



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0003661

(51) **C04B 28/04**
2022.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00611

(22) 11/03/2021

(67) 1-2021-01311

(45) 25/09/2024 438

(43) 25/05/2021 398

(73) Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VN)
18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

(72) Lê Trọng Lư (VN); Đoàn Thanh Tùng (VN); Trần Đại Lâm (VN); Nguyễn Trung
Huy (VN); Võ Thị Kiều Anh (VN); Phan Ngọc Hồng (VN); Lê Thị Thanh Tâm
(VN); Hà Minh Nguyệt (VN); Lê Thế Tâm (VN).

(54) **VẬT LIỆU NÂNG CAO TIẾP ĐẤT CHO HỆ THỐNG ĐIỆN SỬ DỤNG KẾT HỢP
PHỤ GIA GRAPHEN VÀ CÁC THÀNH PHẦN CHỐNG ĂN MÒN KIM LOẠI**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến vật liệu nâng cao và cải thiện tiếp đất cho hệ thống điện, với tên thường gọi là vật liệu GEM. Vật liệu có dạng bột, sử dụng như một loại xi măng dẫn điện, với thành phần bao gồm xi măng Portland chiếm khoảng 30% đến 40% trọng lượng, các loại cacbon trong đó graphene chứa ít nhất khoảng 0,05% trọng lượng, copolyme của vinyl axetat-etylen và hỗn hợp phụ gia chống ăn mòn vô cơ gốc nitrat và molybdat. Vật liệu có độ dẫn cao, độ bền cơ học, không nứt vỡ, độ bám dính với điện cực kim loại tốt và chống ăn mòn theo tiêu chuẩn IEC 62661-7-2018.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến vật liệu để nâng cao tiếp đất, bảo vệ quá dòng áp, và chống sét lan truyền cho hệ thống truyền tải điện. Cụ thể, vật liệu giúp cho hệ thống nối đất có độ dẫn tốt hơn, giảm điện trở đất tại những nơi có điện trở tiếp đất lớn. Dạng vật liệu cải thiện tiếp đất dạng bột bao gồm xi măng, bê tông dẫn điện được pha trộn theo tỷ lệ các thành phần với phụ gia tăng độ dẫn, độ bám dính và khả năng chống ăn mòn kim loại.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Trong hệ thống điện - điện tử viễn thông các thiết bị được cấp nguồn điện 220V/380V, 50Hz. Mạng lưới cung cấp này thường bị nhiễu bởi nhiều nguyên nhân dẫn tới hiện tượng quá điện áp với biên độ có khi tới một vài kV. Mặt khác ngay trong các mạch điện của bản thân thiết bị điện - điện tử cũng có thể xuất hiện các quá áp do các phần tử tích thoát năng lượng (cuộn dây, tụ điện...) hoặc do sự suy hao cách điện gây ra. Với môi trường khí hậu mưa đông nhiều, các sự cố về hệ thống điện, thiết bị điện bị hư hỏng do sét đánh, do độ ẩm đã và đang gây ra nhiều thiệt hại lớn hàng tỷ đồng cho nền kinh tế. Để giảm thiểu những sự cố về điện, các hệ thống tiếp đất, dây nối đất cho các thiết bị, hệ thống truyền tải điện đã và đang được triển khai thực hiện.

Khi xảy ra sự cố như sét đánh vào thiết bị, đường dây điện hay chạm chập do vật liệu cách điện suy hao, điện thế dư trên đường dây hoặc vỏ thiết bị phải được nhanh chóng thoát xuống đất qua đường dây tiếp đất để tránh ảnh hưởng tới hệ thống truyền tải cũng như các thiết bị quan trọng. Điều này còn quan trọng hơn đối với các mạng điện phục vụ cho viễn thông. Về nguyên lý, giá trị điện trở nối đất càng thấp càng tốt. Trị số điện trở tiếp đất có thể thay đổi từ 10Ω cho tới thấp hơn $0,1\Omega$ tùy theo từng trường hợp yêu cầu cụ thể. Theo tài liệu IEEE Green Book (ANSI/IEEE Green Book, Std 142-1982), điện trở tiếp đất của các trạm điện lớn phải có giá trị thấp hơn 1Ω . Và đối với các trạm biến áp thương mại và công nghiệp, điện trở đất được khuyến nghị là từ $2-5\Omega$ trở xuống. Giá trị điện trở này cũng khác nhau với mỗi ngành công nghiệp khác nhau. Trong ngành viễn thông, quy định sử dụng điện trở tiếp đất nhỏ hơn 5Ω . Còn trong lĩnh vực cấp điện cho sinh hoạt từ các công ty tư nhân quốc tế (Utility Companies)

quy định dưới 10Ω cho trạm phân phối điện cao áp và dưới 1Ω cho trạm hạ áp (theo hướng dẫn của các tập tài liệu IEEE ANSI/IEEE STD 81 năm 1983 và IEEE transaction on power delivery năm 2005).

Trong các phương pháp cải thiện khả năng tiếp đất của hệ thống điện, phương pháp tăng cường tiếp đất bằng vật liệu hỗ trợ được thực hiện chủ yếu, đặc biệt với những nơi đất có điện trở cao hoặc có nguy cơ ăn mòn, xói mòn lớn. Phương pháp tăng cường tiếp đất thường được tiến hành với vật liệu tăng cường tiếp đất mà trong tiếng Anh được gọi là: “Ground enhancemetn/improvement material (GEM/GIM) hay ground enhancing compounds (GECs)”. Việc tăng cường tiếp đất nhân tạo đã được cộng đồng khoa học nghiên cứu và đưa ra các giải pháp từ đầu những năm 1940 (theo công bố của Eaton, J.R., Grounding electric circuits effectively, James G. Biddle Co., Philadelphia, PA, USA, 1941, Bulletin 25T2, 2–19). Vào thời điểm đó, việc sử dụng natri clorua (NaCl) được khuyến nghị để giảm thiểu điện trở suất của đất, sau đó, nó được công bố trong tài liệu kỹ thuật của ngành công nghiệp. Tuy nhiên, những hạn chế của ứng dụng muối ăn như một GEC chính là sự ăn mòn kim loại và rửa trôi muối do thoát nước tự nhiên (đã được Clark và Watkins nghiên cứu và chỉ ra trong công bố “Some chemical treatments to reduce the resistance of ground connections”, AIEE Trans. Power Appl. Syst., 1960, 79, (3), 1016–1023).

