

Et funn av pseudotachylitt i S. Trøndelag, og en teori for dannelsen.

Av

KNUT ØRN BRYN

Med 5 tekstfigurer.

Forord.

Under feltarbeid på søndre del av kartblad H 25 Ø, Essandsjø, S. Trøndelag, fant jeg sommeren 1956 en forekomst med pseudotachylitt. Lokaliteten er ca. 3 km NW for Essandsjø, ca. 830 m. o.h. i bekken som renner østover fra Garkleptjern. En oversikt over områdets geologi er publisert tidligere (Bryn, 1959). Fig. 1 viser feltets beliggenhet.

Feltarbeidet ble utført for Norges geologiske undersøkelse. Preparant Jacobsen, NGU, har laget tynnslipene, fotograf B. Mauritz, Mineralogisk-Geologisk Museum, Universitetet i Oslo, har tatt fotografiene, og kjemitekniker K. Haugen, NGU, har utført de kjemiske analysene. Jeg vil takke for all hjelp.

Shand (1916, p. 198—221) var den første som brukte betegnelsen pseudotachylitt. Han gir i sin avhandling beskrivelse av en rekke av de forekomster som var kjent på den tid. Senere har blant andre Goldschmidt (1943, p. 83—84) og Dietrichson (1953, p. 23—70) beskrevet slike bergarter fra Norge. Dietrichson (1953) har en meget fyldig litteraturliste.

Feltundersøkelser.

Bergarten som pseudotachylitten forekommer i, er en Stuedalskifer som tilhører Rørosgruppen. Carstens (1919, p. 59) beskriver Stuedalsskiferen som «Den graagrønne porfyroblastisk struerte glimmerskiferbergart, hvor biotit optrær som porfyroblastmineral . . .». Jeg har funnet følgende mineraler i Stuedalsskiferen: kvarts, feltspat, biotitt, muskovitt, kloritt og erts (Bryn, 1959, p. 12). Denne skiferen er i de øvre deler utviklet med store biotittporfyroblaster, mens nedover går den, via en skifer uten porfyroblaster, over til garbenskifer. Denne varierende utvikling av skifrene mener jeg er et resultat av

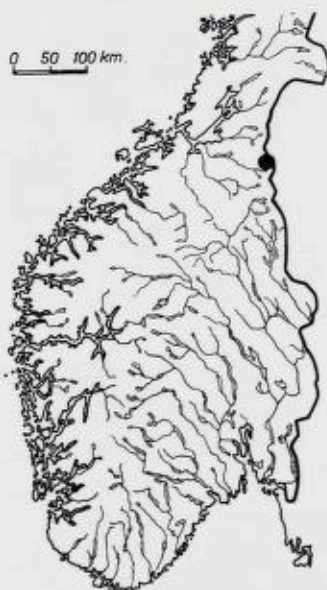


Fig. 1. Nøkkelkart. Sirkelen viser feltets beliggenhet.

Southern Norway. The black circle shows the location of the area described.

metamorfosen. Pseudotachylitten er funnet i skiferen mens det enda er biotittporfyroblaster, men på overgangen til den porfyroblastfrie sonen.

Pseudotachylitten forekommer på en liten blotning, og består av et nettverk av mindre ganger. Største observerte mektighet er vel 4 cm, mens de minste er ned til millimeter tykke årer. Gangene krysser skifriheten til bergarten, og sender apofyser inn i skiferen (fig. 2, 3, 4 og 5). Inne i gangene finnes skarpkantede bruddstykker av skiferen, til dels vridd i forhold til den omgivende skifer (fig. 2). Nær ganggrensen forekommer det enkelte mindre avrundede biter av skiferen. Pseudotachylitten er en mørk, tett og tung bergart med splintrig brudd. På sprekker i pseudotachylitten sitter små krystallfragmenter av kalkspat og svovelkis.

Optiske undersøkelser.

Grunnmassen i gangen er meget finkornet. Ved 500 gangers forstørrelse kan de enkelte korn ikke skilles ut. Gangene inneholder en del større strøkrystaller, opp til ca. 0,05 mm i tversnitt (fig. 3 og 4). Disse er bestemt til å være kvarts. Sikre feltspatkorn er ikke observert.

