

Influencia del método de preparación de losetas de revestimiento mediante “Chorro de fuego” en características mineralógico-texturales y propiedades físicas del granito “Rosa Porriño”

Influence of the “fire jet” finishing method of stone claddings on the mineralogical and textural characteristics and physical properties of “pink Porriño” granite

ANGEL RODRIGUEZ REY

Lcdo. en Geología. Profesor Ayudante del Dpto. de Petrología y Geoquímica.

VICENTE G. RUIZ DE ARGANDOÑA

LOPE CALLEJA ESCUDERO

Drs. en Geología. Profesores Ayudantes del Dpto. de Petrología y Geoquímica.

Facultad de Geología. Universidad de Oviedo

RESUMEN

Se ha realizado el estudio de los efectos provocados por un método industrial de preparación superficial de losetas de rocas ornamentales, denominado “chorro de fuego”, sobre la mineralogía, textura y algunas propiedades físicas de una roca granítica gallega ampliamente utilizada como material de revestimiento y conocida comercialmente con el nombre de “Rosa Porriño”.

Para el estudio de los parámetros petrográficos se han utilizado varias técnicas microscópicas: microscopía óptica de polarización (luz transmitida) y microscopía electrónica de barrido (S.E.M.).

De los resultados obtenidos se deduce que las características mineralógico-texturales y las propiedades físicas de muestras de losetas (obtenidas mediante aserrado industrial de grandes bloques con flejes metálicos), permanecen prácticamente sin cambios antes y después de la correcta aplicación del “chorro de fuego”. Se comprueba, además, la importancia de la refrigeración con agua de la roca durante el tratamiento; así, al suprimirla, las muestras sufren una importante degradación en sus propiedades.

SUMMARY

The effect of an industrial process of surface treatment (“fire jet”) of ornamental rock slabs upon the mineralogical and textural characteristics of an igneous rock known commercially as “Pink Porriño” (Rosa Porriño) from Galicia (NW Spain), has been studied by optical and electron microscopy. The most important physical properties of both treated and non-treated rocks have also been determined.

As a result, it may be concluded that no significant changes in the mineralogical or textural characteristics, or in the physical properties, are caused by the proper application of the process. The refrigeration of the rock is essential: without it, the properties of samples change significantly.

INTRODUCCION

La forma habitual de utilización de los materiales rocosos usados para revestimientos en fachadas de edificios es en

INTRODUCTION

Polished slabs, prepared using different methods, are commonly used as facing materials in building facades.

losetas pulidas según métodos diversos. No obstante, existe otra técnica, más reciente, de tratamiento superficial de las losetas, mediante "chorro de fuego" o "dardo de fuego", que presenta ciertas innovaciones respecto al sistema tradicional de desbaste y pulimento.

Para comprobar los efectos de este tratamiento en la textura, mineralogía y algunas propiedades físicas, se ha seleccionado una roca granítica procedente de Porriño (Pontevedra) y conocida comercialmente con el nombre de "Rosa Porriño", ya que, por su mineralogía y tamaño de grano es utilizada, tanto en forma de losetas pulidas, como losetas tratadas por medio de "chorro de fuego".

PETROGRAFIA

Macroscópicamente la roca presenta un color rosado debido a cristales de feldespatos, entre los que se disponen uniformemente los cristales de cuarzo formando agregados policristalinos.

Los cristales de feldespatos (microclina y plagioclasa) alcanzan 2,5 cm de tamaño máximo, presentando bordes irregulares e interdentados; en ocasiones aparecen maclados. Dentro de este grupo de feldespatos pueden distinguirse dos variedades, unos rosados (microclina), que son los mayoritarios en la roca, y otros blanquecinos (plagioclasa), que en ocasiones rodean a los primeros.

Pueden también observarse cristales tabulares de color negro brillante que corresponden a biotita y que se encuentran homogéneamente repartidos por toda la roca, presentando un tamaño máximo de 10 mm.

Microscópicamente presenta una textura granuda alotriomórfica heterogranular, con un tamaño de grano medio de unos 5 mm. Puede reconocerse una notable red de microfisuras intra, inter y transgranulares, más abundantes en los agregados de cuarzo.

Cuantitativamente está compuesta por Cuarzo (37,1 %), Microclina (40,1 %), Plagioclasa (An_{10-28}) (19,0 %), Biotita (3,4 %) y, como minerales accesorios y secundarios, Apatito, Allanita, Clorita y Epidota, que representan menos de un 0,4 % del total del volumen de la roca. Estos porcentajes han sido determinados microscópicamente con un error máximo igual o menor al 1,41 %.

