

NGHIÊN CỨU TÁI SỬ DỤNG BỘT NHỰA THẢI TỪ QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT BO MẠCH ĐIỆN TỬ LÀM GẠCH BÊ TÔNG XÂY DỰNG

Ngô Thị Thanh Diễm *

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM

*Email: diemntt@cntp.edu.vn

Ngày gửi bài: 12/6/2017; Ngày chấp nhận đăng: 16/01/2018

TÓM TẮT

Nghiên cứu khả năng tái sử dụng bột nhựa thải từ quá trình khoan, cắt sản xuất các bo mạch điện tử làm gạch bê tông ứng dụng trong xây dựng và so sánh chúng với các nhóm sản phẩm cùng loại theo tiêu chuẩn Việt Nam. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy bằng phương pháp cố định hoá rắn xử lý chất thải, các sản phẩm đóng rắn bột nhựa thải từ quá trình sản xuất bo mạch điện tử hầu như đáp ứng tốt về độ rò rỉ đồng (Cu) cho phép theo phương pháp ngâm chiết độc tính (Toxicity Characteristic Leaching Procedure – TCLP), cường độ nén cao đối với nhóm sản phẩm đóng rắn bằng xi măng tỷ lệ phối trộn xi măng:bột nhựa thải là 70:30 với tỷ lệ nước:xi măng là 55:100. Các sản phẩm gạch bê tông đóng rắn từ bột nhựa thải cho kết quả phân tích độ rò rỉ Cu, độ bền nén đáp ứng yêu cầu môi trường, mẫu mã sản phẩm phù hợp với TCVN 6477:2011 về cường độ nén yêu cầu lớn hơn 5 Mpa và độ hút nước nhỏ hơn 14%.

Từ khóa: Bo mạch điện tử, cố định hoá rắn, tái chế bột nhựa, vật liệu xây dựng.

1. MỞ ĐẦU

Sự phát triển nhanh chóng các sản phẩm điện và điện tử trong những năm gần đây đã và đang gây áp lực rất lớn đối với các nước đặc biệt là một số nước trong khu vực châu Á như Trung Quốc, Campuchia, Ấn Độ, Thái Lan, Malaysia cũng như Việt Nam về vấn đề thải bỏ. Theo Thông tư 36/2015/TT-BTNMT về quản lý chất thải nguy hại Việt Nam [1], chất thải điện tử đã được đưa vào nhóm chất thải nguy hại với mã số quản lý 190205 và 190206 - các thiết bị điện, điện tử và chất thải từ hoạt động sản xuất, lắp ráp thiết bị điện, điện tử nhưng chúng lại chưa được phân loại hoặc tách riêng khỏi các loại chất thải rắn khác. Rác thải điện tử được chia làm hai loại: (1) rác thải phát sinh sau khi sử dụng các linh kiện, thiết bị điện tử và (2) chất thải phát sinh trong quá trình sản xuất các thiết bị điện, điện tử như bột nhựa quá trình khoan cắt bản mạch chứa Cu, nhựa, sợi thủy tinh, bản mạch lỗi, các linh kiện điện tử,... Hầu hết các cơ sở tái chế, thu gom phế liệu chỉ tận dụng nhóm chất thải (1) và chưa quan tâm nhóm (2), trong khi khối lượng nhóm (2) có thể phát sinh rất lớn theo nhu cầu phát triển công nghệ của xã hội. Một lượng lớn bột nhựa thải từ quá trình sản xuất cũng như quá trình thải bỏ các sản phẩm bo mạch điện tử sau khi sử dụng được xử lý chủ yếu bằng phương pháp đốt và chôn lấp làm phát sinh chất thải thứ cấp và gây lãng phí tài nguyên [2].

Cấu tạo của các bản mạch điện tử thông thường bao gồm chip, các kết nối, tụ điện,... Mỗi linh kiện đều được chế tạo với nhiều loại vật liệu khác nhau và thông thường bao gồm hai thành phần chính: phi kim loại (70-80%) và kim loại (20-30%). Trong đó, thành phần phi kim loại gồm: nhựa chịu nhiệt (nhựa epoxy), sợi thủy tinh, nhựa, phụ gia gia cố và thành phần kim loại gồm: Cu (16%), Zn (4%), Fe (3%), Ni (2%), Ag (0,05%), Au (0,03%), Pd (0,01%) [3]. Theo Veit *et al.*(2006) và Zeng *et al.*(2015), bột nhựa phát sinh từ các bản

mạch điện tử được nghiên cứu, tái chế, tái sử dụng chủ yếu bằng các phương pháp vật lý như phân tách, từ tính, cô định hóa rắn,... và phương pháp hóa học nhằm phá hủy mạch polymer thành dạng monomer đơn giản hoặc thành các hóa chất hữu dụng thông qua các phản ứng trong quá trình đốt (nhiệt phân), khí hóa,... [4, 5]. Franz (2002) đã nghiên cứu tái chế thành phần nhựa chịu nhiệt, nhựa dẻo trong bột nhựa như chất độn dùng cho các sản phẩm nhựa epoxy như sơn, keo, các đồ trang trí và trong vật liệu xây dựng [6].