Bentonit một loại đất sét có thành phần chính là khoáng nhôm, silic ở dạng tinh thể cũng được tìm ra sử dụng làm vật liệu GEM. Bentonit mang đặc tính ưa nước, nó làm việc như một chất hút ẩm, làm khô cho môi trường xung quanh. Với khả năng hút ẩm gấp 13 lần thể tích khô của Bentonit, vật liệu này rất phù hợp cải tạo đất ở những nơi có độ ẩm cao. Trong công bố đơn yêu cầu cấp patent GB906338A United Kingdom công bố năm 1962, Karoly Oswald cùng cộng sự đã sử dụng Bentonite dưới dạng chất lỏng có độ nhớt cao (gel) để làm vật liệu cải thiện nối đất. Mặc dù vậy, vật liệu Bentonit có hai nhược điểm là bị nứt vỡ cũng như không thể hiện tính chất tốt đối với đất quá khô và bị thủy tinh hóa các khoáng chất như silic tạo thành dạng fulgurit (dạng hóa thủy tinh) khi có dòng sét lớn đi qua.

Nhằm mục tiêu khắc phục nhược điểm của những vật liệu tiếp đất truyền thống, các vật liệu mới được nghiên cứu với đa thành phần, phối trộn với nhau thành dạng vật liệu tổ hợp, mà đặc trưng nhất là các loại xi măng/bê tông dẫn (conductive cement/concrete). Các dạng xi măng, bê tông này phải có khả năng liên kết, bám dính tốt với hệ thống kim loại nối đất (như các thanh, cọc đồng, thép mạ đồng, ...) để tăng cường khả năng dẫn điện nhanh xuống đất và cũng góp phần gia cố, tăng độ bền cho hệ thống tiếp đất. Đồng thời bản thân chúng phải có điện trở thấp khác với các dạng xi măng và bê tông xây dựng thông thường. Tuy nhiên, để có thể phối trộn các thành phần

riêng rẽ thành một vật liệu tổ hợp đồng nhất không phải là một việc đơn giản. Cũng đã có một số patent công bố trên thế giới về vấn đề này.

Ví dụ, loại xi măng tổ hợp sử dụng polyme kết hợp với rất nhiều phụ gia như bột phân, silica, bentonit, tro bay, thạch cao, cao lanh, đá phiến, ... đã được bộc lộ trong patent US6620879B1 (2003) và patent US6893496B1 (2005) về “xi măng portland được kết hợp với vật liệu gia cố dạng sợi và đồng polyme vinyl axetat cùng một số phụ gia khác như cao lanh, hợp chất của canxi hay bentonit”. Vật liệu được bộc lộ trong các patent này đã tạo ra dạng xi măng tổ hợp hoặc xi măng blend có khả năng đông nhanh, ít bị nứt vỡ và giá thành tốt, nhưng điện trở vật liệu này vẫn còn rất cao.

Để tăng độ dẫn của vật liệu xi măng hay bê tông, các phụ gia có nguồn gốc từ cacbon hoặc kim loại thường được sử dụng. Trong đó, phụ gia kim loại nếu được bổ sung thì phải tuân theo quy định về chỉ tiêu hàm lượng kim loại nặng cho phép có trong đất để không ảnh hưởng tới môi trường. Bởi vì có hạn chế đó nên thành phần giảm điện trở chủ yếu sẽ là vật liệu cacbon.

Ví dụ, thành phần và phương pháp chế tạo xi măng dẫn điện ứng dụng cho nền đất tại những điểm hoặc trạm ăng ten thu phát sóng đã được bộc lộ trong patent US10256006 (2019). Hỗn hợp bê tông dẫn điện được bộc lộ trong patent này bao gồm xi măng, cốt liệu, nước, vật liệu dẫn điện kim loại và các hạt cacbon dẫn điện. Trong đó, vật liệu dẫn điện bằng kim loại có thể bao gồm sợi thép, len thép, phoi thép hoặc những thứ tương tự. Hỗn hợp bê tông dẫn điện cũng có thể bao gồm bột graphit, muối silic oxit (silica fume) và/hoặc các vật liệu kết dính bổ sung khác như tro bay, đất sét nung và xỉ lò cao dạng hạt xay. Các hạt cacbon dẫn điện có thể bao gồm từ khoảng mười đến hai mươi lăm phần trăm (10-25%) hỗn hợp bê tông dẫn điện theo trọng lượng. Độ tinh khiết của các hạt cacbon và bột có thể thay đổi từ 50% đến 100%. Trong quá trình triển khai, các hạt cacbon dẫn điện có thể bao gồm từ khoảng mười hai đến mười tám phần trăm (12-18%) hỗn hợp bê tông dẫn điện theo trọng lượng để cung cấp các đặc tính phản xạ liên kết với mặt phẳng nền.

