

MATERIALS SCIENCE AND MECHANICS OF MACHINES

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ ВОДИ З КОНЦЕНТРАТОМ У ПРОТИТЕЧІЙНО-СТРУМИННОМУ ЗМІШУВАЧІ

В'юник О.В.

асистент

Таврійський державний агротехнологічний університет,

Мелітополь, Україна

Самойчук К. О.

кандидат технічних наук, доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет,

Мелітополь, Україна

Смєлов А.О.

кандидат технічних наук, доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет,

Мелітополь, Україна

Паніна В.В.

кандидат технічних наук, доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет,

Мелітополь, Україна

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF the process of mixing liquids in a COUNTER-JET MIXER

Viunyk O.

assistant

Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

Samoichuk K.

Ph.D., associate professor

Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

Smielov A.

Ph.D., associate professor

Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

Panina V.

Ph.D., associate professor

Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

Анотація

Представлено результати експериментальних досліджень процесу протитечієно-струмінного змішування води з концентратом для виготовлення солодких напоїв. Надано схему експериментальної установки, описано принцип її роботи. Наведені залежності вмісту концентрату в змішаному розчині від тиску подачі води, напору концентрату, величини кільцевого зазору в приймальній камері і відстані між форсунками. Представлено оптимальні конструктивно-технологічні параметри змішувача для забезпечення необхідного вмісту концентрату в готовому розчині.

Abstract

The results of experimental studies of the process of counter-jet mixing of water with a concentrate for the production of sweet drinks are presented.

The scheme of the experimental setup is given, describes principle of operation. The dependences of the content of concentrate in the mixed solution on the pressure of the water supply, concentrate pressure, the size of the annular gap in the receiving chamber and the distance between the nozzles are given. The optimal design and technological parameters of the mixer were determined to provide the required concentrate content in the finished solution.

Ключові слова: струмінне змішування, протитечієно-струмінний змішувач, змішувач солодких напоїв, перемішування води з концентратом.

Keywords: jet mixing, experimental research, counter-jet mixer, mixer of sweet drinks, mixing of water with concentrate.

1. Вступ

Процес перемішування рідких компонентів є широко розповсюдженим технологічним процесом у багатьох галузях виробництва, зокрема харчовій і переробній промисловості. На підприємствах у переважній більшості застосовується механічне перемішування в апаратах з мішалками. Ці апарати мають низку переваг: процеси перемішування в них є достатньо добре вивченими, розроблено технологічні процеси з їх виготовлення і налагоджено їх виробництво. Та поруч з цим вони мають ряд значних недоліків: високу енерго- та матеріалоемність і періодичний режим роботи, який не сприяє організації високопродуктивних поточно-технологічних ліній.

Більше 50 років тому струминні змішувачі стали альтернативою змішувачам з мішалками. Значні переваги таких змішувачів полягають у відсутності рухомих частин, а отже підвищеній надійності і значно менших витратах на технічне обслуговування та стерилізацію (що дуже важливо для біохімічних і харчових виробництв) і простоті включення в технологічні схеми. Ще однією важливою перевагою струминних змішувачів є безперервний принцип дії: час на отримання аналогічної якості перемішування в струминних апаратах є набагато меншим ніж в апаратах з механічними мішалками.

Серед значної кількості видів і конструктивних схем струминних змішувачів [1-5] завдяки високій якості перемішування виділяються протічечно-струминні апарати, процес змішування в яких розроблений достатньо.

Ця робота є складовою частиною циклу статей, присвячених струминному змішуванню рідких компонентів. В попередніх роботах було обґрунтовано спосіб [6] і представлено конструкцію змішуючого апарату [7]. Визначено метод оцінювання якості перемішування [8]. В програмному комплексі ANSYS Workbench проведено моделювання процесу протічечно-струминного змішування рідин і теоретично визначено один з найважливіших конструктивних параметрів – відстань між соплами форсунок [9]. Але визначити взаємозв'язок таких

параметрів, як відстань між соплами форсунок, величина кільцевого зазору камери ежекції, тиск подачі основного компонента та напір подачі підмішуваного компонента можливо лише в процесі експериментальних досліджень.

