

В. В. Ковалишин, д-р техн. наук, професор, О.Л. Мірус, канд. хім. наук, доцент, В. М. Марич, Вол. В. Ковалишин, канд. техн. наук, Р.Я. Лозинський, канд. техн. наук, доцент (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ПРОБЛЕМИ ГАСІННЯ МАГНІЮ ТА ЙОГО СПЛАВІВ

Розглянута галузь застосування магнію та його сплавів. Розкрито фізико-хімічні властивості магнієвих сплавів. Приведений аналіз пожеж, які трапилися внаслідок загоряння магнію та його сплавів. Розглянуто реакції різних речовин при контакті з ним. Проведено аналіз сучасних методів та способів гасіння магнію і труднощі та негативні явища, що при цьому зустрічаються. Встановлено, що магнієві сплави широко використовують для виготовлення підпалювальних гранат, які провокують виникнення комбінованих пожеж (класу А,В,Д). На підставі аналізу пожеж визначені основні напрямки дослідження з підвищення ефективного гасіння такого типу пожеж. Встановлено, що для підвищення ефективності процесу гасіння пожеж магнієвих сплавів є необхідним комплексний підхід до їх гасіння з розробленням нових методів і способів їх гасіння та виготовлення відповідних технічних засобів.

Ключові слова: гасіння пожежі, гасіння магнію, методи та способи гасіння пожеж магнієвих сплавів

В. В. Ковалишин, О. Л. Мірус, В. М. Марич, Вол. Ковалишин, Р.Я. Лозинський

ПРОБЛЕМЫ ТУШЕНИЯ МАГНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Рассмотрена область применения магния и его сплавов. Раскрыты физико-химические свойства магниевых сплавов. Проведен анализ пожаров, произошедших в результате возгорания магния и его сплавов. Рассмотрены реакции различных веществ при контакте с ним. Проведен анализ современных методов и способов тушения магния, трудности и негативные явления, которые при этом встречаются. Установлено, что магниевые сплавы широко используют для изготовления поджигательных гранат, которые провоцируют возникновение комбинированных пожаров (класса А, В, D). На основании анализа пожаров определены основные направления исследования по повышению эффективного тушения такого типа пожаров. Установлено, что для повышения эффективности процесса тушения пожаров магниевых сплавов необходим комплексный подход к их тушению с разработкой новых методов и способов их тушения и изготовление соответствующих технических средств.

Ключевые слова: тушение пожара, тушения магния, методы и способы тушения пожаров магниевых сплавов

V. V. Kovalishin, L. A. Mirus, V. M. Maric, Vol. Kovalishin, G. Ya. Lozinsky

THE PROBLEMS OF MAGNESIUM AND ITS ALLOYS EXTINGUISHING

The field of magnesium and its alloys application has been analyzed. Physical and chemical properties of magnesium alloys have been revealed. The analysis of fires that occurred as a result of the combustion of magnesium and its alloys has been performed. Reactions of various substances in contact with magnesium have been explored. The analysis of modern methods and ways of magnesium fires extinguishing, difficulties and negative phenomena that occur during extinguishing have been done. Magnesium fire alloys are widely used for the manufacture of papalina grenades, which provoke combination fires (A,B,D classes). On the basis of fires analysis the main research priorities to improve magnesium fires extinguishing efficiency have been declared. The necessity of comprehensive approach which includes the development of new methods and techniques of extinguishing and also development of appropriate technical means has been proved.

Key words: fire fighting extinguishing of magnesium, methods and ways of magnesium alloys extinguishing

Вступ. Використання магнію та його сплавів є практичним та ефективним у промисловості як в Україні, так і за її межами. Магній застосовують у вигляді металевих пластин при захисті від корозії морських суден і трубопроводів. Захисна дія магнієвого «протектора» пов'язана з тим, що він зі сталеву конструкцією (магній стоїть в електрохімічному ряду напружень лівіше, ніж залізо) створює електричний ланцюг. Відбувається руйнування магнієвого «протектора», основна ж сталева частина конструкції при цьому зберігається. У металургії магній використовують як «розкислювач» – речовина, що пов'язує шкідливі домішки в розплаві заліза. Додаток 0,5% магнію в чавун значно підвищує гнучкість чавуну і його опір на розрив. Використовують магній і при виготовленні деяких гальванічних елементів [1].

