

Struktura i geneza pseudotachylitów Tatr Wysokich — odpowiedź

Aleksandra Gawęda*, Robert Piwkowski*

Pseudotachylity fascynowały geologów już od końca XIX w. (por. Lapworth, 1885; Clough, 1888), a i współcześnie wiele kontrowersji wzbudzają ich geneza i interpretacja składu chemicznego. Szczególnie ostatnie 10 lat przyniosło wiele artykułów i polemik (w tym wiele opinii kontrowersyjnych) na temat pseudotachylitów. Ich autorzy skupiali się na sposobie generacji stopu, dyskutowali relacje pseudotachylitów do skał otaczających, jak również przedstawiali efekty przemieszczania się pseudotachylitów względem skał osłony. Nie dziwi nas zatem fakt, iż nasz artykuł spotkał się z polemiką. Biorąc pod uwagę słabe zainteresowanie pseudotachylitami w naszym kraju — uwagi polemiczne są w tym przypadku niezwykle pozytywnym zjawiskiem. Ponieważ nasi adwersarze włączyli w dyskusję swoich studentów uznaliśmy za niezbędne, aby młode kadry geologów miały okazję zapoznać się z opiniami obu stron sporu.

Jedynym miejscem w Polsce, gdzie dotąd stwierdzono występowanie pseudotachylitów są Tatry Wysokie, stąd grono zainteresowanych osób jest dość wąskie.

Termin **pseudotachylit** niewiele ma wspólnego z **tachylitem**, co zresztą podkreślał zarówno sam autor nazwy (Shand, 1916), jak i jego następcy (np. Philpotts, 1964). Powodem użycia określenia pseudotachylit było fizyczne podobieństwo obu skał nie zaś związki genetyczne. Niezrozumiałe jest w takim przypadku odwołanie się przez E. Jurewicz i B. Bagińskiego do tachylitu jako do definicji wyjściowej (por. Jurewicz & Bagiński, 2001).

Odpowiedzi i uwagi na zarzuty merytoryczne. Pierwszy zarzut naszych adwersarzy dotyczy faktu iż opisane przez nas pseudotachylity nie powstały kosztem skał „suchych” (tj. nie zawierających minerałów uwodnionych). W świetle bieżącej i ogólnodostępnej literatury (także tej, na którą się E. Jurewicz i B. Bagiński powołują) trudno zrozumieć dlaczego Państwo sugerują, iż tylko „suche” skały dają początek pseudotachylitom. Wbrew tezie, iż „są one bardzo rzadko występującymi skałami, a ich wystąpienia notowane są z południowej Afryki, gdzie pochodzą od upadku meteorytu (...) czy z Kalifornii, gdzie są związane z uskokiem San Andreas (...)” wystąpienia pseudotachylitów są stosunkowo często notowane. Duża część opublikowanych prac opisuje pseudotachylity ulokowane w skałach zawierających minerały uwodnione. Wybrane (z konieczności) przykłady to:

1) klasyczne wystąpienia pseudotachylitów ze Szkocji — w paragnejsach (np. Maddock, 1992), zaś z platformy Hybrydów — w gnejsach i granitach (Wenk, 1978),

2) pseudotachylity w Alpach włoskich — ulokowane w skałach metapelitycznych i maficznych w strefie Ivrea-Verbano (Techner i in., 1992; próbka porównawcza — kolekcja A. Gawęda),

3) w rejonie Bajkału skałami otaczającymi dla pseudotachylitów są amfibolity (Salop, 1949),

4) masyw Trøndela w Norwegii, zbudowany z łupków metaosadowych, przecinają żyły pseudotachylitowe (Philpotts, 1964),

5) skały metaosadowe (w tym łupki grafitowe) terranu Nason na Grenlandii są utworami macierzystymi dla pseu-

dotachylitów (Magloughlin, 1992). Także z Grenlandii pochodzą trzeciorzędowe pseudotachylity tnące granito-gnejsy i amfibolity (Curewitz & Karson, 1999),

6) zróżnicowane petrograficznie skały metamorficzne Nowej Zelandii (amfibolity, orto- i paragnejsy) zawierają żyły pseudotachylitów (Bossière, 1991),

7) na obszarze północnego Transwalu w Afryce południowej w anortozytach, diorytach i granodiorytach występują zarówno pseudotachylity powstałe w wyniku upadku meteorytu, jak i te tworzące się w strefach wysokich naprężeń (Brandl & Reimold, 1990).

