



تغییرات در ساخت غلاف ترموکوپل های نوع k جهت افزایش طول عمر

حسام صبحی^۱، علی طلوعی^۲

۱- کارشناسی مهندسی صنایع - مدیریت کارخانه سیمان سفید شرق

۲- کارشناسی ارشد مهندسی برق کنترل - رئیس برق کارخانه سیمان سفید شرق

خلاصه

این مقاله اشاره به آزمایشی موفقیت آمیز در مورد تغییراتی در ساخت غلاف ترموکوپل های نوع k به منظور افزایش طول عمر و دوام در برابر سایش که توسط شرکت سیمان سفید شرق انجام شده، دارد. هزینه های تمام شده ساخت و عملکرد آن نسبت به نمونه های مشابه تولید داخلی و وارداتی مقایسه شده است. کلمات کلیدی: سیمان، ترموکوپل، سایش، خوردگی، سیمان سفید شرق، سخت پوش کاری

۱. مقدمه

فرآیند تولید سیمان با سایش بالای تجهیزات همراه است. خوردگی و سایش شدید در این صنایع از عوامل تهدید کننده ی کارایی تجهیزات به شمار می رود. جلوگیری از خوردگی و فرسایش بهترین راه حل جهت بالا بردن طول عمر این تجهیزات در این صنعت است. ترمو کوپل ها یکی از تجهیزات مهم در اندازه گیری دما در صنایع سیمان می باشد. که در شرایط سایش، خوردگی و دمای بالا قرار دارند. باید از غلاف های مناسب جهت ترمو کوپلها استفاده نمود. این سوال در ذهن واحد های برق و ابزار دقیق و مدیریت کارخانجات مطرح است که چرا نمونه های وارداتی طول عمرشان تقریباً ۳ سال است و نمونه های داخلی حدود ۴ الی ۶ ماه می باشد.

این مقاله روش های انتخاب آلیاژ و ساخت پوشش دهی مناسب غلاف های ترموکوپل را برای افزایش طول عمر و کاهش هزینه های تامین و تعمیر و نگهداری آنها را در کارخانجات سیمان بیان می نماید.

۲. انتخاب مناسب جنس پایه غلاف برای ترموکوپل های نوع k

آلیاژ مناسب جهت غلاف پایه ترموکوپل بایستی دارای تحمل حرارتی بیش از ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد و مقاومت در برابر خوردگی های شیمیایی (گازهای حاصل از احتراق و قلیایی ها و...) باشد. هرچه تحمل حرارتی فلز پایه غلاف بالاتر از ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد باشد باعث طول عمر بالای آن در برابر شوک حرارتی می شود. در ضمن جهت عملکرد بهتر (پاسخ دهی سریعتر نسبت به تغییرات دمایی) آلیاژ انتخاب شده باید از ضریب انتقال حرارتی مناسبی برخوردار باشد. در جدول [3] ذیل برخی از آلیاژ های نسوز با تحمل حرارتی بیش از ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد آورده شده است. دست یابی به این خواص، به ترکیب شیمیایی و درصد عناصر



موجود در فولاد، روشهای تولید (آهن، فولاد و نورد) عملیات حرارتی و سرعت سرمایش در نورد بستگی مستقیم دارد. تأثیر نامطلوب بعضی از عناصر، با رعایت اصول تولید کاهش پیدا می کنند
جدول شماره ۱- برخی از آلیاژهای با تحمل حرارتی بیش از ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد

Resistant on air up to °C	Standards			
	UNS	AISI/SAE	Material No.	NO
1200	N06601	-	2.4851	1
1150	S31400	314	1.4841	2
1100	S44600	446.1	1.4749	3
1150	N06600	-	2.4816	4
1150	S30815	-	1.4835	5
1150	S44600	446	1.4762	6
1100	S35315	-	1.4854	7
1100	N08330	-	1.4862	8
1100	N08330	330	1.4864	9
1200			2.4658	10
1300			1.4765	11
1200			1.4767	12
1100			1.4860	13
1150			2.4867	14
1200			2.4869	15
1100			1.4821	16
1200			1.4861	17
1100			1.4876	18
1100			1.4885	19

۳. انتخاب روکش جهت غلاف ترموکوپل

با بررسی و مشاهدات دقیق و انجام آزمایشات مختلف (آنالیز شیمیائی و...) ترموکوپل های وارداتی متوجه وجود یک لایه نازک (کمتر از نیم میلی متر) بر روی غلاف ترموکوپل شدیم. لایه محافظ به دلیل ضخامت بسیار کم مانع انتقال حرارت به ترموکوپل نمی شود. اما از طرفی این لایه مقاومت بسیار بالایی در برابر سایش ایجاد می کند.

