

ĐÁNH GIÁ ĐẶC TRƯNG CỦA BỘT ĐÁ PHÉ THẢI TỪ LÀNG ĐÁ NON NƯỚC VÀ KHẢ NĂNG CHẾ TẠO SẢN PHẨM COMPOSITE

ESTIMATING CHARACTERISTICS OF THE WASTE STONE POWDER AT NON NUOC STONE VILLAGE AND ITS POSSIBILITIES OF PRODUCING COMPOSITE PRODUCTS

Đoàn Thị Thu Loan¹, Nguyễn Thị Sen²

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; dttloan@dut.udn.vn

²Lớp Cao học KTHH-K34, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt - Tiềm năng bột đá phế thải tại làng đá mỹ nghệ Non Nước, thành phố Đà Nẵng là rất lớn. Mục tiêu của nghiên cứu nhằm đánh giá khả năng sử dụng bột đá phế thải từ làng đá mỹ nghệ Non Nước trong gia công chế tạo một số sản phẩm composite như lưới chắn rác, nắp hố ga và lươn giao thông, góp phần giải quyết vấn đề ô nhiễm môi trường do bột đá phế thải gây ra. Trong nghiên cứu này, một số đặc trưng của bột đá khô và ướt được khảo sát bao gồm thành phần khoáng, thành phần hóa học, phân bố kích thước hạt, hình thái học và so sánh với bột đá thương phẩm. Ngoài ra, một số tính chất cơ học như kéo, uốn, va đập, độ cứng và khả năng chịu tải trọng nén của composite từ nhựa polyester không no, sợi thủy tinh và bột đá cũng được khảo sát nhằm đánh giá khả năng thay thế bột đá thương phẩm trong chế tạo một số sản phẩm composite như song chắn rác, nắp hố ga và lươn giao thông.

Từ khóa - bột đá; composite; nhựa polyester không no; tính chất cơ học; hình thái học

1. Giới thiệu

Vấn đề cấp bách nhất hiện nay chính là môi trường. Trong cùng một thời điểm, chúng ta phải đối mặt với nhiều vấn đề như sự cạn kiệt dần các nguồn tài nguyên, đặc biệt là các nguồn tài nguyên không tái tạo được, thiếu các bãi chôn lấp rác thải khi lượng chất thải ngày càng tăng... Vì vậy, việc phát triển các loại vật liệu thân thiện với môi trường, tận dụng, tái sử dụng các nguồn nguyên liệu phế thải ngày càng được chú trọng.

Tại Việt Nam có hàng trăm mỏ đá phân bố chủ yếu ở miền Bắc và miền Trung với trữ lượng ước tính đạt 52 tỷ tấn. Với nhu cầu sử dụng đá trong xây dựng cũng như trong đời sống sinh hoạt thì nhu cầu khai thác cũng như chế tác đá càng tăng. Tại Đà Nẵng nghề chế tác đá là một nghề lâu đời và phát triển. Với đặc thù của nghề, lượng đá phế thải thải ra môi trường là rất lớn. Mỗi năm có khoảng 4.000 – 5.000 m³ đá dăm (đá khô) và 1.200 – 1.500 m³ bột đá ướt thải ra môi trường tại làng đá mỹ nghệ Non Nước [1].

Đá phế thải khô được hình thành do cưa cắt và đục đẽo tại các doanh nghiệp cưa cắt và điêu khắc đá thuộc làng đá mỹ nghệ Non nước, thành phố Đà Nẵng. Đá phế thải khô là loại đá dăm với các kích cỡ khác nhau. Hơn 50% lượng đá phế thải khô được thu gom, nghiền và bán lại cho các cơ sở sản xuất gạch, đúc tượng và các sản phẩm mỹ nghệ rẻ tiền. Phần còn lại thải bừa bãi trên các bãi đất trống (Hình 1).