Zresztą przykłady można by mnożyć, sporo innych zawiera podręcznik *Microtectonics* (Passier & Trouw, 1998). Nasz artykuł nie miał na celu określenia stanu wiedzy na temat pseudotachylitów w ogóle, a tylko scharakteryzowanie i próbę interpretacji pseudotachylitów z Tatr Wysokich na wybranym przykładzie (zresztą dość typowym).

Topienie skał macierzystych dla pseudotachylitów może przebiegać w zróżnicowany sposób (Swanson, 1992):

— jako bezpośrednie topienie skał osłony,

— jako mieszanie stopów powstałych ze skał różniących się chemizmem (w obszarach o urozmaiconej litologii),

— preferencyjne topienie minerałów uwodnionych, a po nich dopiero topienie skaleni i na końcu kwarcu.

Tej ostatniej możliwości nasi szanowni oponenti nie biorą w ogóle po uwagę, mimo iż właśnie ta droga jest najczęściej przyjmowaną dla wytłumaczenia np. większego pokrewieństwa chemicznego pseudotachylitów do biotyty lub amfibolu niż do składu chemicznego całej skały otaczającej.

Pseudotachylity niekoniecznie muszą się wiązać z głębokimi strefami skorupy ziemskiej. Np. w Himalajach utworzyły się w wyniku ogromnych osuwisk (Mash i in., 1981; próbka żyły ok. 15 cm miąższości w kolekcji uniwersytetu w Salzburgu — opiekun Christian Uhler; niewielka próbka porównawcza — kolekcja A. Gawęda), podobnie w Peru, w rejonie Arequipa, gdzie przy tworzeniu pseudotachylitów współgrały procesy wulkaniczne i tektoniczne (Legros i in., 2000). Podobnie, powstanie pseudotachylitów przy uderzeniu meteorytu nie jest ograniczone tylko do południowej Afryki (są też inne wystąpienia), a trudno zakładać, że meteoryt celował specjalnie w skały suche.

Kolejny zarzut dotyczy użycia formy **skała żyłowa** w odniesieniu do pseudotachylitów. Jeśli jest to zarzut to nie odnosi się on tylko do nas, a do szerokiego grona autorów, którzy stosują to określenie (i tu powinny nastąpić liczne cytowania, które dla oszczędności miejsca i czasu potencjalnych czytelników pominiemy, ograniczając się do najbardziej typowych i w miarę współczesnych: Koch & Masch, 1992; Curewitz & Karson, 1999; Wenk i in., 2000; itp.).

Użycie terminu **skała żyłowa** wiąże się z kolejnym problemem, który w opinii naszych adwersarzy stał się zarzutem. Część autorów — przypuszczalnie nasi szanowni oponenti do nich należą — sądzi, iż pseudotachylity powstają *in situ*, w miejscu zniszczenia. Część badaczy problemu wychodzi jednak z założenia, iż pokruszone fragmenty, miazga oraz szkliwo, przesycone składnikami lotnymi pozostającymi w fazie nadkrytycznej, w momencie rozwarcia szczeliny **intrudują** w otwartą lub otwierającą się szczelinę zgodnie z gradientem ciśnienia (np.

*Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

Swanson, 1992; Ray, 1999, itp.). Proces taki powoduje powstanie tekstur kierunkowych, a czasem i zróżnicowania składu chemicznego. Potwierdzają tę interpretację struktury z płynięcia obserwowane w wielu przypadkach (np. Nowa Zelandia — Bossière, 1991, Północna Karolina — Adams, 1994). Oczywiście wiele interpretacji jest kontrowersyjnych, jak na przykład cytowany tu przypadek pseudotachylitu z Północnej Karoliny (Adams, 1994), gdzie O'Hara (1992, 1994) nie znalazł dowodów na płynięcie. Objawy płynięcia w warunkach wysokich naprężeń opisano też w pseudotachylitach współwystępujących z kataklazytami z rejonu Kyushu w Japonii (Fabbri i in., 2000), ulokowanych zresztą w granodiorytach. Wielu autorów sądzi iż przejście między procesami kataklazy i topienia z utworzeniem pseudotachylitu jest dość płynne — na tyle płynne, iż trzeba się zastanowić, czy pseudotachylity zaliczać do skał metamorficznych? Proces wyjściowy jest bez wątpienia metamorficzny, ale czy jego efekt także? To pytanie adresujemy jednak nie tyle do naszych adwersarzy, ile do szerokiego grona geologów, zainteresowanych problematyką pseudotachylitów.