عمدتا روکش های مقاوم به سایش از طریق عملیات سخت پوش کاری به کمک جوشکاری با الکترودها یا سیم جوش های مقاوم به سایش روی فلز پایه انجام می گیرد. به دلیل حرارت بالای ایجاد شده در این روش در فلز پایه دفرمگی ایجاد می شود. و از آنجا که اغلب لایه های سخت پوش کاری مقاوم به سایش کروم کارباید یا تنگستن کارباید [1]، [2] می باشند. تحمل حرارتی و نقطه ذوب لایه مورد نظر پائین تر از محدوده حرارتی و نقطه کار دمایی ترموکوپل فوق الذکر می باشد و لایه سخت پوش کاری شده ذوب شده و از بین خواهد رفت. لذا به توجه به لایه سخت پوش کاری با ضخامت کم و بدون اعمال حرارت بالا روی فلز پایه و تحمل حرارتی بیش از ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد باید روش پوشش اسپری حرارتی استفاده شود

با توجه به درجه حرارت اندازه گیری متفاوت ترموکوپل ها، انتخاب مواد در برابر سایش متفاوت است روکشهای ترموکوپل باید به گونه ای طراحی شوند که در برابر اثرات مخرب دما، فشار، سرعت و خوردگی معمولی مواد شیمیایی و سایر کاربردهای صنعتی فرایند مقاومت کنند. پوشاندن غلاف ترموکوپل با یک لایه ضخیم از آلیاژ مورد نظر، روند کاربایزاسیون را به حداقل می رساند، مقاومت در برابر سایش و عمر سنسور را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد.

۴. فرآیندهای پوشش اسپری حرارتی

ذوب کردن فلز و تبدیل آن به ذرات اتمیزه و سپس پاشیدن این ذرات با سرعت بالا روی سطح فلز- حین برخورد ذرات مذاب روی سطح، روی آن پخش شده و جامد می شود.
تکنیک های موجود برای پاشش فلزات:

- ۱- روش شعله ای (Flame Spraying)
- ۲- روش انفجاری (Detonation Spraying)
- ۳- روش قوس (Wire Arc Spraying)
- ۴- روش پلاسما (Plasma Spraying)
- ۵- اسپری سوخت و اکسیژن با سرعت زیاد (HVOF)

۵. ویژگی های لایه محافظ ایجاد شده بر روی غلاف ترموکوپل

۱- ۲ فرآیند مواد مقاوم در برابر سایش:

مواد مقاوم در برابر سایش فلز بستر (تنگستن) به وسیله روش پوشش دهی اسپری بر روی سطح فلز بستر ذوب می کنند، همجوشی و خنک شدن کل فرآیند در یک لحظه انجام می شود. باید اطمینان حاصل شود که لایه آلیاژ جدید تولید شده دارای سختی بسیار بالایی است. و ضخامت لایه آلیاژ مناسب باشد. متفاوت از پوشش فلزی، فلزی به جنس

پایه وصل می شود، اما روی بستر سطح فلز آلیاژ جدیدی تولید می کند که در اصل یک بستر را تشکیل می دهند، که مقاومت آن در برابر سایش و خوردگی بسیار بهبود یافته است.

۲-۲ سختی سطح آلیاژ:

سختی سطح آلیاژ تنگستن به (Rockwell HRC76) (در حدود ۱۷۵۰ ویکر، درجه سرامیک) می رسد که ۱۰ برابر سختی فولاد ضد زنگ معمولی است.

۳-۲ لایه آلیاژ سطح و بستر:

لایه آلیاژ سطح و بستر ترموکوپل مقاوم در برابر سایش یکی شده، بنابراین دارای ضریب انبساط حرارتی و شکنندگی دقیقاً یکسان هستند، در دماهای بالا ترک نمی خورند.