Công bố đơn yêu cầu cấp Patent US20190218144A1 với tên sáng chế “Xi măng chứa cacbon dẫn điện” (Electron Conducting Carbon-Based Cement) được công bố bởi Roland J. M. Pellenq và các cộng sự năm 2020. Trong patent, các tác giả sử dụng các hạt cacbon nano xếp, với cấu trúc lai hóa sp^2 và lỗ xếp khoảng 1 nanomet đóng vai trò như vật liệu dẫn chính. Kèm theo đó là một số chất để phân tán các hạt cacbon nano xếp trong nền xi măng portland như cacboxymetyl xenlulozơ. Các hạt cacbon dạng xếp nano có thể bao gồm ít nhất một trong số: cacbon đen Vulcan (black cacbon), cacbon đen Ketjen, cacbon đen PBX và than xếp hoạt tính. Thành phần xi măng portland chiếm 50-70% khối lượng, vật liệu cacbon xếp nano chiếm 2-10 % khối lượng và các chất

phân tán cacbon chiếm 0,1-1% khối lượng. Patent này cũng mở rộng các yếu tố bảo hộ khi sử dụng thêm các cốt liệu phổ biến như cát, sỏi, đá, ...bổ sung tạo thành bê tông dẫn hay ứng dụng làm điện cực cho siêu tụ điện. Mặc dù vậy điện trở suất của loại xi măng này được nêu có giá trị khá lớn (gần 300 Ωm).

Như vậy hiện nay, các patent về loại xi măng/bê tông dẫn điện ứng dụng cho việc nâng cao chất lượng hệ thống tiếp đất vẫn còn hạn chế cả trong và ngoài nước. Các công bố hiện nay chưa có điện trở suất thấp, và đặc biệt, rất ít đề cập tới vấn đề ăn mòn kim loại. Khi các cọc tiếp đất bị ăn mòn bởi chính các vật liệu cải thiện nối đất thì điều đó sẽ gây hậu quả nguy hại và tốn kém về kinh tế lớn. Theo tiêu chuẩn IEC 62661-7-2018, với điện cực đất mạ đồng, điện trở phân cực phải $> 4 \Omega \times \text{m}^2$ cho môi trường không xâm thực và $> 8 \Omega \times \text{m}^2$ cho môi trường khắc nghiệt. Đối với điện cực đất mạ kẽm, điện trở phân cực phải $> 3 \Omega \times \text{m}^2$ cho môi trường không khắc nghiệt và $> 7,6 \Omega \times \text{m}^2$ cho môi trường xâm thực. Bởi vậy, việc cải tiến các loại vật liệu xi măng/bê tông dẫn điện có tính chất cơ lý, độ bám dính, liên kết với điện cực tiếp đất tốt, có điện trở suất nhỏ, đồng thời có khả năng chống ăn mòn cho các điện cực là việc thiết yếu. Các tác giả đã phát hiện ra rằng các vấn đề trên có thể được giải quyết bằng cách kết hợp thêm vật liệu graphen cùng các hợp chất chống ăn mòn, các chất phân tán và kết dính vào vật liệu GEM này.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Các hệ thống tiếp đất bao gồm các cọc kim loại được cắm xuống đất, nhằm mục tiêu thoát dòng điện khi xảy ra sự cố quá áp hoặc sét đánh trên đường dây cũng như hệ thống điện. Nhưng điện trở tiếp đất thường rất lớn làm hạn chế khả năng thoát dòng điện nhanh. Đồng thời, độ bền thấp cũng như khả năng bị ăn mòn cao là những vấn đề quan trọng cần phải khắc phục cho hệ thống tiếp đất. Mục tiêu của giải pháp hữu ích là tạo ra loại vật liệu cải thiện cho hệ thống tiếp đất, thường gọi với tên là vật liệu cải thiện/nâng cao tiếp đất (bột GEM). Vật liệu GEM này là một dạng của xi măng/ bê tông dẫn điện. Nó sẽ đóng vai trò làm giảm điện trở nối đất, tăng khả năng kiên kết, bám dính, giảm khả năng nứt vỡ, đứt gãy khi có biến dạng và chống ăn mòn kim loại. Khi đó, hệ thống tiếp đất sẽ có tuổi thọ và chất lượng tốt hơn, giảm chi phí bảo trì, bảo dưỡng.

Để đạt được mục đích nêu trên, trong một phương án của giải pháp đề xuất vật liệu dạng bột tăng cường, nâng cao tiếp đất có thành phần bao gồm:

xi măng portland với lượng nằm trong khoảng 30% đến khoảng 40% trọng lượng;

vật liệu cacbon, trong đó có graphen với lượng ít nhất là 0,05% trọng lượng và không quá 0,5% trọng lượng;

bột kim loại kẽm và/hoặc nhôm với lượng nhiều nhất khoảng 0,2% trọng lượng;

phụ gia kết dính copolyme dạng bột của vinyl axetat và etylen với lượng nằm trong khoảng 1% đến khoảng 5% trọng lượng;

bentonit chiếm khoảng 2% đến 5% trọng lượng;

