

Mateusz SZYSZKA¹

Jak klasyfikujemy chondryty zwyczajne?

How we classified ordinary chondrites?

Abstract: Modern systems of classification has been started in XIX century. However the true progress was began at 60's and 70's of XX century. In this time was started modern analytic methods such as: chemical, mineralogic and petrographic analysis. For this progress fostered also a large number of found meteorites from Antarctica. This article will be concerned about a classification of ordinary chondrites. Acquired meteorite from moroccan searchers. Has been examined and classified. The scheme of this works are presented below.

Keywords: chondrites, chondrites classification, shock stage, weathering grade

Zasady klasyfikacji

Pierwszym etapem standardowych badań meteorytu jest jego opis ze szczególnym uwzględnieniem jego pochodzenia, roku, miejsca znalezienia i wagi okazu.

Następnym etapem są badania petrograficzne wykorzystujące mikroskop polaryzacyjny. Służą one do wyznaczenia **typu petrologicznego meteorytu**. Określenie typu polega na obserwacji szlifów, oraz na porównaniu ze skalą zaproponowaną przez van Schmusa (1967):

Typ 3 – typ ten charakteryzuje się bardzo niskim stopniem metamorfizmu. Chondry, matriks i inne składniki posiadają pierwotny charakter. Tak więc charakterystyki chondrytów typu 3 są zbliżone do materiału istniejącego tuż po akrecji. Meteoryty należące do tej grupy, nazywamy chondrytami niezrównoważonymi (*unequilibrated chondrites*). Wyjaśnieniem tak dużej zmienności, jest zmienność składu poszczególnych części obłoku gwiazdowego. Chondryty typu 3 charakteryzuje duża zmienność składu chemicznego w minerałach. Dobrym przykładem są oliwiny, które cechują się większą zmiennością składu chemicznego (powyżej 5%). Chondry są dobrze wykształcone i pozostają w niezmięnionej formie od utworzenia się meteorytu. Skalenie zaś występują w formie pierwotnej, ale ich ilość jest niewielka. Ponadto matriks nie uległ rekrystalizacji i jest nieprzezroczysty.

¹ Instytut Geologii UAM, ul. Maków polnych 16, 61-606 Poznań; e-mail: tauri01@gmail.com

Typ 4 – w tym typie petrologicznym występują większe zmiany w wyniku ciepłego metamorfizmu. oliwiny są częściowo niejednorodne chemicznie (poniżej 5%). Pomimo tego meteoryty te uważane są już za zrównoważone chemicznie. Wyższy typ petrologiczny staje się bardziej jednorodny chemicznie w składzie mineralnym. Matriks jest mocniej zrekrytalizowany, a uziarnienie jest grubsze (4–6 mikrometrów). Wtórne skalenie osiągają wielkość poniżej 2 mikrometrów.

Typ 5 – charakteryzuje się coraz większym zanikiem chondr. Zauważalny jest również zanik szkliwa w mesostasis chondr. Ponadto oliwiny stają się bardziej jednorodnie chemicznie. Ziarna plagioklazów osiągają wielkość od 2 do 50 mikrometrów. Matriks jest zrekrytalizowany, a jego składniki są przezroczyste.

Typ 6 – w tym przypadku chondry stają się niewidoczne. Ziarna skalenia osiągają wielkość powyżej 50 mikrometrów. W miarę wzrostu metamorfizmu skalenie ulegają przemianom w maskelynit (szkliwo skaleniove). Matriks meteorytu również jest zrekrytalizowany i transparentny.

Typ 7 – meteoryty tego typu doświadczyły znacznego metamorfizmu. Wywołane tym faktem przetopienie niszczy wszelkie podobieństwa do chondrytów. Takie meteoryty w konsekwencji mogą być sklasyfikowane jako prymitywne achondryty.

Ocena stanu zwietrzenia meteorytu jest dokonywana już na etapie obserwacji okazu. Ponadto popieramy ją obserwacjami pod mikroskopem. Do opisu tego zjawiska jest używana 7 stopniowa skala zaproponowana przez Wlotzka (1993) i kształtuje się ona następująco:

W0 – meteoryt nie wykazuje oznak zwietrzenia.

W1 – meteoryt wykazuje minimalne ślady wietrzenia (niewielkie ogniska korozji, minimalne otoczki rdzy wokół ziaren FeNi i troilitu).

W2 – w tym przypadku korozji uległo od 20% do 60% ziaren zawierających żelazo.

W3 – charakteryzuje się prawie całkowitą korozją troilitu i stopu FeNi (60–95% ziaren uległo korozji).