Cuarzo. Se presenta en agregados de cristales alotriomórficos, alcanzando

Recently, a new technique for the surface treatment of rock slabs, the fire jet technique, has been introduced; this method features some innovations as regards the traditional lapping and polishing of the rock.

In order to observe the effects of this treatment on the texture, mineralogy and some physical properties of rocks, a granitic rock, collected in Porriño (Pontevedra, NW Spain) and commercially known as "Pink Porriño", has been studied; the mineralogy and grain size of this rock make it suitable for use both as polished cladding and as fire jet treated cladding.

PETROGRAPHY

Macroscopically, the rock is pinkish in colour, due to the feldspar grains, between which quartz crystal aggregates are uniformly distributed.

The feldspar crystals (microcline and plagioclase) reach up to 2.5 cm in size, having irregular and indented boundaries, and are sometimes zoned. In this group of feldspars, two varieties can be distinguished: one with a pinkish colour (microcline) which is the main volumetric component, and another with a whitish colour (plagioclase), which sometimes surrounds the former.

Shiny black tabular crystals of biotite can also be observed; they are homogeneously distributed throughout the rock, reaching a maximum grain size of 10 mm.

Microscopically, the rock has an allotriomorphic heterogranular texture, with an average grain size of about 5 mm. An important microfissuration network (with inter, intra and transgranular cracks, mainly in quartz crystals) can be observed.

Its mineralogical composition is as follows: quartz (37.1 %), microcline (40.1 %), plagioclase (An_{10-28} , 19.0 %), and biotite (3.4 %), with apatite, chlorite, allanite and epidote as accessory and secondary minerals (0.4 %). These percentages have been microscopically determined with an error equal to or less than 1.41 %.

Quartz occurs as allotriomorphic crystal aggregates, 3 mm being the most frequent size but exceptionally reaching 8 mm. It has wavy or "orientated mosaic" extinction. Some grains have a transgranular fissuration, some of the cracks being recrystallized.

excepcionalmente los 8 mm de longitud, siendo 3 mm el tamaño más frecuente; la extinción es ondulante, y en algunos casos en mosaico orientado. Algunos granos presentan fisuración transgranular, estando algunas fisuras recrystalizadas.

Microclina. Aparece en cristales alotriomórficos de bordes irregulares, con frecuencia de naturaleza mirmequítica, alcanzado, en ocasiones, dimensiones superiores a los 2 cm. La mayoría de los cristales presentan venas de pertitas de desarrollo considerable; algunos poseen maclado polisintético y maclas de Carlsbad.

Plagioclasa (An₁₀₋₂₈). Se presenta en granos alotriomórficos de tamaño variable, inferior generalmente al de los cuarzos (son raros los que superan los 4 mm), con bordes irregulares y en muchos casos de naturaleza mirmequítica. Muchas de ellas aparecen zonadas, con núcleos de oligoclasa básica y bordes de oligoclasa ácida (An₂₈₋₁₀), estando los núcleos alterados a sericita. Casi todos los cristales presentan maclas según la ley de la Albita bien desarrolladas, aunque en ocasiones pueden verse maclas de Carlsbad y combinaciones de Albita-Carlsbad. Existe otro tipo de plagioclasa, de naturaleza albitica (An₈), no alterada, con un tamaño inferior a los 2 mm y bordes bastante regulares y rectos.

Biotita. Con formas subidiomórficas, se presenta, en ocasiones alterada a clorita; presenta inclusiones de circón y apatito.

Accesorios. Aparecen en núcleos junto con la biotita o incluidos en la misma. Destaca la allanita (1 mm de tamaño máximo) idiomórfica y con zonación concéntrica. Los minerales ópacos (óxidos de hierro) son muy escasos.

Una descripción más completa de las características petrográficas y físicas de esta roca puede verse en (1).

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

El tratamiento industrial de las muestras mediante el "chorro de fuego" se efectúa con el equipo que puede verse en la Fig. 1. Consta de un soplete situado a 10 cm de la plancha de roca, con la que forma un ángulo de 45°; la velocidad de avance es de 4 m/min y la zona atacada en la roca tiene una anchura entre 10-15 cm, alcanzando una temperatura de hasta 1.500°C. Inmediatamente antes y después del "dardo de fuego", se disponen dos salidas de agua cuya misión es refrigerar la roca.

