

УДК 502.37: 662.74 + 547.386

А. П. Ранський, д. х. н., проф.; Т. С. Тітов

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНА РЕАГЕНТНА ПЕРЕРОБКА СІРКОВУГЛЕЦЮ ГОЛОВНОЇ ФРАКЦІЇ КОКСОХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

У статті розглянуто технологічні особливості виділення головної фракції сирого бензолу на сучасних коксохімічних виробництвах, проведено огляд наявних методів переробки головної фракції та утилізації сірковуглецю, запропоновано реагентний метод вилучення сірковуглецю з утворенням солей N,N-діалкілдитіокарбамінових кислот та їхнє подальше перспективне практичне використання.

Ключові слова: коксохімічне виробництво, ректифікація, головна фракція сирого бензолу, утилізація, сірковуглець, дитіокарбамати, присадки.

Вступ

Інтенсивні газові викиди від підприємств металургійного комплексу на сьогодні є однією з найактуальніших техногенних проблем у нашій країні та у всьому світі. Коксохімічна промисловість України – невід’ємна частина металургійного комплексу, одна з галузей важкої промисловості, яка негативно впливає на навколишнє середовище, оскільки під час виробництва утворюється значна кількість високотоксичних органічних речовин. Крім цього, має місце утворення великої кількості вугільного пилу в процесі підготовки вугілля перед коксуванням. Так, під час збагачення рядового вугілля на коксохімічних заводах утворюється більш як 12 млн. т. відходів за рік, які містять значну кількість вугілля.

Важливим аспектом охорони довкілля під час діяльності коксохімічних підприємств є розроблення нових процесів і технологій, направлених на зменшення обсягів утворення відходів та реалізацію безвідходного коксохімічного виробництва [1].

У цій роботі нами проаналізовано наявні промислові методи переробки головної фракції сирого бензолу, які є досить матеріало- та енергоємними, а сам процес – пожежо- та вибухонебезпечним і супроводжується великими втратами сірковуглецю (до 30 %), бензолу, циклопентадієну, сировиною для отримання яких є такий невідновлюваний природний ресурс, як кам’яне вугілля. Потрапляючи в атмосферу, ці речовини завдають шкоди навколишньому середовищу внаслідок своєї високої токсичності [9].

Тому актуальним залишається питання раціональної з екологічного погляду переробки головної (або сірковуглецевої) фракції сирого бензолу та виділення, зокрема такого токсичного компонента, як сірковуглець, шляхом його хімічного модифікування з отриманням цінних хімічних продуктів, які отримують подальше використання в промисловості.

Утворення головної фракції сирого бензолу в процесі коксохімічного виробництва

Під час високотемпературного коксування вугільної шихти в коксовій камері поряд із коксом утворюються леткі хімічні продукти, що являють собою складну неоднорідну систему, до складу якої входять газо- та пароподібні речовини – продукти термічного розкладу кам’яного вугілля.

Основними леткими продуктами високотемпературного коксування є: коксовий газ, пірогенетична волога, нафталін, аміак, сірководень з іншими сірковмісними сполуками, ціаністі сполуки, ароматичні вуглеводні (сирий бензол), високотемпературна кам’яновугільна смола тощо [1].

На рис. 1 зображено спрощену технологічну схему процесу коксування вугілля з утворенням сірковуглецевої (головної) фракції.