Một số tác giả khác như Mou *et al.*(2007) và Zheng *et al.*(2009) đã giới thiệu phương pháp mới, đó là bổ sung bột nhựa sử dụng để thực hiện các mô hình, các bảng nhựa composite và các sản phẩm liên quan bằng cách thêm vào một số phụ gia phù hợp [7, 8]. Theo đó, bột nhựa được sử dụng như chất độn để tăng cường độ bền uốn, khả năng dẫn hồi của các vật liệu. Thành phần bột nhựa được bổ sung lên đến 30% theo trọng lượng của một bản mạch PCBs mà không vi phạm pháp luật về môi trường. Việc sản xuất các khuôn đúc bằng nhựa phenolic đã làm tăng đáng kể bột gỗ - chất độn hữu cơ trong quá trình sản xuất, trong khi sự cạn kiệt các nguồn tài nguyên gỗ và sự tăng giá của bột gỗ ngày càng cao. Chính vì vậy, bột gỗ là một thách thức cho việc sản xuất các khuôn đúc phenolic đồng thời bảo vệ nguồn tài nguyên gỗ và giảm chi phí nguyên liệu. Guo *et al.*(2009) đã nghiên cứu sử dụng bột nhựa thải như chất độn trong quá trình sản xuất khuôn đúc phenolic đại diện cho một phương pháp đầy hứa hẹn để giải quyết ô nhiễm môi trường và giảm chi phí của các khuôn đúc bằng nhựa phenolic [9].

Mou *et al.*(2007), Panyakapo *et al.*(2008) và Siddique *et al.*(2008) đã nghiên cứu sử dụng bột nhựa thải ứng dụng trong xây dựng, đặc biệt là các sản phẩm bê tông nhẹ nếu chúng được pha trộn đúng cách [3, 10, 11]. So với các vật liệu bê tông truyền thống bao gồm các thành phần xi măng, cát, đá, nước,... bột nhựa thải có ưu điểm nhẹ, cấu trúc hạt đồng nhất và trong thành phần bột nhựa thải có lượng sợi thủy tinh chịu nhiệt là một ưu điểm nổi trội để tối đa hóa độ bền uốn, độ bền nén, khả năng chịu nhiệt của vật liệu ứng dụng trong xây dựng. Cũng theo Mou *et al.*(2007), cho biết có rất nhiều loại mô hình, tấm ốp lát composite được sử dụng để trang trí chủ yếu làm bằng thạch cao, nhựa hoặc các vật liệu khác. Tác giả đã chỉ ra rằng bột nhựa thải từ PCBs có nhiều đặc điểm tương tự hoặc tốt hơn, trong đó có những ưu điểm là trọng lượng thấp, không thấm nước, dễ dàng định hình và có sức bền cơ học nhờ lớp sợi thủy tinh, vì vậy nó có thể được sử dụng thay thế cho một số mô hình, đồ trang trí,... bằng cách thêm vào một số chất kết dính và xi măng trang trí với tỷ lệ phù hợp [3].

Như vậy, ưu điểm nổi bật của phương pháp hóa học là loại bỏ được hầu hết các thành phần kim loại nặng độc hại trong bột nhựa thải, nhưng nhược điểm của phương pháp lại tồn tại khá nhiều chi phí trong việc đầu tư công nghệ và kỹ thuật vận hành. Trong khi đó, phương pháp vật lý đơn giản, thiết thực, thiết bị đầu tư và chi phí năng lượng thấp và khả năng ứng dụng các sản phẩm làm từ bột nhựa thải đa dạng. Vì vậy, định hướng của việc nghiên cứu tái chế bột nhựa thải thành các sản phẩm có ích đối với xã hội thay vì đốt hay chôn lấp chỉ mới bắt đầu và là thách thức lớn đối với xã hội cùng với sự phát triển các sản phẩm công nghệ mới ở ạt trên thị trường hiện nay.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Đặc tính bột nhựa thải nghiên cứu

Bột nhựa thải sử dụng trong nghiên cứu được lấy từ quá trình khoan, cắt sản xuất bo mạch điện tử của công ty Fujitsu Việt Nam, do đó thành phần ban đầu của bột nhựa thải chủ yếu là nguyên liệu chế tạo nên để bản mạch điện tử bao gồm: nhựa cứng và sợi thủy tinh (70-80%), Cu kim loại (20-30%) và một số phụ gia gia cố [3]. Tiến hành lấy mẫu, phân tích một số thông số liên quan đến đặc tính vật lý và hoá học của bột nhựa thải để khẳng định những tác hại của chất thải nghiên cứu đến môi trường nếu không qua xử lý hoặc tái sử

dung. Kết quả phân tích ở Bảng 1 cho thấy bột nhựa thải nghiên cứu có độ ẩm thấp, khối lượng riêng nhỏ, nhẹ nên chiếm thể tích lưu trữ lớn, đặc biệt hàm lượng Cu cao ở cả hai điều kiện phân tích nguyên mẫu và ngâm chiết độc tính theo phương pháp TCLP.