Через те, що на процес перемішування у протічечно-струминному змішувачі впливає велика кількість факторів та недостатньо апріорної інформації про об'єкт дослідження було проведено пошуковий експеримент, в результаті якого було визначено, що із зменшенням відстані між форсунками від 24 мм (що дорівнює трьом діаметрам сопла форсунки) до 8 мм (тобто рівному діаметру форсунки) частка концентрату в змішаному розчині зменшується [10]. Це відбувається в наслідок того, що на струмінь рідини, яка витікає із сопла форсунки, діє зустрічний струмінь. Тиск, який виникає у зоні зіткнення струменів, призводить до того, що рідина основного потоку (вода) не захоплює достатньої кількості підмішуваного компонента (концентрату). При збільшенні кільцевого зазору у приймальній камері більше ніж 0,9 мм кислотність отриманого розчину зменшується, а при величині кільцевого зазору більше ніж 1,0 мм відбувається потрапляння рідини основного потоку у кільцеву щілину подачі підмішуваного компонента і далі у гідропровід подачі концентрату. При збільшенні відстані між соплами форсунок більше ніж 24 мм відбувається зменшення швидкості струменів у зоні зіткнення, що призводить до погіршення якості змішування компонентів.

Результати пошукового експерименту дозволили встановити оптимальний діапазон варіювання факторів основного експерименту: тиск подачі основного компонента (води) 1,2–2,2 атм; напір подачі підмішуваного компонента (концентрату на основі підсолоджувачів аспартamu і сахарину) 0,1–0,3 м; відстань між соплами форсунок 24 мм.

Виклад основного матеріалу. Для проведення експериментальних досліджень процесу змішування води з концентратом було розроблено і виготовлено лабораторну установку [11], загальну схему якої показано на рис. 1, а на рис. 2 – схему змішувача.

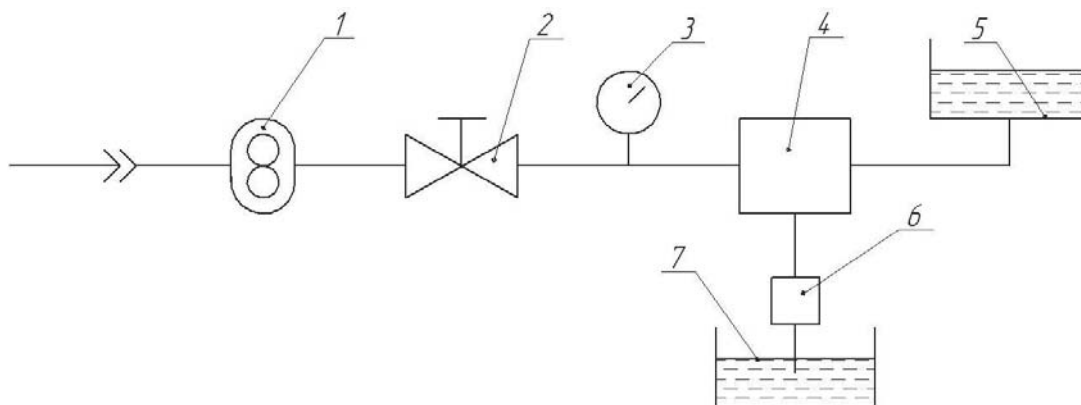


Рис. 1. Експериментальна установка: 1 – насос; 2 – обертовий кран; 3 – манометр; 4 – протічечно-струминний змішувач; 5 – ємність з підмішуваним компонентом (концентратом); 6 – кондуктометр; 7 – приймальна ємність для змішаного продукту.