Сплави магнію відіграють в техніці дуже важливу роль. Існує ціле сімейство магнієвих сплавів із загальною назвою «електрон». Основу їх становить магній у поєднанні з алюмінієм (10%), цинком (до 5%), марганцем (1-2%). Малі добавки інших металів надають «електрону» різні цінні властивості. Але головною властивістю всіх видів «електронів» є їх легкість ($1,8 \text{ г/см}^3$) і прекрасні механічні властивості. Їх використовують в тих галузях техніки, де особливо вона високо цінується: в літако- та ракетобудуванні. В останні роки створені нові стійкі на повітрі магнієво-літєві сплави із ще меншою щільністю ($1,35 \text{ г/см}^3$). Їх використання в техніці дуже перспективне. Алемангнієві сплави цінні не тільки своєю легкістю. Їх теплоємність в 2-2,5 рази вища, ніж у сталі. Апаратура з магнієвих сплавів нагрівається менше сталеві. Використовують і сплав алюмінію з великим вмістом магнію (5-30%). Ці сплави «магналії» твердіші і міцніші за алюміній, легше обробляються і поліруються. Число металів, з якими магній утворює сплави, велике. Особливість магнію не змішуватися в розплаві зі своїм близьким за положенням в таблиці Менделєєва сусідом - берилієм. Через сильні відмінності міжатомних відстаней магній не сплавляється із залізом [2].

Серед кисневих сполук Mg потрібно відзначити оксид магнію MgO, званий також паленою магнезією. Він застосовується у виготовленні вогнетривкої цегли, тому що температура його плавлення 2800°C . Палена магнезія використовується і в медичній практиці.

Цікаві силікати магнію – тальк $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ і азбест $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, що володіють високою вогнестійкістю. Азбест має волокнисту будову, тому його можна прясти і виготовляти з нього спецодяг для роботи при високих температурах. Карбонати і силікати магнію у воді нерозчинні.

Інтерес до магнію і сплавів на його основі обумовлений, з одного боку, поєднанням важливих для практичного використання властивостей, а з іншого боку, великими сировинними ресурсами магнію. Широка сфера використання магнію та магнієвих сплавів зі спеціальними хімічними властивостями, наприклад в джерелах струму і для протекторів при захисті сталевих споруд від корозії.

Є певна упевненість проти магнієвих сплавів з боку споживачів стосовно їх пожежонебезпеки, низької корозійної стійкості, підвищеної чутливості до концентраторів напружень. Цю упевненість слід долати. У той же час слід продовжити роботи, спрямовані на поліпшення технічних характеристик магнієвих сплавів, зокрема на підвищення їх показників стійкості до вогню, корозії тощо.

Магній за кордоном використовується в багатьох галузях промисловості. Все розмаїття напрямів використання можна умовно розділити на 3 групи:

1. Застосування магнію у виробництві алюмінієвих сплавів, в яких додають від 0,5% до 10% магнію. Алюмінієві сплави, що містять магній, відрізняються високою питомою міцністю, корозійною стійкістю і добре обробляються різанням;

2. Приготування сплавів конструкційного призначення на основі магнію. Вміст магнію в таких сплавах - 90-98%. Деформівні магнієві сплави і литі заготовки з них застосовуються у ряді галузей промисловості, перш за все в аерокосмічній, далі йдуть військова та автомобільна;

3. Використання магнію як хімічного реагенту в чорній та кольоровій металургії для відновлення Be, Ti, U, Zr, Hf і ін. металів, в хімії (в основному в реакції Гриньяра), також для виготовлення анодів для катодного захисту від корозії сталевих конструкцій, підземних трубопроводів і резервуарів. Магній у цих процесах повністю витрачається. Лом і відходи не утворюються, на відміну від перших двох груп, де він може повторно використовуватися у вигляді вторинних сплавів.

Актуальність. Магній за певних умов може самозайматись на повітрі. Температура самозаймання: компактного металу – 650⁰С, стружки – 510⁰С, пилу – 420...440⁰С. Нижня концентраційна межа поширення – 10...20 г/м³. Займається від іскор та полум'я [2].

Проаналізуємо найбільш резонансні пожежі, спричинені наявністю сплавів магнію.

Пожежа магнієвої стружки в контейнері для збору металевих відходів на колишній території Львівського автобусного заводу. Причина пожежі — займання контейнера з магнієвою стружкою. Під час пожежі ніхто не постраждав, але небезпека для здоров'я львів'ян таки була, оскільки контейнер розташований неподалік тролейбусної зупинки. Гасіння пожежі тривало кілька годин, оскільки магній не можна гасити водою, а ті засоби, що були, не дали змоги зробити це швидко. Працівники ДСНС змушені були гасити магнієву стружку повітряно-механічною піною та іншими, на їх погляд, безпечними засобами [3].

