

بررسی تاثیر خواص مکانیکی و مقاومت عایقی نانو ذرات رس در بستر آمیزه PVC/A

علی رضانی^۱

^۱ شرکت تولیدی و صنعتی سیم و کابل مغان/مرکز علمی و کاربردی سیم و کابل مغان، R&D سیم و کابل مغان، شاهرود، a.ramezani@moghancableco.com

چکیده

یکی از اجزاء جدایی ناپذیر شبکه انتقال برق و توزیع آن سیم و کابل‌ها هستند. همانطور که مشخص است افزایش سطح ولتاژ با افزایش ضخامت عایق در کابل همراه است. از این رو انتخاب نوع عایق با ویژگی‌های بهبود یافته برای استفاده در سیم و کابل‌ها امری ضروری است. از طرفی عایق کابل‌ها از مهمترین اجزای سازنده کابل می‌باشند، و وظیفه حفاظت از سیم‌های درون کابل در برابر جریان الکتریکی و سایر عوامل محیطی را بر عهده دارد. از طرفی افزایش مقاومت عایقی و استحکام مواد عایقی به جنس متریال مورد استفاده و ضخامت عایق بستگی دارد. فناوری نانو نیز می‌تواند در بهبود خواص عایق‌های کابل و خواص مکانیکی کابل کمک کند. نانو ذرات رس موادی با سطح بسیار بزرگ هستند که می‌توانند خواص عایقی مواد را بهبود بخشد. لذا در این مقاله اثر نانو ذرات رس به عنوان تقویت کننده عایق در آمیزه PVC/A مورد بررسی قرار گرفته است. تست‌های مقاومت عایقی و تست‌های مکانیکال به طور کامل انجام شده و نتایج آن با PVC/A مقایسه گردید. نتایج نشان می‌دهد که، نانو ذرات رس در بستر ماتریس به عنوان تقویت کننده موجب بهبود خواص عایقی خواص مکانیکی می‌شود.

کلمات کلیدی

کابل/عایق/نانو ذرات/رس/خواص مکانیکی/مقاومت عایقی/بهبود خواص

در مقاله A. mostafaei و همکاران [3] بررسی اثرات استفاده از نانو ذرات رس بر خواص کابل پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که نانو ذرات رس می‌تواند مقاومت عایقی، مقاومت در برابر دما و مقاومت در برابر آب کابل‌ها را به طور قابل توجهی افزایش دهد. بررسی روش‌های تولید و ارزیابی عایق کابل مبتنی بر نانو ذرات رس توسط H. Li y. Wang و همکارانش [4] انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که عایق‌های کابل مبتنی بر نانو ذرات رس دارای خواص عایقی بهتری نسبت به عایق‌های کابل‌های سنتی هستند. A. T. Akbari و همکاران [5] به بررسی اثرات استفاده از نانو ذرات رس بر خواص مکانیکی و عایقی کابل پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که نانو ذرات رس می‌توانند استحکام کششی و استحکام فشاری و مقاومت عایقی کابل‌ها را به طور قابل توجهی افزایش دهد. بررسی روش‌های توسعه عایق مبتنی بر نانو ذرات رس با مقاومت بالا در برابر دما و خوردگی توسط H. wang و همکارانش [6] انجام شد.

۱- مقدمه

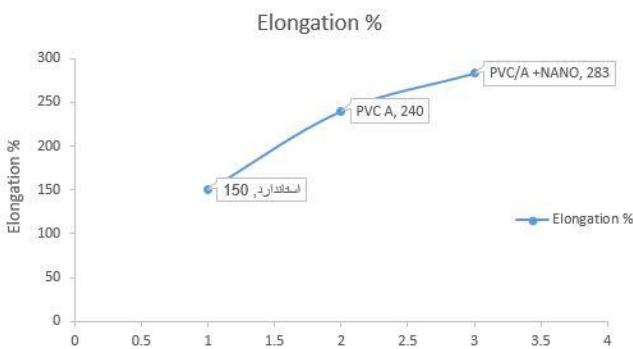
عایق کابل بسته به نوع کاربرد می‌تواند جنس‌های مختلفی داشته باشد. متداول‌ترین نوع عایق‌ها در صنعت سیم و کابل PE، XLPE، PVC، NBR می‌باشند. عایق سیم و کابل می‌بایست مانع هدایت جریان الکتریکی به خارج شده و مقاومت خوبی در برابر عوامل مکانیکی داشته باشد. در عین دارا بودن خواص مکانیکی، قابلیت ارتجاعی نیز داشته باشد همچنین ضخامت مقدار عایق بر اساس استاندارد‌های مربوطه تعیین می‌شود. [1] C. Pugazhendhi Sugumaran خواص الکتریکی و مقاومت عایقی مواد پلیمری در صنعت سیم و کابل می‌تواند تحت تاثیر مواد پرکننده نانو در بستر ماتریس پلیمری باشد. نتایج مقاله تجربی D. Edison Selvaraj و همکاران [2] نشان می‌دهد که نانو لوله کربن مخلوط شده با پلی‌آمید می‌تواند خواص حرارتی را تا حد زیادی بالا ببرد.