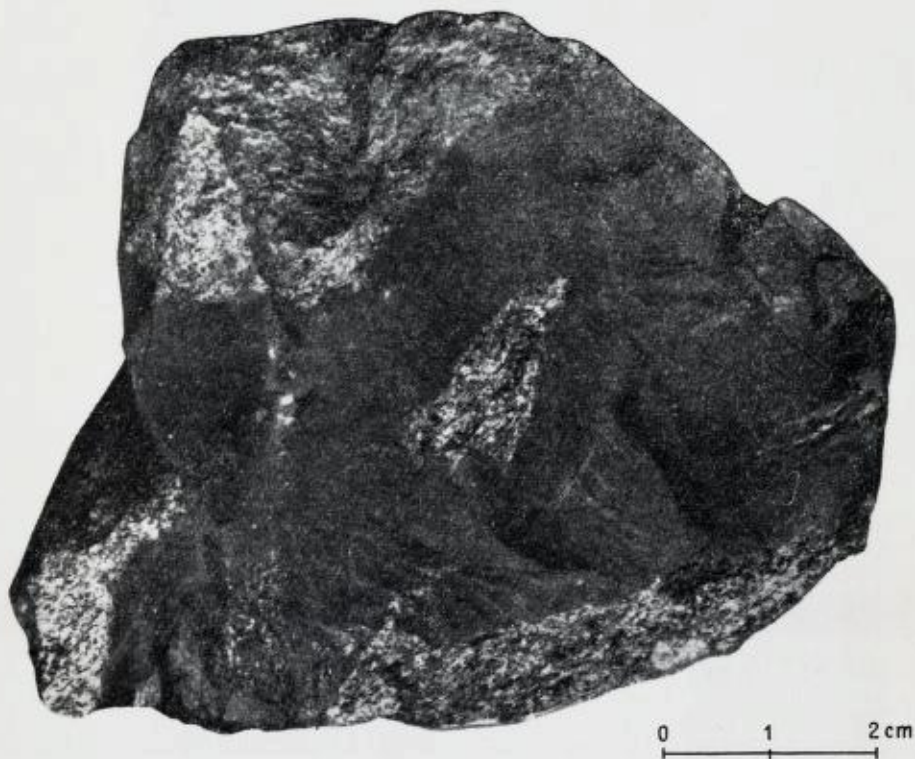


Fig. 2. Mørk gang med pseudotachylitt i Stuedalsskifer. Bruddstykke av Stuedalsskifer i gangen.

The pseudotachylite vein (black) with an inclusion of Stuedal schist.

Kvartskornene er ikke undulerende, i motsetning til i den omgivende skifer, hvor kvartsen er svakt undulerende. Videre er det tett med små opake krystaller, svovelkis, i grunnmassen. Grunnmassen er lys brun i gjennomfallende lys.

Ved integrasjonsbord fant jeg 7 % kvarts (og feltspat ?), 4 % opake mineraler og 89 % grunnmasse. Til sammenligning kan nevnes at Dietrichson (1953, p. 45) fant ved samme undersøkelsesmetode 18 % lyse fragmenter, og 82 % grunnmasse i en pseudotachyllit han undersøkte.

Pseudotachyllitten har en svak båndet struktur som jeg tolker som strømningsstruktur (fig. 4 og 5). Langs kontakten til den omgivende skifer finnes en smal sone, ca. 0,2 mm bred, med en tilsynelatende tettere og lysere grunnmasse (fig. 4).

Kjemiske undersøkelser.

Det er blitt utført kjemiske analyser av pseudotachylitten og den omgivende Stuedalsskifer. Analysene har jeg omregnet til kationprosent og regnet ut normmineralene i mesonormen (Barth, 1955). For å ha et sammenligningsgrunnlag har jeg beregnet normmineralene for de tre pseudotachylittanalyser som Dietrichson (1953, p. 42, 54 og 59) har publisert.