В Криму 17 жовтня 2009 року сталася пожежа на станції зі зберігання отрутохімікатів «Отрадное», Джанкойського р-ну. В результаті пожежі згоріло близько 160 тонн отрутохімікатів. Площа пожежі становила близько 600 квадратних метрів. З 60-70 років минулого століття на станції лежать пестициди, у складі яких був магній. За однією з версій, саме він став причиною самозагорання отрутохімікатів [4].

В квітні 2010 року на заводі "Київприлад", що на вулиці Гарматній, 2, в Солом'янському районі столиці, стався потужний вибух магнію. Причина вибуху – іскра від газозварювального апарата, яка потрапила в ємність з магнієм і стався спалах, унаслідок якого двоє чоловіків загинули на місці. Від високої температури поплавилися металеві конструкції підіймача, а від спалаху – повилітали шибки в цеху з першого по четвертий поверх [5].

Вибух на складах боєприпасів на Запоріжжі 17 лютого 2016 близько 20:20 почалися вибухи на території складів у Запорізькій області. Невідомі особи за допомогою безпілотних літальних апаратів скинули запальні предмети на територію об'єкта. В результаті їх вибуху виникли осередки загорання, які складно було загасити. Окремі частинки магнію потрапляли під дерев'яні ящики, в яких зберігались боєприпаси. Для гасіння неможливо було використовувати воду, тому що вона неефективна при гасінні цих об'єктів. Використовували пожежний танк, ґрунт. Було зафіксовано близько 50 точок загорання [6].

На ВАТ «Магнітогорський металургійний комбінат» за добу сталося дві пожежі 2 квітня, близько 17 години. Після прибуття першого підрозділу виявлено, що відбувається горіння гранульованого магнію на відкритому майданчику, площа горіння – 20 квадратних метрів. Близько 17:44 пожежники локалізували загорання, о 18:05 ліквідували відкрите горіння. Всього для гасіння пожежі залучалося 60 чоловік, 18 одиниць техніки, від ДСНС 47 чоловік, 11 одиниць техніки. Через кілька годин, близько 2:58 3 квітня на «ММК» знову сталася пожежа. Горіння відбувалося на відкритому майданчику для зберігання гранульованого магнію киснево-конверторного цеху. В результаті пожежі знищено шість тонн гранульованого магнію. Від ДСНС задіяні 11 одиниць техніки і 47 чоловік [7].

Як правило, ці пожежі завершувались вигоранням магнію, загибеллю людей та великою кількістю постраждалих.

Проводячи аналіз пожеж та вибухів, які виникли з причин загорання магнію та його сплавів, можна сказати, що це актуальна проблема, яку потрібно вирішувати, розробляти ефективні способи та засоби гасіння пожеж таких класів з врахуванням їх особливостей.

Мета роботи. Проаналізувати існуючі методи і способи гасіння магнію та його сплавів і визначити завдання по їх вдосконалення.

Викладення основного матеріалу. Магній - сріблясто-білий блискучий метал, порівняно м'який і пластичний, гарний провідник тепла і електрики. Майже в 5 разів легший від міді, в 4,5 раза легший від заліза; навіть алюміній в 1,5 раза важчий від магнію. Плавиться магній при температурі 651 °С, але у звичайних умовах розплавити його досить важко: нагрітий на повітрі до 550 °С він спалахує і миттєво згоряє сліпучо-яскравим полум'ям. Смужку магнієвої фольги легко підпалити звичайним сірником, а в атмосфері хлору магній самозаймається навіть при кімнатній температурі. При горінні магнію виділяється велика кількість ультрафіолетових променів і тепла – щоб нагріти склянку крижаної води до кипіння, потрібно спалити всього 4 г магнію [2].

Магній розташований у головній підгрупі другої групи періодичної системи елементів Д.І. Менделєєва. Порядковий номер його – 12, атомна вага – 24,312. Електронна конфігурація атома магнію в збудженому стані $1S^2 2S^2 P^6 3S^2$; валентними є електрони зовнішнього шару, відповідно до цього магній проявляє валентність II. У тісному зв'язку з будовою електронних оболонок атома магнію знаходиться його реакційна здатність. Через наявність на зовнішній оболонці тільки двох електронів атом магнію схильний легко віддавати їх для одержання стійкої восьмиелектронної конфігурації; тому магній в хімічному відношенні дуже активний. На повітрі магній окислюється, але утворюється при цьому окисна плівка, яка оберігає метал від подальшого окислення. Нормальний електронний потенціал магнію в кислому середовищі дорівнює 2,37 в, в лужному – 2,69 в. У розбавлених кислотах магній розчиняється вже на холоді. Під впливом фтористоводневої кислоти не розчиняється внаслідок утворення плівки з важкорозчинного у воді фториду MgF_2 , в концентрованій сірчаній кислоті майже нерозчинний. Магній легко розчиняється при дії розчинів солей амонію. Розчини лугів на нього не діють [2].

