



UNIVERSITÀ DI PISA

Corso di Laurea
Scienze e Tecnologie Geologiche

Titolo Tesi di laurea

***RELAZIONE TRA MODALITA' DI RISALITA E CINETICA DI
CRISTALLIZZAZIONE NELLE LAVE DELL'ETNA: UN ESEMPIO
D'INTERPRETAZIONE CINETICA DELLA CSD***

Candidato *Parolari Mattia*

Relatore *Armienti Pietro*

ANNO ACCADEMICO

2013-2014

Indice Generale

Introduzione

1	Background	1
1.1	Contesto geodinamico	1
1.2	Petrogenesi ed evoluzione dei magmi etnei	4
2	Geotermometri e geobarometri	9
2.1	Cenni Teorici	9
2.2	Il geotermobarometro liquido-clinopirosseno di Putirka.....	13
2.3	Analisi termobarometriche	17
3	Crystal Size Distribution: teoria e loro interpretazione	24
3.1	Campione rappresentativo	24
3.2	Teorema fondamentale della stereologia.....	25
3.3	Ricostruzione stereologica delle CSD: il metodo di Schwart-Saltikov	27
3.4	Analisi d'immagine su plagioclasti	32
3.5	Interpretazione e significato delle CSD.....	40
4	Modello cinematico di risalita delle lave etnee	47
4.1	Trend tipo A: parte profonda	54
4.2	Trend tipo B: parte superficiale	58
4.3	Discussione e revisione dei risultati	60
5	Conclusioni	66
5.1	Risultati.....	66
	Bibliografia	69
	Appendice A	75
	Appendice B	77

Riassunto

Obiettivo di questa tesi è la costruzione di un modello cinematico di risalita delle lave etnee basato sull'analisi congiunta delle CSD, dei dati sulle inclusioni magmatiche e dei calcoli geotermobarometrici. Un modello in grado di correlare le modalità di risalita con i processi ad essa associati, in particolare, il degassamento del fuso e i suoi effetti sulla cinetica di cristallizzazione registrati nelle strutture dei magmi eruttati.

Per questo lavoro, sono state prese in esame diverse lave etnee relative al periodo 2011-2013. Su i vari campioni sono stati condotti studi di analisi d'immagine al fine di ricostruire le Crystal Size Distribution (CSD) dei plagioclasti. Inoltre, sono state eseguite analisi chimiche al SEM sui clinopirosseni, in modo da poter ottenere informazioni su condizioni P-T di cristallizzazione, utilizzando il geotermobarometro di Putirka (Putirka et al., 2003).

Utilizzando dati di letteratura sulle inclusioni magmatiche (Métrich et al., 2003), è stato possibile valutare il contenuto in H₂O alle varie pressioni, ricostruendo così l'evoluzione del processo di essoluzione durante la risalita. La perdita di volatili, in particolare di H₂O, tra tutti quello più abbondante, si riflette in una variazione della temperatura di liquidus, portando a un aumento della velocità di crescita dei cristalli e del loro tasso di nucleazione (Armienti et al., 2004); allo stesso modo, la variazione della temperatura del magma durante la risalita è strettamente connessa alle dinamiche della stessa, raffreddandosi con diversi tassi secondo la tipologia del moto di ascesa. Risulta quindi evidente come la cinematica di risalita controlli in maniera importante le leggi di crescita e nucleazione dei cristalli, portando a lave caratterizzate da diverse curve di CSD.

Una legge di crescita per i plagioclasti è stata stimata attraverso la regressione di dati sperimentali presenti in bibliografia (Carroll et al., 2003).

I tempi e la tipologia del moto di risalita sono le incognite di questo modello. Per questo motivo è necessario formulare delle ipotesi sulla tipologia del moto, vincolando

questa al processo di cristallizzazione; in questo modo devono coincidere le tempistiche che permettono ai cristalli di raggiungere il numero e la taglia misurati nelle rocce, con quelle del moto di ascesa del fuso verso la superficie.

Abstract

The aim of this thesis is to construct a kinematic model of the ascent typology of Etnean lavas based on the combined analysis of the CSDs, data on magmatic inclusions and geothermobarometric calculations. This model must be able to correlate the ascent modalities with the processes associated with them, in particular, melt degassing and its effects on the crystallization kinetics, recorded in the structures of erupted magmas.

The lavas analyzed in this study refer to the eruptive period 2011-2013.

By using of software for image analysis, it was possible to reconstruct the CSDs for plagioclase crystals. Furthermore, chemical analyzes were conducted on the pyroxene crystals, in order to obtain information about P and T of crystallization, through the use of Putirka's geothermobarometer (Putirka et al., 2003).

Using data on melt inclusion published by Métrich et al., 2003, it was possible to reconstruct the exsolution process during the ascent of magma, knowing the water content at different pressures.

Water is the most abundant volatile component in magmas; its exsolution induces a dramatic change in the liquidus temperature, thus producing observable effects on the rates of nucleation and growth of minerals (Armienti et al., 1994). Similarly, the variation of magma temperature during its ascent, is closely linked to its dynamics, cooling with different rates according to the typology of ascent motion. For these reasons, the laws of nucleation and growth of crystals are controlled by the kinetics of the ascent, through the variation of the undercooling that can be linked to the shape of the CSDs.