Bảng 1. Đặc tính vật lý và thành phần hoá học trong bột nhựa thải nghiên cứu

Thông số	Phương pháp phân tích	ĐVT	Kết quả	QCVN 07:2009/ BTNMT	QCVN 03:2015/ BTNMT
pH	TCVN 5979:1995	-	7,94 – 8,05	≤ 2 hoặc ≥ 12,5	-
Độ ẩm	TCVN 6648:2000	%	1,88	-	-
Khối lượng riêng	TCVN 4195:2012	g/cm ³	0,9	-	-
Cu	USEPA SW 846 Method 3050B & EPA 200.7	mg/kg	161.000	-	100
	USEPA SW 846 Method 1311 –TCLP	mg/L	606	-	-

Đồng (Cu) tuy không được xếp vào nhóm chất thải nguy hại theo QCVN 07:2009/BTNMT về ngưỡng chất thải nguy hại, nhưng khi so sánh theo QCVN 03:2015/BTNMT về giới hạn cho phép của một số kim loại nặng trong đất thì kết quả đồng (Cu) của mẫu vượt gấp 1.000 lần so với tiêu chuẩn cho phép là 100 mg/kg áp dụng đối với đất dân sinh. Bên cạnh đó hàm lượng Cu ngâm chiết theo TCLP cũng vượt gấp 6 lần so với tiêu chuẩn cho phép là 100 mg/L so sánh theo QCVN 01:2009/BYT về chất lượng nước ăn uống. Do đó, để xem xét hiệu quả xử lý và khả năng tái sử dụng chất thải, ngoài chỉ tiêu độ bền nén của sản phẩm, cần khảo sát độ rò rỉ Cu sau khi cố định hoá rắn.

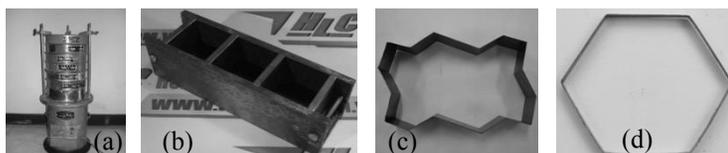
2.2. Mô hình nghiên cứu

Bằng phương pháp cố định hoá rắn xử lý chất thải, bột nhựa thải trong nghiên cứu được sàng rây bằng thiết bị sàng rây (Hình 2a) đến kích thước hạt nhỏ hơn 5 mm [12], sau đó thực hiện phối trộn với chất phụ gia, đổ khuôn đóng rắn như mô tả trong Hình 1. Sản phẩm đóng rắn sau 28 ngày bảo dưỡng sẽ được kiểm tra độ bền nén và độ rò rỉ Cu để đánh giá hiệu quả xử lý.



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu

Ngoài việc phải đáp ứng tiêu chuẩn độ bền nén theo các khuôn chuẩn trong xây dựng (Hình 2b), mục tiêu sản phẩm hoá rắn hướng đến các vật liệu trang trí sử dụng như gạch bê tông trong sân vườn, vỉa hè. Một số khuôn trang trí sử dụng trong nghiên cứu được thực hiện như mô tả trong Hình 2c và 2d.



Hình 2. Thiết bị sử dụng trong nghiên cứu

Độ rò rỉ Cu được xác định theo phương pháp TCLP EPA 1311 của Cục Bảo vệ Môi trường Mỹ [13]. Phương pháp này được sử dụng rộng rãi để đánh giá hiệu quả của quá trình hóa rắn. Trong phương pháp này khối hóa rắn được nghiền, sau đó sàng qua sàng có kích thước lỗ 9,5 mm. Phần lọt sàng sẽ được ngâm với dung dịch acid acetic 0,04 M theo tỷ lệ lỏng:rắn là 20:1 trong thiết bị trích ly với số vòng quay 30 vòng/phút ở 22 °C trong 18 giờ. Dung dịch trích ly được lọc qua giấy lọc thủy tinh 0,6 - 0,8 μm, sử dụng nước qua lọc để phân tích thành phần Cu đã được trích ly trong dung dịch. Độ bền nén và độ hút nước được xác định dựa theo TCVN 6476:1999 [14] và TCVN 6355 - 4: 2009 [15].

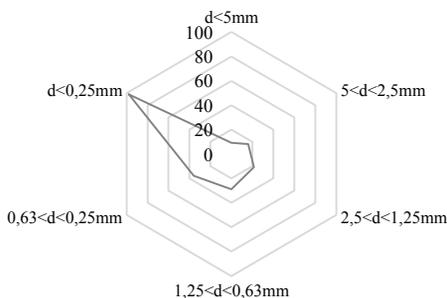
2.3. Nội dung nghiên cứu

Xi măng Portland PCB40 được sử dụng trong nghiên cứu để khảo sát ảnh hưởng của quá trình hoá rắn tạo sản phẩm gạch bê tông ứng dụng trong xây dựng. Nội dung khảo sát bao gồm bốn thí nghiệm: (1) Xác định sự phân bố kích thước hạt của bột nhựa thải, (2) Khảo sát ảnh hưởng của thành phần cốt liệu, (3) Khảo sát tỷ lệ phối trộn giữa xi măng và chất thải, và (4) Khảo sát ảnh hưởng do lượng nước phối trộn. Đánh giá chất lượng sản phẩm đóng rắn qua chỉ tiêu về cường độ nén và độ rò rỉ Cu cho phép theo EPA [16] với cường độ nén lớn hơn hoặc bằng 3,5 Mpa, độ rò rỉ Cu theo TLCP nhỏ hơn 100 mg/L và đáp ứng TCVN 6477:2011 - gạch bê tông [17]. Để đánh giá độ tin cậy của thí nghiệm, mỗi thí nghiệm được thực hiện 5 mẫu, mỗi mẫu được lặp lại 3 lần phân tích.