۳-ارائه روش و راه حل و دستاورد های حاصله

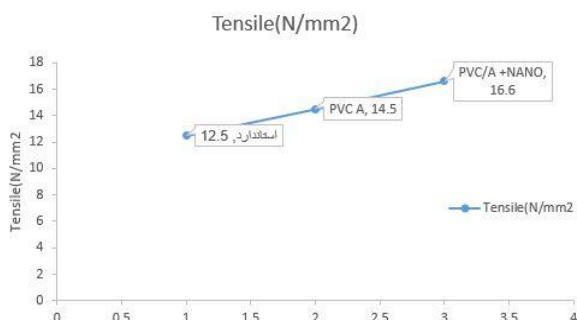
در این بررسی افزودن نانو ذرات رس به پروسه تولید PVC/A در واحد کامپاند سازی و در محل افزودنی ها به سایر ترکیبات اضافه شده است. درصد وزنی ذرات نانو در این بررسی ۰,۲ درصد وزنی در نظر گرفته شده است. پس از ساخت نمونه گرانول حاوی نانو ذرات رس، تست های مکانیکی از نمونه press sheet تولید شده در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. تولید press sheet در دمای ۱۸۵ درجه سانتی گراد و مدت زمان ۷-۸ دقیقه انجام شده است. نتایج این بررسی در جدول ۱ قابل رویت می باشد.

جدول (۱) : نتایج تست press sheet

مقادیر استاندارد	
Elongation %	Tensile(N/mm2)
150	12.5
مقادیر PVC/A	
Elongation %	Tensile(N/mm2)
240-250	14.5-15
مقادیر PVC/A+NANO CLAY	
Elongation %	Tensile(N/mm2)
283	16.6



نمودار ۱: Elongation %



نتایج بررسی آنها نشان می دهد که عایق های کابل مبتنی بر نانو ذرات رس با استفاده از روش های مناسب می توانند دارای خواص عایقی و مکانیکی بسیار خوبی باشند. لازم به ذکر است تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارد و انتظار می رود که در آینده شاهد توسعه عایق های نانو با خواص بهتر و کاربردی گسترده تر باشیم.

در این مقاله بررسی تاثیر خواص مکانیکی و مقاومت عایقی نانو ذرات رس در بستر آمیزه PVC A مورد بحث و آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان می دهد نانو ذرات به کاهش جریان الکتریکی در سطح عایق کمک می کنند و مقاومت عایق را افزایش دهد. همچنین نانو ذرات می توانند به بهبود مقاومت عایق ها در برابر دما های بالاتر و سایر عوامل محیطی کمک کند. نتایج نشان می دهد نانو ذرات رس دارای ساختاری لایه لایه هستند که باعث می شود سطح تماس آن ها با مواد دیگر بسیار زیاد باشد و همین امر باعث می شود که نانو ذرات رس بتوانند به طور موثری جریان الکتریکی را در سطح عایق کاهش و مقاومت عایقی را افزایش دهد. همچنین کاهش تلفات انرژی، بهبود قابلیت اطمینان جز نتایج بدست آمده می باشد.

۲- تعریف مشکل و چالش های مورد بررسی

خواص مکانیکی و مقاومت عایقی دو مشخصه مهم برای عایق سیم و کابل ها به شمار می رود. و از طرفی عایق کابل از مهمترین اجزای کابل به حساب می آید و وظیفه حفاظت هادی در برابر عوامل خارجی را بر عهده دارد. مقاومت عایقی موادی مانند PVC، PE برای عایق کابل ها مناسب است اما مقاومت عایقی این مواد در برابر جریان الکتریکی بالا محدود است و در دما های بالا تر می توانند دچار تخریب شوند. فناوری نانو می تواند در بهبود خواص عایق ها (مکانیکی/الکتریکی) کمک کند، نانو مواد دارای خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی هستند که می توانند به بهبود عملکرد عایق ها منجر شوند. لذا با توجه به اینکه چالش مورد بررسی استفاده از مواد نانویی بود که به کاهش جریان الکتریکی در سطح عایق کمک کند و مقاومت الکتریکی را افزایش دهد که در نتیجه آن بتوان ضخامت لایه عایق و وزن را کاهش داد، در نتیجه از نانو ذرات رس جهت بهبود مقاومت عایق ها در برابر عوامل مکانیکی/الکتریکی استفاده شد. نانو ذرات رس با توجه به اینکه سطح بسیار بزرگی دارند (نسبت سطح به حجم) می توانند خواص الکتریکی را افزایش دهند. لازم به ذکر است تحقیقات در زمینه توسعه عایق های کابل مبتنی بر نانو ذرات رس همچنان ادامه دارد و انتظار می رود که در آینده شاهد توسعه عایق های نانو با خواص بهتر و کاربردی های گسترده تر باشیم.

