

Piroforyczne żelazo

Marek Ples

Jak zapalić żelazo?

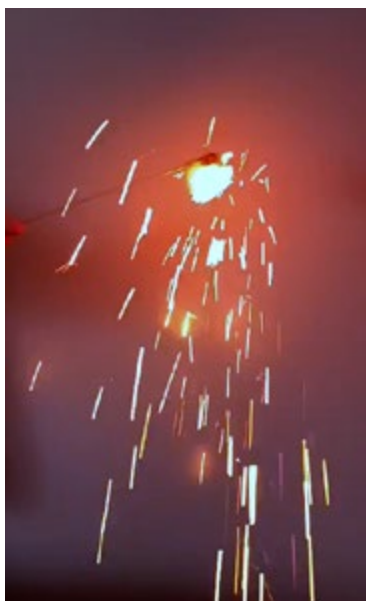
Żelazo Fe jest metalem znanym od czasów starożytnych. W stanie czystym jest lśniąącym, srebrzystym, dość twardym i stosunkowo trudno-topliwym metalem. Jego temperatura topnienia wynosi 1534,85°C. Żelazo jest kruche, dlatego dziś stosuje się najczęściej jego stopy z węglem (żeliwo, stal), a także z innymi metalami. Stopy te są wytrzymalsze mechanicznie niż czysty metal i mają inne korzystne cechy [1][2]. Pierwiastek ten jest mikroelementem; ma duże znaczenie biologiczne, ponieważ wchodzi w skład hemoglobiny [3].

Pod względem chemicznym żelazo należy do stosunkowo aktywnych metali i z łatwością reaguje z kwasami tworząc odpowiednie sole. Utlenia się też tlenem atmosferycznym, nawet w temperaturze pokojowej.

Wiemy, że spalanie jest formą gwałtownego utleniania. Czy uda nam się zapalić żelazo?

Spróbujmy

Weźmy jakikolwiek żelazny lub stalowy przedmiot i rozgrzejmy go



Fot. 1 – Efekt powstający podczas spalania wełny stalowej

silnie w płomieniu palnika. Po pewnym czasie na powierzchni metalu powstanie warstewka tlenku, ale z pewnością nie uzyskamy zapłonu. Jeśli jednak do płomienia wrzucimy szczyptę drobnych opiłków stalowych, to w efekcie zobaczymy piękne, błyszczące iskry. Są to gwałtownie spalające się drobiny żelaza. W podobny sposób możemy zapalić wełnę (watę) żelazną lub stalową, używaną m.in. do polerowania podłóg lub przedmiotów wykonanych z mosiądzu. Składa się ona z bardzo cienkich drucików, które można z łatwością zapalić uzyskując piękny efekt sypiących się dookoła iskier, przy czym wydziela się też dużo energii na sposób ciepła (Fot. 1).

Rozdrobnienie powoduje zwiększenie powierzchni dostępu tlenu z powietrza, a także ułatwia rozgrzanie się drobin do odpowiedniej temperatury, aby mogło dojść do gwałtownego utleniania. Aby spalić żelazo, wystarczy je więc silnie rozdrobnić. Okazuje się jednak, że żelazo o odpowiednio mocno rozwiniętej powierzchni jest piroforyczne, czyli zapala się samorzutnie w temperaturze pokojowej.

Potrzebne materiały

Tym razem potrzebujemy tylko jednego związku chemicznego. Jest to szczawian żelaza FeC_2O_4 . Związek ten ma zwykle postać proszku o intensywnej żółtej barwie (Fot. 2).

Szczawian żelaza można oczywiście kupić w sklepie chemicznym, ale własnoręczna synteza tej soli jest na tyle nieskomplikowana, że warto ją przeprowadzić w swojej pracowni. W celu przeprowadzenia syntezy szczawianu żelaza potrzebujemy jedynie dwóch substancji. Są to:

- kwas szczawiowy $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,
- siarczan(VI) żelaza(II) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

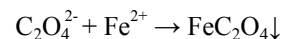
Kwas szczawiowy jest najprostszym kwasem dikarboksylovym, jego



Fot. 2 – Szczawian żelaza

dihydrat ma postać krystalicznego proszku. Heptahydrat siarczanu(VI) żelaza(II) występuje pod postacią zielonkawych kryształów. Można zastosoować też inne dobrze rozpuszczalne sole żelaza(II). Obie substancje nie są silnie toksyczne, mogą mieć jednak niekorzystne działanie na nasz organizm, a kwas szczawiowy wykazuje ponadto działanie drażniące.

