

1 5. Nov. 1991

Diss. ETH No. 9461

**THE CHEMICAL AND RHEOLOGICAL BEHAVIOUR OF PARTIALLY
MOLTEN AMPHIBOLITE ROCKS DURING PARTIAL MELTING UNDER
FLUID-ABSENT CONDITIONS**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by
Tracy Ann Rushmer-Thompson
Dipl. Natw. Uni-Zürich

born July 15, 1958

citizen of United States of America

accepted on the recommendation of

Prof. K. J. Hsü, ETH-Zürich

examiner

Dr. R. Schmid, P.D. ETH-Zürich

co-examiner

Prof. S. Schmid, Universität Basel

co-examiner



1991

abstract

One of the major processes involved in the chemical and rheological evolution of the continental crust is that of partial melting. Crustal material which either buried or transported to deep levels in the earth, can produce felsic melts and will leave a mafic residue. Subsequent removal and migration of the melt phase to higher levels in the crust can stratify the crust chemically and the upper crust will become more felsic and the lower crust more mafic, with time. In order to study the chemical and rheological changes that occur during the process of partial melting, two complimentary experimental studies have been performed on mafic amphibolite, which is a typical lower crustal rock type, to investigate the most important factors in melt generation and melt segregation.

The first set of experiments were designed to determine the composition and maximum volume percent of melt that can be generated by fluid-absent partial melting of amphibolites (metamorphosed basalts). The experiments were performed in a solid-media piston-cylinder apparatus. The focus of the first part of the study was to construct a general melt model which closely estimates the volume percent of granitic melt produced during fluid-absent melting of mafic rocks under lower crustal conditions. Besides, the melt volume data, additional information could be obtained from these experiments. The solid mineral phases that coexist with the melt form assemblages that resemble natural granulites. As a result, the partial melting experiments are used to examine the role of partial melting in the formation of mafic granulites.

The second set of experiments used the hydrostatic results to provide a basis in which to study a more dynamic environment. Cores of the mafic amphibolite used in the first part of this study were partially melted, then deformed at conditions similar to those determined in the hydrostatic experiments. The deformation experiments were used to better estimate the volume percent melt needed to be produced by the melting reactions before the melt could leave its source, or when the melt could segregate. The deformation results suggest that the most important factors in determining when a melt will escape its source are the amount of melt, the strain rate and the confining pressure. These results can be applied to nature where partial melting and segregation frequently occur during tectonic events. Two end-member geologic scenarios are discussed, first an environment where small amounts of melt can segregate (low-melt fraction cataclasis) and secondly an environment where large volumes of melt accumulate in the source before segregation occurs (high-melt fraction segregation).

Zusammenfassung

Einer der wichtigsten Prozesse im Zusammenhang mit der chemischen und rheologischen Entwicklung der kontinentalen Kruste ist die partielle Aufschmelzung. Teilaufschmelzung in der untern Kruste erzeugt felsische Schmelzen und ein mafisches Residuum. Nachfolgende Entfernung und Aufsteig der Schmelzphase in höhere Krustenteile schichten die Erdkruste, die obere Kruste wird mit der Zeit felsischer werden und die untere Kruste mafischer. Zwei sich ergänzende experimentelle Studien an mafischem Amphibolit (einem typischen Gestein aus dem unteren Erdmantel) wurden durchgeführt, um die wichtigsten Faktoren bei Schmelzentstehung und rheologischen Änderungen, die während der Teilaufschmelzung auftreten, zu erforschen.

Zweck der ersten Experimentreihe war die Schmelzzusammensetzung und den maximalen Schmelzvolumenanteil bei fluid-abwesenden Teilaufschmelzen von Amphiboliten (metamorphisierte Basalte) zu bestimmen. Diese Experimente wurden in einem Piston Zylinder Apparat durchgeführt. Ziel des ersten Teils der Studie war ein Schmelzmodell mit dem der Volumenanteil granitischer Schmelze, die während fluid-abwesendem Schmelzen von mafischen Gesteinen in der unteren Kruste entsteht, abgeschätzt werden kann. Neben Schmelzvolumen konnte zusätzliche Information von diesen Experimenten gewonnen werden. Feste Mineralphasen, die mit der Schmelze koexistieren bilden Paragenesen ähnlich denen in natürlichen Granuliten. Demzufolge werden die Teilaufschmelzungs-experimente dazu benützt, die Rolle partieller Aufschmelzung bei der Entstehung mafischer Granulite zu untersuchen.

Die zweite Experimentreihe benützte die Grundlage der hydrostatischen Resultate um eine dynamischere Umgebung zu untersuchen. Mafische Amphibolitkerne aus dem ersten Teil der Studie wurden teilweise aufgeschmolzen und danach unter ähnlichen Bedingungen wie bei den hydrostatischen Experimenten deformiert. Die Deformationsexperimente dienten zu einer besseren Abschätzung des, bei den Schmelzreaktionen entstehenden Volumenanteils Schmelze, der benötigt wird, ehe die Schmelze den Ursprungsort verlassen kann, oder die Schmelze sich absondern kann. Aus den Resultaten der Deformationsexperimente ergeben sich als wichtigste Faktoren wann eine Schmelze den Ursprungsort verlassen kann, die Schmelzemenge, die "strain"-Rate und der allseitige Druck. Diese Resultate können auf die Natur übertragen werden, wo partielle Aufschmelzung und Absonderung häufig während tektonischen Ereignissen auftreten. Zwei Endglieder geologischer Szenarien werden behandelt, erstens eine Umgebung, in der sich kleine Schmelzmengen absondern können (Kataklase mit kleinem Schmelzanteil), und zweitens eine Umgebung, in der sich grosse Schmelzmengen am Ursprungsort ausammeln vor es zur Absonderung kommt (Absonderung mit grossen Schmelzanteil).