



TECHNICAL LAB REPORT

Rapid Rise Fire Tests of Protection Materials for Structural Steel

**TESTED ACTIVE FIRE PROTECTION MATERIAL:
NAX-FP-H**

**SPONSORED BY & TESTED FOR:
NANO AXON Co.**

REFERENCE No.: LS-139800149-2-REV. 0

DATE OF ISSUE: FEB. 28, 2020

TESTED AND PREPARED BY:

Amirkabir Paint & Polymer Research Institute-METRA

Units 1205, Alvand Tower, Ebrahimi St., Marzadran Blvd., Tehran, 1463738891 - IRAN, Telefax: + (98 21) 8837 6010-19, Fax: + (98 21) 8856 2721

www.metragroup.org

Email: info@metragroup.org

حق نشر این گزارش در اختیار موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر - مترا می باشد. چاپ و یا تکثیر این گزارش به طور کامل یا جزئی بدون تایید این موسسه امکان پذیر نمی باشد. این موسسه موظف است فقط به مشتری که این گزارش برای آن تهیه شده است پاسخ دهد و هیچ تعهدی نسبت به پاسخ گویی به دیگر افراد و/یا اشخاص به جزء مشتری خود ندارد.

این گزارش باید به طور کامل خوانده شود. این گزارش شامل تمامی توصیفات و پیش فرض ها بوده و نیاز به تحلیل دیگری ندارد. این گزارش حاوی جزئیات فنی است که برای تجزیه و تحلیل فقط توسط افرادی که دارای تخصص لازم در این موضوع هستند، در نظر گرفته شده است. رجوع به بخشی از این گزارش که ممکن است منجر به سوء تفسیر شود مجاز نخواهد بود. این نتایج فقط مربوط به آیت(هایی) می باشد که توسط مشتری به عنوان نمونه به این موسسه تحویل داده شده است مگر آنکه در این گزارش مشخص شده باشد. تغییرات، انحرافات و/یا مغایرت های این آزمون با روش مشخص شده در استاندارد مرجع در حین انجام آزمون، در صورت وجود، در این گزارش ذکر شده است.

**RAPID RISE FIRE TESTS OF
PROTECTION MATERIALS FOR
STRUCTURAL STEEL
IN ACCORDANCE WITH UL 1709-2011**

کد پروژه: LS-139800149-2; Rev. 0

تاریخ آزمون: ۲۹ دی ۱۳۹۸

تاریخ صدور گزارش:

۰۸ بهمن ۱۳۹۸

نام و/یا نام تجاری نمونه:

NAX-FP-H

نام مشتری:

شرکت دانش بنیان صنایع نانو عایق آکسون

تأیید کننده:



نیما نوری - اردلان بزرگی

کارشناسان آزمون آتش

مترا

تصویب کننده:



علی بزرگی

مدیر عامل

مترا

خلاصه کار

این گزارش توصیف رفتار «مواد مقاوم در برابر آتش از نوع فعال» در مقابل «آتش با نرخ افزایش دمای سریع» در سازه‌های فولادی می‌باشد. مدت زمان انجام آزمون ۵۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه می‌باشد. نمونه به درخواست مشتری به صورت تیر با ابعاد مطابق استاندارد HEA-200 به طول ۲۴۴۰ میلی‌متر و مطابق با نمونه تیر مندرج در استاندارد UL1709-2011 و تمیزی سطح $Sa2\frac{1}{2}$ و سیستم پوششی به ضخامت متوسط ۹ میلی‌متر (که شامل ماده پوششی NAX-FP-H و مش ۱.۵ میلی‌متری تقویت‌کننده) است، مورد آزمون قرار گرفته است.

نمونه در معرض آتش، داخل کوره‌ای با سایز Full Scale و میانگین دمایی $1093\pm56^{\circ}\text{C}$ ($2000\pm100^{\circ}\text{F}$) که از زمان شروع تست کمتر از ۵ دقیقه به دمای $1093\pm56^{\circ}\text{C}$ می‌رسد، قرار گرفت و به مدت ۵۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه در معرض حرارت آزمون بود. ترموکوپل شماره ۱ از ابتدای آزمون دچار صدمه شده بود و عکس‌العملی نسبت به تغییرات دمایی نشان نداد. بیشترین دمای ثبت شده (649°C) توسط ترموکوپل شماره ۱۴ بعد از ۵۴ دقیقه از شروع آزمون ثبت شده است.