Необхідний тиск подачі основного компоненту (води) створюється насосом 1. Регулювання тиску подачі води здійснюється обертовим краном 2. Контроль тиску здійснюється за допомогою манометру 3. Вода надходить у протитечійно-струмин-

ний змішувач 4. Підмішуваний компонент потрапляє до змішувача з ємності 5. Після змішування у протитечійно-струминному змішувачі змішаний продукт відводиться до приймальної ємності 7. Контроль якості перемішування води з концентратом здійснюється за допомогою кондуктометру 6.

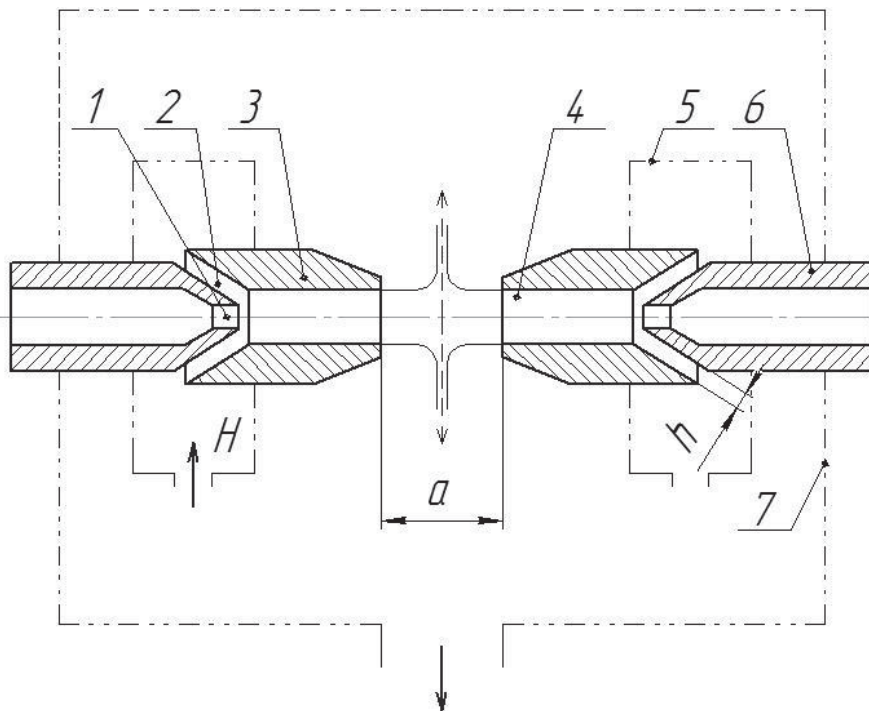


Рис. 2. Схема протитечійно-струминного змішувача: 1 – робоче сопло; 2 – камера ежекції; 3 – камера змішування; 4 – сопло камери змішування; 5 – камера подачі концентрату; 6 – робочий патрубок; 7 – камера збору рідини; a – відстань між соплами; H – напір подачі концентрату; h – кільцевий зазор камери ежекції.

Змішувач являє собою два струминні апарати, розташовані співвісно один до одного на відстані (рис. 2). Вихідні циліндричні сопла цих апаратів формують зустрічні струмені рідини, які після зіткнення утворюють характерне, візуально симетричне «віяло», яке має назву пелена [12]. Співвісні струминні апарати розташовані на відстані a у камері 7, де збирається рідина і відводиться зі змішувача.

Кожний струминний апарат складається з робочого патрубка 6 та камери змішування 3. Основний компонент (вода) подається у робочий патрубок кожного струминного апарату, робоче сопло 1 яких формує струмені води. Підмішуваний компонент (концентрат) подається з камер подачі сиропу 5 у зазор приймальної камери 2 під напором H . Швидкісні потоки води на вході камери змішування захоплюють підмішуваний компонент. В ка-

мері змішування відбувається вирівнювання швидкостей води та підмішуваного компонента. На виході з сопел камер змішування 4 відбувається зіткнення струменів змішаних компонентів.