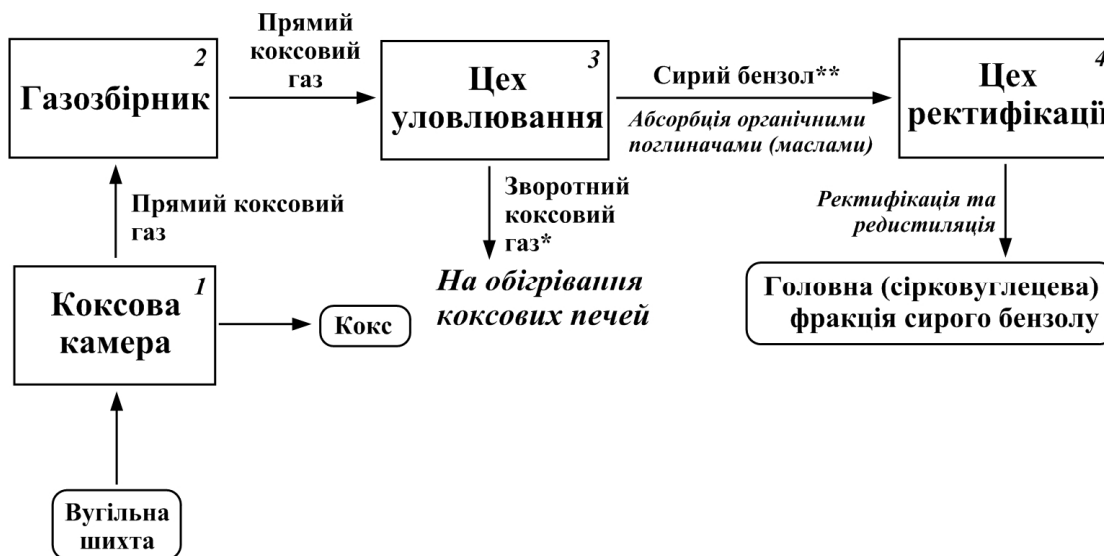


Рис. 1. Технологічна схема процесу утворення головної фракції сирого бензолу

Примітки: * – оборотний коксовий газ є сумішшю H_2 , CH_4 , CO , CO_2 , N_2 , O_2 , залишків H_2S , ароматичних та вуглеводнів ненасиченого ряду, незначної кількості оксидів азоту NO_x ;

** – до складу сирого бензолу входять бензол та його гомологи (80 – 90 %) з домішками ненасичених та сірковмісних сполук, фенолів, піридинових основ тощо.

Суміш паро- та газоподібних продуктів коксування, яка надходить у газозбірники із коксових камер, утворює так званий прямий коксовий газ. Вміст компонентів прямого коксового газу наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Вміст хімічних продуктів прямого коксового газу

| Компонент | Концентрація, $г/м^3$ |
|--|-----------------------|
| Пари води (піролізної та вологи шихти) | 250 – 450 |
| Пари смоли | 80 – 150 |
| Ароматичні вуглеводні | 30 – 40 |
| Аміак | 8-13 |
| Нафталін | до 10 |
| Сірководень | 6 – 40 |
| Ціановодень | 0,5 – 2,5 |

Крім вищезазначеного, до складу прямого коксового газу входять сірковуглець (CS_2), вуглецю сульфоксид (COS), тіофен (C_4H_4S) та його гомологи, легкі піридинові основи ($0,4 – 0,6 г/м^3$), феноли тощо.

Сирій бензол, який є багатокомпонентною системою, основні складники якої – однопіридинні ароматичні вуглеводні та різноманітні домішки, вилучають із прямого коксового газу абсорбцією органічними поглиначами (маслами).

Оскільки сирій бензол не отримує практичного застосування, він підлягає подальшій переробці в цеху ректифікації для отримання чистих продуктів. Як домішки в сирому бензолі містяться ненасичені та сірковмісні сполуки, феноли, піридинові основи тощо. Кількість різноманітних хімічних сполук, що є в сирому бензолі, досить значна. Більшість із них містяться у вкрай незначних кількостях і в чистому вигляді практичного значення не мають.

Основна маса сирого бензолу википає до $180\text{ }^\circ C$. Вище цієї температури киплять легкокиплячі відгони масла, яке поглинає, а також ненасичені сполуки, що містяться в сирому бензолі. Усі сполуки, що входять до складу сирого бензолу (відгін до $180\text{ }^\circ C$), умовно

поділяють на п'ять груп, вміст і склад яких наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Групи сполук низькокиплячої фракції сирого бензолу

| Група | Основні сполуки, що входять до складу групи | Вміст, % |
|---|--|------------------------------------|
| Ароматичні вуглеводні | бензол, толуол, диметилбензоли (ксилоли), етилбензол, триметилбензоли, етилтолуоли | 80 – 95 |
| Ненасичені сполуки | циклопентадієн, стирол, кумарон, інден з гомологами, циклогексен, метилциклогексен | 5 – 15 |
| Сірковмісні сполуки | сірководень, сірковуглець, тіофен, метилтіофен, диметилтіофени, триметилтіофени | 0,2 – 2,0 (у перерахунку на сірку) |
| Насичені вуглеводні жирного та гідроароматичного ряду | циклопентан, метилциклопентани, циклогексан, метилциклогексани, гептан, гексан | 0,3 – 2,0 |
| Решта | фенол, азотисті сполуки, нафталін | менше, ніж 1,0 |

