

*О.Б. Горностай, канд. техн. наук
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ОТРИМАННЯ НІКЕЛЕВОГО ПОРОШКУ

Досліджено, що отримання цінного продукту у вигляді нікелевого порошку із вторинної сировини є економічно та екологічно вмотивованим. Проте існує певна небезпека виникнення ряду професійних захворювань. Показано, що одержані порошки є середньої дисперсності, які можна механічно подрібнити до дрібнодисперсного стану. Такі порошки краще підходять для технологічних процесів, однак їх вплив на здоров'я працівника більш небезпечний, оскільки виникає загроза виникнення: захворювання органів дихання, порушення центральної нервової системи, гастритів, порушення антитоксичної функції печінки, „нікелевої екземи” та „нікелевого свербіння” тощо. Необхідно передбачити засоби протипожежного захисту – наявність системи оповіщення, первинні засоби пожежогасіння.

Ключові слова: пожежна безпека, охорона праці, безпека виробництва, нікелеві порошки, професійні захворювання.

О. Б. Горностай

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ ПО ПОЛУЧЕНИЮ НИКЕЛЕВОГО ПОРОШКА

Доказано, что получение ценного продукта в виде никелевого порошка из вторичного сырья является экономически и экологически мотивированным. Однако существует определенная опасность возникновения ряда профессиональных заболеваний. Показано, что полученные порошки средней дисперсности, которые можно механически измельчить до мелкодисперсного состояния. Такие порошки лучше подходят для технологических процессов, однако их влияние на здоровье работника более опасно, так как возникает угроза возникновения: заболевания органов дыхания, нарушения центральной нервной системы, гастриты, нарушения антитоксической функции печени, "никелевой экземы" и "никелевого зуда" и т.д. Для предотвращения их появления необходимо предусмотреть ряд мер для безопасного ведения такого вида работ. Необходимо предусмотреть средства противопожарной защиты – наличие системы оповещения, средства пожаротушения.

Ключевые слова: пожарная безопасность, охрана труда, безопасность производства, никелевые порошки, профессиональные заболевания.

О. В. Gornostaj

FIRE SAFETY PROVISION WHILE WORKING WITH NICKEL POWDER

According to different researches producing of valuable product which is nickel powder synthesized from recycled materials is economically and ecologically motivated. However, there is certain risk of industrial diseases contraction. It is shown that the obtained powder is formed of medium dispersion and can be mechanically comminuted.. This powder suits better to manufacturing processes, but its impact on the health of the worker is dangerous because there is a threat of respiratory diseases, disorders of the central nervous system, gastritis, violation of antitoxic function of the liver, "nickel eczema" and "nickel itch" etc. To prevent the contraction of these diseases a number of measures should be taken in order to provide the safe conduct of this kind of work.

Keywords: fire safety, professional safety, industrial safety, nickel powder, industrial diseases.

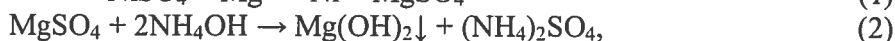
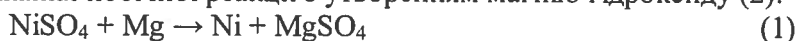
Постановка проблеми. Сучасний стан української промисловості змушує підприємців шукати альтернативні способи забезпечення своїх підприємств необхідною сировинною базою. Для здешевлення продукції доцільно використовувати вторинну сировину. Наявність нікелевої сировини в Україні є обмеженою, проте з кожним роком збільшується кількість відходів, які містять цей цінний метал. Великі обсяги твердих відходів, які містять порівняно невелику кількість нікелю, знаходяться у відпрацьованій комп'ютерній техніці, відпрацьованих лужних акумуляторах та каталізаторах. Окрім того, нікель належить до високовартісних і водночас токсичних металів, тому регенерація його з промислових відходів і вторинної сировини є дуже важливим завданням, вирішення якого дасть змогу уникнути дефіциту цього металу і значно оздоровити довкілля. Проте виконання цієї роботи потребує дотримання особливих вимог з пожежної безпеки та охорони праці.

Відомо, що за даними Держкомстату України, в країні кожен четвертий (24,7%) працює в умовах, які не відповідають санітарно-гігієнічним нормативам та вимогам пожежної безпеки тощо.