W4 – oznacza całkowite utlenienie stopu FeNi i troilitu, ale minerały krzemianowe są niezmiennione.

W5 – w tym przypadku dochodzi do zmian w maficznych minerałach magnezowo-żelazistych.

W6 – znaczne zmiany w krzemianach, występują minerały ilaste oraz tlenki.

Kolejnym czynnikiem jest ustalenie stopnia zszokowania (*shock stage*) chondrytu, operacji tej dokonamy podczas przeglądu szlifów pod mikroskopem optycznym. W tym wypadku poprawność oceny zależy od doświadczenia badacza. Skala według: Stoffer, Keil i Scott (1991) wyróżnia sześć stopni zszokowania takich jak:

S1 – niezszokowany. Niezauważalne są żadne zmiany szokowe. Uważa się że ciśnienie nie przekroczyło 5 GPa.

- S2** – bardzo słabo zszokowany. Widoczne staje się wygaszenie faliste oliwinu oraz spękania nie mające związku z naturalną łupliwością. Ocenia się, iż ciśnienie osiągało wartości 5–10 GPa.
- S3** – słabo zszokowany. Widoczne są spękania w oliwinach, żyłki szokowe oraz fragmenty stopionego szkliwa (*melt pockets*) powstające przy ciśnieniu 15–20 GPa.
- S4** – średnio zszokowany. Spękania w oliwinach, obecność „melt pockets” i bardziej rozbudowana sieć żyłek szokowych (ciśnienie 30–35 GPa).
- S5** – mocno zszokowany. Widoczne są bardzo mocne deformacje planarne w oliwinie, a plagioklaz jest przekształcony w maskelynit. Widoczne są również ciemne żyłki szokowe (ciśnienie oceniane jest na 45–55 GPa).
- S6** – bardzo mocno zszokowany. Oliwiny rekrystalizowały w minerał zwany ringwoodytem (minerał o identycznym składzie chemicznym, ale o odmiennych właściwościach). Widoczne również znaczne efekty przetopienia i maskelynit (przy ciśnieniach 70–95 GPa).

Ustalenie powyższych parametrów jest o tyle istotne, iż w dalszych badaniach analizy przeprowadza się za pomocą mikrosondy elektronowej. Urządzenie to wymaga preparatów napyłonych węglem, w skutek czego częściowo by została utracona możliwość obserwacji zjawisk optycznych w kryształach. Zanim jednak wykonamy analizy za pomocą mikrosondy, warto dokładnie przejrzeć preparaty i wybrać punkty do analizy. Analizy wymagają zarówno chondry, matriks, czy ziarna żelazo-niklu i troilitu. Oczywiście występuje jeszcze cała gama minerałów, które również należy zbadać jeśli takowe występują w badanym meteorycie. Zaleca się udokumentowanie fotograficzne wybranych miejsc.

Podstawowym kryterium decydującym o przynależności do konkretnej podgrupy (H, L, LL, lub innych) jest zawartość % fajalitu w oliwinie $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$. W przypadku chondrytów zwyczajnych prezentuje się ona następująco:

- Zawartość fajalitu w chondrytach typu H wynosi od 15% do 21%.
- Zawartość fajalitu w chondrytach typu L wynosi od 22% do 26%.
- Zawartość fajalitu w chondrytach typu LL osiąga wartości od 23% do 28%.