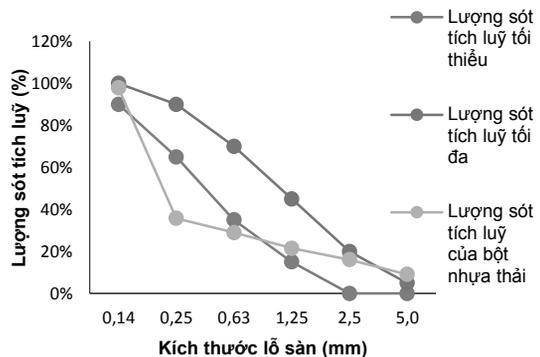
3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Xác định thành phần kích thước hạt

Kết quả khảo sát sự phân bố kích thước hạt của bột nhựa thải Hình 3 và Hình 4 cho thấy kích thước hạt phân bố không đều, lệch về phía các hạt có kích thước nhỏ (0,14 - 2,5 mm), hạt có kích thước nhỏ hơn 0,25 mm chiếm tỷ lệ cao nhất trong tổng số các kích thước hạt và khi so sánh với TCVN 7570:2006 về cốt liệu cho bê tông và vữa xây dựng - yêu cầu kỹ thuật [18], kích thước hạt này hoàn toàn thỏa mãn yêu cầu đối với cốt liệu mịn sử dụng trong quá trình cố định hoá rắn bằng xi măng. Như vậy, có thể sử dụng bột nhựa với kích thước hạt nhỏ hơn 0,25 mm làm cốt liệu mịn thay thế cát trong bê tông xây dựng và xem xét hiệu quả sử dụng kích thước hạt này cùng với các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cố định hoá rắn xử lý chất thải.



Hình 3. Biểu đồ phân bố kích thước hạt của bột nhựa thải



Hình 4. Biểu đồ so sánh kích thước hạt theo TCVN 7570:2006

3.2. Ảnh hưởng cốt liệu sử dụng trong quá trình phối trộn

Kết quả thí nghiệm khảo sát kích thước hạt của bột nhựa cho thấy bột nhựa có thể được sử dụng làm cốt liệu thay thế cho cát mịn trong quá trình đóng rắn bê tông. Sử dụng khuôn chuẩn có kích thước 10 x 10 x 10 cm, khuôn kép ba có thể cùng lúc đúc được 3 mẫu tiêu

chuẩn để khảo sát cường độ nén cho mỗi mẫu. Thí nghiệm xem xét ảnh hưởng của bột nhựa thay thế cốt liệu cát trong quá trình phối trộn được tiến hành bằng cách cố định lượng xi măng ở các mẫu và điều chỉnh tỷ lệ % khối lượng cát:bột nhựa, và kết quả thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng do cốt liệu sử dụng trong quá trình đóng rắn

Ký hiệu mẫu	% khối lượng xi măng:cát:bột nhựa thải	Nước (%)	Độ bền nén (Mpa)			Độ rò rỉ Cu (mg/L)	
			Kết quả ^(*)	Tiêu chuẩn môi trường theo EPA	TCVN 6477:2011	Kết quả	Tiêu chuẩn môi trường theo EPA
X1-0	100:100:0	50	4,40 ± 0,255	≥ 3,5	≥ 5	0	≤ 100
X1-1	100:80:20	50	4,35 ± 0,262			54,3 ± 6,777	
X1-2	100:60:40	50	4,46 ± 0,141			67,2 ± 5,909	
X1-3	100:40:60	50	4,49 ± 0,115			79,2 ± 8,263	
X1-4	100:20:80	50	3,63 ± 0,034			71,5 ± 6,226	
X1-5	100:0:100	50	3,30 ± 1,352			107,2 ± 11,607	

(^{*}): Trung tâm Kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3 (Trung tâm 3), 2017.

Kết quả phân tích cho thấy với % lượng bột nhựa cho vào để thay thế cát trong quá trình phối trộn độ bền nén tăng dần và lớn hơn so với tiêu chuẩn môi trường cho phép theo EPA [16], cao nhất ở mẫu có tỷ lệ xi măng:cát:bột nhựa thải bằng 100:40:60 (4,49 Mpa). Tuy nhiên, khi thay thế hoàn toàn cát bằng bột nhựa ở mẫu có tỷ lệ xi măng:cát:bột nhựa thải bằng 100:0:100 thì kết quả phân tích độ bền nén thấp đột ngột xuống 3,3 Mpa. Các kết quả phân tích cũng cho thấy khi thay đổi tỷ lệ phối trộn giữa cát và bột nhựa ở các mẫu độ bền nén chênh lệch giữa các mẫu không đáng kể, độ rò rỉ Cu không phụ thuộc vào độ bền nén mà phụ thuộc vào lượng bột nhựa cho vào mỗi mẫu, khi tăng lượng bột nhựa thì độ bền nén giảm đồng thời độ rò rỉ Cu tăng lên ở hai mẫu X1-4 và X1-5. Như vậy, qua kết quả thí nghiệm 1 có thể kết luận cốt liệu cát, bột nhựa và tỷ lệ phối trộn giữa chúng không phải là yếu tố chính quyết định chất lượng sản phẩm đóng rắn mà chất lượng sản phẩm hoá rắn phụ thuộc vào các yếu tố khác như tỷ lệ xi măng:bột nhựa thải, nước.