Для очищення сирого бензолу та його фракцій від ненасичених і сірковмісних сполук у промисловості отримали застосування сірчаноокислотне очищення та каталітичне гідроочищення [1]. Незалежно від обраного методу очищення спочатку виділяють сірковуглецеву фракцію сирого бензолу, що зберігає смолоутворюючі ресурси для виробництва полімерних смол, дозволяє використовувати сірковуглецеву фракцію для отримання сірковуглецю та циклопентадієну [2].

У сучасній практиці переробки сирого бензолу широке застосування має напівбезперервна технологічна схема Гіпрококсу роздільної переробки двох бензолів – першого та другого. Відповідно до цієї схеми передбачено безперервний відбір сірковуглецевої (головної) фракції, чистих бензолу та толуолу, періодичну ректифікацію залишку, другого бензолу та сірковуглецевої фракції. Для реалізації цих завдань у цехах ректифікації є агрегати безперервної та періодичної дії, що складаються з ректифікаційних колон і конденсаторно-охолоджувальної апаратури, мірників і збірників продуктів процесу.

Виділення головної фракції з першого сирого бензолу є важливою технологічною операцією у всіх схемах переробки сирого бензолу, серед яких і в установках гідроочищення. Попереднє виділення сірковуглецевої фракції дозволяє відділити від бензол-толуол-ксилольної (або БТК) фракції сірковуглець, що не видаляється в процесі сірчаноокислотного очищення, значну кількість домішок насиченого характеру, а також основну масу циклопентадієну, що сприяє смолоутворенню під час сірчаноокислотного очищення.

Кількість сірковуглецевої (головної) фракції, що коливається в межах 2 – 3 % від першого бензолу, як і склад, залежить від умов ректифікації та складу вихідного сирого бензолу [1]. Згідно з даними хроматографічного контролю в таблиці 3 наведено усереднений склад сірковуглецевої фракції Ясинівського коксохімічного заводу (м. Макіївка).

Таблиця 3

Фізичні характеристики та склад сірковуглецевої (головної) фракції ЯКХЗ

| Назва фізичної характеристики чи компонента | Значення |
|---|---------------|
| Густина при 20 °С, $\rho_{\text{см}^3}$ | 0,93 – 0,98 |
| Розгонка, °С: | |
| початок кипіння..... | 30 – 38 |
| температура під час відгонки..... | 60 – 75 |
| Склад, % | |
| бензол..... | 24,00 – 40,63 |
| сірковуглець..... | 17,29 – 28,75 |
| тіофен..... | 5,96 – 6,91 |
| циклопентадієн..... | 5,48 – 12,98 |
| дициклопентадієн..... | 1,55 – 15,91 |
| сірководень, насичені вуглеводні, амілени та інші ненасичені сполуки..... | 10,12 – 30,42 |

Головна фракція, утворена шляхом напівбезперервної ректифікації сирого бензолу, є безбарвною прозорою рідиною з неприємним запахом, що з часом набуває жовтого забарвлення за рахунок окислення її складників.

Переробку сірковуглецевої фракції проводять методом термічної полімеризації, що ґрунтується на властивості циклопентадієну утворювати під час нагрівання дициклопентадієн, температура кипіння якого різко відрізняється від температур решти компонентів фракції. Дициклопентадієн, що утворюється, відділяють шляхом подальшої ректифікації.

Незважаючи на те, що з усіх сірковмісних сполук сирого бензолу промислове значення має лише сірковуглець, якщо його в сірковуглецевій фракції мало (менше, ніж 10 – 15 %), то її переробляють тільки для виділення дициклопентадієну та бензольної фракції [1].

Такий спосіб переробки головної фракції сирого бензолу має низку недоліків: значні витрати часу та енергії, використання громіздкого обладнання, великі втрати сірковуглецю під час самого процесу.

Іншим способом «утилізації» головної фракції є нераціональне та екологічно неприпустиме її спалювання як пального палива на різних промислових підприємствах.