Методика проведення експериментальних досліджень докладно представлена у попередній роботі даного циклу [13]. Вміст концентрату в змішаному розчині визначався за кислотністю змішаного продукту. Кислотність отриманого розчину визначали методом титрування 0,1 н. розчином гідроксиду натрію. Контроль якості перемішування здійснювався за допомогою кондуктометру COND5021 (діапазон 0 – 9990 мкСм, точність $\pm 1\%$ FS).

Результати проведених експериментальних досліджень наведені на рис. 3–4.

При відстані між форсунками 24 мм тиску подачі води 0,12...0,22 МПа, напорі купажного сиропу 0,1...0,3 м, величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,6...0,9 мм отримали такі залежності (рис. 3):

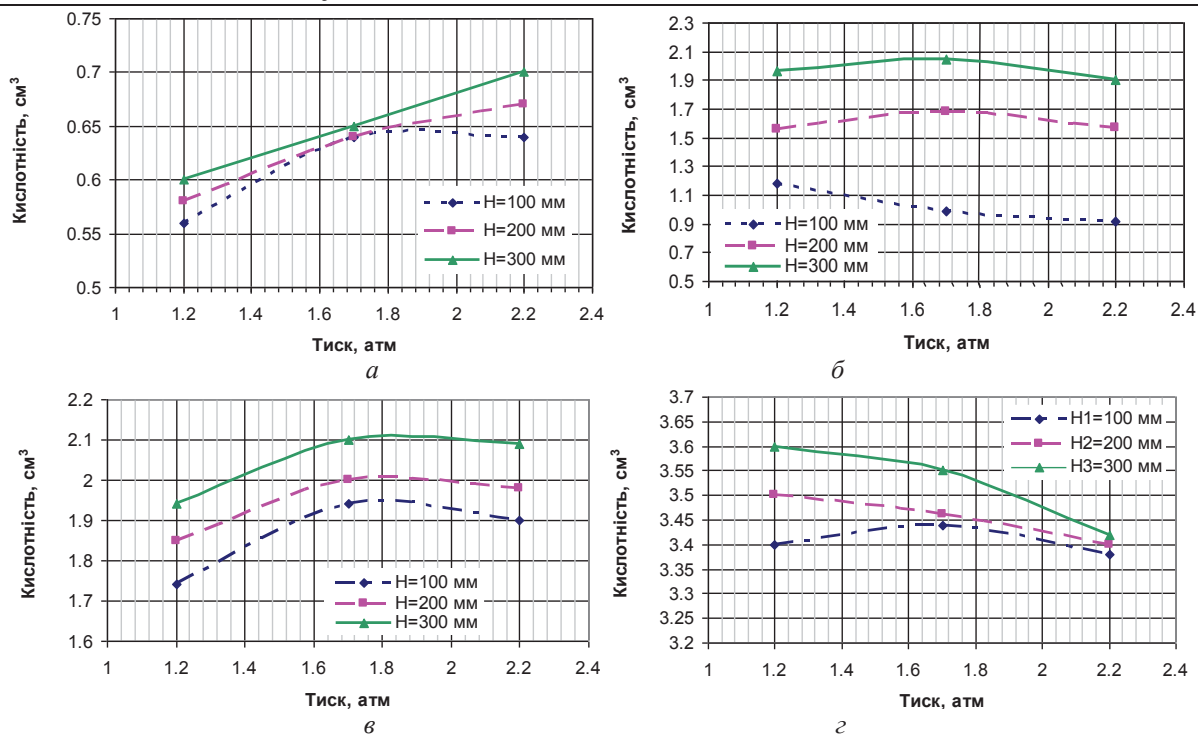


Рис. 3. Залежність кислотності розчину від тиску подачі концентрату а) при величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,6 мм; б) при величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,7 мм; в) при величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,8 мм; г) при величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,9 мм.