	1		2	
	Vekt %	Kation %	Vekt %	Kation %
SiO ₂	61,37	62,22	51,52	50,69
TiO ₂	0,85	0,65	0,87	0,64
Al ₂ O ₃	12,42	14,80	16,22	18,75
Fe ₂ O ₃	1,13	0,86	0,22	0,16
FeO	4,22	3,58	6,95	5,72
MnO	0,14	0,12	0,27	0,23
MgO	3,56	5,37	5,46	8,00
CaO	5,37	5,83	6,99	7,36
Na ₂ O	1,87	3,67	2,66	5,07
K ₂ O	2,15	2,78	2,50	3,14
P ₂ O ₅	0,15	0,13	0,29	0,24
CO ₂	3,80	(5,26)	3,56	(4,87)
S	0,10	(0,19)	0,75	(1,38)
H ₂ O÷	0,15	-	0,15	-
H ₂ O+	2,51	(8,48)	2,17	(7,12)
	99,79	100,01	100,58	100,00
Sp.v.		2,76		2,85

1. Stuedalsskifer, Essandsjø. Analyttiker K. Haugen, NGU.
2. Pseudotachylitt, Essandsjø. Analyttiker K. Haugen, NGU.

Magnetuttrekk av analysepulveret var negativt. Pseudotachylitten har noe større spesifikk vekt enn Stuedalsskiferen, henholdsvis 2,85 og 2,76. Dietrichson (1953, p. 42 og 53) oppgir spesifikk vekt til to pseudotachylitter, 2,81 og 3,07. Uttrykt i kationprosent har pseudotachylitten minket i forhold til Stuedalsskiferen med 11,53 % SiO₂, 0,70 % Fe₂O₃, 0,01 % TiO₂, (0,48 %) CO₂ og (1,36 %) H₂O. De øvrige elementer har økt i pseudotachylitten i forhold til i Stuedals-

skiferen. Hvis pseudotachylitten er dannet ved delvis oppsmelting av Stuedalsskiferen, er det rimelig at noe H₂O og CO₂ har unnveket. Oppsmeltingen for øvrig har vært selektiv, og pseudotachylitten er blitt fattigere på SiO₂ og Fe₂O₃.

Normberegning, mesonormen (Barth, 1955).

	1.	2.	3.	4.	5.
Q	42,15 %	19,36 %	12,9 %	0,4 %	27,4 %
C	7,63	7,74	3,2	—	3,7
Or	—	—	44,5	—	—
Ab	18,35	25,35	1,5	23,5	17,5
An	1,80	3,10	6,0	17,8	16,5
Σ sal.	69,93	55,55	68,1	41,7	65,1
Mt	—	0,24	—	3,8	2,3
Hm	0,86	—	3,6	0,8	—
Il	1,30	1,28	2,2	4,4	1,2
Ap	0,34	0,64	0,5	0,8	—
Pr	0,10	0,69	—	—	—
Cc	5,26	4,78	—	—	—
Bi	22,22	25,12	25,6	7,2	27,2
Hbl	—	11,70	—	41,3	4,2
Σ fem.	30,08	44,45	31,9	58,3	34,9
Sum	100,01	100,00	100,0	100,0	100,0

- Nr. 1. Stuedalsskifer, Essandsjø, S. Trøndelag. Analyttiker K. Haugen.
 » 2. Pseudotachylitt, Essandsjø, S. Trøndelag. Analyttiker K. Haugen.
 » 3. Pseudotachylitt, se Dietrichson (1953, p. 42).
 » 4. Pseudotachylitt, se Dietrichson (1953, p. 54).
 » 5. Pseudotachylitt, se Dietrichson (1953, p. 59).

Det fremgår her tydelig at det kjemisk er stor forskjell mellom de enkelte pseudotachylitter, selv om de i håndstykke og i mikroskop er nær identiske. At de kjemisk viser så store variasjoner, er selvfølgelig betinget av det forskjellige utgangsmaterialet de er dannet av. Jeg har ikke i litteraturen funnet analyser av pseudotachylitt hvor også sidebergarten har vært analysert. Ifølge normberegningen har pseudotachylitten fra Essandsjø minket med nesten 23 % kvarts i forhold til Stuedalsskiferen, mens de andre saliske mineralene har øket med vel 8 % tilsammen. Pseudotachylitten har økt med nesten 12 % horn-