Đá phế thải ướt hình thành trong quá trình cưa cắt đá (Hình 2). Nước được dùng để làm nguội, bôi trơn và làm sạch bột đá ra khỏi lưỡi cưa trong quá trình cưa cắt. Nước và bột đá tạo nên huyền phù bột đá thải ra đi vào các bể

Abstract - There is a big potential of waste stone powder at Non Nuoc stone village, Danang city. The objective of this study is to estimate the possibility of using the Non Nuoc waste stone powder in producing some composite products such as trash traps, manhole covers and traffic barriers in order to contribute to solving the environmental problem due to this kind of waste. In this study, some characteristics of the dry and wet stone powder such as mineralogical composition, chemical composition, particle size, morphology are investigated and compared to those of the commercial stone powder. Additionally, some mechanical properties such as tensile, bending, impact, hardness and compression properties of the composite products based on unsaturated polyester, glass fiber and waste stone powder are studied in order to estimate the possibility of using the stone waste to replace the commercial stone powder in producing several composite products including trash traps, manhole covers and traffic islands.

Key words - stone powder; composite; unsaturated polyester; mechanical properties; morphology

lắng ba ngăn sau đó được lắng ở các hồ chứa. Định kỳ bột đá được xúc, đổ đồng ngoài trời và thỉnh thoảng được thuê xe chở đi đổ ở những nơi khác. Như vậy, lượng đá phế thải khô và ướt được thải ra tại làng đá mỹ nghệ Non Nước đã gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng đến cảnh quang khu vực và tổn chi phí cũng như diện tích đất để chôn lấp.



Hình 1. Bãi đá phế thải tại làng đá mỹ nghệ Non nước



Hình 2. Hoạt động cưa cắt đá

Trên thế giới, việc nghiên cứu sử dụng đá phế thải đã được quan tâm bởi nhiều nhà nghiên cứu trong các ứng dụng khác nhau như sản xuất xi măng, gạch, ceramic... [2 - 5]. Tuy nhiên, hiện nay chỉ có một số nhà khoa học

quan tâm nghiên cứu sử dụng đá phế thải trong gia công composite [6, 7].

Trong gia công composite, bột đá thương phẩm được sử dụng phổ biến và với lượng lớn. Hiện nay, lượng bột đá thương phẩm chủ yếu được nhập từ Trung Quốc, Ấn Độ, Bangladesh...

Hơn nữa, hiện nay việc sử dụng vật liệu composite ngày càng tăng. Một số sản phẩm dân dụng như nắp hố ga, song chắn rác, lươn giao thông phần lớn đều được làm bằng vật liệu composite, thay thế các vật liệu truyền thống như kim loại, bê tông... Các sản phẩm này được sản xuất với một lượng lớn bột đá thương phẩm (10 - 30% trọng lượng). Phần lớn bột đá thương phẩm được nhập ngoại nên giá thành tương đối cao.

Chính vì vậy, nghiên cứu này đã khảo sát một số đặc trưng của đá phế thải tại làng đá mỹ nghệ Non Nước – thành phố Đà Nẵng và khả năng sử dụng bột đá phế thải thay thế bột đá thương phẩm trong chế tạo một số sản phẩm composite như lưới chắn rác, nắp hố ga và lươn giao thông. Việc tái sử dụng lượng đá phế thải này để làm nguyên liệu chế tạo vật liệu composite vừa cho chúng ta một nguồn nguyên liệu dồi dào vừa giải quyết được vấn đề môi trường.

2. Thực nghiệm

2.1. Nguyên liệu

Nhựa polyester không no (UPE) Polyplex Resin xuất xứ Nuplex Industries Limited, New Zealand.

Đá phế thải được thu gom từ làng đá mỹ nghệ Non Nước – thành phố Đà Nẵng. Đá phế thải khô thường có độ ẩm thấp ($< 0,2\%$) không cần phơi hoặc sấy được đập đến kích thước dưới 2 cm trước khi đưa vào nghiền. Bột đá phế thải ướt khi thu gom có độ ẩm cao được phơi ngoài trời 3 ngày hoặc sấy ở $100 - 105^{\circ}\text{C}$ đến độ ẩm dưới $0,2\%$. Sau đó, đá phế thải khô và ướt được nghiền trong máy nghiền bi với buồng nghiền 5 lít, tốc độ quay 50 vòng/phút trong thời gian 300 phút thu được bột đá khô (BĐ-K) và 30 phút thu được bột đá ướt (BĐ-U) [8].

Bột đá thương phẩm sử dụng được cung cấp bởi Công ty Cổ phần Hóa chất Minh Đức.