phụ gia chống ăn mòn vô cơ gốc nitrit hoặc/và molybdat.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, xi măng Portland là loại xi măng thông dụng như xi măng Bim Sơn, Hải Phòng, ... với mác xi măng thông dụng ví dụ như PC30, PCB30 hoặc PC40, trong đó thành phần xi măng đóng vai trò chất đóng rắn chiếm khoảng từ 30% cho tới 40% về khối lượng vật liệu.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, vật liệu cacbon được thêm vào để tăng độ dẫn có thành phần chiếm từ 30% tới 50% về khối lượng vật liệu. Các vật liệu cacbon có thể sử dụng là graphit, than hoạt tính gáo dừa, than đen, than đá. Trong đó, các loại than phải có độ mịn cao, kích thước nhỏ hơn 0,5 μm hoặc 1 μm , riêng than đá và than hoạt tính có kích thước không quá 100 μm . Các loại than này được phối trộn cùng với vật liệu graphen. Graphen được định nghĩa là vật liệu được chế tạo từ graphit bằng phương pháp tổng hợp Hummer cải tiến hay phương pháp điện hóa plasma và/hoặc các loại graphen do công ty VN Graphen (ANTECH) cung cấp. Loại graphen này có độ xốp cao, với khối lượng nhỏ nhưng chiếm một thể tích lớn. Độ dẫn của vật liệu graphen và diện tích bề mặt riêng lớn sẽ giúp cho hỗn hợp được dẫn điện một cách liên mạch, giảm được điện trở nhiều hơn.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, để phân tán các vật liệu cacbon đồng đều, các vật liệu cacbon khác nhau được trộn với nhau và với xi măng trước. Sau đó, bột kim loại kẽm hoặc/và nhôm và các thành phần phụ gia kết dính cũng như chống ăn mòn được bổ sung theo thứ tự và trộn đều lên có thể bằng máy trộn hoặc trộn thủ công các loại. Bột kẽm vừa đóng vai trò chất dẫn, vừa hỗ trợ chống ăn mòn cho hệ thống thanh dẫn làm từ đồng.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, chất kết dính được sử dụng là copolyme dạng bột của vinyl axetat và etylen, hoặc các chế phẩm thương mại từ nó, ví dụ như chế phẩm thương mại Vinapas 4115N. Vinapas 4115N (PRC) là sản phẩm dạng bột cứng cho các ứng dụng cơ bản với tính lưu biến trung hòa, nó có độ bám dính tốt trên nền vô cơ phù hợp cho việc tạo ra các hệ thống có độ kết dính và độ bền cao. Hàm lượng Vinapas chiếm từ khoảng từ 1% đến 5% trọng lượng vật liệu.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, hỗn hợp phụ gia chống ăn mòn bao gồm natri nitrit NaNO_2 , canxi nitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, và/hoặc natri molybdat NaMoO_4 với lượng chiếm khoảng từ 5% đến 10% trọng lượng vật liệu.

Theo một khía cạnh khác của giải pháp hữu ích, vật liệu tăng cường tiếp đất (GEM) có thể phối trộn bổ sung thêm các cốt liệu xây dựng khác như silica fume, cát mịn, thạch cao canxi sulphat để tăng độ gia cường và đóng rắn.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, vật liệu tăng cường tiếp đất (GEM) thu được bằng cách phối trộn, trong đó thành phần xi măng và các loại vật liệu cacbon phải được phối trộn trước. Sau đó, bổ sung lần lượt theo thứ tự bột kim loại kẽm và/hoặc nhôm; copolyme dạng bột của vinyl axetat, etylen; và bentonit. Cuối cùng bổ sung hỗn hợp phụ gia chống ăn mòn.

Theo một khía cạnh khác của giải pháp hữu ích vật liệu tăng cường tiếp đất (GEM) có thể dùng kết hợp, đóng rắn với nước thành khối bê tông dẫn với các điện cực kim loại (ví dụ như đồng, thép mạ đồng, thép mạ kẽm) hoặc một cáp/cọc dẫn điện, dây dẫn để tạo thành hệ thống tiếp đất có điện trở suất không quá $0,8 \Omega\text{m}$ và điện trở phân cực lớn hơn $4 \Omega \times \text{m}^2$ trong môi trường không có xâm thực.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình ảnh bột vật liệu tăng cường tiếp đất (GEM) theo một phương án của giải pháp hữu ích.

Hình 2 là hình ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM) mẫu vật liệu tăng cường tiếp đất (GEM) theo một phương án của giải pháp hữu ích.

Hình 3 là hình ảnh phổ tán xạ năng lượng (EDX) mẫu vật liệu tăng cường tiếp đất (GEM) theo một phương án của giải pháp hữu ích.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Xi măng Portland được sử dụng trong giải pháp hữu ích có định nghĩa theo tiêu chuẩn ASTM Standard C150, đồng thời nó cũng bao gồm các sản phẩm xi măng đen được thương mại phổ biến trên thị trường Việt Nam như xi măng Bim Sơn, xi măng Hải Phòng,... với mác xi măng có thể là PC30, PCB30, PC40,... Không có giới hạn bởi thuật ngữ “xi măng” trong giải pháp hữu ích.

Bentonit là một loại khoáng sét có tính hóa keo cao. Bentonit có sẵn trong tự nhiên gồm hai loại - Natri bentonit (có độ nở, khả năng tạo gel cao) và Canxi bentonit (thường có sẵn trên thế giới nhưng với khả năng nở ít hơn). Thuật ngữ bentonit sử dụng trong

giải pháp hữu ích bao gồm tất cả các chế phẩm thương mại cũng như sản phẩm tự nhiên từ hai loại bentonit nêu trên.

Graphen theo khái niệm là đơn lớp của vật liệu graphit, có cấu trúc sp^2 dạng tổ ong. Mặc dù vậy, trong một khía cạnh của giải pháp hữu ích này, graphen là sản phẩm chế tạo từ graphit bằng phương pháp Hummer cải tiến, phương pháp điện hóa plasma hoặc bất kỳ sản phẩm graphen thương mại nào (Ví dụ như graphen Việt Nam) với đa số lớp chứ không phải chỉ có một lớp.

Chất kết dính được sử dụng là copolyme dạng bột của vinyl axetat và etylen, hoặc các chế phẩm thương mại từ nó, ví dụ như chế phẩm thương mại Vinapas 4115N.

Tiếp theo, các phương án tạo ra vật liệu nâng cao tiếp đất (GEM) của giải pháp hữu ích sẽ được mô tả chi tiết. Tuy nhiên, giải pháp hữu ích có thể được thể hiện ở nhiều dạng khác nhau và không bị giới hạn ở các phương án được đưa ra ở đây. Theo giải pháp hữu ích, có ba điểm quan trọng thể hiện trong chế phẩm bột tăng cường, cải thiện tiếp đất GEM: thứ nhất là khả năng hóa rắn với độ bám dính, tiếp xúc tốt với điện cực kim loại nổi đất; thứ hai là có độ dẫn cao; thứ ba là chống và hạn chế ăn mòn kim loại. Từ việc điều chỉnh hàm lượng các thành phần trong chế phẩm GEM, các thông số mong muốn về điện trở suất và điện trở phân cực sẽ đạt được.