Хімічні властивості магнію досить своєрідні. Він легко забирає кисень і хлор у більшості елементів, не боїться їдких лугів, соди, гасу, бензину і мінеральних масел. З холодною водою магній майже не взаємодіє, але при нагріванні розкладає її з виділенням водню. У цьому відношенні він займає проміжне положення між берилієм, який взагалі з водою не реагує і кальцієм, що легко з нею взаємодіє.

Пил магнієвих сплавів загоряється навіть від іскри і горіння має характер вибуху. Пил і стружка магнію і його сплавів за наявності залишків мастила можуть samozagorytись. Ще більш небезпечним є вологий магнієвий пил, горіння якого протікає надзвичайно інтенсивно і також має характер вибуху [8].

Можливе займання наелектризованого магнієвого пилу, який нагромаджується на стінках витяжних трубопроводів. Електризація пилу може відбутися і внаслідок тертя при роботі шліфувальних верстатів.

При роботі з магнієм безпеку мають і пиловловлювальні установки з водяним зрошенням (водяними фільтрами). Магнієвий пил нагромаджується на поверхні води, а через незадовільну вентиляцію фільтрів в них можливе утворення вибухонебезпечної концентрації водню, яка утворюється внаслідок взаємодії магнію з водою. Магній горить сліпучо-білим полум'ям при температурі 2200°C. Після горіння утворюється порошок білого кольору – магній оксид.

Основні напрямки захисту від пожеж і вибухів при роботі з магнієвим пилом [9]:

1. Механічна обробка магнієвих сплавів повинна проводитися гострим і правильно загостреним інструментом, забезпечуючи при цьому мінімальну величину тертя;
2. Для гасіння пожежі, де горить магній, використовувати воду не можна, оскільки від взаємодії з водою розпечений магній вибухає;
3. Застосовувати CO_2 для гасіння речовин, що містять у своєму складі магній, є неефективним;
4. При обробці виробів на токарних, фрезерних, стругальних і інших верстатах охолодження повинно проводитися маслом або струменем повітря. Охолодження водою оброблюваних виробів із магнію та його сплавів не допускається, оскільки нагріта вода при взаємодії з магнієм виділяє водень.

5. Слід намагатися звести до мінімуму можливість утворення іскор. Для того кожухи верстатів, повітроводи повинні бути виконані з металів, які при ударі не утворюють іскор;

6. Пил, який утворюється при обробці виробів, відсмоктується за допомогою спеціальної вентиляційної системи;

7. Систематично проводять прибирання приміщень від пилу та протирання обладнання;

8. Електрообладнання верстатів і цехи в цілому повинні бути тільки у вибухозахищеному виконанні;

9. Локалізація горіння магнієвих сплавів здійснюється піском, порошком окису магнію, графітом.

Нас в першу чергу цікавлять питання, як горить магній та як його гасити і в яких випадках це відбувається. Магній та його сплави часто використовуються в апаратах космічної та авіаційної техніки, автомобілебудуванні, різних агрегатах і відповідних приладах. Найчастіше горить магнієва стружка або вироби з магнієвих сплавів, особливо в подрібненому стані. Пожежі шасі літаків виникають в основному при посадці і пов'язані, головним чином, з горінням гальмівного барабана, що призводить до загоряння гуми покришок коліс, при цьому розвивається висока температура, яка може викликати загоряння магнієвих сплавів барабанів коліс візка шасі, яке настає, як правило, через 6-8 хвилин пожежі [10].

Магній та його сплави останнім часом часто використовують у військовій галузі при виготовленні запалювальних гранат. Їхнє застосування зросло за останні роки на сході нашої держави, де їх використовують сепаратисти для підпалу складів з боєприпасами. Застосування запальних гранат для підпалу складів з боєприпасами ускладнює гасіння пожежі через те, що магній розбризкується на великі площі або по всьому приміщенні і, тим самим, збільшується площа загоряння, швидко запалюються дерев'яні ящики з боєприпасами і ускладнюється процес гасіння. Тому виникає необхідність у застосуванні ефективних методів та способів гасіння такого класу пожеж.