Para la realización de esta investigación se ha

Microcline forms allotriomorphic crystals with irregular boundaries, sometimes of myrmekitic character, and sometimes reaching more than 2 cm in size. Most of the crystals have perthitic veins and some present polysynthetic and Carlsbad twins.

Plagioclase (An₁₀₋₂₈) is present as allotriomorphic grains of different sizes, usually smaller than quartz crystals (it is rare to find crystals bigger than 4 mm), with myrmekitic texture and irregular boundaries. Many of them are zoned, the nuclei being of basic oligoclase composition, An₂₈ (sometimes altered to sericite) and the borders of acid oligoclase, An₁₀. Almost all the crystals show well-developed albite twins, although Carlsbad twins and albite-Carlsbad combination twins can also be observed. An unaltered plagioclase of albitic composition (An₈), is also present, with a grain size less than 2 mm and straight boundaries.

Biotite, subidiomorphic in shape, is sometimes altered to chlorite; it has inclusions of zircon and apatite.

Accessory minerals form nuclei associated with biotite or included within it. Idiomorphic, concentrically zoned allanite (with a maximum size of 1 mm) is the most important. Ore minerals (iron oxides) are rare.

A more complete description of the petrographic and physical characteristics of this rock has been presented elsewhere (1).

EXPERIMENTAL PROCEDURE

The industrial treatment of stone cladding by means of the fire jet technique is illustrated in Fig. 1. The equipment consists of a blow-pipe located 10 cm from the rock slab (forming an angle of 45° to the face) which travels across the rock face at about 4 m/min. The affected zone has a depth of between 10 and 15 cm and reaches a temperature of 1.500° C. Immediately before and after the fire jet, two water discharges wet the rock surface in order to cool it.

In the experiments undertaken, a sample of rock cladding measuring 1.10 m × 0.7 m and

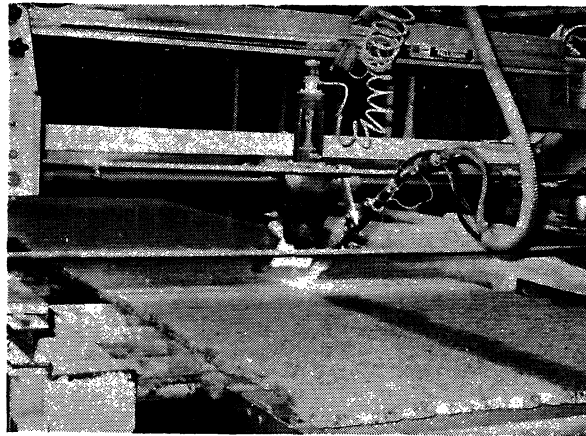


Fig. 1.—Equipo para el tratamiento industrial de losetas de rocas ornamentales mediante chorro de fuego.

Fig. 1.—Equipment used for the industrial treatment of ornamental stones by the fire jet technique.

trabajado sobre una plancha de roca de 1,10 m × 0,7 m y 2 cm de espesor, que ha sido tratada de la siguiente manera:

- Una franja de 35 cm de ancho ha sido tratada suprimiendo el riego de agua (condiciones SA).
- Otra franja, del mismo ancho anterior, fue sometida al tratamiento completo anteriormente explicado (condiciones TC).
- Por último, los 40 cm restantes no han sido tratados, permaneciendo como “roca intacta” (condiciones ST), aunque modificada por el aserrado con flejes metálicos que se realizó para la obtención de las losas de 2 cm de espesor.

Se han estudiado muestras de los tres tipos mediante microscopía óptica de polarización por luz transmitida y microscopía electrónica de barrido (S.E.M.), determinándose, además, algunas propiedades físicas elementales.

Los estudios de microscopía óptica se han realizado sobre muestras previamente impregnadas con resinas, con el fin de consolidar la superficie afectada por el tratamiento. De cada una de las muestras se realizaron secciones perpendiculares a la superficie, de forma que pudiese observarse el contacto entre la superficie tratada al fuego y la resina, para, de esta forma, estudiar las variaciones superficiales provocadas.

Las propiedades físicas determinadas han sido: densidad de la roca, porosidad abierta e índice de saturación, siguiendo los métodos propuestos por (2). Para ello se ha utilizado un mínimo de 10 muestras por cada una de las condiciones de ensayo y cada propiedad determinada.