صفحه

فهرست مطالب

1. مقدمه.....	1
2. دامنه کار.....	1
3. اصطلاحات و تعاریف.....	1
4. مراحل آماده سازی نمونه قبل از شروع تست.....	2
4.1. ساخت.....	2
4.2. نمونه برداری و اعمال ماده RFP.....	2
4.3. تجهیزات و مراحل نصب.....	2
4.4. بازرسی ماده RFP.....	2
5. تجهیزات آزمون.....	3
6. انجام آزمون.....	3
7. نتیجه آزمون.....	3
7.1. شرایط محیطی.....	3
7.2. وضعیت ظاهری و رفتار نمونه آزمون.....	3
7.2.1. قبل از آزمون.....	3
7.2.2. در حال انجام آزمون.....	4
7.2.3. بعد از آزمون.....	4
7.3. نتایج دماهای سنسورهای آزمون.....	4
7.4. ضریب تصحیح.....	5
8. اظهار نظر / نتیجه گیری.....	5
9. مراجع.....	5
پیوست الف.....	6
پیوست ب.....	14

جدول شکل‌ها..... صفحه

شکل ۱. آماده‌سازی نمونه در کوره (قبل از آزمون)	۷
شکل ۲. آماده‌سازی نمونه در کوره (قبل از آزمون)	۸
شکل ۳. نمای نمونه پس از انجام آزمون	۹
شکل ۴. نمای نمونه پس از انجام آزمون	۹
شکل ۵. محل‌های نصب سنسورهای دما بر روی نمونه آزمون	۱۰
شکل ۶. محل‌های نصب سنسورهای دما بر روی نمونه آزمون	۱۰
شکل ۷. نمودار دما بر حسب زمان (سنسورهای واقع در سطح مقطع A-A)	۱۱
شکل ۸. نمودار دما بر حسب زمان (سنسورهای واقع در سطح مقطع B-B)	۱۱
شکل ۹. نمودار دما بر حسب زمان (سنسورهای واقع در سطح مقطع C-C)	۱۲
شکل ۱۰. نمودار دما بر حسب زمان (سنسورهای واقع در سطح مقطع D-D)	۱۲
شکل ۱۱. نمودار دما بر حسب زمان (در سطح مقطع A-A، B-B، C-C و D-D)	۱۳
شکل ۱۲. متوسط دمای داخل کوره	۱۳

۱. مقدمه

این گزارش توصیف رفتار «مواد مقاوم در برابر آتش از نوع فعال» در مقابل «آتش با نرخ افزایش دمای سریع» در سازه‌های فولادی می‌باشد. مدت زمان انجام آزمون ۵۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه می‌باشد. نمونه به درخواست مشتری به صورت ستون استاندارد HEA-200 به طول ۲۴۴۰ میلی‌متر مطابق با نمونه تیر مندرج در استاندارد UL1709-2011 با سایز Full Scale و تمیزی سطح $Sa2\frac{1}{2}$ و با سیستم پوششی به ضخامت متوسط ۹ میلی‌متر شامل پوشش NAX-FP-H و مش (ضخامت مش ۱.۵ میلی‌متر که در داخل سیستم پوششی است)، مورد آزمون قرار گرفت. این آزمون به درخواست مشتری با روش استاندارد UL1709-2011 در تاریخ ۲۹ دی ۱۳۹۸ در سایت آزمون موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر (مترا) انجام شده است.

۲. دامنه کار

- موارد زیر در این آزمون انجام شده است:
- آزمون «آتش با نرخ افزایش دمای سریع»؛
- اندازه گیری دمای سطح ستون H؛
- بررسی نمونه آزمایش قبل، طی و بعد از آزمون.

۳. اصطلاحات و تعاریف

دمای بحرانی

حداکثر دمایی که تجهیزات و یا سازه‌های محافظت شده، مجاز به رسیدن به آن می‌باشند.

مقاوم در برابر آتش

توانایی مقاومت برای مدت زمان اعلام شده (رسیدن به درجه حرارت بحرانی) با در نظر گرفتن ثبات و یا یکپارچگی مورد نیاز و یا عایق حرارتی و یا دیگر خصوصیات مورد انتظار مشخص شده در آزمون استاندارد مقاومت آتش.