2.2. Gia công mẫu sản phẩm composite

Các mẫu sản phẩm composite nắp hố ga (NHG-U, NHG-K, NHG-TP), song chắn rác (SCR-K, SCR-U, SCR-TP) và lươn giao thông (LGT-K, LGT-U, LGT-TP) được chế tạo từ nhựa polyester không no độn bột đá ướt, bột đá khô và bột đá thương phẩm. Vật liệu gia cường gồm roving thủy tinh (RTT), mat (MTT). Đơn phối liệu được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Đơn phối liệu gia công sản phẩm composite

Mẫu	UPE	RTT	MTT	BĐ-K	BĐ-U	BĐ-TP
NHG-K	50	15	20	15		
NHG-U	50	15	20		15	
NHG-TP	50	15	20			15
SCR-K	50	25	0	25		
SCR-U	50	25	0		25	
SCR-TP	50	25	0			25

LGT-K	50	10	10	30		
LGT-U	50	10	10		30	
LGT-TP	50	10	10			30

2.3. Xác định thành phần hóa và thành phần khoáng của bột đá

2.3.1. Phổ nhiễu xạ tia X

Thành phần khoáng của bột đá được xác định bằng phương pháp phổ nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction - XRD) trên thiết bị XRD SmartLab, Rigaku, Nhật sử dụng Copper K_{α} radiation và góc 2θ từ 10° đến 70° .

2.3.2. Phổ huỳnh quang tia X

Thành phần hóa của bột đá được xác định bằng phương pháp phổ huỳnh quang tia X (X-ray fluorescence - XRF) trên thiết bị Thermo Scientific™ ARL™ 9900 X-ray WorkStation™, Thụy Sĩ. Mỗi mẫu chứa 10 g bột đá có đường kính 25 mm.

2.4. Khảo sát hình dạng và kích thước hạt trung bình của bột đá

Hình thái học bề mặt của bột đá được xác định bằng kính hiển vi kỹ thuật số (digital microscope) Keyence VHX-100 (Nhật) và kính hiển vi điện tử quét FE-SEM (Ultra 55, Carl Zeiss SMT AG, Đức).

Kích thước hạt trung bình của bột đá được xác định trên thiết bị tán xạ ánh sáng Static light scattering (SDS), Malvern Mastersizer 2000, Helos & Rodos, Sympatec GmbH, Đức.

2.5. Thử cơ tính composite

Độ bền kéo và uốn của các mẫu composite được xác định trên thiết bị thử vạn năng (Universal Testing Machine) AG-X plus, Shimadzu, Nhật theo tiêu chuẩn ISO 527-3 và ISO 178. Tốc độ kéo 5 mm/phút và tốc độ uốn 2 mm/phút. Mỗi phép đo được thực hiện tối thiểu 5 mẫu để lấy giá trị trung bình.

Độ bền va đập của mẫu không có vết cắt (Unnotched Izod) được xác định trên thiết bị đo va đập HIT 50P, Zwick/Roell, Đức theo tiêu chuẩn ISO 180 ở nhiệt độ phòng. Mỗi phép đo được thực hiện tối thiểu 5 mẫu để lấy giá trị trung bình.

Độ cứng của các mẫu composite được xác định trên thiết bị đo độ cứng HPK 4/22, Đức (Hình 3) theo tiêu chuẩn ISO 2039-1 với mẫu có chiều dày tối thiểu 4 mm. Mỗi phép đo được thực hiện tối thiểu 10 vị trí để lấy giá trị trung bình.



Hình 3. Thiết bị đo độ cứng

Thử tải nén của các mẫu nắp hố ga và song chắn rác

được đo trên máy nén WE-1000B, thước lá theo phương pháp thử KT2.K4.TN-003-TT, tải thử 25 tấn (nắp hồ ga) và 9 tấn (song chắn rác).