2 cm in thickness was treated as follows:

- A band of rock, 35 cm wide was subjected to the fire jet treatment (CT conditions).
- Another similar band was treated in the same way, except that the cooling stages were omitted (WW conditions).
- Finally, the last 40 cm band was not treated, remaining as “intact rock” (IR conditions), although modified by industrial cutting with metallic hoops, used to obtain the 2 cm thick claddings.

Samples of rock treated in these three different ways were studied under transmitted-light polarizing microscopy and scanning electron microscopy (S.E.M.), the latter also measuring some fundamental physical properties.

The optical microscopy was carried out on samples previously impregnated with resin, in order to consolidate the surface affected by the treatment. From each sample, some sections, cut perpendicular to the surface, were made in such a way that the contact between rock and resin could be observed in order to study the superficial damage induced.

The following physical properties were measured: bulk density, open porosity and saturation index. These measurements followed the norms proposed by (2). A minimum of 10 samples for each treatment condition and measured property were studied.

RESULTADOS OBTENIDOS

A simple vista, y durante el paso del soplete, se distinguen pequeños puntos rojos incandescentes diseminados por toda la superficie, que corresponden a los cristales de biotita que se van fundiendo a medida que se les aplica el dardo de fuego; también es posible observar proyecciones de fragmentos de cuarzo y feldespatos.

Después del ataque, la superficie presenta una rugosidad bien desarrollada; en una observación detallada se aprecia que las "cumbres" están ocupadas por biotita, mientras que las depresiones corresponden a concavidades en el cuarzo, ocupando los feldespatos un lugar intermedio; en la Fig. 2

Fig. 2.—Aspecto macroscópico de la roca después del tratamiento.

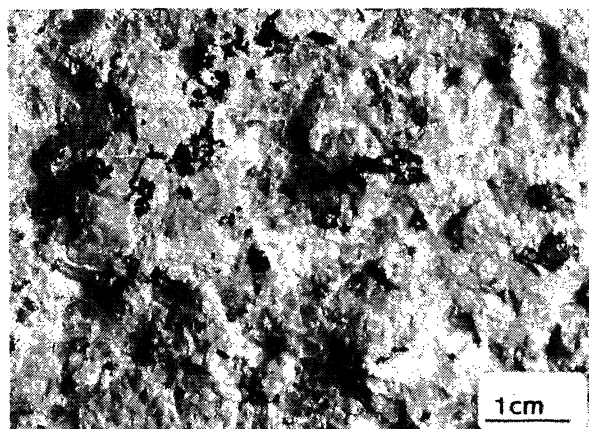


Fig. 2.—Macroscopic appearance of the "Pink Porriño" granite after treatment.

puede observarse el aspecto macroscópico de la roca después del tratamiento.

Mediante microscopía óptica de polarización, puede observarse que no existen anomalías en las propiedades ópticas de ninguno de los minerales de las muestras tratadas según las condiciones SA ó TC, respecto de la ST; únicamente la biotita más superficial presenta, en algunos casos, un reborde más oscuro, debido a la fusión parcial.

Por lo que respecta a la fisuración, se observa en ocasiones la existencia de fisuras localizadas en una franja muy estrecha, con un trazado paralelo a la superficie, siendo más abundantes en las muestras del grupo SA, tratadas sin agua (Fig. 3).

Por medio de microscopía electrónica de Scanning (SEM), en el cuarzo de las muestras

RESULTS

During the fire jet treatment, small red incandescent points could be distinguished with the naked eye on the surface of the sample, resulting from the melting of biotite crystals as the fire jet was applied; some detachment of quartz and feldspar fragments was also observed.

After treatment, the surface was found to present a well developed rugosity; detailed observation showed that the "crests" are occupied by biotite, whilst the "valleys" are associated with hollows in quartz, the feldspars being in intermediate position. In Fig. 2, the macroscopic appearance of the rock after treatment is illustrated.

Fig. 3.—Muestra del grupo SA (sin refrigeración con agua). Obsérvese el desarrollo de fisuras paralelas a la superficie. (Microscopía Óptica de Polarización; N.C.).