The law of Crystal growth rate has been calculated through the regression of literature experimental data (Carroll et al., 2003).

Transport time and the typology of motion appear to be the unknown quantities of this model. For this reason it is necessary to make certain assumptions about the type of motion, linking this to the crystallization process; in this way, the timing which allow the crystals to reach the number and size observed in the rocks must coincide with those of the ascent of the melt to the surface. Thus, transport time obtained must be congruent with those that are recorded in the real volcanic environment: return periods of explosive activity and the deep seismic records, duration and frequency of Strombolian activity preceding the most explosive stages of lava fountains.

Introduzione

Nonostante siano conosciute le dinamiche che governano la cristallizzazione di un magma in risposta all'essoluzione di volatili (Armienti et al., 1994; Simakin et al., 1999), si hanno ancora poche informazioni riguardo le tempistiche con cui avvengono tali processi. La perdita di volatili, in particolare di H₂O, tra tutti quello più abbondante, si riflette in una variazione della temperatura di liquidus, portando ad un aumento della velocità di crescita dei cristalli e del loro tasso di nucleazione; allo stesso modo, la variazione della temperatura del magma durante la risalita è strettamente connessa alle dinamiche della stessa, raffreddandosi con diversi tassi a seconda della tipologia del moto di ascesa. Risulta quindi evidente come la cinematica di risalita controlli in maniera importante le leggi di crescita e nucleazione dei cristalli, portando a lave con diversa cristallinità, a parità di altre condizioni. Partendo da quest'ultima considerazione, in questo lavoro, si propone un modello che, da misure sulle taglie cristalline (Crystal Size Distribution, CSD), è in grado di ricavare informazioni tali da rendere possibile la risoluzione delle tempistiche con cui avviene la cristallizzazione della lava, le stesse che per il processo di risalita.

L'ascesa di un fuso verso la superficie è chiaramente un processo difficile da indagare in quanto non direttamente osservabile. Ciò nonostante, è possibile ottenere preziose informazioni indagando diversi processi ad essa connessi:

- *Cristallizzazione magmatica*: le taglie cristalline, così come il numero totale dei cristalli presenti, sono il risultato di questo processo e come tale, riflette intimamente le condizioni P-T a cui è avvenuto e per quanto questo si è protratto nel tempo.

– *Analisi geotermobarometriche*: particolari equilibri chimici tra roccia e cristallo che si instaurano durante i processi di cristallizzazione, possono dare informazioni importanti sulle condizioni P-T a cui sono avvenuti tali processi, a patto che vi sia, tra reagenti e prodotti, un'importante variazione di entropia, nel caso di un geotermometro, o di volume molare, nel caso di un geobarometro.

– *Inclusioni magmatiche*: sono minute goccioline di magma che vengono intrappolate nei cristalli durante il loro accrescimento e possono fornire preziose informazioni per studi petrogenetici, magmatologici, vulcanologici e idrotermali. Dal momento che le inclusioni magmatiche non degassano durante l'ascesa del magma, esse rappresentano un sistema chiuso, costituendo così un valido strumento per la determinazione delle concentrazioni dei volatili nei magmi in condizioni pre-eruttive. Inoltre, se si hanno informazioni dei contenuti in volatili pre-eruttivi a diverse pressioni, è possibile ricostruire l'andamento del processo di essoluzione durante la risalita.

Attraverso l'analisi congiunta dei processi sopra citati è possibile ricostruire i gradienti P-T che contraddistinguono il moto di risalita e conoscere il contenuto di acqua disciolto nel magma alla diverse profondità.

I tempi e la tipologia del moto di risalita risultano essere le incognite di questo modello. Per questo motivo è necessario formulare delle ipotesi sulla tipologia del moto, vincolando questa al processo di cristallizzazione; in questo modo devono coincidere le tempistiche che permettono ai cristalli di raggiungere il numero e la taglia osservabile nelle rocce, con quelle del moto di ascesa del fuso verso la superficie. I tempi così ottenuti devono essere congrui con quelli che vengono registrati nel contesto vulcanico reale: tempi di ritorno dell'attività esplosiva e del record sismico profondo, durata e frequenza dell'attività stromboliana antecedente le fasi più esplosive di fontane di lava.

Obiettivo di questa tesi è la costruzione di un modello cinematico di risalita delle lave etnee basato sull'analisi congiunta delle CSD, dei dati sulle inclusioni magmatiche e dei calcoli geotermobarometrici. Un modello in grado di correlare le modalità di risalita con i processi ad essa associati, in particolare, il degassamento del fuso e i suoi effetti sulla cinetica di cristallizzazione registrati nelle strutture dei magmi eruttati.

Per questo lavoro, sono state prese in esame diverse lave etnee relative al periodo 2011-2013. Di seguito viene riportata una lista dei campioni:

	Data evento	Sigla campione
1.	12-13/01/11	11ET11
2.	12-13/01/11	2ET11
3.	10/04/11	A3b
4.	11-12/05/11	A4a
5.	30/07/11	A8b
6.	20/08/11	A11a
7.	29/08/11	A12e
8.	08/09/11	A13b
9.	04/03/12	b3
10.	18/03/12	B4
11.	24/04/12	B7
12.	23/02/13	CSE
13.	28/02/13	C6b
14.	05-06/03/13	C7b
15.	05-06/03/13	C7e