Аналіз отриманих залежностей показує, що збільшення кільцевого зазору призводить не тільки до збільшення концентрації підмішаного компонента в готовому розчині, але і до зміни характеру залежностей.

При кільцевому зазорі 0,6 мм (рис. 3а) характер залежностей кислотності готового розчину (а значить і концентрації підмішаного компонента) має майже прямолінійний характер. При напорі подачі підмішаного компонента 200–300 мм з підвищенням тиску подачі води та збільшенням напору подачі концентрату кислотність розчину зростає. При напорі подачі підмішаного компонента 100 мм з підвищенням тиску подачі води кислотність спочатку зростає, а з подальшим підвищенням тиску кислотність дещо зменшується. Це відбувається внаслідок збільшення подачі води у більшому ступені ніж підвищення подачі концентрату, що призводить до зменшення його частки в готовому розчині.

При кільцевому зазорі 0,7–0,9 мм (рис 3б–г) залежність між кислотністю отриманого розчину і тиском подачі води параболічна. Це пояснюється збільшенням сумарної витрати концентрату та води на виході з форсунок, що підвищує швидкість вихідного потоку і гідродинамічний тиск на зустрічний струмінь рідини.

При кільцевому зазорі в камері ежекції 0,9 мм (рис. 3г) із підвищенням тиску подачі води кислотність готового розчину зменшується, це відбувається через те, що зазор у камері ежекції є достатньо великим. Два співвісних струменя, що витікають з форсунок, стикаються, що призводить до підвищення тиску у зоні зіткнення. Відтак перепад тисків Δp зменшується, це призводить до зменшення коефіцієнту інжекції.

При відстані між соплами форсунок 24 мм, тиску подачі води 0,12...0,22 МПа, напорі купажного сиропу 0,1...0,3 м, величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,9 мм отримали кислотність розчину 3,08–3,46 cm³ що є позитивним результатом, так як за технологічною інструкцією виготовлення безалкогольного напою «Лимонад» кислотність напою повинна становити $3,5 \pm 0,5 \text{ cm}^3$.

Для оцінки якості перемішування було визначено середньоквадратичне відхилення σ значень електропровідності отриманого розчину при різних технологічних параметрах процесу змішування.

Результати дослідження якості перемішування рідин при даних умовах наведені на рис. 4. Отримані такі залежності електропровідності розчину від часу:

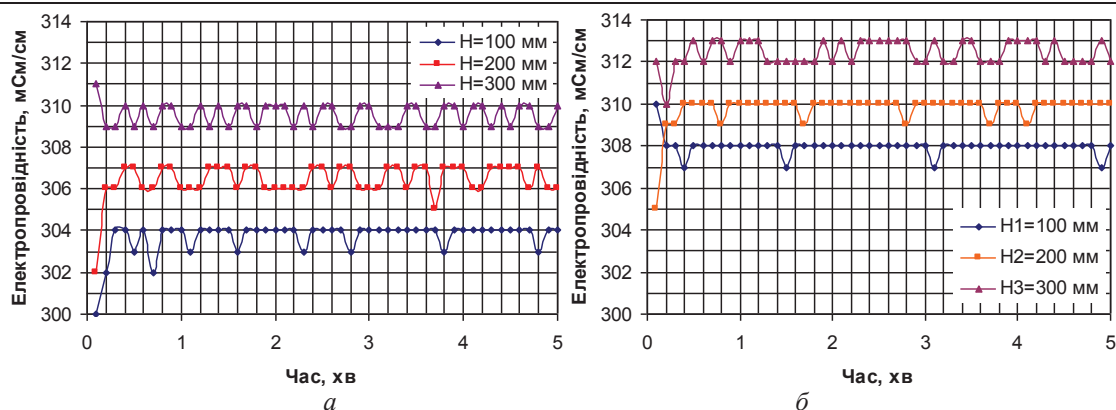


Рис. 4. Залежність електропровідності розчину від часу: а – при тиску подачі води 0,17 МПа; б – при тиску подачі води 0,22 МПа.