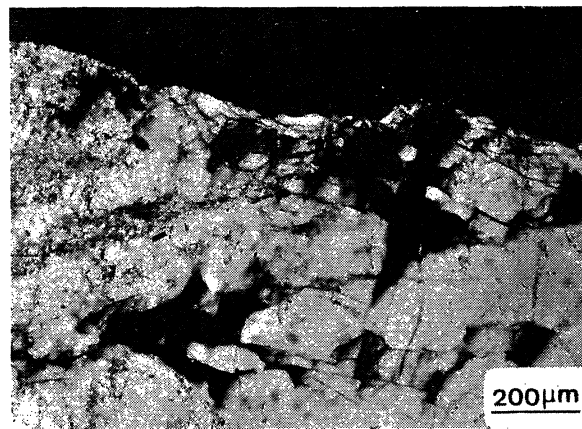


Fig. 3.—Sample treated without cooling with water. Some fissures parallel to the surface can be observed. (Optical polarizing microscopy; C.N.).

By using optical polarizing microscopy, no anomalies in the optical properties of the minerals from the samples treated in CT or WW, with respect to the intact rock, could be observed. Only the more superficial biotite sometimes showed a dark rim, due to the partial melting.

Concerning the microfissuration, some microfissures located in a very thin surface layer could be observed with an orientation more or less parallel to the surface, particularly in those samples treated without water (WW conditions) (Fig. 3).

Under scanning electron microscopy (S.E.M.), some transgranular cracks in quartz and

Fig. 4.—Cristal de biotita con reborde de color oscuro en una de las muestras TC. (M.O.P.: N.C.).

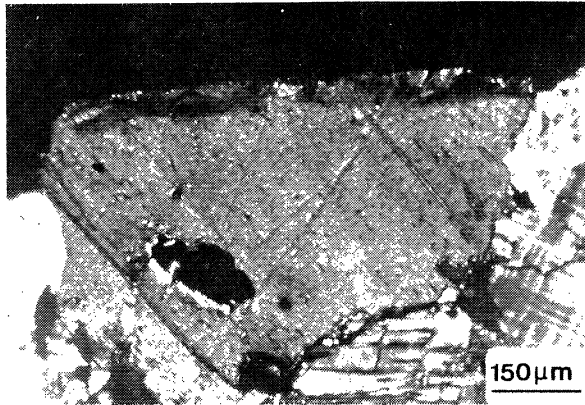


Fig. 4.—Biotite crystal with dark-coloured rim in a sample of the CT group. (O.P.M.: C.N.).

Fig. 5.—Biotita fundida superficialmente. La patina fundida se ha desprendido en algunos puntos, dejando ver la exfoliación. (S.E.M.).

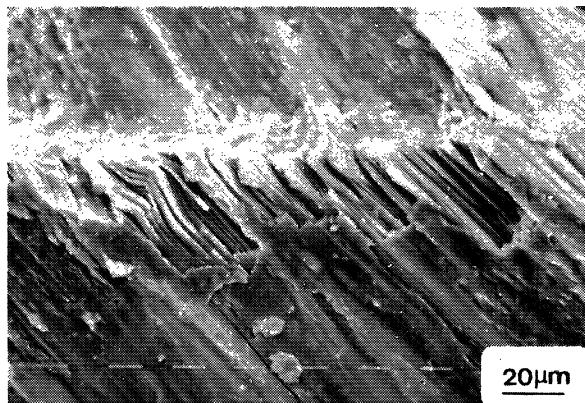


Fig. 5.—Superficially melted biotite. The melted patina has been detached in some zones, showing the mineral cleavage, (S.E.M.).

de tipo ST (sin tratar) pueden observarse fisuras transgranulares, característica que es posible observar también en los feldespatos.

El cuarzo y los feldespatos de las muestras del grupo TC, presentan el mismo aspecto que las del grupo anterior, no detectándose un mayor número de fracturas superficiales. En cambio, la biotita aparece recubierta con una finísima película de material fundido (Fig. 4), que en algunos puntos está desprendida, pudiéndose observar la perfecta exfoliación subyacente (Fig. 5).

En las muestras del grupo SA (en las que no se ha utilizado agua durante el tratamiento

Fig. 6.—Fracturas transgranulares subparalelas, presentes solamente en muestras SA. (S.E.M.).