Odpowiedzi na zarzuty natury technicznej. Zarzuty dotyczące użytego słownictwa: większość autorów zajmujących się problematyką pseudotachylitów używa terminów angielskich **intrusion** lub **injection** co na język polski tłumaczy się jak **intruzja** lub **iniekcja**, nie zaś wyciskanie. Zresztą wyciskanie także wiąże się z migracją stopu, miazgi i okruchów, więc autorzy polemiki przeczą tu sami sobie. Co zaś do poprawek w zakresie składni języka polskiego — nie czujemy się kompetentni w tej materii — jesteśmy tylko geologami. Jednak po konsultacji z polonistą sądzimy iż racja jest po naszej stronie (choć inny polonista może mieć inną opinię). Co się tyczy przecinków — rzecz gustu.

Jakość fotografii rzeczywiście mogłaby być lepsza — każdy ma takie zdjęcia jak mikroskop i aparat fotograficzny a to wymaga pieniędzy. Dobre obyczaje w nauce nakazują wzajemne zaufanie autorów i czytelników stąd specjalna dokumentacja tak banalnego minerału, jak hematyt nie jest chyba konieczna (tym bardziej, że w Tatrach jest go bardzo dużo). Zresztą i tu można by zarzucić np. niewłaściwy odcień szarości na fotografii. Z uwagami o takim charakterze trudno polemizować. Brak cząstki Or w tabelce nr 1 to przeoczenie w druku w winy Redakcji, a nie autorów.

Relacje składu chemicznego pseudotachylitów i skał otaczających były i są do dziś różnie interpretowane. Z powodu nałożenia procesów dewitryfikacji nawet analizy w mikroobszarze pozostawiają wiele do życzenia. Autorzy polemiki przesłizgują się nad tym problemem, krytykując naszą interpretację, która jest tylko jedną z wielu możliwych dróg. Nie było naszym celem wykonanie bilansu materii dla procesu generacji pseudotachylitów. Są to badania długotrwałe i kosztowne, a streszczenie potencjalnych wyników w artykule dla *Przeglądu Geologicznego* (z konieczności krótkim, co wynika z charakteru czasopisma) nie wydaje się być realne. Artykuł nasz miał na celu podsumowanie stanu wiedzy o pseudotachylitach Tatr Wysokich (a nie jest to wiedza zatrzważająco szeroka!) i podjęcie próby reinterpretacji niektórych danych (np. TiO_2 był niegdyś uważany za „głównego winowajcę” fiołkowej barwy pseudotachylitów). Nawiasem mówiąc zwracam uwagę na

zmienną pisownię: część autorów pisze w języku angielskim: **pseudotachylytes**, a część zaś **pseudotachylites** — komentarzy na ten temat dotąd nie spotkaliśmy. Oponentów zaś naszych zapraszamy w teren — najlepiej z linami — dla bezpieczeństwa.