حفاظت فعال در برابر آتش (RFP)

اجرای پوشش که در صورت آتش‌سوزی، با ایجاد تغییر در حالت فیزیکی خود، میزان انتقال گرما به جسم یا منطقه محافظت شده را محدود می‌کند.

ماده محافظ فعال در برابر آتش

پوشش که در صورت آتش‌سوزی، با ایجاد تغییر در حالت فیزیکی خود، میزان انتقال گرما به جسم یا منطقه محافظت شده را محدود می‌کند.

۴. مراحل آماده‌سازی نمونه قبل از شروع تست

۴.۱. ساخت

نمونه ستون HEA-200 ساخته شده توسط مشتری بعد از پوشش‌دهی با پوشش RFP به سایت آزمایشگاه آتش مترا منتقل شد.

۴.۲. نمونه‌سازی و اعمال ماده RFP

پوشش بر روی سطوح تمیز شده به روش سند بلاست و با توجه به دستورالعمل، اعمال شده است. نصب مش و اعمال پوشش توسط مشتری انجام شده است. نمونه به درخواست مشتری به صورت تیر با ابعاد مطابق استاندارد HEA-200 به طول ۲۴۴۰ میلی‌متر و مطابق با نمونه تیر مندرج در استاندارد UL1709-2011 و تمیزی سطح $Sa2\frac{1}{2}$ و سیستم پوششی به ضخامت متوسط ۹ میلی‌متر (که شامل ماده پوششی NAX-FP-H و مش ۱.۵ میلی‌متری تقویت‌کننده) است، مورد آزمون قرار گرفته است.

۴.۳. تجهیزات و مراحل نصب

۱۴ عدد ترموکوپل با غلاف فلزی برای ثبت دمای سطحی ستون، قبل از اعمال پوشش RFP بر روی نمونه نصب شد. ترموکوپل‌ها از نوع K (کروم - آلومل) بوده و برای استفاده مداوم در دمای $1100^{\circ}C$ مناسب می‌باشد.

۴.۴. بازرسی ماده RFP

پوشش اعمال شده یکپارچه می‌باشد و هیچ‌گونه تغییر شکل، افتادن، ترک یا سوراخ در سطوح RFP وجود ندارد.

۵. تجهیزات آزمون

تست مطابق با استاندارد UL 1709:2011 انجام شد. عملکرد سیستم RFP در کوره آزمون آتش سوزی سریع در سایت آزمون آتش مترا مورد بررسی قرار گرفت. کوره انجام آزمون برای آزمایش های آتش سوزی سریع مواد حفاظتی برای سازه های فولادی ساخته شده است و مطابق با UL 1709-2011 است.

محیط درون کوره طوری طراحی شده است که مجموع شار حرارتی تولیدی آن 65000 ± 5000 BTU/h.ft² یا 16 ± 164 کیلووات بر متر مربع) و متوسط دمای 2000 ± 100 درجه فارنهایت (1093 ± 56 درجه سلسیوس) در عرض ۵ دقیقه از آغاز آزمون ایجاد می شود. این دما در طول باقیمانده آزمایش آتش باید حفظ شود، همانطور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

۶. انجام آزمون

آزمون مقاومت به حریق با افزایش دمای سریع، مطابق با استاندارد UL 1709-2011 و با جزییات زیر انجام شد: نمونه آماده شده در کوره عمودی مقیاس بزرگ آزمایشگاه قرار گرفت (شکل ۱ و شکل ۲ را ببینید). آزمون در ساعت ۱۶:۱۰، در تاریخ ۲۹ دی ماه سال ۱۳۹۸ آغاز شد. درجه حرارت و رطوبت محیط در شروع آزمون به ترتیب ۱۶ درجه سلسیوس و ۱۱/۱ درصد (رطوبت نسبی) بود. خروجی تمامی سنسورهای دمایی مستقر بر روی نمونه و سنسورهای کنترل دمای کوره، به وسیله یک PLC از نوع زیمنس تحت کنترل و نظارت قرار گرفت. رایانه کنترل کننده در SCADA طوری برنامه ریزی شده بود تا دستورات را برای سیستم های جمع آوری داده ها ارسال کند تا خروجی داده ها نمونه برداری شود. داده ها با فواصل زمانی ۵ ثانیه ای ذخیره شدند. در ادامه اطلاعات به نمودارهای گرافیکی تبدیل شدند. بر اساس الزامات استاندارد مرجع، دمای متوسط سنسورها در هر سطح مقطع نباید بیش از ۱۰۰۰ درجه فارنهایت (۵۳۸ درجه سلسیوس) باشد و هیچ ترموکوپلی نباید دمای بیشتر از ۱۲۰۰ درجه فارنهایت (۶۴۹ درجه سلسیوس) را نشان دهد.