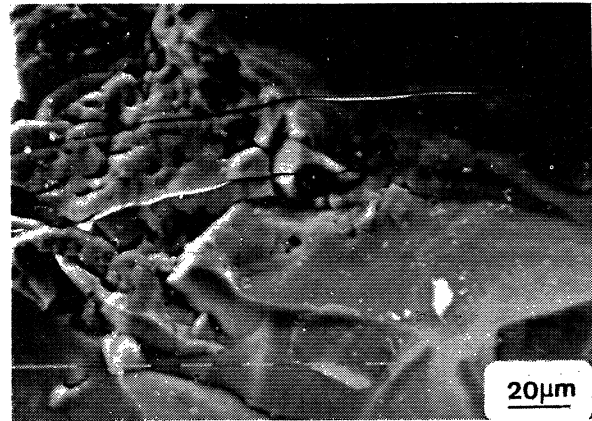


Fig. 6.—Subparallel transgranular fissures, only present in samples of the WW group. (S.E.M.).

Fig. 7.—Cristal de biotita mostrando fusión superficial. Fragmentos fundidos del mismo pueden verse sobre el feldespato adyacente. (S.E.M.).

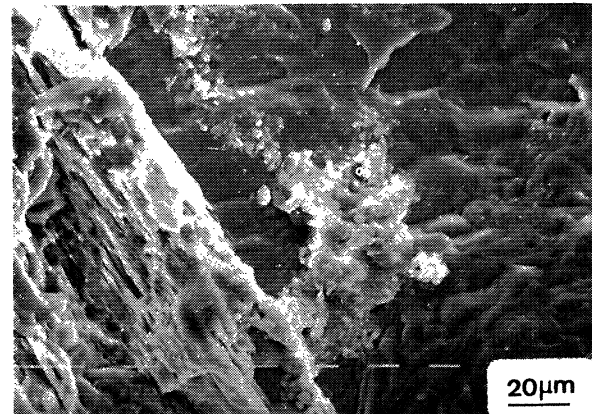


Fig. 7.—Biotite crystal showing superficial melting. Some melted fragments can be seen on the neighbouring feldspar. (S.E.M.).

feldspar could be distinguished in untreated samples (IR conditions). No changes of microfissuration density in quartz and feldspar crystals could be observed in the rock subjected to the complete treatment, although the biotite crystals showed a thin film of melted material (Fig. 4) which, in some places, had been removed, exposing the underlying cleavage (Fig. 5).

In the samples from the WW group (treated without water) the appearance of quartz and

con "dardo de fuego"), el cuarzo y los feldspatos presentan el mismo aspecto que en las muestras de los otros dos grupos. No obstante, en este grupo aparecen unas series de fisuras, más o menos paralelas entre sí, casi siempre de tipo transgranular, que afectan sobre todo a los cristales de cuarzo (Fig. 6). Las biotitas aparecen recubiertas por una pátina de material fundido, de escaso grosor, que en ocasiones se desprende y cae sobre los granos adyacentes, variando el aspecto superficial del mismo (Fig. 7).

Los resultados obtenidos, en las diferentes condiciones de tratamiento, para las propiedades físicas determinadas pueden verse en la Tabla I.

TABLA I

Resultados obtenidos para las propiedades físicas determinadas; (los límites de confianza de los datos corresponden a un umbral de significación del 95 %)

	Densidad roca seca (ρ_d) (gr/cm)	Indice de vacíos (i_v) (%)	Porosidad abierta (n_o) (%)
Grupo ST (sin tratar)	2,61 ± 0,01	0,38 ± 0,02	0,99 ± 0,06
Grupo TC (con agua)	2,61 ± 0,03	0,39 ± 0,01	1,01 ± 0,06
Grupo SA (sin agua)	2,58 ± 0,01	0,48 ± 0,02	1,25 ± 0,05

INTERPRETACION PETROFISICA

De los estudios por vía microscópica y de las propiedades físicas, puede deducirse que las muestras del grupo TC (tratadas al fuego utilizando agua durante el proceso) y las del grupo ST (sin tratar), presentan aspectos texturales similares, así como valores muy próximos en sus propiedades físicas, lo que parece indicar que siempre que se enfríe inmediatamente la roca con agua, la aplicación del "dardo o chorro de fuego", sólo produce variaciones en su aspecto superficial.

Sin embargo, no ocurre lo mismo con las tratadas con "dardo de fuego" en las que no se ha utilizado agua durante el proceso (grupo SA); en este caso, el valor de la porosidad abierta aumenta un 26 % con respecto a la de los grupos anteriores, provocando el descenso de la densidad de la roca y un incremento en su índice de vacíos.

feldspars was the same as in the previously mentioned conditions; a set of approximately parallel cracks, of transgranular character, could be observed, mainly affecting the quartz crystals (Fig. 6). Biotites were found to be covered by a thin patina of melted material which had sometimes become detached and dropped onto neighbouring grains, changing their surface appearance (Fig. 7).