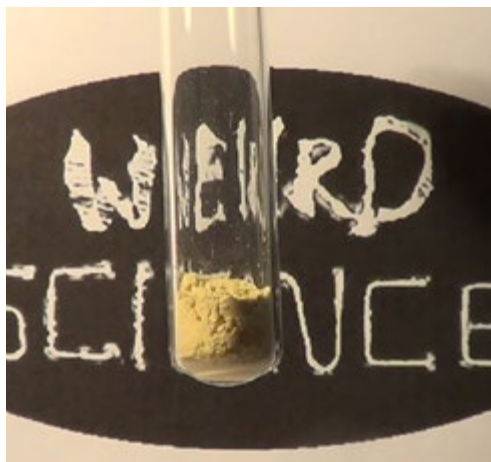
Musimy przygotować stężone roztwory kwasu szczawiowego i siarczanu(VI) żelaza. Roztwory następnie należy wymieszać razem. Po podgrzaniu reakcja zachodzi wyraźnie szybciej; ciecz mętnieje, a na dno zaczyna opadać żółty osad trudno rozpuszczalnego szczawianu żelaza. Reakcję tę można zapisać jako:



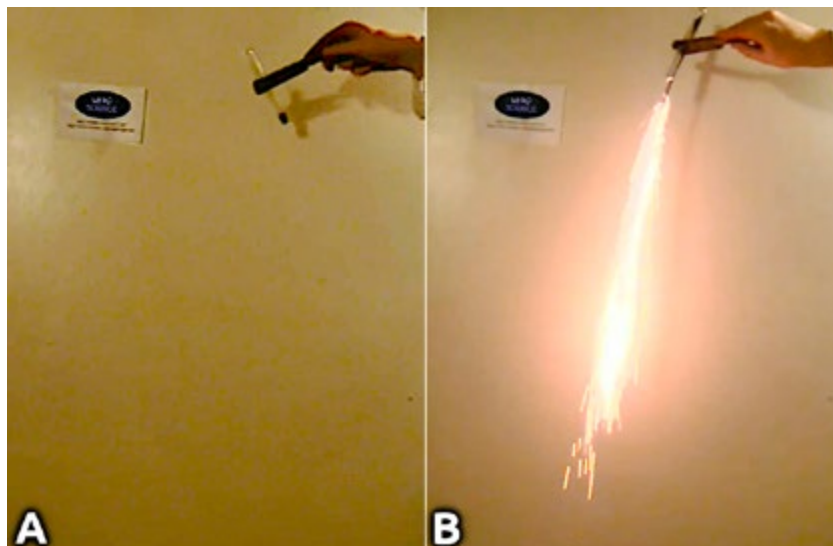
Osad ten trzeba kilkakrotnie przemyć przez dekantację, a potem odsączyć i dokładnie wysuszyć. Suszenie warto prowadzić w temperaturze pokojowej, ponieważ przesadne ogrzanie może prowadzić do rozkładu związku.

Pokaz

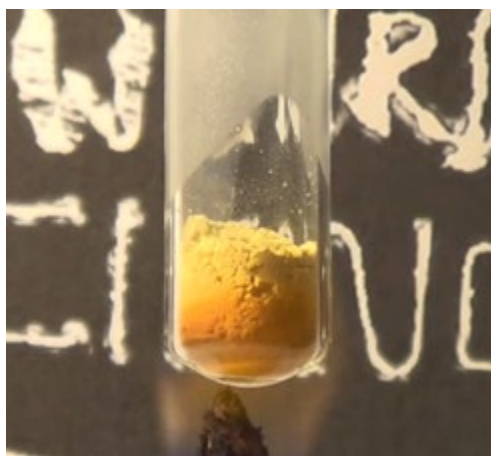
Do suchej próbki wsypujemy niewielką ilość dokładnie wysuszonego szczawianu żelaza. Substancji nie