Các công đoạn tạo ra vật liệu nâng cao tiếp đất (GEM) bao gồm:

Công đoạn a) là công đoạn trộn vật liệu xi măng với các vật liệu cacbon. Có thể thấy khối lượng xi măng nếu chiếm cao quá 40% khối lượng tổng sẽ làm tăng điện trở cho hỗn hợp vật liệu GEM và ít hơn 30% sẽ có độ đóng rắn kém. Bởi vậy hàm lượng xi măng được lấy từ 30% tới 40% khối lượng tổng của hỗn hợp GEM. Vật liệu dẫn chính là vật liệu từ cacbon. Hỗn hợp cacbon chiếm từ 30% tới 50% tổng khối lượng, bao gồm một hoặc nhiều loại cacbon khác nhau được trộn lẫn với nhau như graphit, than hoạt tính gáo dừa, than đen, than đá và chắc chắn có graphen với hàm lượng từ 0,05% tới 0,5%. Kích thước hạt của các loại cacbon đã được trình bày trong đây sẽ không có nghĩa hạn chế phạm vi của giải pháp hữu ích. Kích thước hạt càng nhỏ, càng mịn thì khả năng phân tán đều trong nền xi măng sẽ càng cao và ngược lại. Ví dụ kích thước hạt cacbon như graphit, cacbon đen nên trong khoảng sử dụng từ 0,5 μm tới 1 μm , không quá 100 μm đối với than hoạt tính và than đá nghiền. Riêng graphen không có hạn chế về kích thước, do phụ thuộc quá trình chế tạo hoặc sản phẩm thương mại. Các vật liệu xi măng và cacbon được trộn đồng đều sau đó chuyển sang bước tiếp theo.

Công đoạn b) là công đoạn bổ sung các phụ gia bám dính, chống ăn mòn cho chế phẩm GEM. Có thể nhận thấy theo nội dung tiến hành giải pháp hữu ích, nếu chỉ có xi măng kết hợp với lượng vật liệu cacbon lớn như vậy sẽ gây ra quá trình nứt gãy, mất liên kết với các điện cực kim loại. Đồng thời độ ẩm, cũng như ảnh hưởng của môi trường

nhiễm mặn, nhiễm phèn có thể tác động qua các vết nứt gây ăn mòn, ôxi hóa các điện cực kim loại và kéo theo quá trình tăng điện trở gây hư hỏng hệ thống nối đất. Bởi vậy việc sử dụng thêm các phụ gia tăng cường độ bám dính, độ bền, chống rạn nứt và chống ăn mòn là việc cần thiết. Chất kết dính copolyme dạng bột của vinyl axetat và etylen được trộn cùng với bột kim loại kẽm và/hoặc nhôm. Chẳng hạn, từ 1% cho tới 5% bột sản phẩm Vinapas 4115N được cho cùng với không quá 0,2% kẽm và/hoặc nhôm vào trong hỗn hợp xi măng và cacbon đã có ở công đoạn (a), rồi trộn đều. Sau đó, hỗn hợp phụ gia chống ăn mòn có thể trộn bên ngoài trước, bao gồm natri nitrit (ngậm nước hoặc không ngậm nước), canxi nitrat (ngậm nước hoặc không ngậm nước), và/hoặc natri molybdat (ngậm nước hoặc không ngậm nước) được bổ sung thêm vào với 5% cho tới 10% khối lượng GEM. Và cuối cùng là bentonit cho khoảng từ 2% tới 5% khối lượng. Tất cả hỗn hợp vật liệu của GEM được trộn khô cho tới khi thành một dạng bột mịn đồng nhất. Bột GEM sẽ có dạng và cách sử dụng như một loại xi măng/bê tông dẫn điện.

Theo một phương án khác của giải pháp hữu ích, tất cả các thành phần như đã nêu trên của giải pháp có thể cho vào cùng một lúc. Khi đó, kỹ thuật trộn phải cần thời gian trộn lâu hơn. Đồng thời, nếu có các hạt co cụm cần xử lý cơ học để thu được dạng bột mịn và đồng nhất.

Trong một phương án khác của giải pháp hữu ích, công đoạn (b) có sử dụng thêm vật liệu silicafume, thạch cao hoặc cát mịn chiếm thành phần từ 1% tới 2% khối lượng hỗn hợp. Các loại cốt liệu mịn này được trộn cũng với vật liệu kết dính và bột kim loại như đã nêu trong công đoạn (b) của giải pháp. Các cốt liệu này cho thấy sự gia tăng đặc tính cơ học và độ bền cho vật liệu khi đóng rắn với nước.

Hình 1 cho thấy thành phần cacbon nhiều nên mẫu có màu đen hơn so với các loại xi măng thông thường. Điều này được khẳng định qua ảnh chụp kính hiển vi điện tử quét (SEM) và phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX). Ảnh SEM cho thấy có vật liệu dạng lá của Graphene, một số phụ gia có dạng bột màu trắng phân bố xung quanh (Hình 2). Kết quả phân tích EDX cho thấy thành phần cacbon chiếm chủ đạo trong mẫu bột GEM (chiếm tới 77,27% trọng lượng). Bên cạnh đó là một số nguyên tố có trong xi măng, bentonit, cốt liệu như thạch cao CaSO_4 và phụ gia chống ăn mòn như canxi nitrat (Hình 3).