In Table I, the results of the measured physical properties for treated and non-treated "Pink Porriño" granite are presented.

TABLE I

Results obtained for the measured physical properties (within the 95 % confidence limit)

	Bulk density (ρ_d) (gr/cm)	Void index (i_v) (%)	Open porosity (n_o) (%)
IR Group (without treatment)	2,61 ± 0,01	0,38 ± 0,02	0,99 ± 0,06
CT Group (with water)	2,61 ± 0,03	0,39 ± 0,01	1,01 ± 0,06
WW Group (without water)	2,58 ± 0,01	0,48 ± 0,02	1,25 ± 0,05

PETROPHYSICAL INTERPRETATION

Microscopic studies and a consideration of the physical properties of samples have shown that those of the CT group (complete treatment, with water) and those of the IR group (without treatment) have similar textural aspects and very similar physical properties. This seems to indicate that the application of the fire jet only produces a change in the surface characteristics of samples when the rock is rapidly cooled with water. In the case of the rock treated without water (WW group), the porosity values were found to rise by 26 % with respect of the other groups, inducing a decrease in the bulk density and an increase in the void index.

Esta variación de las propiedades está relacionada con la ya mencionada aparición de numerosas microfisuras en este grupo de muestras; así, la aparición de las mismas se interpreta como debida a las tensiones producidas por la diferente expansión de los minerales de la roca. En este sentido, al no producirse el enfriamiento inmediatamente después del paso del "dardo", el calor se transmite hacia el interior de la roca, originando una más elevada microfisuración.

Ahora bien, los materiales rocosos tienen una baja conductividad térmica (3) y, por lo tanto, el incremento de temperatura (y la fisuración inducida en los cristales) sólo alcanza una capa superficial de la roca, máxime teniendo en cuenta el pequeño intervalo de tiempo durante el que se ataca cada zona de la misma.

Este fenómeno no se produce en las muestras del grupo TC, debido al descenso brusco de la temperatura provocado por la refrigeración por agua que, por efecto del "choque térmico", origina la saltación de los cristales más superficiales, sin que de lugar al calentamiento en los situados en una zona más interna.

Sin embargo, no todas las rocas son susceptibles de ser sometidas al tratamiento del "dardo de fuego". Su idoneidad depende, principalmente, de su mineralogía y textura, siendo el primero el factor más influyente bajo tres aspectos:

- Punto de fusión de los minerales.
- Coeficientes de expansión térmica.
- Resistencia mecánica de los minerales.

En este sentido, si los minerales constituyentes de la roca tienen un coeficiente de expansión bajo, el aumento escaso de volumen producido por la subida de temperatura no dará lugar a esfuerzos superiores a su resistencia mecánica ni superará la energía de borde de grano y, por lo tanto, la roca no se fisurará.

En el caso de rocas en las que los coeficientes de expansión térmica de sus minerales constituyentes sean muy diferentes, se establecen tensiones internas que superan el valor de su resistencia a la tracción, lo que origina la fragmentación de la zona calentada.

Así, las rocas graníticas, caracterizadas por importantes diferencias entre los coeficientes de expansión del cuarzo y el resto de sus componentes minerales, son las más aptas para este tratamiento.

This variation of the physical properties is related to the aforementioned creation of microfissures in this group of samples. Thus, the development of these cracks is interpreted in terms of induced thermal stresses due to the differential expansion of the minerals: as no cooling occurs immediately after passing the fire jet, the heat is transmitted to the inner part of the cladding, inducing a more important microfissuration network.

As rock materials have a low thermal conductivity (3), the temperature increase in the sample—and the fissuration induced in crystals—only can reach a thin superficial rock layer during the short period of time for which each zone is treated. This phenomenon was not observed in samples from the CT group, due to the rapid temperature decrease produced by cooling with water. In this case, the ejection of the more superficial crystals is produced by the "thermal shock" effect, crystals located deeper within the rock remaining unheated.

Not all types of rock are suitable for the fire jet treatment. Their suitability mainly depends upon their texture and, particularly, their mineralogy, including the melting point, thermal expansion coefficient, and mechanical strength of each of the minerals present.