Fot. 3 – Substancja w probówce



Fot. 6 – Finał doświadczenia; A- proszek gotowy do wysypania z probówki, B – samozapłon mieszaniny zawierającej silnie rozdrobnione żelazo



Fot. 4 – Początek ogrzewania palnikiem

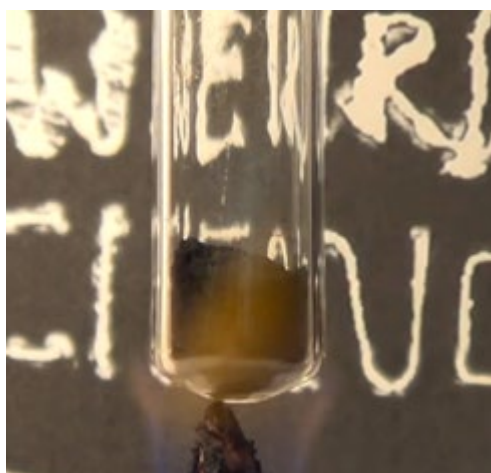
powinno być zbyt dużo – wystarczy tyle, by wysokość usypanego proszku wyniosła 1-2 cm (Fot. 3).

Naczynie następnie trzeba ogrzewać za pomocą palnika spirytusowego lub gazowego (Fot. 4).

Już po chwili ogrzewania można zauważyć, że ze stałej substancji zaczyna się ulatniać m.in. para wodna, która ulega skropleniu w górnej, a przez to chłodniejszej części probówki. Najlepiej jest ogrzać delikatnie także te rejonu probówki, by nie dochodziło tam do zbierania się większych ilości wody.

Ogrzewanie prowadzimy do momentu, kiedy cała zawartość probówki zmieni się w szaro-czarny proszek (Fot. 5).

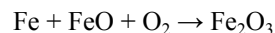
Wtedy probówkę zatykamy zwitkiem waty szklanej i jeszcze ciepłą przenosimy nad niepalną powierzchnię (Fot. 6A). Po zaciemnieniu pomieszczenia oraz otwarciu naczynia wysypujemy czarny proszek z pewnej wysokości. Substancja w zetknięciu się z powietrzem zapala się i tworzy piękną kaskadę pomarańczowobiałych iskier (Fot. 6B).



Fot. 5 – Zmiana barwy proszku

Wyjaśnienie

Szczawian żelaza jest trwały w temperaturze pokojowej, ale z łatwością ulega rozkładowi w podwyższonej temperaturze. Podczas rozkładu szczawianu powstaje woda, dwutlenek węgla, bardzo drobny proszek żelaza i tlenek żelaza(II). W tak wysokiej temperaturze woda wyparowuje w postaci pary wodnej, a w probówce pozostaje piroforyczna mieszanina tlenku żelaza(II) i pierwiastkowego żelaza. Nie zapala się ona natychmiast, ponieważ powietrze z probówki zostaje wyparte przez powstający dwutlenek węgla. Po wysypaniu proszku dochodzi do reakcji opisanej równaniem:



Żelazo wraz z tlenkiem żelaza(II) utlenia się do tlenku żelaza(III), dzięki czemu uzyskujemy efektowne iskry.

Mgr Marek Ples
Katedra Biomechatroniki,
Wydział Inżynierii Biomedycznej
Politechnika Śląska
marek.ples@o2.pl
www.weirdscience.eu

Wszystkie fotografie i rysunki zostały wykonane przez autora

Literatura:

- [1] Bielański A., *Chemia ogólna i nieorganiczna*, PWN, Warszawa, 1981, str. 534
- [2] Dobrzański L.A., *Metaloznawstwo opisowe stopów żelaza*, wyd. 1, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007, str. 13-15
- [3] Kabata J., Ochrem B., Hellmann A., *Badania laboratoryjne i morfologiczne*, w: Gajewski P. (red.), *Interna Szczeklika, Medycyna Praktyczna*, Polski Instytut Evidence Based Medicine, 2020,