۷. نتیجه آزمون

۷.۱. شرایط محیطی

میانگین دمای محیط، در زمان انجام آزمون ۱۶ درجه سلسیوس و میانگین رطوبت ۱۱.۱ درصد بود.

۷.۲. وضعیت ظاهری و رفتار نمونه آزمون

۷.۲.۱. قبل از آزمون

سطوح بالایی و پایینی نمونه به وسیله پوشش مورد آزمون و سپس پتوهای عایق نسوز به طور کامل پوشیده شد. (شکل ۲ را ببینید)

۷.۲.۲. در حال انجام آزمون

شرایط نا متعارف در حین آزمون مشاهده گردید که در زیر به آنها اشاره شده است:
۱. TC1 از ابتدای شروع آزمون دچار صدمه شده بود و عکس‌العملی نشان نمی‌داد.

۷.۲.۳. بعد از آزمون

بلافاصله پس از خاموش شدن کوره، هیچ اثری از شعله و سوختن و دود مشاهده نگردید.

۷.۳. نتایج دماهای سنسورهای آزمون

جدول پیوست ب، نتایج دماهای ثبت شده برای سنسورهای یک تا ۱۴ را در بازه‌های زمانی ۳۰ ثانیه در مدت انجام آزمون نشان می‌دهد.

بیشترین دمای ثبت شده ۶۴۹ درجه سلسیوس و در محل نصب ترموکوپل ۱۴ بر روی نمونه مشاهده شد. (شکل ۷ و شکل ۸ را ببینید)

میانگین دماهای ۹ عدد ترموکوپل در هر سطح مقطع به صورت جداگانه در زیر آمده است:

- سطح مقطع A-A: میانگین دمای ۵ عدد ترموکوپل مربوط به این سطح مقطع، در انتهای آزمون ۳۰۵ درجه سلسیوس بود.
- سطح مقطع B-B: میانگین دمای ۴ عدد ترموکوپل مربوط به این سطح مقطع، در انتهای آزمون ۲۸۷ درجه سلسیوس بود.
- سطح مقطع C-C: میانگین دمای ۴ عدد ترموکوپل مربوط به این سطح مقطع، در انتهای آزمون ۳۵۴ درجه سلسیوس بود.
- سطح مقطع D-D: میانگین دمای ۴ عدد ترموکوپل مربوط به این سطح مقطع، در انتهای آزمون ۴۶۹ درجه سلسیوس بود.

۷.۴. ضریب تصحیح

مطابق با استاندارد UL 1709 محاسبات لازم برای بدست آوردن ضریب تصحیح در بازه زمانی مطلوب انجام شد. سپس این ضریب تصحیح با توجه به زمان بدست آمده از نتیجه کوره آزمون، به نتیجه نهایی اضافه گردید.

ITEM	DESCRIPTION	TEST VALUE
C	ضریب تصحیح	+0.92 minutes (+55 seconds)
I	مدت زمان انجام آزمون مقاومت در برابر آتش	54.0 minutes
A	مقدار سطح زیر منحنی نمودار میانگین دمای کوره، برای سه چهارم مدت زمان انجام آزمون مقاومت در برابر آتش از ابتدای نمودار	36121 (°C.min)
As	مقدار سطح زیر منحنی نمودار استاندارد دما، برای سه چهارم مدت زمان انجام آزمون مقاومت در برابر آتش از ابتدای نمودار	35242 (°C.min)
	زمان مقاومت نمونه در برابر آتش ⇒	54.92 minutes (≈55 minutes)