۴-۲ مقاومت در برابر درجه حرارت بالا:

ترموکوپل های مقاوم در برابر سایش مقاومت حرارتی لایه آلیاژ آنها تا ۱۸۰۰ درجه سانتیگراد است و در بلند مدت می تواند در دمای ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد استفاده شود.

۵-۲ مقاومت در برابر اکسیداسیون:

از آنجا که این ترکیب تنگستن است، مقاومت در برابر اکسیداسیون آن دو برابر فولاد ضد زنگ ۳۱۶ است.

۶-۲ عمر ترموکوپل مقاوم در برابر سایش و خوردگی:

ترموکوپل مقاوم در برابر سایش عمر طولانی دارد و مدت ماندگاری آن در حدود ۳۶ ماه می باشد

۶. ساخت غلاف ترموکوپل

از آنجا که نرخ سایش در سیمان سیفد بالاتر از سیمان خاکستری می باشد به همین دلیل طول عمر ترموکوپل های مورد استفاده کمتر از سه ماه بود. با توجه به تعویض هایی مکرر ترموکوپل های سیکلونها، میل پایپ ها و استیم پایپ، نویسندگان این مقاله دریافته اند که ترموکوپل های قسمت های ذکر شده دارای طول عمر خیلی پایین هستند.

در تحقیقات اولیه مشخص شد که جنس غلاف ترموکوپل ها با توجه به سایش و دمای بالا مناسب انتخاب نشده اند. لذا در این راستا اصلاحاتی در جنس غلاف ترمو کوپلها انجام شد که نتیجه بهتر نسبت به قبل بود. غلاف های جدید بصورت آزمایشی نصب شد. پس از تست مشخص شد که طول عمر غلاف های جدید در حدود ۶ ماه است.

تحلیل و مهندسی گسترده ای انجام گرفت تا توانستیم آلیاژ مناسبی جهت پوش دهی غلاف ترموکوپل انتخاب نماییم. ترموکوپل های تولیدی پس از نصب و بهره برداری به مدت ۲۴ ماه در سرویس بودند که نتیجه مطلوب حاصل شد.

۷. هزینه ساخت غلاف روکش دار ترموکوپل



جدول شماره ۱-مقایسه هزینه ها

ردیف	شرح	ترموکوپل نمونه داخلی بدون روکش	ترموکوپل وارداتی با روکش	ترموکوپل ساخت کارشناسان شرکت سیمان سفید شرق
۱	قیمت سنسور ترموکوپل به ریال	۵/۰۰۰/۰۰۰	-	۵/۰۰۰/۰۰۰
۲	قیمت غلاف به ریال	۱۵/۰۰۰/۰۰۰	-	۵/۰۰۰/۰۰۰
۳	قیمت پوشش دهی به ریال	۳۰/۰۰۰/۰۰۰	-	۳۰/۰۰۰/۰۰۰
۴	جمع کل به ریال	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۴۰/۰۰۰/۰۰۰

۸. نتیجه گیری

مقایسه هزینه ها و طول عمر کارکرد نمونه های داخلی موجود در بازار و نمونه های وارداتی با غلاف ساخته شده توسط کارشناسان این شرکت نشان می دهد که غلاف های ساخته شده توسط کارشناسان شرکت سیمان سفید شرق هزینه ها خرید رایبه شدت کاهش داده است.

۹-پیشنهادهای

با توجه به اینکه در این موضوع هیچگونه مقاله ای ارایه نشده است و تمام تحقیقات بصورت آزمایشگاهی در شرکت های ترموکوپل ساز بوده و مستنداتی ارایه نکرده اند. پیشنهاد می شود در این موضوع بصورت علمی و عملی با کارخانجات ذینفع همکاری شود. تا ساختار بهینه تری ارایه گردد.

۱۰-مراجع

- 1-PROTECTIVE COATINGS FOR THERMOCOUPLE SHEATHS-p. J. Levine, Materials Department, May 2A, 1965
- 2-COATINGS TECHNOLOGY HANDBOOK, Taylor & Francis Group
- 3-STAHLSCHLUSSEL , Herausgabe und Vertrieb, Verlag Stahlschlüssel Wegst GmbH, Autor C. W. Wegst