های بالا تر از حد PVC/A افزایش داد که این امر مقاومت در برابر حرارت در مدت زمان مشخص را برای PVC/A+NANO CLAY را به همراه دارد.

یکی از پارامترهای مهم و موثر در این بررسی، مقایسه مقاومت عایقی مواد آمیزه ای حاوی نانو با مواد پلیمری معمولی می باشد. در جدول ۳ مقادیر بدست آمده از نتیجه بررسی مشهود است.

SPECIFICATION	Standard	Requirement	Unit	ACTUAL RESULT		
				PVC A	+ NANO	
Type Test for New Raw Material						
Properties after Ageing at 100 °C	Tensile Strength	IEC 60811-401	≥12.5	N/mm ²	14.7	16.2
	Elongation		≥150	%	233	275
	Variation in Tensile Strength	IEC 60811-401	Max = ±25	%	1.37	4.4
	Variation in Elongation		Max = ±25	%	7.1	0.96
Heat Shock Test (Cracking)	IEC 60811-509	No Cracks	--	No Cracks	No Cracks	
Pressure test at high temperature	IEC 60811-508	Max = 50	%	23.5	26.2	
Bending tests at low temperature	IEC 60811-504	No Cracks	--	No Cracks	No Cracks	
Loss of Mass in Air Oven (according to PVC C)	IEC 60811-409	2	mg/cm ²	0.94	1.38	
Insulation resistance at 20°C	IEC 60502-1	Min=36.7	MΩ.Km	996	5919	
Insulation resistance at 70°C	IEC 60502-1	Min=0.037	MΩ.Km	0.532	1.83	

جدول (۳) : نتایج تست عایق

همانطور که انتظار می رود و در جدول بالا مشهود است مقادیر مقاومت عایقی برای آمیزه پلیمری حاوی نانو ذرات در دمای ۲۰ درجه و دمای ۷۰ درجه سانتی گراد مقدار قابل توجهی افزایش یافته است. این مقادیر به ترتیب ۶ و ۳٫۵ برابر مقادیر PVC/A می باشد.

همانطور که انتظار می رود مطابق با نمودار ۱ و ۲ مقادیر Tensile و Elongation با افزایش قابل توجهی برای آمیزه حاوی نانو ذرات همراه می باشد.



شکل (۱) : نمونه های دمبلی جهت تست

سیس با توجه به تایید مقادیر و خواص مکانیکی و ارتقاء خواص تست اولیه این مواد به عنوان عایق برای سیم ۱٫۵ میلی متر مربع به صورت تستی تولید شد. نتایج بررسی ها در جدول ۲ قابل رویت می باشد.



شکل (۲) : نمونه های سیم تولید شده

SPECIFICATION	Standard	Requirement	ACTUAL RESULT		
			PVC A	+ NANO	
Properties before Ageing	Tensile Strength	IEC 60811-501	≥12.5 N/mm ²	14.5	16
	Elongation		≥150 %	251	260

جدول (۲) : نتایج تست عایق

همانطور که انتظار می رود و در جدول بالا مشهود است، مقادیر خواص مکانیکی شامل Tensile و Elongation نسبت به PVC/A بهبود یافته است، اما نکته حائز اهمیت اینست که این مقادیر بعد از تست کهنگی نه تنها مطابق با PVC/A کاهش نیافته است بلکه افزایش داشته و این نشان می دهد که در پروسس تولیدی می توان ZONE های دمایی را تا دما

۴- دستاوردها

- ۱- بهبود خواص عایقی (مقاومت عایقی) با استفاده از ترکیب مواد نانو با امیزه پلیمری و در نتیجه آن افزایش ایمنی بالاتر در برابر جریان‌های الکتریکی بالاتر.
- ۲- بهبود مقاومت عایقی در برابر دماهای بالاتر و در نتیجه ایمنی بیشتر در برابر محیط‌های گرم در معرض آتش‌سوزی.
- ۳- بهبود خواص مکانیکی از جمله Tensile و Elongation.

مراجع

- [1] . Pugazhendhi Sugumaran “Experimental Investigation on Dielectric and Thermal Characteristics of Nanosized Alumina Filler Added Polyimide Enamel” J Electr Eng Technol Vol. 9, No. 3: 978-983, 2014
- [2] D. Edison Selvaraj “Experimental Investigation on Electrical and Mechanical Characteristics of PVC Cable Insulation with Silica Nano filler” *applied Mechanics and Materials* ISSN: 1662-7482, Vol. 749, pp 159-163
- [3] A. M. Mostafaei “Improving cable insulation properties using clay nanoparticles” Journal of Nanomaterials 2023
- [4] H. Li, Y. Wang “Production and evaluation of cable insulation based on clay nanoparticles” Composites Part B: Engineering 2023
- [5] A. T. Akbari “Improving the mechanical and insulating properties of cable insulation using clay nanoparticles” Journal of Polymers and the Environment 2022
- [6] H. Wang “Cable insulation capacity based on clay nanoparticles with high resistance to temperature and corrosion” Journal of Materials Science and Technology 2022