Необхідно враховувати специфічні вимоги пожежної безпеки при зберіганні твердих горючих матеріалів: у складах речовини і матеріали зберігають на стелажах; між стелажми мають бути проходи шириною не менше 0,8 м; проходи і місця штабельного зберігання в складах мають бути позначені на підлозі обмежувальними лініями; при розміщенні матеріалів у складі мають враховуватися сумісність зберігання і однорідність вогнегасних засобів; несумісні речовини і матеріали мають зберігатися роздільно.

Окрім вимоги передбачені для працівників, які відповідальні за зберігання і використання пожеженебезпечних речовин (магнію і нікелевого порошку): повинні знати: вимоги пожежної безпеки; правила безпечного зберігання хімічних речовин і реактивів; особливості їх гасіння. Під час прийняття на роботу та за місцем праці персонал складу хімічних речовин зобов'язаний пройти інструктаж з питань пожежної безпеки, повинні пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум) і щороку — перевірку знань.

Аналіз останніх досліджень та публікацій з цієї теми. Вилучення з відходів цінного нікелю може здійснюватись гідрометалургійним способом, а також з допомогою контактного осадження металів [1,2]. Встановлено, що процес контактного осадження нікелю доцільно проводити на магнії. Реакції контактного осадження нікелю відбуваються за рівнянням реакції (1), а також відбувається протікання побічної реакції з утворенням магнію гідроксиду (2).



Розрахувавши ступені вилучення Ni^{2+} з розчину як відношення кількості вилученого нікелю до його початкового вмісту в розчині, та обчисливши значення константи швидкості реакції (табл. 1), встановили, що її різке зростання в межах зміни значення критерію Рейнольдса 2640... 7520 можна пояснити як збільшенням коефіцієнта дифузії іонів нікелю до поверхні магнію, так і зменшенням товщини ламінарної приграничної плівки розчину на поверхні магнію. В умовах турбулентного режиму перемішування за $\text{Re}_{\text{відц}} > 7520$ константа швидкості не змінюється, що може зумовлюватися тим, що дифузія перестає лімітувати процес контактного осадження нікелю, а найповільнішою стає стадія хімічної побудови кристалічної ґратки.

Ця технологія є простою, економічно доцільною та технологічно ефективною оскільки дає змогу одночасно отримати три товарних продукти (нікелевий порошок, магнію оксид і сіль Туттона).

Таблиця 1

Зміна константи швидкості процесу в різних гідродинамічних умовах

Відцентровий критерій Рейнольда $\text{Re}_{\text{відц}}$	Константа швидкості $k, \frac{1}{\text{хв} \cdot \text{л}^2}$
2640	0,041
7520	0,207

Метою цього дослідження є встановлення дотримання правил пожежної безпеки при отриманні нікелевого порошку та його впливу на здоров'я працівників.

Виклад основного матеріалу

Дільниця перероблення нікельвмісних розчинів, згідно з нормами технологічного проектування ОНТП 24-86, за вибухопожежною та пожежною небезпекою належить категорії "В", оскільки як початкова речовина використовується магнієва стружка, яка здатна при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним горіти за умови, що приміщення, в яких вони містяться (використовуються), не належать до категорій А та Б.

Відповідно до цього, вибираємо I ступінь вогнестійкості будівлі, згідно з державними будівельними нормами ДБН В.1.1-7-2002. Відповідно до ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила будови електроустановок», приміщення належить до класу 2.

У випадку, якщо у вибухонебезпечних зонах розташоване вибухобезпечне обладнання, то його пускачі необхідно виносити за межі вибухонебезпечних зон. Електропроводка у таких приміщеннях має бути захищена металевими захисними корпусами. Світильники, що використовуються, повинні бути оснащені спеціальним захистом.

У всіх будівлях і спорудах на випадок пожежі має бути передбачена й забезпечена евакуація людей з приміщень, через евакуаційні виходи. Кількість яких залежить від розміру приміщення.

Оскільки у цьому процесі використовується магній (у вигляді стружки), як металцементатор, то дотримання правил пожежної безпеки є першочерговим. Стружку магнію слід збирати в спеціальну закриту або герметичну тару, що має відповідний напис і встановлювану на відстані не менше 6 м від устаткування; прибирання робочих місць від магнієвої стружки необхідно проводити так щоб виключити появу пилу; забороняється змішувати відходи магнієвих сплавів з відходами інших металів. Спецодяг працюючих із магнієвою стружкою необхідно систематично очищати від осідаючого магнієвого пилу, приміщення провітрювати. Магнієву стружку слід зберігати у сухих приміщеннях вологість у яких не повинна перевищувати 35-40%.