Для гасіння магнію та його сплавів використовуються такі методи та способи гасіння [11,12]:

- засипання палаючого магнію великою кількістю сухого графіту;
- універсальним засобом для гасіння палаючого магнію і його сплавів є сухий мелений флюс, який застосовується при плавці магнієвих сплавів. Запас цих флюсів повинен постійно знаходитися на робочих місцях і зберігатися в герметичній тарі. Для гасіння пожеж магнієвих сплавів при обробці різанням застосовують патрони, заряджені флюсом;
- застосування трихлориду бору для гасіння магнієвого полум'я. Трихлорид бору взаємодіє з палаючим магнієм, утворюючи хлорид магнію, який припиняє доступ повітря до палаючої поверхні;
- засипання палаючого магнію сухим пилоподібним карналітом або піском.

Всі запропоновані вогнегасні речовини випробовувались при гасінні невеликих загорянь в лабораторних умовах. Вогнегасні порошки, які випускаються в Україні не придатні для гасіння пожеж легких металів. Крім того при подачі під тиском порошку стружка магнію або його крупинки розбризкуються і збільшують площу горіння. При проведенні навчань з гасіння запалювальних пристроїв з магнієм в Запорізькій області пісок виявився малоефективним вогнегасним засобом ще й нетехнологічним при подаванні. До негативного результату привело гасіння вуглекислотними та порошковими вогнегасниками.

Для гасіння великомасштабних пожеж ці способи не в повній мірі випробовані, не визначені оптимальні вогнегасні речовини, не відпрацьована технологія гасіння, не проведений економічний розрахунок доцільності гасіння відповідною вогнегасною речовиною.

Висновки. Провівши аналіз пожеж, які виникли під час загоряння магнію та його сплавів і методів та способів гасіння, бачимо, що необхідно розробити та вдосконалити методи та способи гасіння пожеж магнію та його сплавів методики дослідження гасіння легких металів. При цьому треба врахувати [13]:

– магній згоряє у вологому середовищі з вибухом. При взаємодії з водою виділяє горючі гази і велику кількість тепла. Горить в атмосфері диоксиду вуглецю. В атмосфері чистого сухого азоту магній займається. При температурі більше 400⁰С пил магнію енергійно взаємодіє з азотом, виділяючи тепло. Тому атмосфера азоту не може вважатися інертною;

– при подаванні вогнегасної речовини під високим тиском, магній що горить, розбризкується і збільшує відповідно площу горіння.

Тому на сьогодні стало надзвичайно актуальним дослідження способів, методів та тактики гасіння пожеж магнію та його сплавів.

Список літератури:

1. Правила техники безопасности и производственной санитарии при холодной обработке металлов. НАОП 1.4.10-1.02-83.
2. Справочник «Пожаро-взрывопасность веществ и материалов и средства их тушения» / А. Н. Баратова, А. Я Корольченко / книга первая, Москва «Химия», 1990. – 495 с.
3. <http://www.umoloda.kiev.ua/regions/0/0/28280/>;
4. <http://tsn.ua/ukrayina/160-tonn-otrutohimikativ-zgorilo-v-rezultati-pozhezhi-v-krimu.html>;
5. <http://www.newsru.ua/ukraine/28apr2010/mg.html>;
6. http://espresso.tv/news/2016/02/18/staly_vidomi_podrobyci_vybukhu_na_skladakh_boyegrupasiv_na_zaporizhzhii;
7. <http://www.telefakt.ru/news/lenta-novostej/na-mmk-za-sutki-proizoshlo-dva-pozhara/>;
8. Глосарій термінів з хімії / Й. Опейда, О. Швайка, Ін-т фізико-органічної хімії та вуглекімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Донецький національний університет — Донецьк : Вебер, 2008. — 758 с.;
9. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли. – М.: “Химия”, — 1986. – 211 с.
10. <http://ua-referat.com/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D0%B9>.
11. Довідник рятувальника на випадок виникнення надзвичайних ситуацій з небезпечними хімічними речовинами / Міністерство надзвичайних ситуацій/ - Львів «Сполом», 2012 – 377с.
12. Терещев В.В. /Расчет параметров развития и тушения пожаров/ Екатеринбург. изд. Калан, 2011г. – 460с.
13. НАОП 1.2.20-1.01-86. Правила безпеки при виробництві магнію.