Trong một thực nghiệm kiểm tra điện trở suất của giải pháp hữu ích, chế phẩm bột GEM chế tạo theo các phương pháp nêu trên của giải pháp hữu ích được trộn với tỷ lệ nước phù hợp không quá 40% về khối lượng so với khối lượng của chế phẩm GEM. Sau đó, trộn đều chế phẩm cùng nước sẽ tạo ra dạng xi măng nhão. Hỗn hợp xi măng nhão của chế phẩm GEM được đổ vào khuôn có sẵn bốn điện cực kim loại (đồng hoặc

thép mạ kẽm) để tiến hành đo điện trở suất theo phương pháp đo bốn đầu dò của tiêu chuẩn IEC 62661-7-2018. Có thể thấy được chế phẩm có độ bám dính tốt với các điện cực. Ban đầu, có thể sau khoảng một ngày, chế phẩm có dạng mềm dẻo. Sau vài ngày, độ cứng của chế phẩm tăng lên và điện trở suất đo được càng tốt lên. Điện trở suất đạt được có thể tới 0,1Ωm.

Tương tự như vậy, theo một quá trình thực nghiệm đo điện trở phân cực, vật liệu GEM được trộn với nước và đổ khuôn. Trong khuôn gồm ba điện cực: điện cực thép mạ đồng hoặc điện cực đồng hoặc thép mạ kẽm với đường kính trên 16 mm là điện cực làm việc, điện cực thanh graphite kích thước chiều rộng lớn hơn 20 mm là điện cực đối và điện cực so sánh là điện cực Calomel chuẩn bão hòa được ngập trong vật liệu GEM và phải tiếp xúc với nó. Phép đo phân tích được sử dụng là điện trở phân cực tuyến tính (linear polarization resistance – LPR). Phép đo cho thấy giá trị điện trở của sản phẩm bột GEM đã đạt trên $4 \Omega \times m^2$ như theo tiêu chuẩn IEC 62661-7-2018.

Trong một khía cạnh của giải pháp hữu ích, vật liệu cải thiện, nâng cao tiếp đất (GEM) sau thời gian thử nghiệm ba tháng ngoài trời, không cho thấy hiện tượng nứt, gãy vỡ. Vẫn đảm bảo khả năng tiếp xúc tốt với điện cực kim loại.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích sẽ được minh họa rõ hơn qua các ví dụ sau đây, các ví dụ hoàn toàn không làm giới hạn phạm vi bảo hộ của giải pháp hữu ích được nêu trong các điểm yêu cầu bảo hộ. Các trị số trong các ví dụ này có thể là xấp xỉ hoặc được làm tròn để cho thuận tiện.

Các vật liệu cải thiện, nâng cao tiếp đất (GEM) chứa nhiều thành phần khác nhau như xi măng portland, graphen, bột kim loại kẽm và/hoặc nhôm, phụ gia kết dính copolyme dạng bột của vinyl axetat và etylen, bentonit và phụ gia chống ăn mòn vô cơ gốc nitrit hoặc/và molybdat. Các Bảng từ 1 đến 4 thể hiện các thành phần của mẫu, mức độ vết của các tạp chất có thể có mặt nhưng không được báo cáo, các tạp chất như vậy thường không ảnh hưởng đến các thông số của mẫu. Ngoài ra, tổng % của các thành phần được thể hiện cho mỗi mẫu có thể không bằng 100% do việc làm tròn.

Ví dụ 1. Thành phần vật liệu GEM

Bảng 1. Thành phần vật liệu GEM (mẫu M1)

Số thứ tự	Tên vật liệu	Khối lượng (g)	Thành phần phần trăm
1	Xi măng đen PC30	410,16	34,18

2	Cacbon hoạt tính gáo dừa 74 mm	64,56	5,38
3	Cacbon đen 0,2 - 0,5 mm	0	0
4	Than đá nghiền < 100 mm	0	0
5	Graphit	508,92	42,41
6	Graphen	1,8	0,15
7	Vinapas 4115N	12	1
8	Bột kẽm nguyên chất	1,44	0,12
9	Bột nhôm nguyên chất	0	0
10	Natri nitrit	49,44	4,12
11	Canxi nitrat	60,96	5,08
12	Natri molybdat	0	0
13	Bentonit	57,84	4,82
14	Muội silic oxit	32,88	2,74
15	Thạch cao canxi sunphat	0	0
16	Cát mịn	0	0
Tổng		1200	100

Bảng 2. Thành phần vật liệu GEM (mẫu M2)

Số thứ tự	Tên vật liệu	Khối lượng (g)	Thành phần phần trăm
1	Xi măng đen PC30	199,08	33,18
2	Cacbon hoạt tính gáo dừa 74mm	26,28	4,38
3	Cacbon đen 0,2 - 0,5 mm	12	2
4	Than đá nghiền < 100 mm	0	0
5	Graphit	242,46	40,41
6	Graphen	1,2	0,20
7	Vinapas 4115N	17,7	2,95
8	Bột kẽm nguyên chất	0,72	0,12
9	Bột nhôm nguyên chất	0	0
10	Natri nitrit	18,72	3,12
11	Canxi nitrat	24,48	4,08
12	Natri molybdat	12	2
13	Bentonit	28,92	4,82

14	Muội silic oxit	16,44	2,74
15	Thạch cao canxi sunphat	0	0
16	Cát mịn	0	0
Tổng		600	100

Bảng 3. Thành phần vật liệu GEM (mẫu M3)

Số thứ tự	Tên vật liệu	Khối lượng (g)	Thành phần phần trăm
1	Xi măng đen PC30	1659	33,18
2	Cacbon hoạt tính gáo dừa 74mm	219	4,38
3	Cacbon đen 0,2 - 0,5 mm	0	0
4	Than đá nghiền < 100 mm	650	13
5	Graphit	1370,5	27,41
6	Graphen	10	0,20
7	Vinapas 4115N	195,5	3,91
8	Bột kẽm nguyên chất	8	0,16
9	Bột nhôm nguyên chất	3	0,06
10	Natri nitrit	156	3,12
11	Canxi nitrat	204	4,08
12	Natri molybdat	100	2
13	Bentonit	236	4,72
14	Muội silic oxit	137	2,74
15	Thạch cao canxi sunphat	52	1,04
16	Cát mịn	0	0
Tổng		5000	100

