з частинок чорних і кольорових металів (3...10%), харчових залишків (55...75%) та скла (більше 5%).

Чорні метали вилучаються магнітним сепаратором, а кольорові за допомогою електродинамічної сепарації, яка заснована на силовій взаємодії двох магнітних полів змінного поля, яке виникає навколо струмопровідної речовини, внаслідок індукування в ньому вихрових струмів, коли провідник попадає в змінне магнітне поле. В кольорових металах, які добре проводять електричний струм, змінне електромагнітне поле індукує вихровий струм, який утворює магнітне поле протилежного напрямку і таким чином кольорові метали. відштовхуються вбік від неструмопровідної частини складових ТПВ. Причому, чим вище

електропровідність металу, тим сильнішою є взаємодія двох полів і тим легше вилучаються метали із загального потоку відходів.

Одним із поширених методів переробки твердих побутових відходів є термоокислювальне знешкодження їх з послідуочим одержанням різних продуктів. Термоокислювальне знешкодження ТПВ проводиться трьома способами.

Перший спосіб полягає в спалюванні ТПВ у спеціальних високотемпературних сміттєспалювальних установках після попереднього відбору металу і інших баластних фракцій, подрібнення залишків і подачі їх в агрегат високотемпературного спалювання з особливим паливним пристроєм. Тепло, яке при цьому утворюється, використовується для виробництва електроенергії або теплопостачання промислових підприємств та житловим районам.

Другим способом є суха перегонка ТПВ, тобто їх піроліз в певному температурному режимі без доступу повітря. При цьому в залежності від температурного режиму отримують у різних пропорціях три фракції: газоподібну, рідку і тверду. Утворені гази є горючими і використовуються як паливо і сировина для хімічної промисловості. Тверда фракція являє собою пірокарбон (сажа). Залишками від спалювання є шлак, який після грануляції використовують як будівельний матеріал. З рідкої фракції виділяють хімічні речовини і смолу. Ця технологія також передбачає попереднє сортування, відбір металів, кераміки та інших негорючих компонентів.

Третя комплексна технологія передбачає максимальне використання біологічних і органічних залишків з попереднім ретельним сортуванням і відділенням усіх складових: металів, скла, текстилю, і одержання компосту у вигляді брикетів.

Теплова енергія, яка вилучається при спалюванні сміття, використовується для виробництва пари, електроенергії, для одержання гарячої води, для опалення і виробничих цілей. Підраховано, що спалювання 5 т відсортованих ТПВ дозволяє зекономити до 1 т умовного палива. Сміттєспалювальний завод на сьогодні працює у Києві.

Науково-виробниче об'єднання "Алгон" спроектувало і випробувало новітню технологію утилізації всіх видів сміття. Установка представляє собою барботажи пристрої, тобто ті, що продуваються повітрям. Вони прості в експлуатації та мають невеликі габаритні розміри. Печі не мають рухомих частин, що значно спрощує конструкцію і підвищує їх надійність. Спеціальний підштовхувач скидає сміття в ванну з розплавленим шлаком, де відбувається швидкий піроліз і газифікація відходів. Температура в печі 1500°C. При такій температурі всі метали, які є в смітті, розплавляються і

осідають у рідкому стані на дні ванни під шаром рідкого шлаку. Метал по мірі його накопичення випускається через сифон в ківш і використовується у якості металургійної сировини. Рідкий шлак, в якому розчиняються всі мінеральні залишки сміття, періодично випускається через сифон і охолоджується. Додаючи додатково у піч вапняк, одержують шлак, який придатний для одержання будівельних матеріалів (литих шлакоблоків, цементу тощо). Шлак і відхідні гази з печі продуваються через спеціальні фурми повітрям або киснем. Це робиться для повного випалювання домішок. Горючі гази відводяться в паровий котел і служать для отримання електроенергії. Порохоподібні частинки, які містять кольорові метали, вловлюються, а їх концентрат використовується в кольоровій металургії для одержання відповідних сплавів. Після спалювання гази проходять очистку і викидаються в атмосферу. Оригінальність такої технології полягає не тільки в її безвідходності і екологічній чистоті, але і в зручності: в печі можна завантажувати будь-які відходи: і побутові, і промислові. Можна завантажувати рослинні залишки разом з відходами металообробки, окалиною, тирсою, обрізами, а також з залишками нафтопродуктів. Потужність одного агрегату складає від 10 до 200 тис. т відходів на рік.

## 7.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ.

1. Проаналізувати масштаби загально-державних збитків від недостатньої переробки твердих побутових відходів.

## 7.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Провести розрахунки можливого економічного ефекту від переробки і раціонального використання твердих побутових відходів в масштабах Кіровоградської області та загалом по Україні.