3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn xi măng:chất thải

Tỷ lệ phối trộn giữa cát và bột nhựa không phải là yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm đóng rắn mặc dù độ bền nén và độ rò rỉ Cu ở một số mẫu vẫn đạt tiêu chuẩn môi trường cho phép theo EPA [16] nhưng chưa đáp ứng yêu cầu sản phẩm đóng rắn phù hợp với tiêu chuẩn gạch bê tông theo TCVN 6477:2011 [17]. Do đó, thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn giữa xi măng:bột nhựa được thực hiện để đánh giá khi không sử dụng cát làm cốt liệu, nhưng tăng dần tỷ lệ xi măng:bột nhựa để xem xét cường độ nén có áp dụng được cho sản phẩm gạch bê tông yêu cầu mác lớn hơn 5 Mpa. Quá trình khảo sát được tiến hành bằng cách điều chỉnh tỷ lệ xi măng:bột nhựa thải, lượng nước được thêm vào phụ thuộc vào lượng xi măng được điều chỉnh ở mỗi mẫu theo tỷ lệ nước:xi măng tiêu chuẩn là 1:2 [19]. Kết quả phân tích cường độ nén và độ rò rỉ của mỗi mẫu như Bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của xi măng đến quá trình phối trộn

Ký hiệu mẫu	% khối lượng xi măng:bột nhựa thải	Nước (%)	Độ bền nén (Mpa)			Độ rò rỉ Cu (mg/L)	
			Kết quả ^(*)	Tiêu chuẩn môi trường theo EPA	TCVN 6477:2011	Kết quả	Tiêu chuẩn môi trường theo EPA
X2-1	40:60	20	1,8 ± 0,015	≥ 3,5	≥ 5	156 ± 2,351	≤ 100
X2-2	50:50	25	3,3 ± 0,075			107,2 ± 1,252	
X2-3	60:40	30	4,8 ± 0,188			93,2 ± 2,050	
X2-4	70:30	35	5,3 ± 0,025			66,3 ± 0,028	
X2-5	80:20	40	7,7 ± 0,095			20,8 ± 0,814	

(*) : Trung tâm 3, 2017.

Kết quả Bảng 3 cho thấy khi không sử dụng cát trong quá trình phối trộn nhưng tăng dần tỷ lệ xi măng:bột nhựa thải thì độ bền nén tăng dần và độ rò rỉ giảm rõ rệt, cao nhất ở mẫu phối trộn có tỷ lệ xi măng:bột nhựa thải là 80:20 (7,7 Mpa và 20,8 mg Cu/L) và thấp nhất ở mẫu có tỷ lệ xi măng:bột nhựa thải là 40:60 (1,8 Mpa và 156 mg Cu/L). Cả hai mẫu phối trộn ở tỷ lệ xi măng:bột nhựa thải nhỏ hơn 1 là X2-1 và X2-2 đều không đạt tiêu chuẩn môi trường về độ bền nén và độ rò rỉ Cu cho phép. Cả ba mẫu X2-3, X2-4 và X2-5 đều cho kết quả độ bền nén cao (lớn hơn 3,5 Mpa) với độ rò rỉ Cu thấp hơn so với tiêu chuẩn (nhỏ hơn 100 mg/L) và khi so sánh với tiêu chuẩn sản phẩm đáp ứng theo TCVN 6477:2011-gạch bê tông chỉ có 2 mẫu X2-4 và X2-5 đạt yêu cầu về độ bền nén (lớn hơn 5 Mpa). Xét về chi phí kinh tế và lợi ích môi trường cho thấy mẫu X2-4 với khối lượng xử lý bột nhựa nhiều hơn nhưng vẫn đáp ứng các yêu cầu môi trường và chất lượng sản phẩm.