If the rock-forming minerals have a low thermal expansion coefficient, the small volumetric increase induced by heating will not create stresses higher than their mechanical strength or grain boundary energy and the rock will not fissure.

In rocks in which the thermal expansion coefficient of their minerals are very different, internal stresses higher than their tensile strength will be created, producing fragmentation of the heated area.

Thus, the granitic rocks, characterized by high differences of the thermal expansion coefficients between quartz and the other rock-forming minerals, are the most suitable rocks for this treatment. As the fragmentation

Por otra parte, y teniendo en cuenta que la fragmentación se produce a escala mineral, el relieve resultante estará en función del tamaño de grano y, por ello, a mayor tamaño de grano, mayor relieve y mayor vistosidad ornamental. Por esta razón se suele aplicar este tratamiento a rocas graníticas de grano grueso.

CONCLUSIONES

Durante el proceso industrial de fabricación de planchas de revestimiento mediante "chorro de fuego" o "dardo de fuego", apenas se originan modificaciones en las características mineralógicas y texturales de la roca (una vez separada en lajas por aserrado), excepto en el aumento del área superficial de cada loseta y en la aparición de biotitas fundidas.

El papel del agua en el proceso es de gran importancia ya que, cuando no se utiliza, en la roca pueden verse fragmentos que no llegan a desprenderse y presentan una importante fisuración, dando lugar al aumento de su porosidad abierta, lo que facilita la alterabilidad futura de las planchas de roca.

is produced at a mineral level, the resulting relief will be a function of the grain size: the higher the grain size, the higher the rugosity and ornamental quality of the product. For this reason, the treatment is mainly applied to coarse grained granitic rocks.

CONCLUSIONS

During the production of ornamental cladding by the fire jet technique, almost no changes in the mineralogical and textural characteristics of the rock (after cutting the slabs) are generated except an increase in the surface area of each slab and the production of melted biotites.


Cooling with water is essential. In its absence, the rock is affected by major fissuration near the surface, increasing its open porosity, which increases the potential weatherability of the cladding.

BIBLIOGRAFIA

- (1) RODRIGUEZ REY, A. (1978): Meteorización por insolación en rocas ornamentales: Durabilidad e interpretación petrofísica. *Tesis de Licenciatura*. Dpto. de Petrología. Universidad de Oviedo. 146 pp.
- (2) BELIKOV, B. P.; ZALESKII, B. V.; ROZANOV, Y. A.; SANINA, E. A. y TIMCHENKO, I. P. (1967): Methods of studying the physico-mechanical properties of rocks. En "Physical and mechanical properties of rocks". Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem.
- (3) CALLEJA, L.; RUIZ DE ARGANDOÑA, V. G.; SUAREZ DEL RIO, L. M. y RODRIGUEZ REY, A. (1984): Conductividad térmica en rocas sometidas a incrementos térmicos. *I. Cong. Español de Geología*. Vol. III, pp. 401-411. Segovia.

* * *

publicación del I.E.T.c.c.



historia del puente en España
puentes romanos
Luis Fernández Casado
Prof. Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

historia del puente en España

puentes romanos

Carlos Fernández Casado
Prof. Dr. Ing. de Caminos,
Canales y Puertos

Se han reunido en esta publicación doce artículos que fueron apareciendo durante 25 años en la Revista «Informes de la Construcción», a partir del mes de marzo de 1955. El propósito era mucho más ambicioso pues se trataba de hacer una «Historia del puente en España», pero hasta el momento actual sólo se ha revisado la época romana, si bien el autor tiene la intención de prolongar la historia hasta cuando sus años de vida le den lugar.

Unos apéndices añadidos a los doce artículos originales informan sobre las variaciones experimentadas por algunos puentes más importantes como la del traslado de las ruinas mejor conservadas del puente de Alconétar, que corrió el peligro de quedar sumergido en el embalse de Alcántara, y la reparación de la cimentación de una de las pilas centrales del puente de este mismo nombre que fue detectada, al quedar durante unos días cortado el curso del Tajo, para realizar el montaje de los desagües de fondo correspondientes a la presa del citado embalse.

Un volumen encuadernado en cuché, a dos colores, de 21 x 27,5 cm, compuesto de 554 páginas, 105 grabados, 14 dibujos, 753 fotos blanco y negro, 24 fotos color y 110 dibujos de línea.

Madrid, 1981.

Precios: España, 3.000 ptas.; extranjero, 43 \$ USA.