Фізико-хімічні та токсикологічні характеристики сірковуглецю

Нарівні з тіофеном та його гомологами сірковуглець є основним представником сірковмісних сполук в сирому бензолі. При цьому з підвищенням температури коксування вміст цих сполук збільшується. За умов ретельної ректифікації, сірковуглець майже повністю концентрується в головній фракції [1].

Чистий сірковуглець – важка ($1,29 \text{ г/см}^3$) безбарвна рідина. Свіжоперегнаний сірковуглець має ефірний запах, але під час тривалого зберігання запах стає гострим, схожим на запах редьки. Основні фізико-хімічні характеристики цієї речовини наведено в таблиці 4 [3].

Таблиця 4

Основні фізико-хімічні характеристики чистого сірковуглецю

| Фізичні характеристики та одиниця виміру | Значення |
|--|------------------------------|
| Характеристика молекули CS_2 : структурна формула..... | $\text{S}=\text{C}=\text{S}$ |
| молярна маса, г/моль | 76 |
| Точки фазового переходу: температура плавлення, $^{\circ}\text{C}$ | -111,61 |
| температура твердження, | -116,8 |
| температура кипіння, $^{\circ}\text{C}$ | 46,25 |
| Термодинамічні та оптичні властивості (при 20°C): масова теплоємність c_p рідкого сірковуглецю, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ | 1000 |
| теплота випаровування при 0°C , $\text{Дж}/\text{г}$ | 374,7 |
| теплота плавлення, $\text{Дж}/\text{г}$ | 57,78 |
| теплота згорання (рідкого), $\text{кДж}/\text{моль}$ | 1075 |
| показник заломлення для D-лінії натрію ($\lambda = 589,3 \text{ нм}$)..... | 1,6276 |

Сірковуглець застосовують для отримання ксантогенатів целюлози в віскозному виробництві, дитіокарбонових кислот, для промислового синтезу CSCl_4 , як розчинник, екстрагент, вулканізувальний агент для каучуку та інсектицид (завдяки його особливій токсичності щодо нижчих тварин).

У промисловості сірковуглець отримують реакцією метану чи природного газу з парами сірки за наявності силікагелю при температурі $500 - 700^{\circ}\text{C}$ в камері з хромонікелевої сталі. Також сірковуглець отримують шляхом взаємодії деревного вугілля та парів сірки при $750 - 1000^{\circ}\text{C}$, виділяючи його дистиляцією [8].

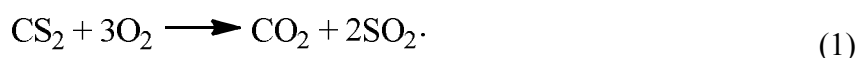
Незалежно від способу отримання сірковуглецю його виробництво належить до особливо небезпечних, що зумовлено високою токсичністю сірковуглецю (ГДК парів сірковуглецю у

виробничих приміщеннях у різних країнах складає від 1 до 10 – 60 $\text{мг}/\text{м}^3$, смертельна доза сірковуглецю складає $10 \text{ г}/\text{м}^3$, а також високою пожежною небезпекою сірковуглецю, що має дуже низьку температуру спалаху та самозаймання ($236 \text{ }^\circ\text{C}$), здатністю сірковуглецю електризуватись, утворювати вибухонебезпечні суміші з киснем повітря в широких межах концентрацій. Пари сірковуглецю призводять переважно до уражень нервової системи, а довготривала робота в атмосфері із перевищенням ГДК парів сірковуглецю може призвести до хронічних отруєнь, що проявляються в різноманітних формах нервових та психічних розладів [3].

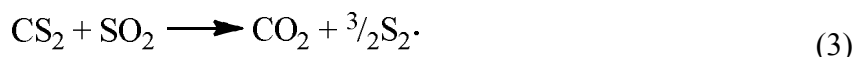
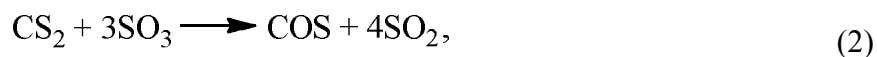
Методи утилізації сірковуглецю головної фракції коксохімічних виробництв

Оскільки сірковуглець є надзвичайно отруйним та легко самозаймається, його виділення із головної фракції в чистому вигляді пов'язане з пожежо- та вибухонебезпечністю.