۸. اظهار نظر / نتیجه گیری نهایی

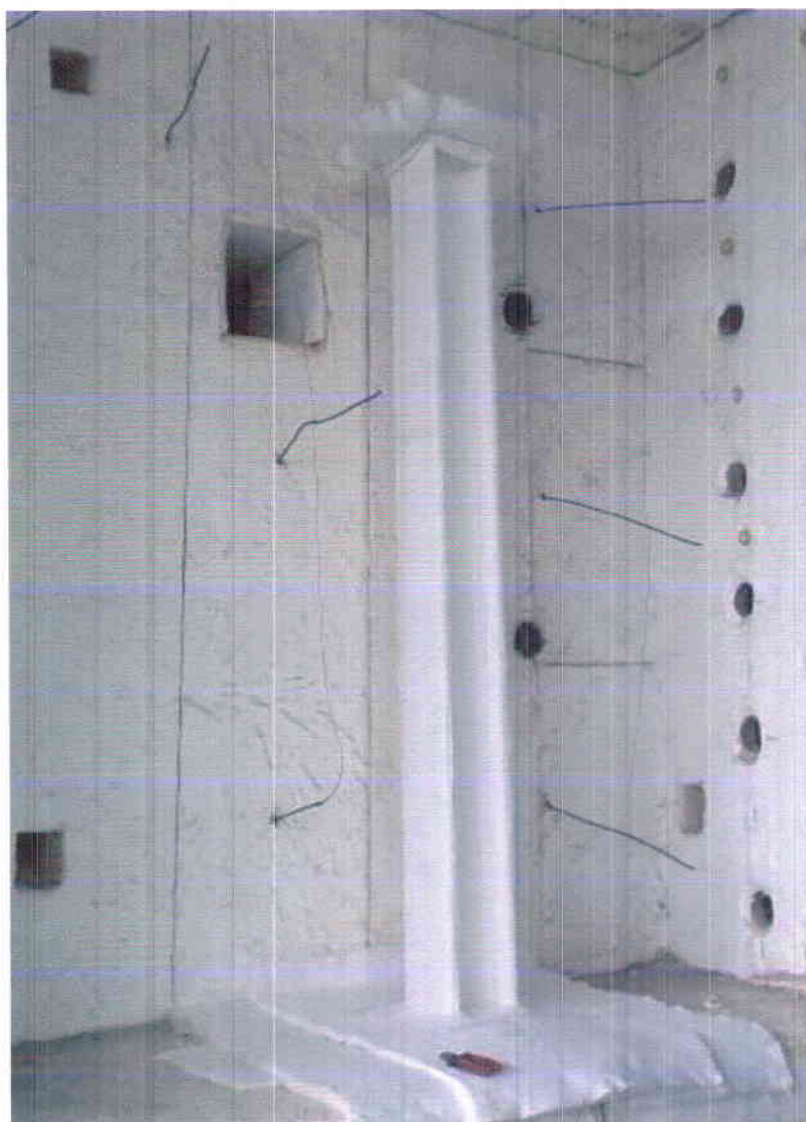
پوشش مورد آزمون، ۵۵ دقیقه در برابر حریق با افزایش دمای تسریع یافته مقاومت کرده است.

۹. مراجع

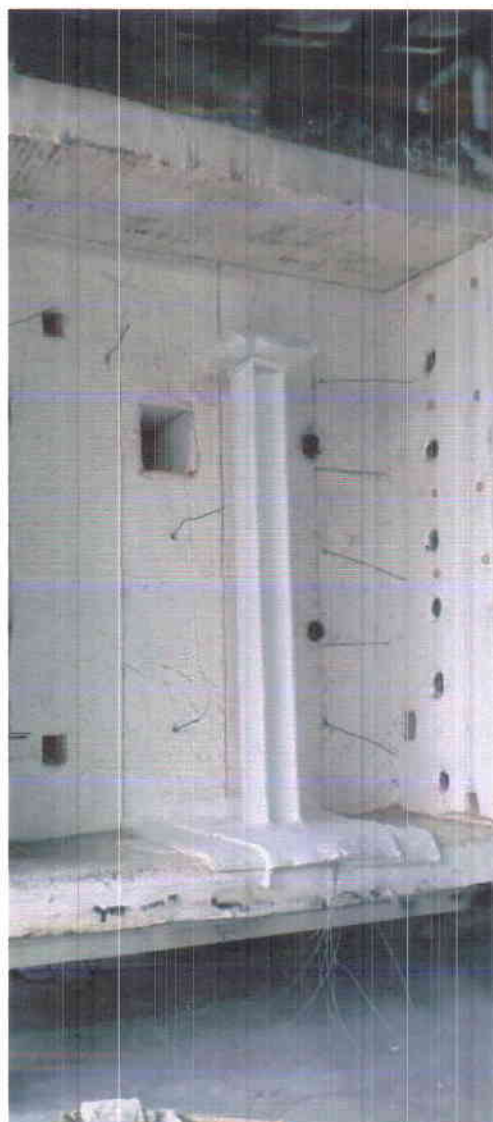
- UL 1709:2011 Standard for Safety Rapid Rise Fire Tests of Protection Materials for Structural Steel.