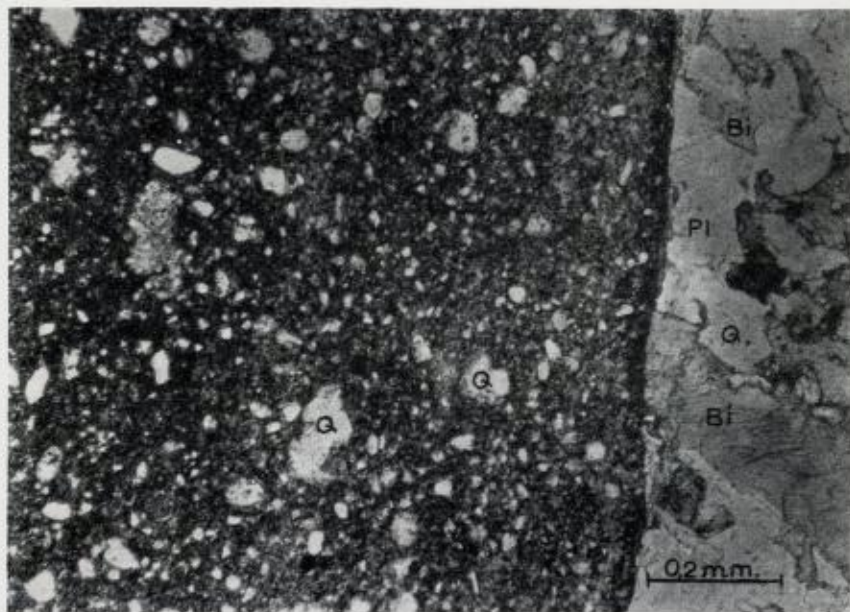


Fig. 3. Pseudotachylitten kutter Stuedalsskiferens mineraler rett av. Mange avrundete kvartsbiter i den finkornete grunnmassen. $\times 90$, vanlig lys, Q = kvarts, Pl = plagioklas, Bi = biotitt.

The pseudotachylite (left) cutting off the minerals of Stuedal schist along a straight line. Small pieces of quartz in the pseudotachylite. $\times 90$, ordinary light. Q = quartz, Pl = plagioclase, Bi = biotite.

blende og nesten 3 % biotitt i forhold til Stuedalsskiferen, mens de andre femiske mineralene dels har økt, dels minket, alle med mindre enn 1 %. Ialt har pseudotachylitten minket med 14,38 % saliske mineraler og økt tilsvarende med femiske mineraler.

Dannelsesbetingelser.

Goldschmidt (1943, p. 83) skriver: «På de steder, hvor nu pseudotachylitt findes, må der ha foregått en meget pludselig varmeutvikling, så hurtig at varmeenergien ikke ble fjernet ved bortledning forinden bergarten blev omdannet til smeltetmasse. Det er en meget eiendommelig omstændighet, at denne pseudotachylitt ikke er knyttet til store forkastninger med betydelig spranghøyde, at synlige forskyvninger mellem de to gangsider enten mangler, eller høyst utgjør noen