3.4. Ảnh hưởng bởi lượng nước phối trộn

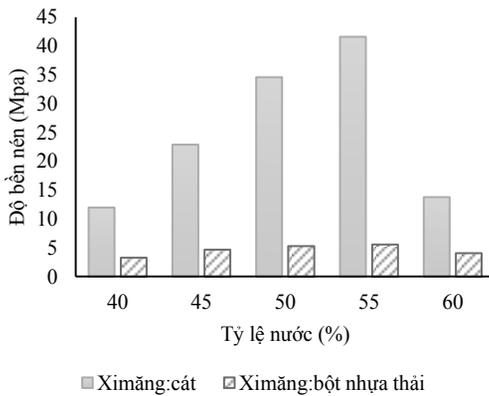
Nước đóng vai trò rất quan trọng trong quá trình thủy phân của xi măng. Nếu ít nước, hồ vữa khô, khó thi công, bê tông không phát triển được hết cường độ, nếu nhiều nước hồ vữa nhão, dễ thi công, nhưng bê tông sẽ lâu phát triển cường độ, tốn kém nhiều hơn [20]. Tỷ lệ nước:xi măng trong quá trình cố định hoá rắn chất thải thường dao động từ 0,4 - 0,6 [21]. Dựa theo kết quả độ bền nén và độ rò rỉ Cu thấp ở mẫu có tỷ lệ xi măng:bột nhựa thải 70:30 từ thí nghiệm mục 3.3, thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của nước phối trộn được tiến hành với việc điều chỉnh lượng nước tăng giảm 5% so với lượng nước ban đầu và được kiểm chứng cường độ nén mẫu cùng tỷ lệ nhưng chỉ dùng xi măng và cát như trình bày trong Bảng 4.

Kết quả khảo sát giữa mẫu thải và mẫu đối chứng ở cùng tỷ lệ phối trộn cho thấy ban đầu khi lượng nước chưa đủ để thủy phân hoàn toàn xi măng trong hỗn hợp cho cường độ nén của khối rắn thấp. Khi tăng dần lượng nước sử dụng, đến giá trị tối ưu thì cường độ của khối rắn cũng tăng theo rất nhanh. Sau khi đạt giá trị tối ưu, nếu tiếp tục tăng lượng nước sử dụng thì cường độ của sản phẩm hóa rắn giảm dần, nguyên nhân là lúc này lượng nước tự do trong mẫu lớn, khi nước bay hơi sẽ hình thành các lỗ rỗng trong cấu trúc. Khi chịu các áp lực tăng cao từ bên ngoài, khối rắn sẽ bị vỡ từ bên trong các cấu trúc rỗng này. Lượng nước càng nhiều tương ứng với số lỗ rỗng càng cao và khả năng để khối rắn bị phá vỡ càng lớn.

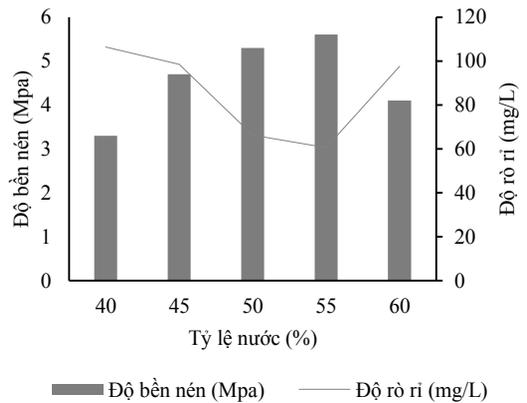
Bảng 4. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nước đến quá trình phối trộn.

Ký hiệu mẫu	% khối lượng xi măng:cát:bột nhựa	Tỷ lệ nước:xi măng (%)	Độ bền nén (Mpa)			Độ rò rỉ Cu (mg/L)	
			Kết quả(*)	Tiêu chuẩn môi trường theo EPA	TCVN 6477:2011	Kết quả	Tiêu chuẩn môi trường theo EPA
X3-0	70:30:0	40	12,0 ± 0,1527	≥ 3,5	≥ 5	0	≤ 100
X3-1		45	22,9 ± 0,1527			0	
X3-2		50	34,6 ± 0,3511			0	
X3-3		55	41,6 ± 0,3000			0	
X3-4		60	13,8 ± 0,1732			0	
X3-5	70:0:30	40	3,3 ± 0,095			106,4 ± 0,450	
X3-6		45	4,7 ± 0,076			98,5 ± 0,600	
X3-7		50	5,3 ± 0,265			66,3 ± 0,585	
X3-8		55	5,6 ± 0,051			60,6 ± 0,416	
X3-9		60	4,1 ± 0,130	97,6 ± 0,513			

(*): Trung tâm 3, 2017.



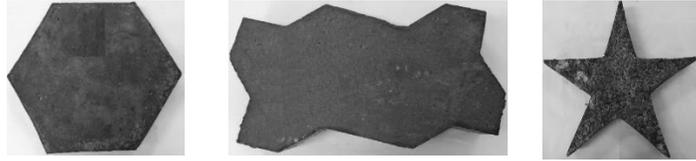
Hình 5. Sự thay đổi cường độ nén của sản phẩm đóng rắn theo các tỷ lệ nước khác nhau



Hình 6. Sự phụ thuộc của độ rò rỉ theo các cường độ nén mẫu khác nhau

Kết quả nghiên cứu cho thấy khi tỷ lệ phối trộn giữa nước:xi măng 55:100 thì cường độ nén và độ rò rỉ Cu tốt nhất (5,6 Mpa và 60,6 mg/L), đáp ứng yêu cầu cho phép về môi trường và độ bền nén trong sản phẩm gạch bê tông theo TCVN 6477:2011. Bên cạnh tiêu chuẩn về độ bền nén, độ hút nước cũng là một tiêu chuẩn để đánh giá chất lượng sản phẩm gạch bê tông. Kết quả phân tích độ hút nước của mẫu là 12,4%, thấp hơn 2,6% so với TCVN 6477:2011 áp dụng đối với nhóm gạch bê tông Mác 3,5 Mpa - 7 Mpa (nhỏ hơn 14%).