پیوست الف

تصاویر و نمودارها



شکل ۱. آماده‌سازی نمونه در کوره (قبل از آزمون)



شکل ۲. آماده‌سازی نمونه در کوره (قبل از آزمون)



شکل ۳. نمای نمونه پس از انجام آزمون



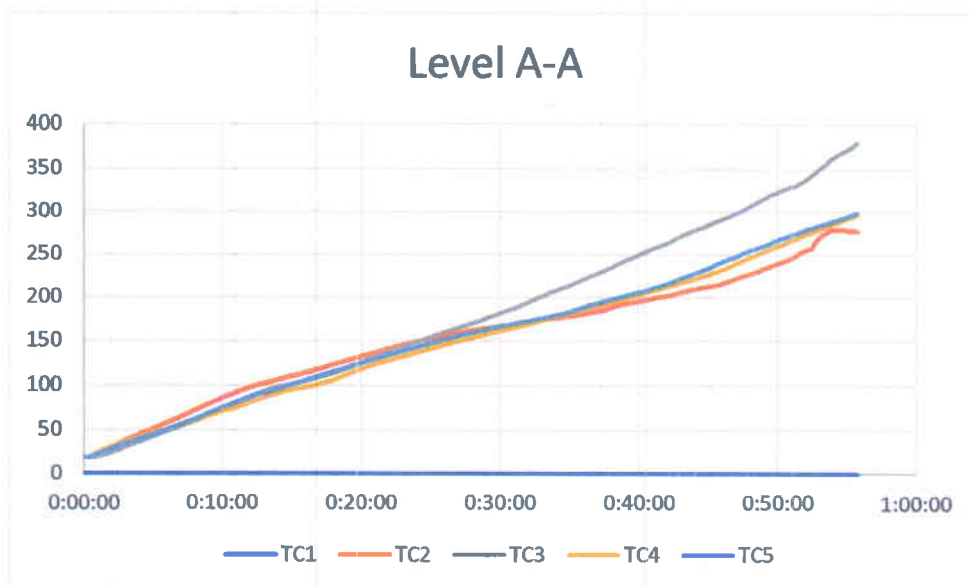
شکل ۴. نمای نمونه پس از انجام آزمون



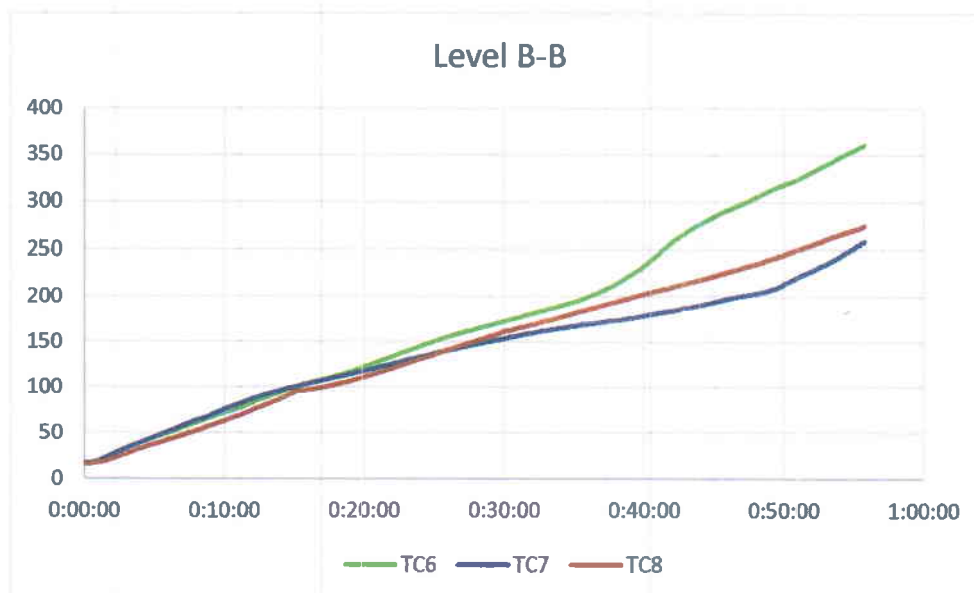
شکل ۵. محل‌های نصب سنسورهای دما بر روی نمونه آزمون