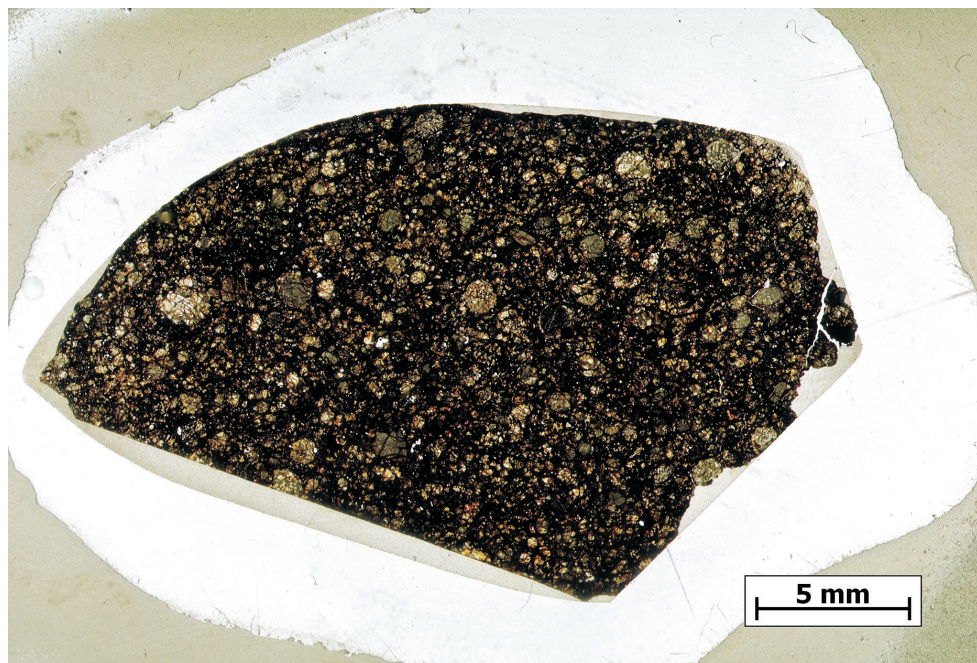
Klasyfikacja na wybranym przykładzie

Klasyfikacji zostanie poddany meteoryt o wadze 120,48 gram, który został zakupiony w Maroku w 2012 r.

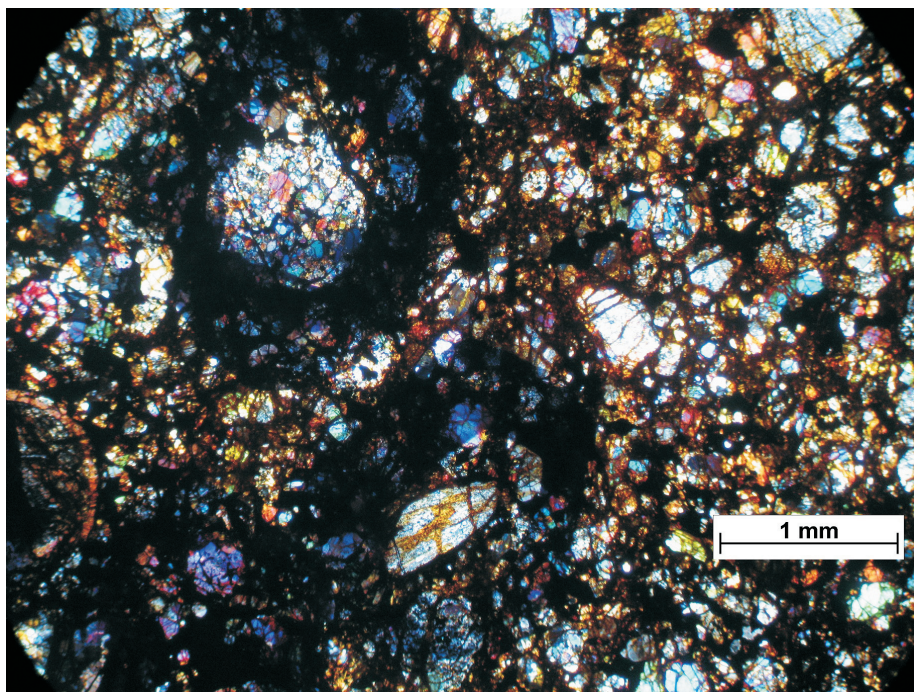
Podsumowanie

Obserwacje pod mikroskopem optycznym ujawniają obecność chondr. Ich ilość w szlifie jest wystarczająca, aby zaklasyfikować meteoryt do **typu petrologicznego 5**.