3. Kết quả và thảo luận

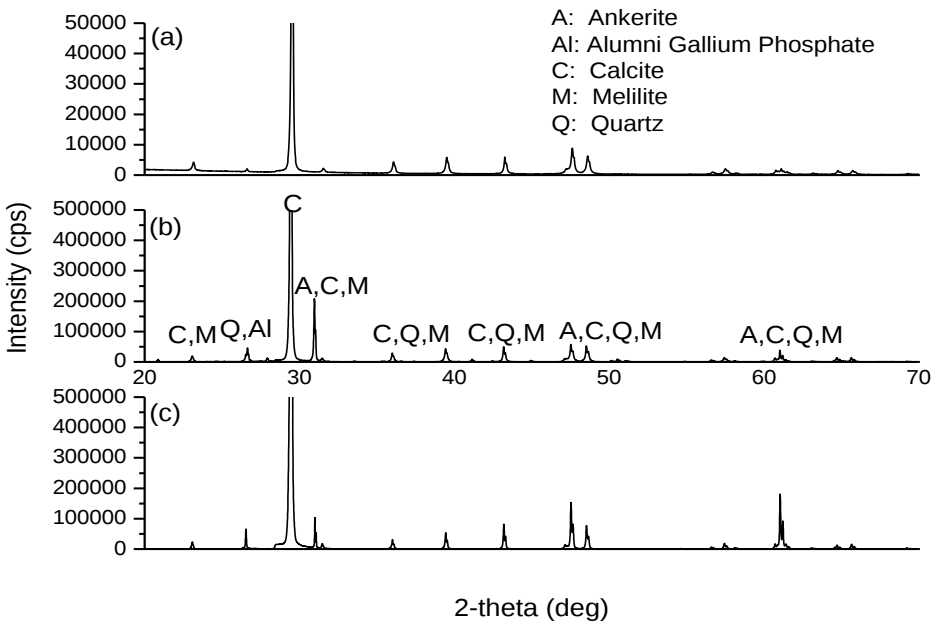
3.1. Khảo sát một số đặc trưng của bột đá

3.1.1. Thành phần khoáng và thành phần hóa

Kết quả phân tích thành phần khoáng của bột đá bằng XRD được trình bày trong Hình 4 cho thấy, bột đá phế thải sử dụng thuộc loại đá cẩm thạch (Marble) với thành phần chính là khoáng calcite (CaCO_3). Ngoài ra một số khoáng như ankerite - $(\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Mg})\text{CO}_3$, quartz - SiO_2 , melilite - $\text{Ca}_{1.87}\text{Na}_{0.1}\text{Sr}_{0.02}\text{K}_{0.02}\text{Mg}_{0.96}\text{Al}_{0.09}\text{Si}_{1.98}$, aluminum gallium phosphate - $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})\text{PO}_4$ cũng có mặt với lượng nhỏ tương ứng với các peak có cường độ thấp. Kết quả cho thấy thành phần khoáng bột đá ướt và khô có các peak khá giống nhau và giống với bột đá thương phẩm.

Bảng 2. Thành phần hóa của bột đá (%) được xác định bằng XRF

Thành phần	BD-K	BD-U	BD-TP
CaO	55,34	53,99	55,57
MnO	-	1,29	-
MgO	-	0,06	-
SiO ₂	0,37	0,55	0,44
Fe ₂ O ₃	0,07	0,85	0,12
Al ₂ O ₃	0,04	0,07	0,07
SO ₃	0,03	0,04	0,03
SrO	0,26	0,10	0,03
P ₂ O ₅	0,03	0,03	0,02
K ₂ O	0,03	0,06	0,02
Cr ₂ O ₃	0,03	-	-
LOI	43,79	42,96	43,69



Hình 4. Kết quả phân tích XRD của bột đá thương phẩm (a), bột đá ướt (b) và bột đá khô (c)