Для знешкодження сірковуглецю, що міститься в головній фракції, практикують його спалювання в складі пічного палива:



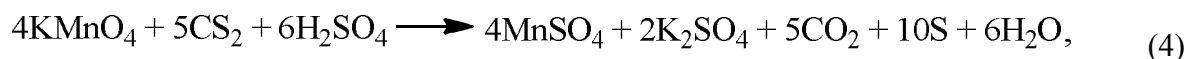
За недостатньої кількості кисню можливе утворення CS, COS та парів сірки, а також перебіг побічних реакцій:



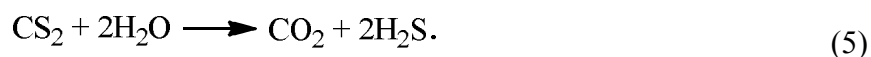
Отже, у результаті спалювання сірковуглецю утворюється велика кількість високотоксичних сполук Сульфору.

Більш прийнятними методами знешкодження сірковуглецю є такі:

а) окислення перманганатом калію під час нагрівання з утворенням сульфатів двох металів та елементної сірки:



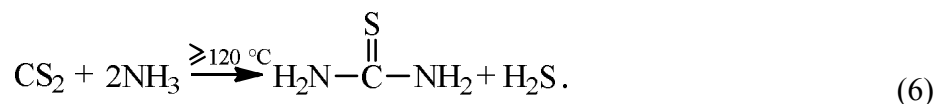
б) гідроліз сірковуглецю водяною парою при температурі $400 - 450 \text{ }^\circ\text{C}$:



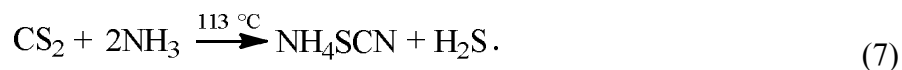
Проте в такому разі утворюється високотоксичний сірководень [4].

Як реагент для виділення сірковуглецю із головної фракції було випробувано водний розчин аміаку [5]. Аміак є відносно недорогим та доступним реагентом, що може вибірково взаємодіяти з сірковуглецем головної фракції. Отримані під час взаємодії сірковуглецю з аміаком сполуки можуть бути використані для виробництва важливих і цінних хімічних продуктів.

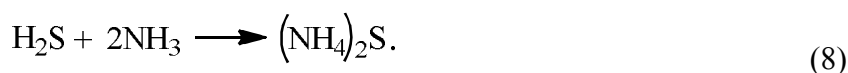
Залежно від температури хімізм процесу взаємодії сірковуглецю з аміаком можна проілюструвати такими реакціями:



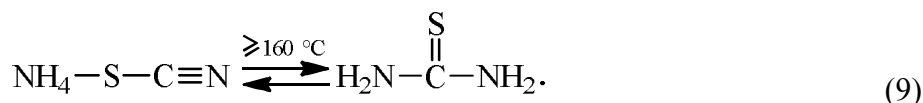
Це та наступне хімічне рівняння (7) є сумарними. Одним із проміжних продуктів реакції (6) є дитіокарбамат амонію.



При цьому для зв'язування сірководню, що виділяється, потрібен надлишок аміаку [9]:

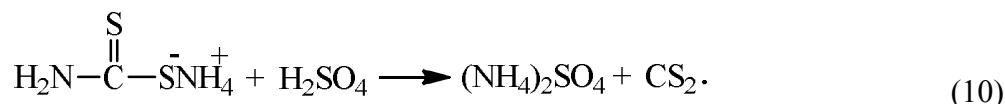


Роданід амонію ізомеризується в тиосечовину за такою схемою:



Відповідно до наведених реакцій під час взаємодії сірковуглецю з аміаком можна отримати роданід амонію, тиосечовину, солі дитіокарбамінової кислоти.