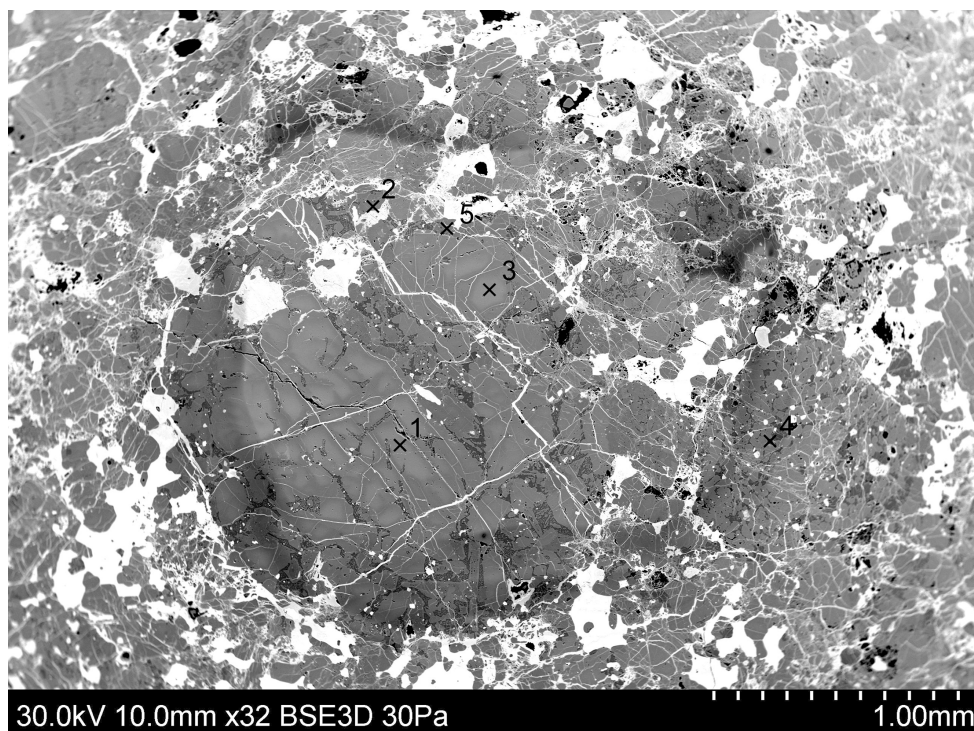
Widoczne są zmiany w oliwinach w postaci spękań (są to spękania nie będące naturalną łupliwością minerału). Zmiany te wskazują na **stan zszokowania S2**.



Fot. 1. Szlif cienki z meteorytu 120,48 gram w świetle przechodzącym przy równoległych nikolach. Za-
uważalne są dobrze wykształcone chondry i niewielki stopień zwiętrzenia meteorytu.



Fot. 2. Zdjęcie w świetle przechodzącym przy skrzyżowanych nikolach. Widoczne są spękania w oliwi-
nach, oraz gruboziarnisty transparentny matriks.



Fot. 3. Zdjęcie BSE z naniesionymi punktami, dla których zostały wykonywane analizy. Analizy oliwinu nr 1 i 3, piroksenu nr 2 i 5, oraz skażeń nr 4.

Brązowy kolor szlifu sugeruje, iż utlenianie żelaza w meteorycie jest znaczne, potwierdzają to również obserwacje zglądu. Ziarna żelaza za utlenione w ilości większej niż 50%, co **klasyfikuje meteoryt jak zwietrzały w stopniu W2**.

Wyniki analiz składu chemicznego w wybranych punktach kryształu, wykonane za pomocą mikrosondy elektronowej prezentują się następująco (gdzie n = ilość pomiarów):

Oliwin: $\text{Fa}_{19,46\pm 0,53}$, dla n = 5

Ortopiroksen: $\text{Fs}_{17,37\pm 0,65}$, $\text{Wo}_{1,51\pm 0,45}$, dla n = 6

Plagioklaz: $\text{An}_{81,83\pm 0,58}$, dla n = 3

Fe = 92,97%, Ni = 7,05%, Co = 0,58%

Troilit: **Fe = 36,25%, S = 63,96%, Co = 0,07%, Ni = 0,01%, As = 0,03%**

Na podstawie oliwinu meteoryt zakwalifikowano do **chondrytów typu H**.

Podsumowując badany meteoryt jest chondrytem typu **H5**, o stopniu zszokowania **S2** i stopniu zwietrzania **W2**.

Streszczenie

Współczesny system klasyfikacji meteorytów pochodzi z końca XIX w. Prawdziwy rozwój nastąpił dopiero w latach 60 i 70 XX, kiedy pojawiły się nowoczesne metody badawcze, umożliwiające bardziej kompleksowe analizy petrologiczne, zwłaszcza chemiczne. Rozwojowi temu też sprzyjała olbrzymia ilość meteorytów znajdujących na Antarktydzie. Niniejsza praca przybliży czytelnikowi

sposób klasyfikacji meteorytów kamiennych typu chondryty. Materiał jako przykład badawczy posłużył meteoryt kamienny zakupiony w 2012 w Maroku.

Literatura

- Wlotzka F., 1993, *Weathering grades of meteorites*, Meteoritics, v. 28, s. 460.
- Stoffler D., Keil K., Scott E.R.D., 1991, *Shock metamorphism of ordinary chondrites*, Geochimica et Cosmochimica Acta, 55, s. 3845–3867.
- Van Schmus W.R., Wood J.A., 1967, *A chemical-petrologic classification for the chondritic meteorites*, Geochimica et Cosmochimica Acta 31(5), s. 747–765.