При тиску подачі води 1,7 атм отримали такі результати середньоквадратного відхилення значень миттєвої концентрації продукту (рис. 4а): при напорі подачі концентрату 100 мм $\sigma_1=0,34$; при напорі подачі концентрату 200 мм $\sigma_2=0,47$; при напорі подачі концентрату 300 мм, $\sigma_3=0,49$.

При тиску подачі води 2,2 атм отримали такі результати середньоквадратного відхилення значень миттєвої концентрації продукту (рис. 4б): при напорі подачі концентрату 100 мм $\sigma_1=0,25$; при напорі подачі концентрату 200 мм $\sigma_2=0,32$; при напорі подачі концентрату 300 мм, $\sigma_3=0,46$.

Найвищу однорідність концентрації підмішуваного компонента можна отримати при тиску подачі води 2,2 атм і напорі подачі концентрату 100 мм ($\sigma=0,25$), а найнижчу при тиску подачі води 1,7 атм і напорі подачі концентрату 300 мм, ($\sigma=0,49$). Аналіз результатів підтверджує аналітично отриманий висновок, про підвищення однорідності змішування при підвищенні швидкості зіткнення струменів, що відбувається при збільшенні подачі через вихідні сопла апарата та при підвищенні тиску води на вході в змішувач.

Висновки. В результаті експериментальних досліджень впливу основних технологічних і конструктивних параметрів протитечійно-струминного змішувача на забезпечення необхідного вмісту концентрату в готовому розчині показали, що для виготовлення солодкого напою «Лимонад» із використанням концентрату на основі підсолоджувачів (аспартаму і сахарину), діаметрі сопла форсунки 8 мм оптимальними умовами є: відстань між форсунками 24 мм, напір подачі купаного сиропу 200–300 мм, тиск подачі сиропу 1,7–2,2 атм. При таких умовах забезпечується необхідний вміст концентрату в готовому розчині, а також якість перемішування рідких компонентів, яка відповідає технічним вимогам на виготовлення солодких безалкогольних напоїв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Joshua Jacob Engelbrecht Optimization of a hydraulic mixing nozzle Iowa State University, 2007. – 65 p.

2. Edgard Espinosa Design Optimization of Submerged Jet Nozzles for enhanced mixing – FIU Electronic theses and dissertations, 2011.–101 p.

3. Пат. 2016641 РФ, МПК В01F5/00. Гидродинамический смеситель / Пятков М. В. (РФ). – № 4786991/26; заявл. 09.11.1989; опубл. 30.07.1994, Бюл. № 27.

4. Пат. 2040322 РФ, МПК В01F5/00, В01F5/04 Смеситель / Ю. В.Егоров, В. С. Белых (РФ). – № 5042290/26; заявл. 15.05.1992; опубл. 25.07.1995, Бюл. № 24.

5. Пат. 2080164 РФ МПК В01F5/04. Многоконусный струйный аппарат / В. А. Бородин. (РФ). – № 93015447/25; заявл. 24.03.1993; опубл. 27.05.1997, Бюл. № 20

6. Самойчук, К. О. Аналіз обладнання для перемішування рідких компонентів / К. О. Самойчук, О. В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ. – елітополь, 2011. – Вип. 11, т. 6. – С. 226–233.

7. Самойчук К. О. Обоснование конструкции смесителя жидких компонентов с помощью компьютерного моделирования / К. О. Самойчук, О. В. Полудненко // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сб. науч. статей по матер. VII Междун. науч.-практ. конф. (20–22 марта 2013 г., г. Ставрополь) / СГАУ. – Ставрополь, 2013. – С. 86-92.