## 7.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яка середньорічна кількість побутових відходів припадає на мешканця України?
2. Які основні фактори спонукають до раціонального використання твердих побутових відходів?
3. Основні види продукції сучасних технологій переробки твердих побутових відходів.
4. Шляхи отримання кольорових металів із відходів.
5. Наведіть приклади доцільності отримання міді і паперу із відходів.
6. В чому полягає комплексна технологія переробки ТПВ?

7. Наведіть приклад сучасних установок з оригінальними технологіями переробки ТПВ.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропивний, О.В. Медведева, А.В. Кропивна, О.В.Кузик // Загальна редакція В.М.Кропивного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020,- с. 243.
- 2.Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи : навчальний посібник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Кватернюк С. М. та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 100 с.
- 3.Кожухар В.Я. Методи очистки та переробки викидів та відходів : навчальний посібник / В.Я. Кожухар, В.В. Брем, І.В. Дмитренко, Л.В. Тимошевська. Одеса: ОП, 2021. 222 с.
- 4.Управління та рекуперація відходів: навч. посіб. / С. В. Станкевич, Л.В. Головань, Є.М. Білецький та інш. – Х.: Видавництво Іванченка І. С., 2020. – 134 с.
- 5.Технологічні основи утилізації та рекуперації твердих промислових та побутових відходів : навчальний посібник (для студентів напряму 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», спеціальності 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища») / Рубан Е.В., Островка М.В., Куцька Н.Б., Соколенко Н.М., Будрик О.І. ; під загал. ред. проф. Попова Є.В. - Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2018.— 312 с.

#### Практичне заняття № 8

##### **Визначення типу відходів пластмас**

Мета роботи - ознайомитись з властивостями різних видів пластиків та можливістю їх ідентифікації на основі вивчених властивостей

#### 8.1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВВДОМОСТІ

За оцінками фахівців в структурі полімерних відходів 34 % складає поліетилен (плівка, пивні ящики, відра, піддони та інші вироби), 20,4 % - ПЕТФ (пляшки від різноманітних напоїв та інших рідин), 17 % - ламінований папір, 13,6 % - ПВХ (труби, плівка, панелі), 7,6 % - полістирол (корпуси електронної апаратури, одноразовий посуд), 7,4 % - поліпропілен (побутові вироби, корпуси акумуляторів, різноманітна тара). Більшість виробів, тари та пакування із пластичних мас тривалий час зберігають свої властивості і придатні для повторного використання. Однак сьогодні збирається та переробляється лише 20 % поліетилену, 17 % поліпропілену, 12 % ПЕТФ, 12 % полістиролу, 10 % ПВХ. Причому, промисловість здатна переробити в кілька разів більше вторинної

сировини, ніж її продукується сьогодні із відходів. Вторинна пластикова сировина сьогодні використовується практично в усіх галузях виробництва паралельно із більш якісною первинною сировиною. Із вторинних пластиків продукують елементи машин та механізмів, посуд, меблі та предмети інтер'єру, широкий перелік будівельних виробів, значні об'єми пакувальних матеріалів та тари, труби, полімерну черепицю та тротуарну плитку і багато іншого. Цей сегмент ринку вторинних матеріалів на сьогодні є досить перспективним і дозволяє не лише вирішити екологічні проблеми, а й отримати економічний зиск. При цьому чи не визначальною є стадія збору та класифікації відходів, оскільки саме вона визначає кількість та якість придатної для переробки продукції. І якщо для спалювання чи піролізу склад полімерних відходів не є критичним, то для виготовлення якісної вторинної продукції необхідно забезпечити відповідну якість вторинної сировини, що потребує значних додаткових затрат. Для ефективної переробки пластиків їх необхідно розділити за типом та кольором. Спростити розділення пластиків дозволяє маркування, котре наноситься на пластикові вироби. Найбільшого поширення набули знаки повторного чи багаторазового використання пакувальних матеріалів (рис. 4), застосування котрих регламентується вимогами спеціальної Директиви ЄС. Інколи в центрі знаків чи під ними додатково розміщують цифровий код або відповідний набір букв. При цьому пластики позначаються цифрами діапазону 1 – 19 включно, папір та картон – 20 – 39, метали – 40 – 49, деревина – 50 – 59, текстиль – 60 – 69, скло – 70 – 79. Окремі види пакувань із пластмас відповідають наступним кодам: 1 – ПЕТФ, 2 - ПЕНТ, 3 – ПВХ, 4 – ПЕВТ, 5 – ПП, 6 – ПС, 7 – інші полімери (рис. 4). Разом з тим, досить часто будь-які маркування на пластикових виробах відсутні. В цьому випадку для визначення типу пластиків використовують їх фізико-механічні властивості (таблиця 3). Як видно з таблиці, для ідентифікації пластиків можна використати такі їх властивості як щільність, розчинність, поведження у вогні та властивості охолоджених крапель. Метою лабораторної роботи є ознайомлення з властивостями різних видів пластиків та можливістю їх ідентифікації на основі вивчених властивостей.