Dựa trên các kết quả khảo sát về cốt liệu, tỷ lệ xi măng:bột nhựa thải 70:30 và tỷ lệ nước:xi măng là 55:100, tiến hành đóng khuôn một số sản phẩm với kích thước chuẩn theo TCVN 6477:2011 đối với một số gạch bê tông trang trí lát đường vỉa hè, sân vườn như trong Hình 7. Kết quả phân tích cường độ nén và độ rò rỉ ở Bảng 5 của các sản phẩm đóng rắn đáp ứng tiêu chuẩn môi trường và tiêu chuẩn gạch bê tông theo TCVN 6477:2011.



Hình 7. Sản phẩm gạch bê tông từ bột nhựa thải

Bảng 5. Kết quả phân tích chất lượng gạch bê tông từ bột nhựa thải

Khuôn mẫu	Kết quả		
	Độ bền nén ^(*) (Mpa)	Độ hút nước (%)	Độ rò rỉ Cu (mg/L)
Con sâu	7,7	12,3	60,0
Lục giác	6,2	12,1	61,2
Ngôi sao	5,3	13,1	62,3

^(*): Trung tâm 3, 2017.

Từ các kết quả khảo sát với quá trình cố định hoá rắn bằng xi măng, kết quả nghiên cứu bước đầu cũng được so sánh với một số nghiên cứu khác cùng phương pháp được trình bày tóm tắt trong Bảng 6 cho thấy phương pháp cố định hoá rắn tái sử dụng bột nhựa thải từ quá trình khoan, cắt sản xuất bo mạch điện tử làm vật liệu trang trí cách nhiệt đáp ứng yêu cầu môi trường về độ rò rỉ Cu cho phép. Bên cạnh đó, các sản phẩm đóng rắn cho cường độ nén đáp ứng tốt tiêu chuẩn sản phẩm gạch bê tông theo TCVN 6477:2011. Trước việc sản xuất ngày càng nhiều các thiết bị điện và điện tử như hiện nay, sự thu hồi và tái chế, tái sử dụng các chất thải từ quá trình sản xuất hay thải bỏ các thiết bị điện rất có ý nghĩa về mặt môi trường và tạo chi phí cho xã hội về việc tái sử dụng các sản phẩm tái chế.

Bảng 6. So sánh kết quả nghiên cứu với một số nghiên cứu đã công bố

Kết quả so sánh			
Mou <i>et al.</i> (2007) [3]	Yanhong Zhen <i>et al.</i> (2008) [22]	Sohaib <i>et al.</i> (2015) [23]	Nhóm nghiên cứu
<ul style="list-style-type: none"> - Sử dụng xi măng, silicate và hồ dán. - Các sản phẩm tái chế trong nghiên cứu: các mô hình, gạch bê tông, tấm nhựa composit, mái chèo. - Tỷ lệ phối trộn tốt nhất cho hầu hết các sản phẩm có tỷ lệ chất thải thêm vào 30%. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sử dụng thành phần phi kim loại trong các bản mạch thải làm chất độn để sản xuất tấm nhựa composite làm từ nhựa polypropylene. - Lượng bột nhựa đưa vào tối đa là 30% . - Bột nhựa là một chất độn đầy hứa hẹn trong quá trình sản xuất tăng cường chất lượng nhựa polypropylene. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sản xuất tấm composit từ hỗn hợp bột nhựa và PVC. - Kích thước hạt nhựa sử dụng trong nghiên cứu 500 µm, tỷ lệ bột nhựa tăng dần từ 5%, 10%, 15%, 20%, 25% và 30%. - Kết quả nghiên cứu cho tỷ lệ phối trộn tốt nhất là 20% đối với nhóm sản phẩm PVC-bột nhựa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sử dụng xi măng. - Kích thước hạt sử dụng trong nghiên cứu nhỏ hơn 0,25 mm. Lượng bột nhựa phối trộn cho các chất đóng rắn sử dụng cho sản phẩm tốt nhất ở tỷ lệ thêm vào 30%. - Độ rò rỉ Cu thấp. - Một số sản phẩm đóng rắn đáp ứng với tiêu chuẩn Việt Nam về xây dựng và là một chất thải có khả năng thu hồi, tái chế, tái sử dụng triệt để.