8. Циб, В. Г. Аналіз методів оцінювання якості змішування рідких компонентів при виробництві безалкогольних напоїв / В. Г. Циб, О. В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ. – Мелітополь, 2014. – Вип. 14, т. 1. – С. 7–12.

9. Самойчук К. О. Визначення відстані між соплами форсунок протитечійно-струминного змішувача безалкогольних напоїв / К. О. Самойчук, О. В. Полудненко, В. Г. Циб // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: науково-фахове видання / ТДАТУ. – Мелітополь, 2015. – Вип. 15., т.1. – С. 30 – 38.

10. Самойчук К. О. Експериментальне визначення концентрації сиропу у протитечійно-струминному змішувачі / К. О. Самойчук, В. В.

Паніна, О. В. Полудненко // Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв: матеріали XVI Міжнар. наук. конференції (5-9 вересня 2016 р., м. Одеса) / ОНАХТ. – Одеса, 2016. – С. 327 – 331.

11. Пат. 91740, Україна, МКІ⁵ A01J 11/00. Пристрій для струминного змішування рідких компонентів /Самойчук К.О., Полудненко О.В.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201402154 ; заявл. 03.03.2014; опубл. 10.07.2014. Бюл. № 13.

12. Майер В. В. Кумулятивный эффект в простых опытах / В. В. Майер. – М.: Наука, 1989. – 192 с.

13. Experimental investigations of sugar concentration for counterflow jet mixing of drinks / К. Samoichuk [и др.] // Technology audit and production reserves=Технологический аудит и резервы производства=Технологічний аудит та резерви виробництва : науч. журн. / Полтав. гос. аграр. академия. - Харьков, 2017. - Т. 2, № 3. - С. 41-46.

УДК 621.814.41

ОТРИМАННЯ МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ОКАЛИНИ СТАЛІ МЕТОДОМ АЛЮМОТЕРМІЇ

Рудь В.Д.

*д-р техн. наук, професор кафедри ПМ,
Луцький національний технічний університет, Україна*

Савюк І.В.

*аспірант кафедри ПМ,
Луцький національний технічний університет, Україна*

Самчук Л.М.

*к.т.н., старший викладач кафедри ПМ,
Луцький національний технічний університет, Україна*

Повстяна Ю.С.

*к.т.н., асистент кафедри КТ,
Луцький національний технічний університет, Україна*

RECEIPT OF MATERIAL ON BASIS OF DROSS OF STEEL BY METHOD OF ALUMINOTHERMY

Rud V.

*D.Sc. in engineering, Prof. Department of applied mechanics
Lutsk National Technical University, Ukraine*

Saviuk I.

*Post-graduate student of Department of applied mechanics
Lutsk National Technical University, Ukraine*

Samchuk L.

*PhD in Technical Sciences Senior teacher of Department of applied mechanics
Lutsk National Technical University, Ukraine*

Povstiana Yu.

*PhD in Technical Sciences Assistant of Department of computer technology
Lutsk National Technical University, Ukraine*

Анотація

Важливим напрямком при розробці технологій утилізації відходів промислових виробництв є нахил на використання енергозберігаючих технологій. У статті розглянуто загальні аспекти методів утилізації промислових відходів методами порошкової металургії, запропоновано склад шихти на основі окалини сталі, досліджено механічні характеристики термітного матеріалу. Запропонований склад шихти дозволяє отримувати термітний матеріал що володіє високими механічними характеристиками. Твердість матеріалу на різних глибинах зняття проб є різною, що свідчить про вплив технологічних показників горіння екзотермічних сумішей на властивості матеріалу.

Abstract

Important direction at development of technologies utilization of wastes of industrial productions is inclination on the use of energy-savings technologies. In the article the general aspects of methods of utilization of industrial wastes are considered by the methods of powder-like metallurgy, composition of charge offers on the basis of dross of steel, mechanical descriptions of thermite material are investigational. An offer composition of charge allows to get thermite material that owns high mechanical descriptions. Hardness of material on the different