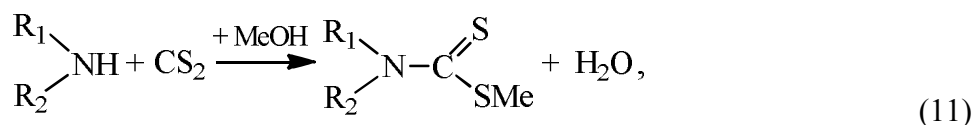
Кислотний розклад дитіокарбамату амонію, що реалізується за звичайних умов, дозволяє регенерувати сірковуглець:



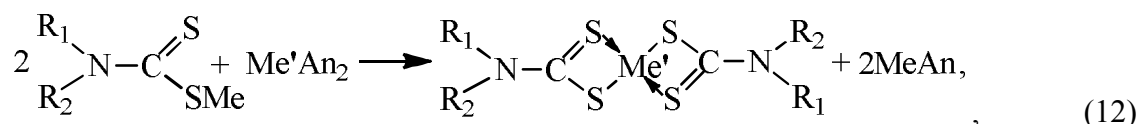
Отже, стає можливою реалізація технології виділення чистого сірковуглецю з головної фракції у вигляді готового продукту [5]. Однак, на наш погляд, цю технологію складно реалізувати в реальних (промислових) умовах.

Утилізація сірковуглецю шляхом утворення N,N-діалкілдитіокарбаматів металів

Зважаючи на те, що виділення сірковуглецю в чистому вигляді несе еколого-техногенну небезпеку, було розроблено двостадійну (однореакторну) технологію утилізації сірковуглецю в складі сірковуглецевої фракції, під час якої утворюються солі N,N-діалкілдитіокарбамінової кислоти із сірковуглецю головної фракції без виділення чи концентрування останнього [6 – 7]:



де $\text{R}_1 = \text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5, \text{C}_3\text{H}_7, \text{C}_4\text{H}_9$; $\text{R}_2 = \text{H}, \text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5, \text{C}_3\text{H}_7, \text{C}_4\text{H}_9$, $\text{Me} = \text{K}^+, \text{Na}^+, \text{NH}_4^+$, R_1NH_3^+ та подальше їхнє перетворення у відповідні N,N-діалкілдитіокарбамати деяких s-, p- та d-металів за схемою:



де $\text{Me}' = \text{Cu}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}$;

$\text{An} = \text{Cl}^-, \text{NO}_3^-, \frac{1}{2}\text{SO}_4^{2-}$.

Фізико-хімічні характеристики отриманих сполук наведено в таблицях 5, 6.

Таблиця 5

Фізико-хімічні характеристики діалкілдитіокарбаматів загальної формули $\text{R}^1\text{R}^2\text{NC}(=\text{S})\text{SMe}$

| № спол. | Замісники | | Катіон Me^+ | Молекул. маса | Брутто-формула | $T_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$ | Вихід, % |
|---------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------|---|----------------------------------|----------|
| 1 | CH_3 | CH_3 | Na | 143 | $\text{C}_3\text{H}_6\text{S}_2\text{NNa}$ | 438* | 85 |
| 2 | C_2H_5 | C_2H_5 | Na | 171 | $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{S}_2\text{NNa}$ | 93-95 | 81 |
| 3 | C_3H_7 | C_3H_7 | Na | 199 | $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{S}_2\text{NNa}$ | 54-59 | 95 |
| 4 | C_4H_9 | C_4H_9 | Na | 227 | $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{S}_2\text{NNa}$ | 39-40 | 92 |
| 5 | C_2H_5 | H | $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3$ | 166 | $\text{C}_5\text{H}_{14}\text{S}_2\text{N}_2$ | 38-42 | 90 |

Примітка: * – температура самозаймання.

Таблиця 6

Фізико-хімічні характеристики N,N-діалкілдитіокарбаматів загальної формули Me'L₂*

