

Abstract

The Lanzo massif is impossible to circumvent in the field study of the effects of deformation and magmatism in a system evolving from rifting to sea floor spreading. Previous studies demonstrated that a major shear zone between the northern and the central massif, acted as a preferred melt pathway during mantle exhumation. Here, new field, petrological, geochemical and microstructural results from the northern part of the shear zone, that has never been studied in detail, are reported and provide new insights on the evolution of the deformation and interplay with melt.

The heterogeneous deformation that characterize the limit of the northern ductile shear zone of the Lanzo massif is the result of a complex interplay between the evolution of the deformation and percolating liquids at different stages of the mantle exhumation history. Mineral chemistry is independent of the lithology and deformation where facies they occur in. Although, a general decrease of the pressure and temperature conditions can be identified by the decrease in Mg#, Al₂O₃, TiO₂ and Cr₂O₃ contents in clinopyroxene and orthopyroxene, from porphyroclasts to neoblasts. The presence of an alkaline melt is suggested by rounded kaersutite grains, with high-K and Ti contents, and may be an evidence of a primordial sub-continental metasomatism process around 1050°C (Niida and Green, 1999). Petrographic evidences also show reactive MORB-type melt percolation by diffusive porous flow, with replacements of ol, and cpx by opx and intergrowths of opx and plg, respectively, or by channelized flow as later gabbroic veinlets. Mg-hornblende is abundant along the shear zone and its high Cl content (0.15-0.61 wt%) brings for first time the possibility of a sea-water derived fluid contribution to high temperature alteration processes at depth. Primitive deformation at high temperature is preserved in olivine porphyroclasts embedded in a ultramylonitic matrix, where the activation of the (010)[001] (B-type) slip system is observed, suggesting high stress, high temperature and H⁺ content (e.g., Jung and Karato, 2001). In the protomylonites however, olivine CPO indicates the activation of the (010)[100] (A-type) slip system at high-T, low stress and H⁺ content (Ben Ismail and Mainprince, 1998; Karato et al., 2008) with the concomitant activation of the [001] slip direction in opx and cpx. Observed A+B type olivine CPO suggests transitive conditions, probably with variable amount of fluid in the system: MORB melt.

At low temperature, the localization of the deformation occurs along corridors of reduced grain size, where a loss of fabric is observed for interstitial olivine, opx and cpx. Although, the strong amphibole (Mg-hbl) CPO, consistent with activation of the (100)[001] slip system, indicate a contemporaneous crystallization of this amphibole during deformation, between 500-800°C (Getsinger and Hirth, 2014; Cao et al., 2010). This is corroborated by misorientation maps and petrographic observations. Moreover, the rounded shapes of opx are interpreted as a particular behaviour of strain partitioning, endorsed by particularly high fluid contents, with recrystallization and grain boundary rotation.

Shear strain seems to generate anastomosed areas where the dynamic recrystallization processes dominate, in which fluids percolates allow the localization of the deformation, up to a certain threshold where these channels become impermeable at very low stress, and the fluid circulates along fractures (presumably close to the ductile-fragile transition boundary, yet under ductile conditions). This process may preserve the strongly deformed areas from later fluid percolation.

This study demonstrates that pre-existing primary or, more probably, subcontinental melt percolation promotes the localisation of deformation, which brings an important mind for the understanding of the geodynamic structural evolution of a continental margin in the context of an ocean-continent transition zone. Their structure must be somehow constrained by an older subcontinental metasomatism that is reprise during the margin formation.

Résumé

Le massif de Lanzo est impossible de contourner dans le champ des effets entre la déformation et magmatisme dans un système évoluant d'un stade de *rifting* à celui de *sea floor spreading*. Des études antérieures ont démontré qu'une zone majeure de cisaillement, entre le massif nord et le massif central, jouait le rôle de chemin préférentiel pour le transport de fluides durant l'exhumation du manteau. Cette étude apporte de nouveaux résultats concernant la partie nord de la zone de cisaillement, notamment dans le cadre de l'étude de terrain, de la pétrologie, de la géochimie ainsi que de l'analyse des microstructures. Ces paramètres n'avaient jamais été traités en détails durant les études antérieures, mais seront présentés dans ce travail et apporteront une nouvelle vision de l'évolution de la déformation ainsi que sur ses interactions avec les fluides.

La déformation hétérogène que caractérise la limite de la zone de cisaillement ductile, au nord du massif de Lanzo, résulte de l'interaction complexe entre l'évolution de la déformation et la percolation des liquides à différents moments de l'histoire d'exhumation du manteau. La chimie minérale est indépendante de la lithologie et des faciès de déformation dans lesquels elle est analysée. Cependant, une diminution générale des conditions de pression-température peut être représentée par la diminution progressive des teneurs en Mg#, Al₂O₃, TiO₂ et Cr₂O₃, des porphyroclastes enrichis aux neoblastes appauvris. La présence d'un liquide silicaté alcalin est suggérée par des grains arrondis de kaersutite, avec des teneurs élevées en K et Ti, lesquelles peuvent être une évidence d'un processus primordial de métasomatisme subcontinental à une température d'environ 1050°C (Niida and Green, 1999). La pétrographie montre aussi des évidences de réaction entre un liquide de type MORB et la péridotite environnante, soit par un flux poreux diffusif induisant un remplacement de l'olivine par l'opx ou du cpx par des inter-croissances opx + plg, soit par un flux canalisé produisant des veinules grabbroïques. L'abondance d'hornblende magnésienne tout au long de la zone de cisaillement associé à leur teneur élevée en Cl (0.15-0.61 pois%) rapporte pour la première fois la possibilité d'une contribution d'un fluide dérivé de l'eau de mer dans les processus d'altération hydrothermale en profondeur dans le manteau supérieur.

La déformation primitive à haute température est préservée dans les porphyroclastes d'olivine présents dans la matrice ultramylonitique, où l'activation du système de glissement (010)[001] (type-B) est observée, suggérant une contrainte élevée, ainsi qu'une teneur en H⁺ élevés (Jung and Karato, 2001). Dans les protomylonites, le « CPO » de l'olivine indique par contre l'activation du système de glissement (010)[100] (type-A) à haute température, basses tensions et basses teneurs en H⁺ (Ben Ismail and Mainprince, 1998; Karato et al., 2008) et, simultanément, l'activation de la direction de glissement [001] dans les opx et cpx. Les fabriques mixtes entre les types A et B suggèrent des conditions transitives, en la présence de fluide, dans des quantités variables, et probablement de type MORB, par hypothèse directe avec des observations pétrographiques.

À plus basse température, la localisation de la déformation se fait le long des couloirs de grains de taille réduite, où est observée la perte de fabrique des phases interstitielles. Néanmoins, la forte fabrique de l'amphibole (Mg-hbl), consistante avec l'activation du système de glissement (100)[001], indique la cristallisation contemporaine de l'hornblende pendant la déformation, entre 500-800 °C (Getsinger and Hirth, 2014; Cao et al., 2010), laquelle est confirmée par les cartes de misorientation et observations pétrographiques. Par ailleurs, des formes arrondies montrées par l'opx sont interprétées comme un comportement particulier de *strain partitioning* induit par d'importantes quantités de fluide, avec recristallisation et rotation des grains.

La contrainte de cisaillement semble générer des zones anastomosées où dominant des processus de recristallisation dynamique, le long desquels les fluides percolent et permettent la localisation de la déformation, jusqu'à un certain seuil, non définis, où ces canaux deviennent imperméables à très basses contraintes et où les fluides sont dirigés le long de fractures.