Неправильне зберігання та використання речовин може викликати пожежу і підсилювати небезпечні чинники пожежі. Для виключення таких проявів мають враховуватися сумісність зберігання речовин і однорідність засобів гасіння. Речовини і матеріали можуть бути сумісними або несумісними один з одним при зберіганні. Магній та нікелевий порошок – належить до небезпечних речовин, які можуть призвести до вибуху і пожежі.

У приміщеннях де зберігаються кислоти повинні бути нейтралізуючі речовини (сода, крейда чи вапно). Магнієва стружка та нікелевий порошок здатні самозайматись, тому повинні зберігатись в окремих герметично закритих ємностях. У таких відсіках зберігання інших горючих матеріалів забороняється.

Під час роботи слід використовувати засоби індивідуального захисту у вигляді: Респіратор "Астра-2", "Пелюсток", рукавички, захисні окуляри. У випадку надзвичайної ситуації необхідно: ізолювати небезпечну зону в радіусі 200 м і не допускати сторонніх, в зону аварії входити тільки в дихальному апараті, дотримуватись заходів пожежної безпеки. Для гасіння пожежі використовувати сухий пісок, суху землю, вогнегасники на основі порошкових складників (ПС-1, ПС-2) [3].

Можливі причини пожежі: порушення процесу та правил пожежної безпеки, несправність обладнання, коротке замикання, самозаймисті матеріали та інше.

Загальновизнаним [4] є те, що інтенсивність перемішування впливає на фізико-хімічні властивості отриманого порошку, зокрема, на його форму і розміри. Переважно із зростанням турбулізації середовища розмір частинок продукту зменшується, а їх форма стає неправильною, що пояснюється як збільшенням швидкості зародкоутворення, так і механічним руйнуванням утворених агломератів.

Дійсно, і в наших дослідженнях за високої інтенсивності перемішування утворюється більш дисперсний порошок (рис.1 в) порівняно з порошками, осадженими за нижчих швидкостей обертання мішалки (рис.1 а і б), що цілком відповідає вищезгаданім загальною визначенням.

При цьому зовнішній вигляд агломератів частинок нікелю в дослідженому діапазоні зміни інтенсивності перемішування реакційного середовища не змінюються.

Мікрофотографія при більшому збільшенні мікроскопа (рис.2) підтверджує те, що утворені агломерати з окремих частинок нікелю не є стійкими, за високої інтенсивності перемішування легко руйнуються, внаслідок чого утворюються більш дисперсні частинки.

Їх фізико-хімічні властивості (розмір частинок, насипна густина, текучість тощо) оцінювали за методиками, визначеними діючими стандартами і технічними умовами. Одержані дані свідчать, що більшість частинок отриманого порошку мають розмір від 250 до 63 мкм, отже, згідно з класифікацією [5], порошок належить до середньої дисперсності (від 10 до 200 мкм). Експериментально встановлено, що насипна густина отриманого порошку – дорівнює $1,62 \text{ г/см}^3$. Одержаний нікелевий порошок повністю відповідає вимогам ГОСТ 9722-97 до марки ПНЭ-2, насипна густина якого повинна бути не більшою за 5 г/см^3 .