4. KẾT LUẬN

Phương pháp cố định hoá rắn với chất đóng rắn thông dụng như xi măng có thể áp dụng để tái chế, tái sử dụng bột nhựa thải từ quá trình sản xuất bo mạch điện tử làm vật liệu trang trí ứng dụng trong xây dựng, vừa tiết kiệm chi phí xử lý môi trường vừa tạo lợi ích kinh tế cho xã hội do các sản phẩm được tạo thành. Kết quả bước đầu đưa ra những kết luận: Khi tăng lượng chất phụ gia đóng rắn và giảm lượng chất thải thì độ bền nén của các mẫu đều tăng theo đồng thời độ rỉ giảm; Các sản phẩm đóng rắn bằng xi măng đáp ứng tiêu chuẩn môi trường cho phép và sản phẩm gạch bê tông xây dựng theo TCVN 6477:2011 ở tỷ lệ phối trộn xi măng:bột nhựa thải tương ứng 70:30 với tỷ lệ nước:xi măng phối trộn 55:100 cho kết quả cường độ nén lớn hơn 5 Mpa, độ rỉ Cu nhỏ hơn 100 mg/L và độ hút nước nhỏ hơn 14%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường - Thông tư 36/2015/TT-BTNMT về quản lý chất thải nguy hại Việt Nam, Hà Nội, 2015.
2. Johan Sohaili, Shantha Kumari Muniyandi, Mohamad S.S. - A review on potential reuse of recovered nonmetallic printed circuit board waste, *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences* **2** (6) (2011) 946-951.
3. Mou P., D. Xiang, Duan G. - Products made from nonmetallic materials reclaimed from waste printed circuit boards, *Tsinghua Science & Technology* **12** (3) (2007) 276-283.
4. Veit H. M., Bernardes A. M., Ferreira J. Z., Tenório J. A. S., Malfatti C. F. - Recovery of copper from printed circuit boards scraps by mechanical processing and electrometallurgy, *Journal of Hazardous Materials* **137** (3) (2006) 1704-1709.
5. Zeng X., Zheng L., Xieb H., Luc B., Xiad K., Chaoe K., Lie W., Yangc J., Linf S., Lia J. - Current status and future perspective of waste printed circuit boards recycling, *Procedia Environmental Sciences* **16** (2012) 590-597.
6. Franz R. - Optimizing portable product recycling through reverse supply chain technology, *Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, Libertyville, USA (2002) 274-279.
7. Mou P., Xiang D., Duan G. - Products made from nonmetallic materials reclaimed from waste printed circuit boards, *Tsinghua Science & Technology* **1** (2) (2007) 276-283.
8. Zheng Y., Shen Z., Cai C., Ma S., Xing Y. - The reuse of nonmetals recycled from waste printed circuit boards as reinforcing fillers in the polypropylene composites, *Journal of Hazardous Materials* **163** (2009) 600-606.
9. Guo J., Guo J., Xu Z. - Recycling of non-metallic fractions from waste printed circuit boards: A review, *Journal of Hazardous Materials* **168** (2-3) (2009) 567-590.
10. Panyakapo P., Panyakapo M. - Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete, *Waste Management* **28** (9) (2008) 1581-1588.
11. Siddique R., Khatib J., Kaur I. - Use of recycled plastic in concrete: A review, *Waste Management* **28** (10) (2008) 1835-1852.
12. Cullinate M. J., Malone P.G. - Handbook for stabilization/solidification of hazardous waste, U.S. Environmental Protection Agency, 1986.
13. EPA - Method 1311: Toxicity characteristic leaching procedure, 1992.
14. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6476:1999 - Gạch bê tông tự chèn, Bộ Xây dựng, Hà Nội, 1999.

15. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6355-4:2009: Phần 4 - Xác định độ hút nước - Gạch xây, Bộ Xây dựng, Hà Nội, 2009.
16. EPA - Solidification/stabilization and its application to waste materials, Technical Resource Document, EPA/530/R-93/012, Washington DC, 1993.
17. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6477:2011 - Gạch bê tông, Bộ Xây dựng, Hà Nội, 2011.
18. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7570:2006 - Cốt liệu cho bê tông và vữa, yêu cầu kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
19. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9382:2012 - Kỹ thuật chọn thành phần bê tông cho cát nghiền, Bộ Xây dựng, Hà Nội, 2012.
20. Phùng Văn Lự - Giáo trình vật liệu xây dựng, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 2006.
21. Malviya, R., Chaudhary R. - Factors affecting hazardous waste solidification/stabilization: A review, *Journal of Hazardous Materials* **137** (1) (2006) 267-276.
22. Zheng Y. *et al.* - The reuse of nonmetals recycled from waste printed circuit boards as reinforcing fillers in the polypropylene composites, *Journal of Hazardous Materials* **163** (2-3) (2009) 600-606.
23. Sohaib Q. *et al.* - Comparative analysis of recycled PVC composites reinforced with nonmetals of printed circuit boards, *Sindh University Research Journal* **47** (3) (2015) 431-436.

ABSTRACT

REUSE OF PLASTIC POWDER WASTE FROM PRINTED CIRCUIT BOARD MANUFACTURE TO MAKE BRICKS USED IN CONSTRUCTION

Ngô Thị Thanh Diễm*

Ho Chi Minh City University of Food Industry

*Email: diemntt@cntp.edu.vn

This paper studied the possibility of reusing plastic powder waste from the drilling, cutting in printed circuit boards to make concrete bricks used in construction and compare them with other product groups of the same type according to Vietnamese standards. The initial results showed that using the stabilization and solidification method, the solidified products were almost well-suited for the Cu leakage allowed by TCLP method, high compressive strength at ratio cement:waste was 70:30 with standard water:cement ratio of 55:100. Bricks made from powder plastic waste met the environmental requirements of Cu leakage analysis, compressive strength and design in accordance with TCVN 6477:2011 regarding compressive strength required more than 5 Mpa and water absorption rate of less than 14%.

Keywords: Printed circuit boards, stabilization-solidification, recycled plastic, construction products.