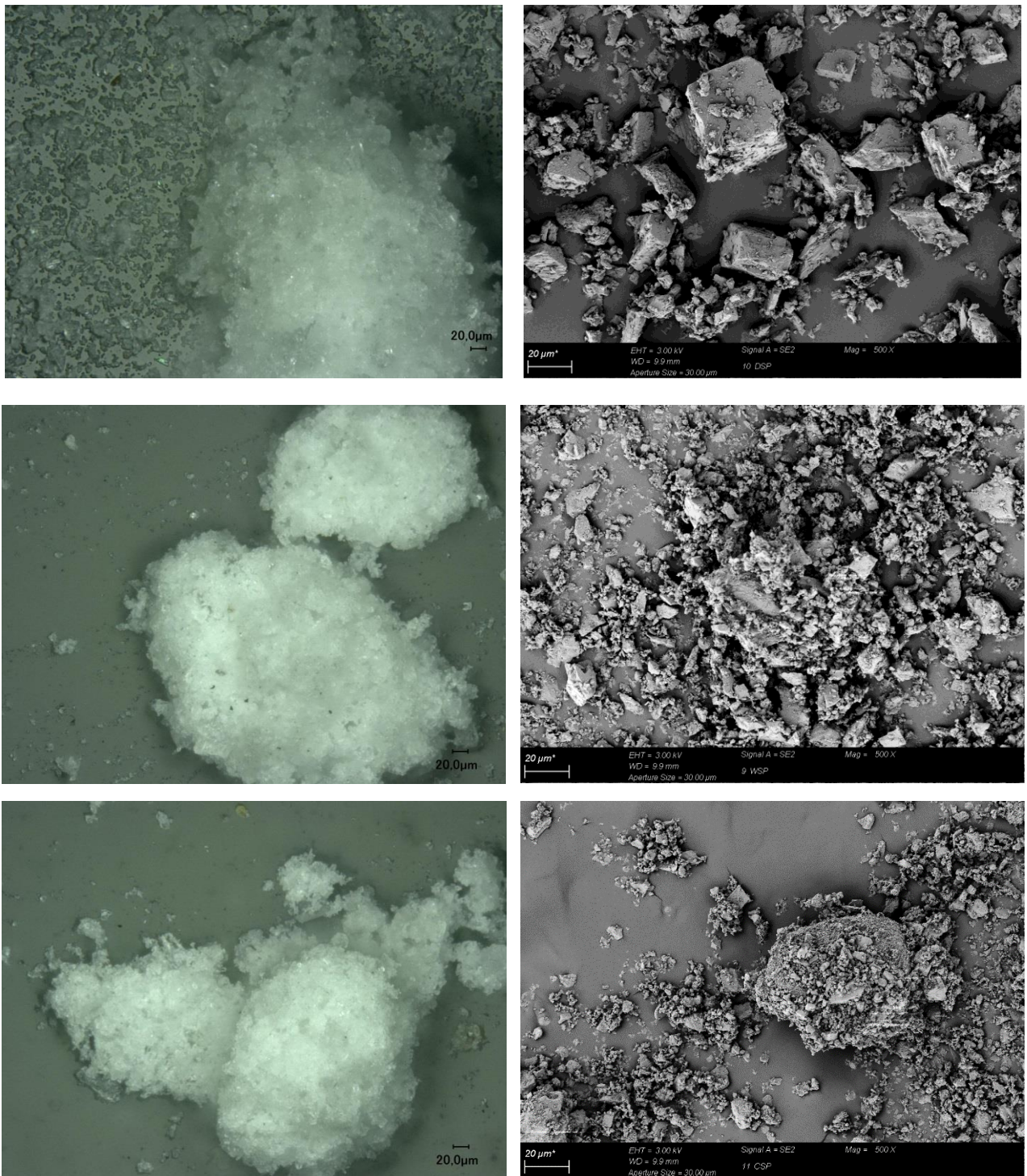
3.1.2. Hình dạng và kích thước hạt

Ảnh chụp kính hiển vi kỹ thuật số và kính hiển vi điện tử quét ở Hình 5 cho thấy hình dạng của bột đá khô, bột đá ướt và bột đá thương phẩm. Bột đá khô, ướt và bột đá thương phẩm đều có hình dạng không cân đối, kích thước và hình dạng thay đổi nhiều. Kích thước hạt của bột đá ướt và bột đá thương phẩm nhỏ hơn và đồng nhất hơn so với bột đá khô. Kết quả này phù hợp với kết quả phân tích kích thước hạt bằng phương pháp tán xạ ánh sáng (Bảng 3).

Kích thước và hình dạng bột đá phụ thuộc nhiều vào nguồn gốc đá và phương pháp gia công, xử lý đá. Bột đá phế thải ướt được hình thành trong quá trình gia công của cắt đá. Bột đá mịn được rửa trôi cùng với dòng nước làm mát. Sau khi qua các bể lắng, huyền phù bột đá được tách nước và các hạt bột đá mịn có khuynh hướng hình thành

các tập hợp lớn hơn (vón cục) với liên kết vật lý yếu được hình thành giữa các hạt. Các tập hợp này dễ vỡ ra thành bột mịn với năng lượng nghiền, đập tương đối bé. Tuy nhiên, đá phế thải khô được thu gom từ quá trình đục đẽo tạo hình các sản phẩm đá, do vậy có kích thước lớn từ vài đến vài chục centimet. Kết quả phân tích ở trên cho thấy đá phế thải cẩm thạch này cấu tạo chủ yếu gồm các tinh thể calcite và nó chỉ tạo thành các hạt cơ bản với năng lượng nghiền, đập lớn [9]. Trong nghiên cứu này, năng lượng nghiền, đập đối với bột đá khô lớn hơn bột đá ướt khoảng 10 lần.