Bảng 4. Thành phần vật liệu GEM (mẫu M4)

Số thứ tự	Tên vật liệu	Khối lượng (g)	Thành phần phần trăm
1	Xi măng đen PC30	99,54	33,18

2	Cacbon hoạt tính gáo dừa 74mm	13,14	4,38
3	Cacbon đen 0,2 - 0,5 mm	5,4	1,8
4	Than đá nghiền < 100 mm	30,6	10,20
5	Graphit	85,23	28,41
6	Graphen	0,45	0,15
7	Vinapas 4115N	14,73	4,91
8	Bột kẽm nguyên chất	0,54	0,18
9	Bột nhôm nguyên chất	0	0
10	Natri nitrit	9,36	3,12
11	Canxi nitrat	12,24	4,08
12	Natri molybdat	6	2
13	Bentonit	14,16	4,72
14	Muội silic oxit	5,76	1,92
15	Thạch cao canxi sunphat	1,92	0,64
16	Cát mịn	0,93	0,31
Tổng		300	100

Các thành phần của vật liệu trong các ví dụ được phối trộn theo hai công đoạn (a) và (b) của giải pháp hữu ích đã nêu.

Một ví dụ của giải pháp hữu ích về vấn đề chế tạo sản phẩm tiếp đất từ chế phẩm GEM này. Lấy 600g bột chế phẩm GEM trộn với 400g nước (H_2O , nước cất hay nước máy thông thường đều được). Trộn cho tới khi được hỗn hợp dạng bùn nhão đồng nhất thì có thể đổ khuôn và gắn điện cực kim loại đồng hoặc thép mạ đồng. Giữ cố định hệ trong khoảng thời gian từ 12 tiếng đến 24 tiếng. Sau đó, có thể để hệ tự đóng rắn dần trong nhà hoặc điều kiện ngoài trời tránh mưa.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Vật liệu tăng cường tiếp đất (GEM) giúp cho hệ thống nối đất có độ dẫn tốt hơn, giảm điện trở đất tại những nơi có điện trở tiếp đất lớn. Vật liệu theo giải pháp hữu ích có độ dẫn cao, độ bền cơ học, không nứt vỡ, độ bám dính với điện cực kim loại tốt và chống ăn mòn theo tiêu chuẩn IEC 62661-7-2018. Vật liệu theo giải pháp hữu ích có thể sản xuất hàng loạt, quy mô lớn cung cấp cho hệ thống tiếp đất của mạng lưới điện trên cả nước.

Yêu cầu bảo hộ

1. Vật liệu bột nâng cao tiếp đất (GEM) có thành phần bao gồm:

xi măng portland với lượng nằm trong khoảng 30% trọng lượng đến khoảng 40% trọng lượng;

vật liệu cacbon, trong đó có graphen với lượng ít nhất là 0,05% trọng lượng và không quá 0,5% trọng lượng;

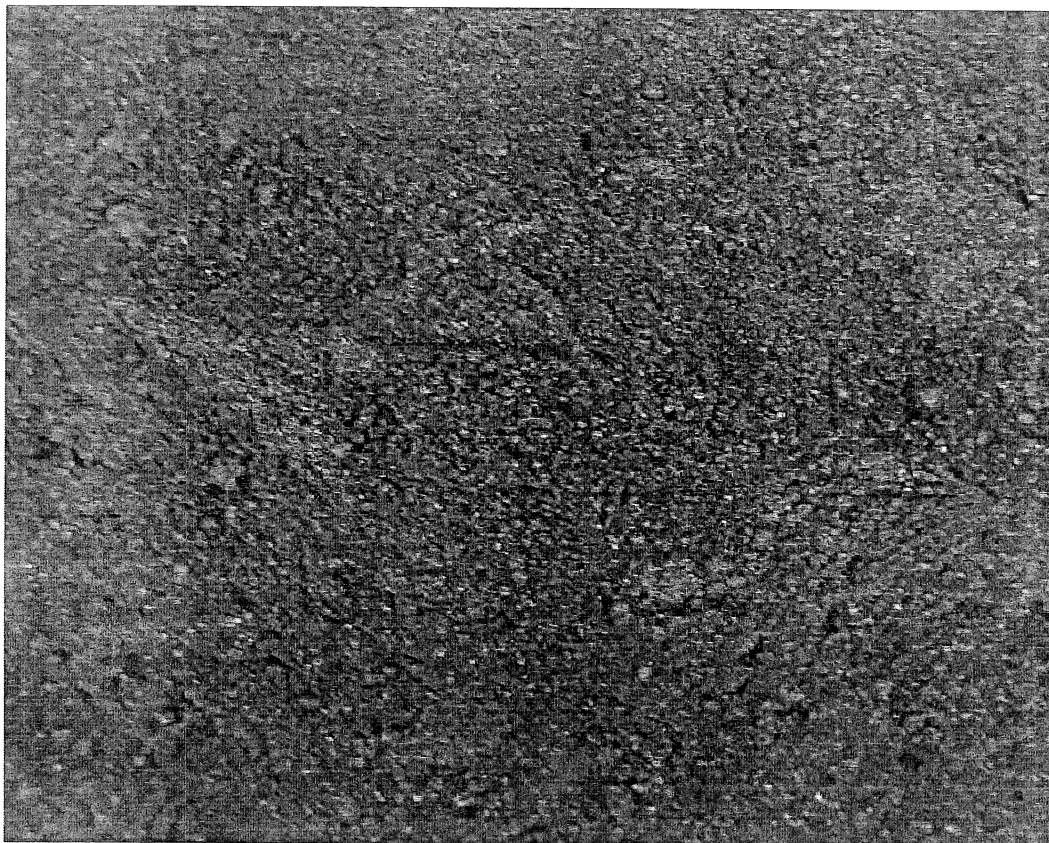
bột kim loại kẽm và/hoặc nhôm với lượng nhiều nhất khoảng 0,2% trọng lượng;

phụ gia kết dính copolyme dạng bột của vinyl axetat và etylen với lượng nằm trong khoảng 1% đến khoảng 5% trọng lượng;