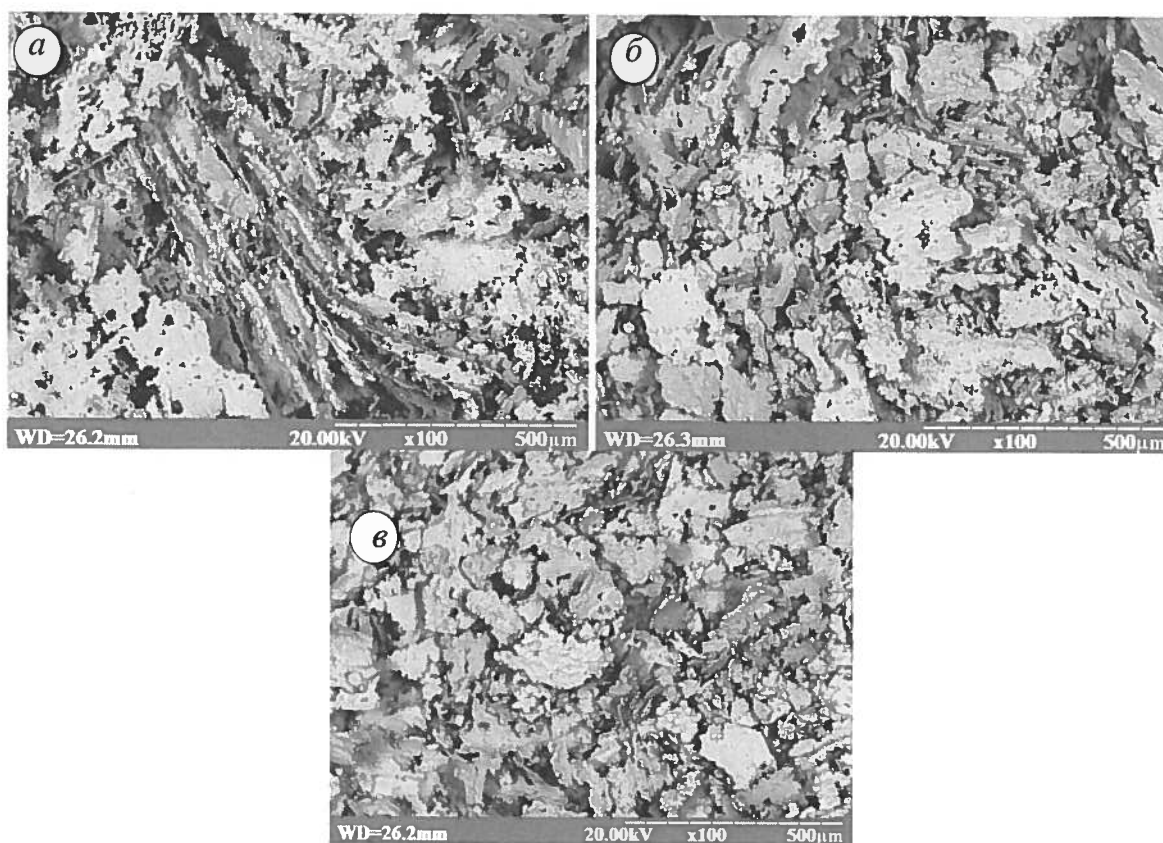


Рисунок 1 – Мікрофотографії (збільшення 100 разів) порошоків нікелю, осадженого за різної швидкості обертів мішалки ($1/\omega$) ($Re_{відп}$): а – 70 ($Re_{відп} = 2640$); б – 200 ($Re_{відп} = 7520$); в – 320 ($Re_{відп} = 12050$)

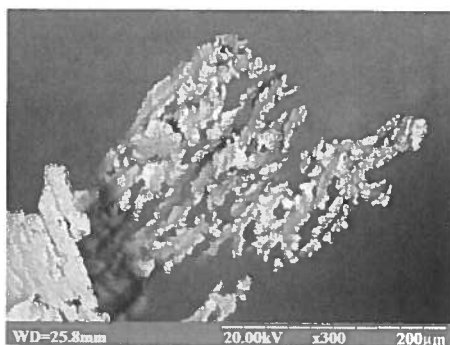


Рисунок 2 – Мікрофотографії (збільшення 300 разів) порошків нікелю, осадженого за швидкості обертів мішалки 320 1 хв ($Re_{відц} = 12050$)

Як показують мікрофотографії різних фракцій порошку (рис. 3), усі частинки мають сферичну форму незалежно від розміру фракції.

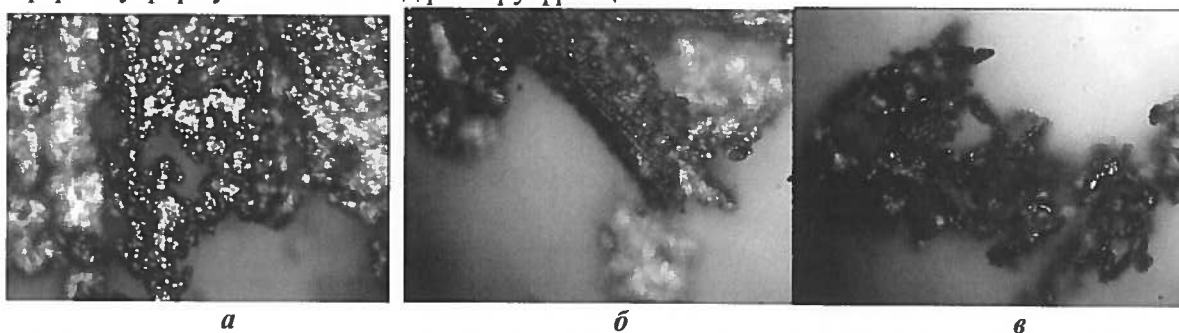


Рисунок 3 – Мікрофотографії (збільшення в 200 разів) різних фракцій порошку нікелю (мкм): а – ≥ 250 ; б – ≥ 63 ; в – ≤ 63