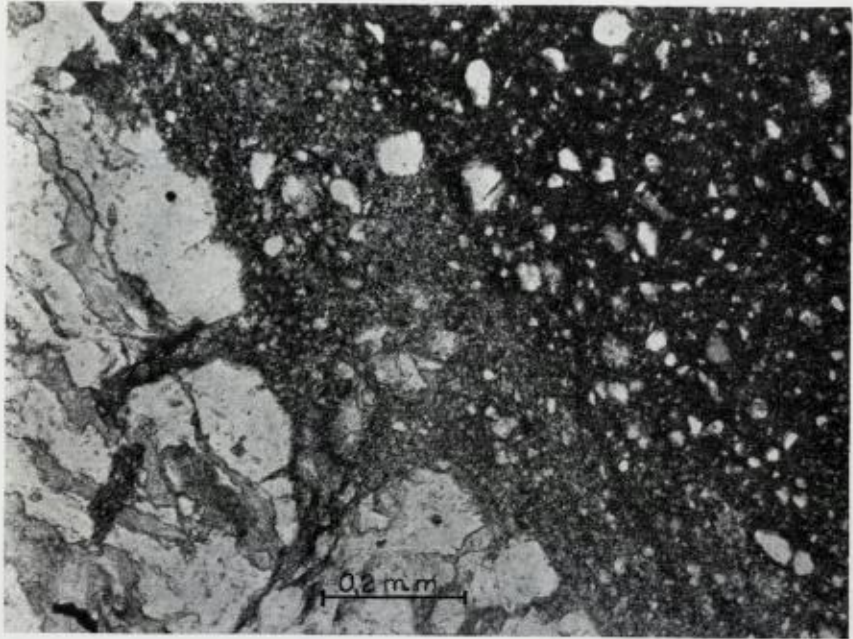


Fig. 4. Pseudotachylitten sender små apofyser inn i Stuedalsskiferen. Langs kontakten sees en lysere sone i pseudotachylitten. $\times 90$, vanlig lys.

The pseudotachylite with small veins into the Stuedal schist. Along the contact a lighter zone. $\times 90$, ordinary light.

få centimeter . . . Dannelsesbetingelsene for pseudotachylitt er ennu så gåtefulde, at problemet kan anbefales til geologenes oppmerksomhet.»

Det synes meg meget vesentlig at varmeutviklingen må ha foregått hurtig, og vært av lokal karakter. Dietrichson (1953, p. 52) fremsetter hypotesen at: «. . . pseudotachylitt-dannelsen må ansees fremkalt ved friksjonsopphetning under breksiering av bergmasser, som har vært utsatt for orgene bevegelser i opphetet, men ikke smeltet tilstand.»

Dietrichson poengterer ikke som Goldschmidt den lokale karakter og plutselige, store varmeutvikling som dannelsen av pseudotachylitt er avhengig av, men han presiserer bedre at den dannes som et resultat av friksjonsopphetning. Pseudotachylitt er ikke en vanlig bergart i regionalmetamorfe områder, og der den finnes, er det bare som smale ganger av liten utholdenhet. Pseudochylitt finnes nok adskillig flere steder enn de som hittil er rapportert, men må nok allikevel sies å være altfor sjelden hvis dannelsen er avhengig av vanlige regionalmeta-



Fig. 5. Strømningsstruktur i en smal gang med pseudotachylitt. $\times 90$, vanlig lys.
Flow structure in a small vein of pseudotachylite. $\times 90$, ordinary light.

morfe prosesser. Det synes da som om pseudotachylitt dannes ved plutselige og store temperaturstigninger fremkommet som friksjonsvarme ved små glidninger i bergarter. Og forholdene må ha ligget slik til rette at varmeenergien er blitt brukt til å smelte opp bergarten (eller en del av mineralene) i den nærmeste omgivelsen, innen den kunne bli ledet bort.

Slike raske temperatursvingninger, fremkommet ved friksjon, er påvist i laboratoriet, blant annet av Bowden, Stone and Tudor (1947, p. 329—349). De undersøkte temperaturstigninger som fremkom ved friksjon mellom polerte overflater av forskjellige materialer. Bevegelseshastigheten ved forsøkene var fra 50 til 450 cm/sek., og belastningen fra 1 til 10 kg.

Temperaturstigningen ble oppnådd i meget små punkter ("hot spots"), og levetiden var kort.

Forsøkene viste, at for ikke-metaller, som glass og kvarts, ble det oppnådd høye friksjonstemperaturer meget raskere enn for metaller, som er bedre varmeledere. Med glass eller kvarts ble temperaturer

omkring 600° C oppnådd med så liten hastighet som ca. 50 cm/sek. og med en belastning på 1 kg. Ved å øke hastigheten og/eller vekten, økte temperaturen. Bowden og Thomas (1954, p. 29—40) fant at temperaturøkningen vanligvis er begrenset til materialets smeltepunkt, men at for metaller som er lett oksyderende kunne meget høye temperaturer oppnås ved at metallet «brenner».

Reitan (1960) har i denne boken er mer detaljert beskrivelse og gjennomgåelse av disse eksperimenter.