Kích thước hạt càng bé thì diện tích bề mặt riêng càng lớn, khả năng truyền ứng suất trong composite càng tốt, tuy nhiên, xu hướng vón cục càng cao. Nếu quá trình phân tán bột đá trong nhựa không tốt sẽ dẫn đến tình trạng kém đồng nhất của composite và ảnh hưởng đến độ bền sản phẩm.



Hình 5. Ảnh chụp kính hiển vi kỹ thuật số (trái) và kính hiển vi điện tử quét (phải) bột đá khô (trên), bột đá ướt (giữa) và bột đá thương phẩm (dưới)

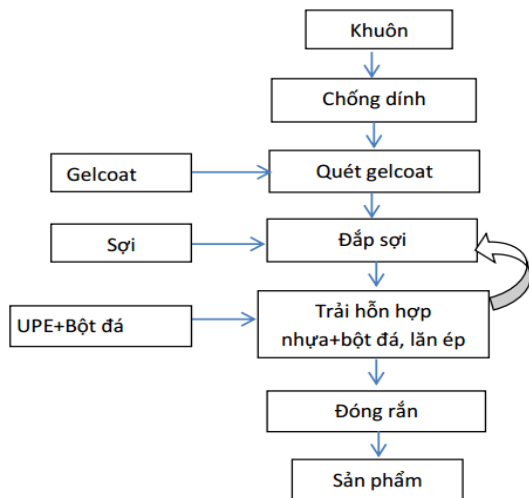
Bảng 3. Thống kê cỡ hạt bột đá

Thống kê	Cỡ hạt (μm)			
	BĐ-K	BĐ-U1	BĐ-U2	BĐ-U3
x10	2,34	0,79	0,78	0,90
x50	19,24	4,53	4,47	5,66
x90	54,30	17,33	17,01	23,62
x99	102,58	31,65	31,15	33,81

3.2. Nghiên cứu khả năng sử dụng bột đá phế thải thay thế bột đá thương phẩm trong chế tạo composite

3.2.1. Xây dựng quy trình gia công sản phẩm composite

Để nghiên cứu khả năng thay thế bột đá thương phẩm trong gia công chế tạo composite, nhóm tác giả tiến hành gia công các mẫu nắp hồ ga và lưon giao thông composite từ nhựa polyester không no gia cường sợi thủy tinh và bột đá với đơn phối liệu như ở Bảng 1. Quy trình gia công được xây dựng như Hình 6.



Hình 6. Quy trình gia công sản phẩm composite

Quy trình gia công mẫu gồm các bước sau:

Bước 1: Chuẩn bị nguyên liệu

Nhựa UPE được trộn với bột đá theo các tỉ lệ khác nhau (Bảng 1), dùng máy khuấy khuấy hỗn hợp với tốc độ 500 vòng/phút, trong 15 phút đảm bảo bột đá phân tán đồng đều. Hỗn hợp sau đó được cho chất xúc tiến cobalt và chất khơi mào MEKP vào, khuấy đều để có hỗn hợp đồng nhất chuẩn bị gia công. Roving thủy tinh và mat thủy tinh được cắt theo hình dạng khuôn mẫu.

Bước 2: Chuẩn bị khuôn

Khuôn (nắp hố ga, song chắn rác và lưon giao thông) được làm sạch và phủ lớp mỏng chất chống dính trước khi sử dụng để tháo khuôn được dễ dàng.

Bước 3: Phủ gelcoat

Sau khi phủ lớp chống dính, phủ lớp gelcoat mỏng lên bề mặt khuôn với chiều dày dưới 0,5 mm bằng phương pháp phun hoặc quét. Để 30 phút để gelcoat đóng rắn sơ bộ.

Bước 4: Quét nhựa, trải sợi và lăn

Trải lớp mỏng nhựa chứa bột đá và đặt một lớp mat thủy tinh, lăn để nhựa thấm ướt đều sợi thủy tinh. Quá trình tẩm nhựa, đắp sợi, lăn ép xen kẽ nhau và lặp lại đến khi đạt được chiều dày yêu cầu. Vải thủy tinh dày được đặt ở giữa các lớp mat. Khi lăn lưu ý không để sợi bị gọn sóng, bị gấp, bị thiếu sợi hoặc bột khí.