#### Коди пластмас для вторинної переробки

Знак	Ідентифікатор матеріалу	Назва
------	-------------------------	-------







	ISO 1043 (97/129/EC)	Україна	
	1 PET	ПЕТФ	Поліетилентерефталат
	2 PEHD	ПЕНТ	Поліетилен низького тиску
	3 PVC	ПВХ	Полівінілхлорид
	4 PELD	ПЕВТ	Поліетилен високого тиску
	5 PP	ПП	Поліпропилен
	6 PS	ПС	Полістирол

Рис. 8.1. Маркування пакувань із різних видів пластиків

На першому етапі ідентифікації зразки шматків пластиків розділяють у водному середовищі. При цьому дві групи пластиків: ПЕНТ, ПЕВТ, ПП – спливають на поверхню; ПЕТФ, ПВХ, ПС, фторопласт – тонуть у воді. Першу групу ідентифікують шляхом аналізу охолоджених крапель. Для ПП краплі тверді та крихкі, тоді як для поліетилену характерні м'які краплі. Таким чином розділяють ПП та ПЕНТ і ПЕВТ. Для розділення пластиків другої групи використовують водні розчини NaCl відповідної щільності. Для відділення фторопласту використовують розчин щільністю 1,5 г/дм<sup>3</sup> і більше. Для відділення ПВХ використовують розчин із щільністю 1,37

г/дм<sup>3</sup>. Після розділення пластиків мокрим методом можливо під витяжною шафою впевнитися в правильності отриманих результатів шляхом аналізу поведження їх у вогні.

Таблиця 8.1

Властивості пластиків

Найменування	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Розчинність	Поведження у вогні	Застосування
Поліетилентерафталат	1,36	н/р	Полум'я з сильною кіптявою. При нагріванні покривається дрібними пухирцями, мутніє.	Пляшки
Поліетилен низького тиску	0,94	В органічних розчинниках	Горить синюватим полум'ям з оплавленням без кіптяви.	Тара, ящики, пакети
Полівінілхлорид	1,38 – 1,45	В чотирьоххлористому вуглеці та дихлоретані	Горить із кіптявою. При винесенні з полум'я затухає	Лінолеум, оболонка кабелю
Поліетилен високого тиску	0,91	В органічних розчинниках	Горить синюватим, світлим полум'ям з оплавленням	Тара, пляшки, іграшки, труби
Поліпропілен	0,9	В органічних розчинниках	При внесенні в полум'я горить яскраво.	Тканини, пакування, посуд, шприци
Полістирол	1,05 – 1,08	Добре розчиняється у с тиролі, ацетоні, бензолі	Горить яскравим полум'ям із кіптявою	Посуд, пакування, деталі побутових приладів
Фторопласт	2,09 – 2,28	н/р	Не горить, при сильному нагріванні – плавиться	Деталі механізмів, стержні, трубки, ізоляція

8.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ.

1. Описати фізико – хімічні властивості заданого викладачем виду пластика та можливості його ідентифікації на основі вивчених властивостей.
2. Описати технологію утилізації та принцип дії обладнання для ідентифікації заданого викладачем виду пластика.

8.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

1. Назва та мета роботи.
2. Привести аналіз напрямків використання утилізованих пластиків для

виробництва побутових виробів.

#### 8.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Означте основні види пластиків та їх позначення на виробках?
2. Які властивості пластиків можливо використовувати для їх ідентифікації?
3. Як приготувати розчин із визначеною щільністю?
4. Як розділити пластики, що мають щільність, менше ніж у води?
5. Які небезпечні речовини можуть утворюватися при спалюванні пластиків?
6. Як змінюється доля пластиків у твердих побутових відходах протягом останніх 15 років?

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник / В.М. Кропівний, О.В. Медведева, А.В. Кропівна, О.В.Кузик // Загальна редакція В.М.Кропівного. – Кропивницький: ЦНТУ, Електронне видання, 2020,- с. 243.
2. Мікульонок І. О. Обладнання і процеси переробки термопластичних матеріалів з використанням вторинної сировини: монографія. – К.: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2009. – 265 с.: іл. – Бібліогр.: с. 239–262.
3. Управління та поводження з відходами: Підручник/Т.П. Шаніна, О.Р. Губанова, М.О. Клименко, Т.А. Сафранов, В.Ю. Коріневська, О.О. Бедункова, А.І. Волков. За ред. Т.А.Сафранова, М.О. Клименка, -Одеса, 2011. - 258 с.