Аналізуючи форму одержаних порошків нікелю, бачимо, що в процесі контактного осадження первинні кулясті частинки утворюють компактні агломерати різних розмірів і форми. Очевидно, що спочатку з окремих кулястих частинок утворюються агломерати кулястої форми, які ростуть у різних напрямках, утворюючи розгалуження, унаслідок чого формується компактний осад. Агломерати, утворені первинними частинками нікелю, мають невисоку міцність, тому досить легко руйнуються внаслідок розтирання одержаного нікелевого порошку. Отже, одержані порошки середньої дисперсності можна механічно подрібнити до дрібнодисперсного стану. Проте, якщо дрібнодисперсні порошки для промисловості є більш технологічно важливими, то їх вплив на здоров'я працівника є більш небезпечними.

Відомо [6], що, нікелевий порошок відноситься до 1-го класу небезпеки - надзвичайно небезпечні речовини (ГДК менше $0,05 \text{ мг/м}^3$). При вмісті у вихідному продукті нікелю 72% та концентрації його в повітрі $16-560 \text{ мг/м}^3$ виявлено відсутність чи зниження відчуттів у працюючих. За концентрації нікелю $10-70 \text{ мг/м}^3$ та стажу роботи працівників 8 років і більше з'являється підвищений рівень білка в сечі, а при стажі роботи понад 10 років 84 % працівників скаржились на головний біль, запаморочення, дратівливість, зниження апетиту, задуху. Часто спостерігались зниження тиску, функціональні порушення центральної нервової системи, гастрити, порушення антитоксичної функції печінки, лімфо- і моноцитоз. Схожі симптоми виявлено і при отруєнні NiSO_4 , який також використовується у цьому процесі. Спостерігались також часті носові кровотечі, зміни слизової оболонки носа, сірий наліт на краю ясен, темний наліт на язиці (за концентрації NiSO_4 $0,2-70 \text{ мг/м}^3$). Відомі також випадки виникнення бронхіальної астми. За підвищеного вмісту нікелю в повітрі спостерігаються прояви анемії, ретикулоцитозу, а також зниження кислотності шлункового соку.

Небезпека пов'язана ще і з проникненням нікелю в клітини організму людини, де він викликає порушення ферментних й обмінних процесів, внаслідок яких, можливо, утворюються канцерогенні продукти. Нікель зв'язується з РНК, дещо менше з ДНК, викликаючи порушення структури і функцій нуклеїнових кислот. У працюючих з нікелем і його солями ризик захворювання раком легень в 5 разів, а раком носа - в 150 разів перевищує нормальну частоту цих захворювань. Часто діагностують рак шлунка, спостерігаються „нікелева екзема” та „нікелеве свербіння”. Окрім того професійні нікелеві дерматити становлять 11-15% від усіх професійних захворювань шкіри. Цей метал і його сполуки – сильні сенсibilізатори, що викликають алергічні ураження.

Із шлунково-кишкового тракту всмоктуються не тільки солі, але і високодисперсний метал. У крові нікель утворює комплекс з білками плазми – нікелоплазмін. Виведення здійснюється через нирки і шлунково-кишковий тракт. Вміст солей нікелю у вигляді гідроаерозолу (в перерахунку на Ni) не повинен перевищувати 0,0005 мг/м³.

Тому під час виконання такого роду робіт обов'язково необхідно: використовувати засоби індивідуального захисту (респіратори ізолюючі, рукавички, щоб максимально зменшити контакт сполук нікелю зі шкірою); застосовувати захисну пасту ІЕР-2, ланолінокасторову мазь, змазувати шкіру рук 10%-им розчином диетилтіокарбамату чи диметилглюксиму, мазь з ЕДТА. Досить ефективними є захисні засоби, що регулюють проникність шкіри, які нормалізують рН поверхні шкіри і мають здатність утворювати комплекси. Також слід проводити попередні і періодичні медичні огляди один раз на 12 місяців, контрольні огляди у дерматолога (один раз на 6 місяців), отоларинголога (при роботі з NiSO₄) – один раз на місяць. Рекомендується проведення тестів шкіри при прийманні на такий вид робіт, а при проведенні медичних оглядів рекомендується проходити рентгенографію порожнин носа.

Згідно з [7], нікелевий порошок не горючий, температура самозаймання 470 °С, пожежо- і вибухонебезпечний при концентрації порошку в повітрі більше 220 г/м³. Гранично допустима концентрація аерозолу нікелевого порошку в перерахунку на нікель в повітрі робочої зони промислових приміщень становить 0,05 мг/м³.