Bước 5: Đóng rắn

Sản phẩm được đóng rắn ở nhiệt độ phòng với thời gian tối thiểu 120 phút.

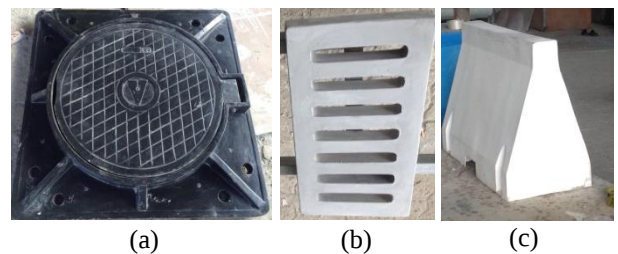
Bước 6: Tháo sản phẩm

Sau khi sản phẩm đóng rắn, tháo khuôn và tiếp tục để thêm 48 giờ nữa để đóng rắn hoàn toàn trước khi gia công cơ khí hoàn thiện sản phẩm.

Bước 7: Hoàn thiện sản phẩm composite

Sản phẩm sau khi đóng rắn hoàn toàn được cắt toàn bộ bavia, sau đó mài và trét những chỗ thiếu nhựa (nếu có) để đảm bảo sản phẩm hoàn thiện phải nhẵn, bóng, không lồi lõm, đúng kích thước sản phẩm.

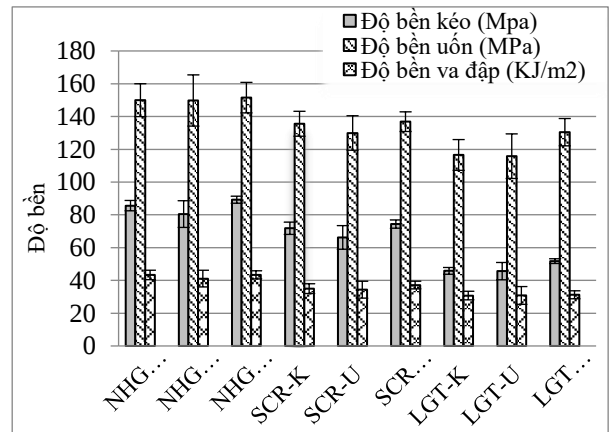
Sau đây là một số hình ảnh sản phẩm (Hình 7):



Hình 7. Hình ảnh nắp hố ga (a), song chắn rác (b) và lưon giao thông (c) bằng composite

3.2.2. Khảo sát độ bền của sản phẩm composite

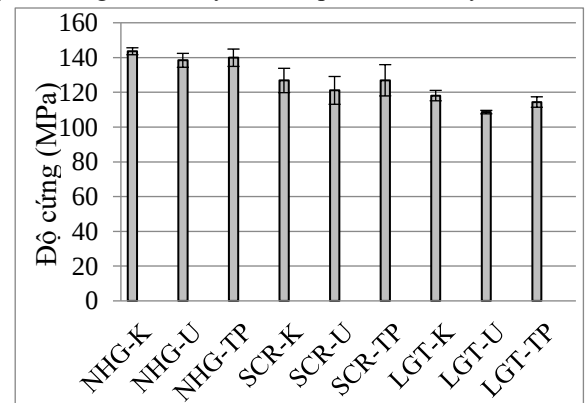
Hình 8 và 9 cho thấy kết quả đo độ bền và độ cứng của các mẫu nắp hố ga, song chắn rác và lưon giao thông bằng composite.



Hình 8. Độ bền kéo, uốn và va đập của các mẫu composite

Từ kết quả trên cho thấy, các mẫu composite chế tạo từ bột đá phế thải khô có độ bền kéo, uốn, va đập và độ cứng tương đương với composite chế tạo từ bột đá thương phẩm. Tính chất cơ lý của composite bột đá khô tương đối cao hơn so với composite bột đá ướt. Hơn nữa, độ đồng nhất của mẫu composite bột đá ướt không cao nên độ lệch chuẩn của các kết quả đo độ bền kéo, uốn và va đập của composite bột đá ướt tương đối cao hơn so với composite bột đá khô và bột đá thương phẩm.