Det kan ofte være av tvilsom verdi å overføre resultater fra laboratorieforsøk direkte til naturen, men det synes som om det har vært for lite påaktet i geologien at det lokalt kan oppnås meget store temperaturstigninger ved mindre forkastninger eller glidninger. Forutsetningen for å få oppsmelting som resultat av friksjonsvarmen, må da være at forholdene har ligget slik til rette at varmeenergien ikke ble ledet bort før noe av bergarten var smeltet.

Den skiferen jeg har observert pseudotachylitt i, er forholdsvis sterkt foldet (Bryn, 1959, p. 13), og det har sannsynligvis foregått større eller mindre differensielle skyvninger mellom de enkelte lagene. Lokalt kan så forholdene være blitt meget nær de forholdene som Bowden o. a. har hatt under sine eksperimenter. De steder hvor også varmeisolasjonen har vært tilstrekkelig, har vi fått lokal oppsmelting og dannelse av pseudotachylitt.

Goldschmidt (1943, p. 83) skriver som nevnt at pseudotachylitt ikke er knyttet til de store forkastningene. Dette må ha sin forklaring i at ved større forkastninger dannes det til dels åpne sprekker hvor varmen lettere kan ledes bort.

Summary.

A new locality of pseudotachylite, and a theory of formation.

A new locality of pseudotachylite, in southern Trøndelag, southern Norway (Fig. 1), is described. The geology of the area in which it occurs has been described earlier (Bryn, 1959). The pseudotachylite was found in the Stuedal schist. Optical and chemical data are given.

The formation of pseudotachylite, which I have tried to explain as a result of hot spots, has earlier been discussed (see e. g., Dietrichson, 1953 and Shand, 1916). Experiments, e. g. those carried out by Bowden, Stone and Tudor (1947), show that by friction between sliding polished surfaces, visible hot spots may be develop even when

the sliding speed is as low as one or two feet pr. second and the load is about 1000 g. If the load or speed was increased, the spots become brighter and whiter, indicating higher temperatures. In general, the maximum temperature is limited by the melting-point of the solid. The speed used in the experiments varied from 50 to 450 cm./sec., and the load between the surface could be varied between 1 and 10 kg.

These experiments show that even along small faults or slips, high temperatures may be reached. To melt rock, the circumstances must be such that the heat energy is not conducted away too fast. This is most likely along a zone of movement surrounded by solid rock.

Reitan (1960) has in this book a more detailed review of the experiments carried out on surface hot spots.

Litteratur.

- Barth, T. F. W.*, 1955. Presentation of Rock Analyses. The Journal of Geology, Vol. 63, No. 4, p. 348.
- Bowden, F. P., Stone, M. A., and Tudor, G. K.*, 1947. Hot spots on rubbing surfaces and the detonation of explosives by friction. Proc. Royal Soc. London, Vol. 188, p. 329.
- Bowden, F. P. and Thomas, P. H.*, 1954. The surface temperatures of sliding solids. Proc. Royal Soc. London, Vol. 233, p. 29.
- Bryn, K. Ø.*, 1959. Geologien på søndre del av kartblad Essandsjø. Norges geol. unders., nr. 205, Årbok 1958, p. 5.
- Carstens, C. W.*, 1919. Oversigt over Trondhjemsfeltets bergbygning. Det Kgl. Norske Vid. Selsk. Skr. nr. 1.
- Dietrichson, B.*, 1953. Pseudotachylit fra de kaledonske skyvesoner i Jotunheimens forgårder, Gudbrandsdalen, og deres dannelsesbetingelser. Norges geol. unders. nr. 184, Årbok 1952, p. 23.
- Goldschmidt, V. M.*, 1943. Om friksjonsglass (pseudo-tachylitt) i fjellkjeden. Geol. Fören. i Stockholm Förh. Bd. 65, Årgang 1943, p. 83.
- Reitan, P. H.*, 1960. Refleksjoner over betydningen av høye punkt-temperaturer på overflater i forbindelse med bevegelser i bergarter. Norges geol. unders., nr. 211, Årbok 1959, p. 98.
- Shand, S. J.*, 1916. The Pseudotachylite of Parijs (Orange Free State) and its Relation to "Trap-shotten Gneiss" and "Flinty Crush-Rock". Quarterly Journal, Geol. Soc. of London, Vol. 72, p. 198.