| Групи металів відносно положення в ПС** | Загальна формула метал-хелату | Брутто-формула | Вихід % | T _{пл.} (з розкл.), °C | Колір сполуки | Мол. маса | Вираховано, % | | Знайдено, % | |
|---|---|---|-----------|---------------------------------|---------------|-----------|---------------|-------|-------------|-------|
| | | | | | | | N | Me' | N | Me' |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| s-метали | MgL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Mg | 41,8 | > 260 | білий | 264 | 10,58 | 9,18 | 10,06 | 8,95 |
| | CaL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Ca | 40,3 | > 300 | білий | 280 | 9,99 | 14,29 | 9,58 | 14,07 |
| | SrL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Sr | 35,6 | > 310 | білий | 328 | 8,54 | 26,71 | 8,17 | 26,20 |
| | BaL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Ba | 36,4 | > 280 | білий | 377 | 7,42 | 36,35 | 7,14 | 36,02 |
| p-метали | SnL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Sn | 85,3 | 152 – 160 | жовтий | 359 | 7,80 | 33,06 | 7,34 | 32,91 |
| | PbL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Pb | 72,6 | 170 – 180 | світло-сірий | 447 | 6,26 | 46,29 | 5,88 | 45,81 |
| d-метали | CuL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Cu | 95,4 | 185 – 200 | коричневий | 304 | 9,22 | 20,91 | 8,89 | 20,54 |
| | ZnL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Zn | 88,8 | 254 – 257 | білий | 305 | 9,16 | 21,38 | 8,66 | 21,27 |
| | CdL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Cd | 83,9 | > 325 | світло-жовтий | 352 | 7,94 | 31,86 | 7,43 | 31,48 |
| | HgL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Hg | 76,9 | 160 – 171 | сірий | 441 | 6,35 | 45,48 | 6,02 | 44,95 |
| | MnL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Mn | 82,8 | 175 – 190 | жовто-сірий | 295 | 9,49 | 18,60 | 9,09 | 18,14 |
| | FeL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Fe | 92,4 | 175 – 180 | чорний | 296 | 9,46 | 18,85 | 8,97 | 18,37 |
| | CoL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Co | 83,5 | 260 – 275 | зелений | 299 | 9,36 | 19,69 | 9,24 | 19,20 |
| NiL ₂ | C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Ni | 96,2 | 270 – 285 | світло-зелений | 299 | 9,37 | 19,62 | 9,03 | 19,25 | |

Примітки: * – умовне позначення органічного ліганду L: (CH₃)₂NC(=S)S⁻;

** – прийняте скорочення: ПС – періодична система хімічних елементів.

Практичне застосування отриманих продуктів хімічного зв'язування сірковуглецю

Було встановлено, що діалкілдитіокарбамати використовують як присадки до індустриальних олив, які мають протизносні, протизадирні, антиокислювальні та антикорозійні властивості, завдяки одночасній наявності в їхніх структурах таких елементів, як Сульфур і Нітроген. Сумісна наявність цих елементів забезпечує оливам кращі антиокислювальні та протикорозійні властивості порівняно зі сполуками, що містять окремо Сульфур або Нітроген.

Діалкілдитіокарбамати металів загальної формули [R¹R²NC(=S)S]_nMe', де Alk: R₁ = R₂, R₁ ≠ R₂, гетероциклічний радикал; Me' = Zn, Cd, Ni, Co, As, Bi, Sb, Se, Ba, Mg; x = 2, 3, завдяки їхнім високим протикорозійним властивостям, використовують у моторних оливах, що працюють при підвищених температурах.

Практичне застосування таких сполук отримала присадка Ванлюб-61 (Ванлюб-AZ), яка складається із 50 % мас. діалкілдитіокарбаматів металів (Cd, Zn) у моторній оливі, а також присадка S-6852 – діалкілдитіокарбамат барію [10].

Інші вчені пропонують використовувати як антиокислювальні присадки до олив дитіокарбамати загальної формули R¹R²NC(=S)S R³, де R₁ = R₂ = алкіл, циклоалкіл, арил чи гідроксилвмісні вуглеводневі радикали; насичені та ненасичені N,O-вмісні гетероциклічні радикали; R₃ – полібутеновий радикал із середньою молекулярною масою меншою за 1500 [11].

Дитіокарбамати мають також цінні аналітичні властивості, що дозволяє застосовувати їх як реагенти різного цільового призначення, а висока реакційна здатність і відносна простота синтезу зумовлюють їхнє широке використання в органічному синтезі, флотації під час збагачення, вулканізації каучуку, у медицині та біології як протектори радіаційного захисту (дитіокарбамати рідкоземельних металів), а також як вихідні сполуки під час синтезу ХЗЗР [12].