Đối với sản phẩm nắp hố ga và song chắn rác, phép thử tải nén là một thông số quan trọng của sản phẩm. Trong nghiên cứu này, các sản phẩm composite đã được thử tải 25 tấn đối với nắp hố ga và 9 tấn đối với song chắn rác. Kết quả ở Bảng 4 cho thấy các sản phẩm đều đạt yêu cầu.



Hình 9. Độ cứng của các mẫu composite

Bảng 4. Thử tải nén sản phẩm composite

Mẫu	Tải nén (tấn)	Kết quả
NHG-K	25	Đạt
NHG-U	25	Đạt
NHG-C	25	Đạt
SCR-K	9	Đạt
SCR-U	9	Đạt
SCR-C	9	Đạt

4. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu trên có thể kết luận:

- Bột đá phế thải tại làng đá mỹ nghệ Non Nước, thành phố Đà Nẵng thuộc loại đá cẩm thạch với thành phần chính là CaCO_3 chiếm tỉ lệ lớn (trên 96% khối lượng), tương đương với bột đá thương phẩm dùng gia cường cho composite.

- Nghiên cứu đã xây dựng được quy trình công nghệ gia công chế tạo một số mẫu sản phẩm nắp hố ga, song chắn rác và lươn giao thông.

- Các tính năng cơ lý của composite bột đá phế thải khô tương đương với composite bột đá thương phẩm, điều này có thể khẳng định khả năng sử dụng bột đá phế thải tại làng đá mỹ nghệ Non Nước, thành phố Đà Nẵng để thay thế bột đá thương phẩm trong chế tạo một số sản phẩm composite.

Tuy nhiên, các tính năng cơ lý của composite bột đá phế thải ướt thấp hơn một ít so với composite bột đá thương phẩm và bột đá khô.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Ủy ban nhân dân thành phố Đà Nẵng, Sở Khoa học và Công nghệ thành phố

Đà Nẵng, Viện Nghiên cứu Vật liệu polymer Dresden, Cộng hòa Liên bang Đức, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, giảng viên Nguyễn Đình Minh Tuấn, Nguyễn Kim Sơn, Dương Thế Hy và các sinh viên lớp 11H4, 12H4 và 13H4 đã cung cấp kinh phí và hỗ trợ nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phòng Tài nguyên và Môi trường quận Ngũ Hành Sơn, *Phiếu xác nhận thống kê tại làng đá mỹ nghệ Non Nước – thành phố Đà Nẵng*, 2017.
- [2] Ali A. et al., “Re-use of Waste Marble Dust in the Production of Cement and Concrete”, *Construction and Building Materials*, (50), 2014, pp. 28-41.
- [3] Omar M. et al., “Influence of Limestone Waste as Partial Replacement Material for Sand and Marble Powder in Concrete Properties”, *Housing and Building National Research Center Journal*, (8), 2012, pp. 193-203.
- [4] Bilgin, N., Yeprem, H. A., Arslan, S., Bilgin, A., Gunay, E. and Marsoglu, M., “Use of Waste Marble Powder in Brick Industry”, *Construction and Building Materials*, 29, 2012, pp. 449-457.
- [5] Akbulut, H. and Gurer, C., “Use of Aggregates Produced from Marble Quarry Waste in Asphalt Pavements”, *Building Environment*, 42 (5), 2007, pp. 1921-1930.
- [6] Andoglu E. M., Akpinar Borazan A. and Acikbas G., Effect of Marble: Hop Waste Ratios on Mechanical Properties of Polyester Matrix Composites, *Proceeding of the 14th International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes*, Greece, September 2015, pp. 3-5.
- [7] Hassan Sawalha, Shadi Sawalha, Tahreer Yousof, Wala Abu-Saa, Hiba Al-Sheikh, “Utilization of Stone Cutting Waste Powder as a Compounding Filler for Polyethylene”, *International Journal of Environment & Water*, Vol. 4, Issue 4, 2015, pp. 122-131.
- [8] Đoàn Thị Thu Loan, *Báo cáo chuyên đề 4*, đề tài Khoa học và Công nghệ cấp thành phố, 2017.
- [9] Roger N. Rothon, *Particulate-Filled Polymer Composites*, Rapra Technology, 2003.

(BBT nhận bài: 21/3/2018, hoàn tất thủ tục phản biện: 09/4/2018)