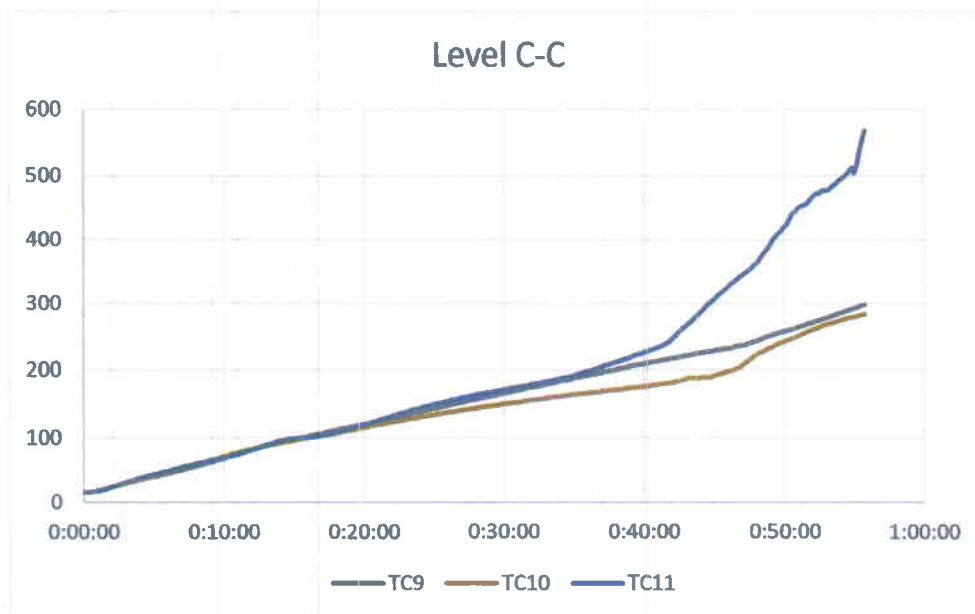
شکل ۶. محل‌های نصب سنسورهای دما بر روی نمونه آزمون



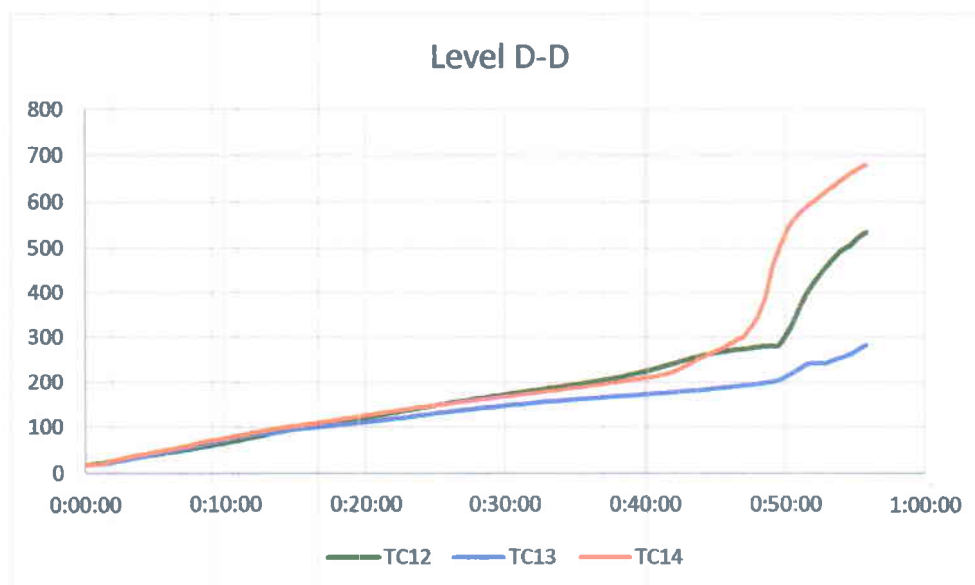
شکل ۷. نمودار دما بر حسب زمان (سنسورهای واقع در سطح مقطع A-A)