Висновки

1. Розглянуто технологічні особливості виділення головної фракції сирого бензолу на сучасних коксохімічних виробництвах, а також наведено склад і фізико-хімічні характеристики головної фракції сирого бензолу, що містить високотоксичний сірковуглець.
2. Проведено огляд основних методів переробки головної фракції та утилізації сірковуглецю, показано їхні переваги та недоліки.
3. Розглянуто реагентний метод вилучення сірковуглецю з утворенням N,N-діалкілдитіокарбаматів.
4. Розглянуто можливість практичного використання металічних солей і похідних діалкілдитіокарбамінових кислот у різних галузях промислового виробництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лейбович Р. Е. Технология коксохимического производства / Р. Е. Лейбович, Е. И. Яковлева, А. Б. Филатов. – М. : Металлургия, 1982. – 360 с.
2. Коляндра Л. Я. Новые способы переработки сырого бензола / Л. Я. Коляндра. – М. : Металлургия, 1976. – 192 с.
3. Пеликс А. А. Химия и технология сероуглерода / А. А. Пеликс, Б. С. Аранович, Е. А. Петров, Р. В. Котомкина. – Л. : Химия, 1986. – 224 с.
4. Получение дитиокарбаматов металлов при обезвреживании сероуглерода, образующегося на коксохимических предприятиях Украины / О. В. Резниченко, М. В. Евсеева, А. П. Ранский [и др.] // Сотрудничество для решения проблемы отходов : 7-я Международная конф., 8 – 9 апреля 2010 г. : тезисы докл. – Харьков, 2010. – Режим доступа до матеріалів конференції: <http://waste.ua/cooperation/2010/theses/reznichenko.html>
5. Физико-химические основы извлечения сероуглерода из головной фракции сырого бензола химическим методом / И. Г. Крутько, А. В. Кипря, В. А. Колбаса [и др.] // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Хімія і хімічна технологія. – 2010. – Випуск 14. – Режим доступа до журн.: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Npdntu/Chim/2010_14/Krutko.pdf
6. Пат. 43463 Україна, МПК⁹ С 01 В 21/00. Спосіб очищення бензольної фракції коксохімічного виробництва від сірковуглецю / Ранський А. П., Лук'яненко В. В., Лук'яненко А. В., Боднарчук В. М.; заявник та патентовласник Ранський А. П., Лук'яненко В. В., Лук'яненко А. В., Боднарчук В. М. – № u200811294 ; заявл. 18.09.2008 ; опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16.
7. Пат. 43462 Україна, МПК⁹ С 01 В 21/00. Спосіб очищення бензольної фракції коксохімічного виробництва від сірковуглецю / Ранський А. П., Лук'яненко В. В., Лук'яненко А. В., Боднарчук В. М.; заявник та патентовласник Ранський А. П., Лук'яненко В. В., Лук'яненко А. В., Боднарчук В. М. – № u200811292 ; заявл. 18.09.2008 ; опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16.
8. Химическая энциклопедия: в 6 т. / [под ред. Зефирова Н.С.] – М.: Большая Российская энциклопедия, 1988. – Т. 4. – 1995. – С. 654.
9. Крутько И. Г. Извлечение сероуглерода из головной фракции сырого бензола раствором аммиака. Состав и свойства органической и водной фаз / И. Г. Крутько, А. В. Кипря, А. С. Комаров // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Хімія і хімічна технологія. – 2011. Випуск 17. – С. 167 – 171.
10. Присадки к смазочным маслам. Труды ИХП АН АЗССР. – Баку : Изд. АН АЗССР, 1967. – Вып. 1. – 298 с.
11. Pat. 3399041 Unites States Patent. IPO C07C 323/25. Stabilization of hydrocarbon lubricating oils, greases and fuels / Leo J. McCabe. Claimer and patent holder MOBIL OIL CORP. – № 522044 ; claimed 21.01.66; published 27.08.68.
12. Бырько В. М. Дитиокарбаматы (Аналитические реагенты): монография / В. М. Бырько – М. : Химия, 1984. – 342 с.

Ранський Анатолій Петрович – д. х. н., професор, завідувач кафедри хімії та хімічної технології, тел. (0432) 65-97-27, e-mail: ranskiy@mail.ru.

Тимов Тарас Сергійович – аспірант кафедри хімії та хімічної технології, тел. (0432) 50-48-09, e-mail: tarastitov@rambler.ru.

Вінницький національний технічний університет.