Literatura

- ADAMS M.G. 1994 — Major- and trace-element constraints on the petrogenesis of fault-related pseudotachylyte, western Blue Ridge province, North Carolina — Comment. *Tectonophysics*, 233: 145–147.
- BOSSIÈRE G. 1991 — Petrology of pseudotachylytes from the Alpine Fault of New Zealand. *Tectonophysics*, 196: 173–193.
- BRANDL G. & REIMOLD W.U. 1990 — The structural setting and deformation associated with pseudotachylyte occurrences in the Palala Shear Belt and Sand River gneiss, Northern Transvaal. *Tectonophysics*, 171: 201–220.
- CLOUGH C.T. 1888 — The geology of the Cheviot Hills: England and Wales. [W:] *Geol. Surv. Mem. Obj. arkusza 108 NE*, 22.
- CUREWITZ D. & KARSON J.A. 1999 — Ultracataclasis, sintering and frictional melting in pseudotachylytes from East Greenland. *J. Struct. Geol.*, 21: 1693–1713.
- FABBRI O., LIN A. & TOKUSHIGE H. 2000 — Coeval formation of cataclasis and pseudotachylyte in a Miocene forearc granodiorite, southern Kyushu, Japan. *J. Struct. Geol.*, 22: 1015–1025.
- JUREWICZ E. & BAGIŃSKI B. 2001 — Struktura i geneza pseudotachylitów Tatr Wysokich — polemika. *Prz. Geol.*, 49:
- KOCH N. & MASCH L. 1992 — Formation of Alpine mylonites and pseudotachylytes at the base of the Silvretta nappe, Eastern Alps. *Tectonophysics*, 204: 289–306.
- LAPWORTH C. 1885 — The Highland controversy in British geology. *Nature*, 32: 558–559.
- LEGROS F., CANTAGREL J.-M. & DEVOUARD B. 2000 — Pseudotachylyte (frictionite) at the base of the Arequipa volcanic landslide deposit (Peru): Implication for emplacement mechanisms. *J. Geol.*, 108: 601–611.
- MADDOCK R.M. 1992 — Effects of lithology, cataclasis and melting on the composition of fault-generated pseudotachylytes in Lewisian gneiss, Scotland. *Tectonophysics*, 204: 261–278.
- MAGLOUGHLIN J.F. 1992 — Microstructural and chemical changes associated with cataclasis and frictional melting at shallow crustal levels: the cataclasis-pseudotachylyte connection. *Tectonophysics*, 204: 243–260.
- MASCH L., ERISMANN Th., HEUBERGER H., PREUSS E. & SCHRÖCKER A. 1981 — Frictional fusion on the gliding planes of two large Landslides. *Bull. Liasion Lab. Ponts Chaussees, Spec.*, 10, Paris, 26th Intern. Geol. Congress., Sect. 17, Geol. Hazards, Earth Movements: 11–14.
- O'HARA K. 1992 — Major- and trace-element constraints on the petrogenesis of fault-related pseudotachylyte, western Blue Ridge province, North Carolina. *Tectonophysics*, 204: 279–288.
- O'HARA K. 1994 — Major- and trace-element constraints on the petrogenesis of fault-related pseudotachylyte, western Blue Ridge province, North Carolina — Reply. *Tectonophysics*, 233: 148–151.
- PASSCHIER C.W. & TRUOW R.A.J. 1998 — *Microtectonics*. Springer Verlag.
- PHILPOTTS A.R. 1964 — Origin of pseudotachylites. *Amer. J. Sc.*, 262: 1008–1035.
- RAY S.K. 1999 — Transformation of cataclastically deformed rocks to pseudotachylyte by pervasion of frictional melt: inferences from clast analysis. *Tectonophysics*, 301: 283–304.
- SALOP L.L. 1949 — Pseudotachylites from the cis-Baikal and western trans-Baikal regions and the problem of their genesis. *Akad. Nauk SSSR. Izv. Ser. Geol.*, 5: 40–56.
- SHAND S.J. 1916 — Pseudotachylyte of Perijs (Orange Free State). *Geol. Soc. London Quart. J.*, 72: 198–221.
- SWANSON M.T. 1992 — Fault structure, wear mechanisms and rupture processes in pseudotachylyte generation. *Tectonophysics*, 204: 223–242.
- TECHMER K.S., AHRENDT H. & WEBER K. 1992 — The development of pseudotachylyte in the Ivrea-Verbano Zone of the Italian Alps. *Tectonophysics*, 204: 307–322.
- WENK H.-R. 1978 — Are pseudotachylites products of fracture or fusion? *Geology*, 6: 507–511.
- WENK H.-R., JOHNSON L.R. & RATSCHBACHER L. 2000 — Pseudotachylites in the Eastern Peninsula Ranges of California. *Tectonophysics*, 321: 253–277.