З метою колективного захисту повинна бути передбачена герметизація обладнання. Виробничі та лабораторні приміщення, в яких виконуються роботи з нікелевим порошком, повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує такий стан повітряного середовища, який відповідає вимогам. Контроль за станом повітряного середовища необхідно проводити 1 раз на 10 днів [7].

Висновок. Слід відзначити, що цей процес може супроводжуватись рядом інших небезпечних і шкідливих факторів, які можуть виникнути, а саме: забруднення повітря парами аміаку, водню і ізопропілового спирту; шум та вібрація внаслідок роботи насосів, транспортерів, мішалок; погіршення показників мікроклімату; небезпека ураження електричним струмом при використанні електрообладнання; небезпека виникнення пожежі. Тому, для зменшення ризику травмування працівників та запобігання виникненню перелічених вище професійних захворювань, процес отримання цінного продукту - нікелевого порошку, слід проводити з дотриманням вимог відповідних стандартів: санітарних норм, будівельних норм і правил та державних стандартів з безпеки праці, обов'язково проводити періодичні медичні огляди та навчання працівників безпечним методам праці.

Пожежна безпека даного процесу повинна забезпечуватись, відповідно до ГОСТ 12.1.004–91, системами попередження пожежі, протипожежного захисту, організаційно-технічними заходами. Заходи протипожежного захисту охоплює: наявність засобів оповіщення при пожежному електрична пожежна сигналізація, застосування засобів пожежогасіння (зовнішній та внутрішній водопровід); автоматичні засоби пожежогасіння (спринклерні); первинні засоби пожежогасіння (порошкові вогнегасники (ПС-1, ПС-2), пісок).

Список літератури

1. Перекупко Т.В. Нова екологічно завершена технологія перероблення вторинних розчинів ніколу(II) сульфату контактним осадженням магнієм / Т.В. Перекупко, О.Б. Горностаї // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2011. – №. 667 – С.21-24.
2. Перекупко Т.В. Вплив гідродинамічних умов та площі контакту на кінетику вилучення нікелю з його розчинів контактним осадженням на магнії / Т.В. Перекупко, О.Б. Масик // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2004.– №516. – С. 17-19.
3. НАОП 1.2.20-1.01 – 86 Правила безопасности при производстве магния
4. Кунтий О.І. Електрохімія та морфологія дисперсних металів: Монографія. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008.– 208 с.
5. Сердюк Г.Г. Технология порошковой металлургии. Ч.1. Порошки: Учеб. пособие / Кубан. гос. технол. ун-т / Г.Г.Сердюк, Л.И. Свистун. – Краснодар: Изд. ГО УВПО "КубГТУ", 2005. – 240 с.
6. ГОСТ 12.1.007-76 «ССБП. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги».
7. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

References

1. Perekupko, T.V. and Gornostaj, O.B. (2011). «New ecologically completed technology of secondary processing solutions nicol (II) sulfate precipitation with magnesium contact» . *Proceedings of the National University "Lviv Polytechnic". Chemistry, materials technology and applications.* no 667.pp. 21-24.
2. Perekupko, T.V. and Masyk, O.B. (2004). «The influence of hydrodynamic conditions and this contact area on the kinetics of extraction of nickel from its solutions contact deposition on magnesium» . *Proceedings of the National University "Lviv Polytechnic". Chemistry, materials technology and applications.* no 516.pp. 17-19.
3. НАОП 1.2.20-1.01 – 86 Pravula bezpeku pru vugotovleni magnija. [Safety rules in the production of magnesium]
4. Kuntij, A.I. (2008) *Elektrokhimija ta morfologija dyspersnych metaliv.* [Electrochemistry and morphology of dispersed metals]. Monograph. Publisher National University "Lviv Polytechnic". Lviv. Ukraine.
5. Serduk, G.G.(2005). *Technologija poroshkovej metalurgi. Part 1. Poroshki.* [The technology of powder metallurgy. Part 1. Powders].Tutorial. Publisher Kuban State University of Technology. Krasnodar. Russia
6. HOST 12.1.007-76. Vrednyje vesshestva. Klasyfikazija i obsshije trebovanija bezopasnosti. [Noxious substances. Classification and general requirements]
7. HOST 12.1.005-88. *Obshije sanitarno-gigijenicheskiye trebovanija k vozduhu rabochej.* Occupational safety standards system. General sanitary requirements for working zone air.