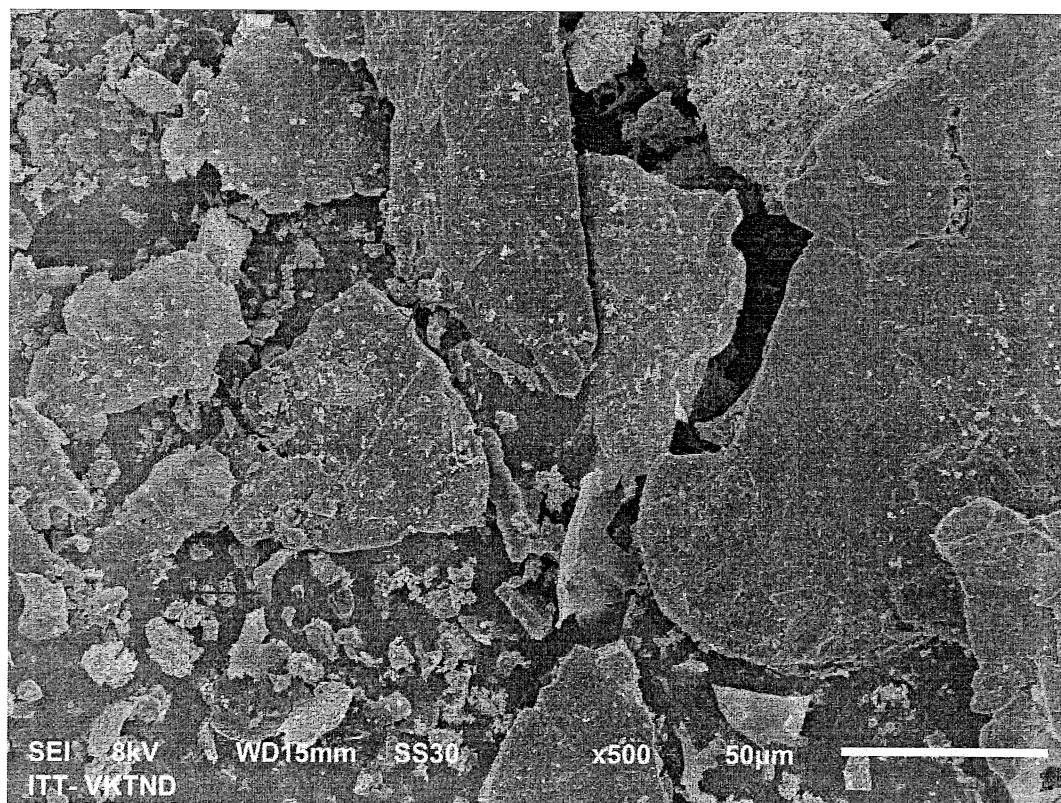
bentonit chiếm khoảng 2% đến 5% trọng lượng;

phụ gia chống ăn mòn vô cơ gốc nitrit hoặc/và molybdat.

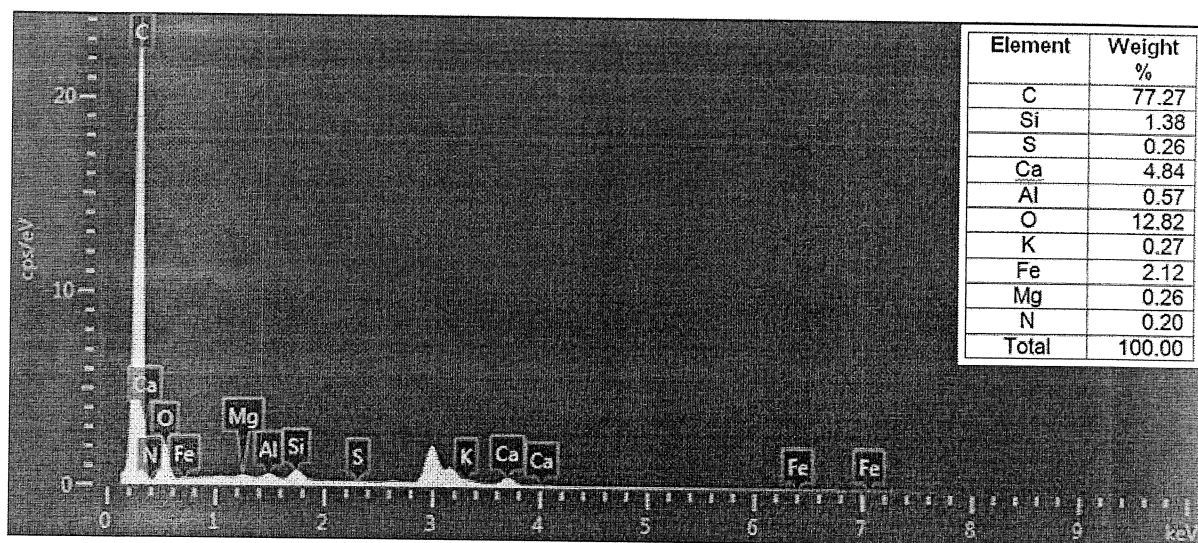
2. Vật liệu theo điểm 1, trong đó vật liệu này còn chứa thêm các cốt liệu xây dựng khác như muội silic oxit, cát mịn, thạch cao canxi sulphat để tăng độ gia cường và đóng rắn.



Hình 1



Hình 2



Hình 3