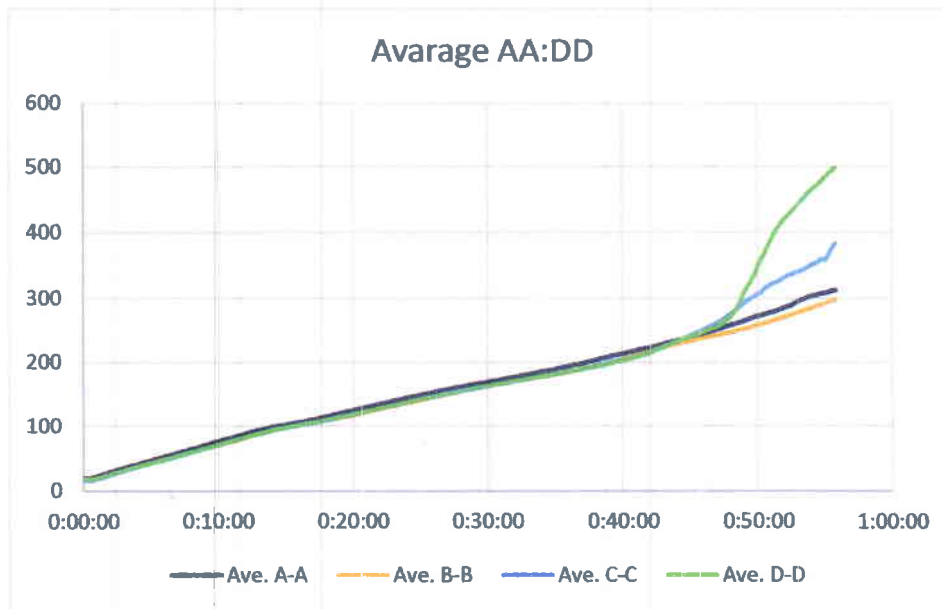
شکل ۸. نمودار دما بر حسب زمان (سنسورهای واقع در سطح مقطع B-B)



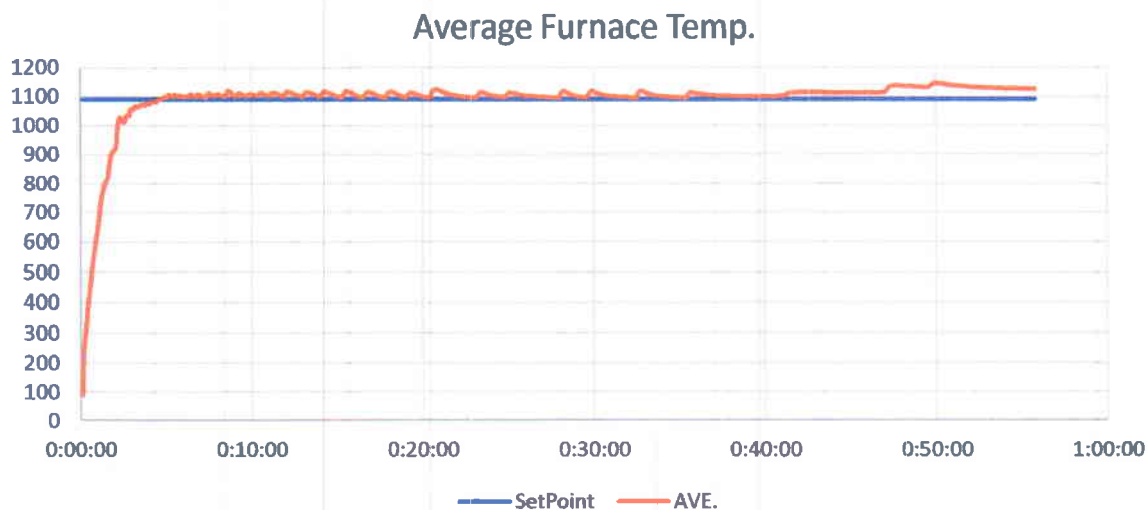
شکل ۹. نمودار دما بر حسب زمان (سنسورهای واقع در سطح مقطع C-C)



شکل ۱۰. نمودار دما بر حسب زمان (سنسورهای واقع در سطح مقطع D-D)



شکل ۱۱. نمودار دما بر حسب زمان (در سطح مقطع A-A، B-B، C-C و D-D)



شکل ۱۲. متوسط دمای داخل کوره

پیوست ب

نتایج دماهای سنسورهای آزمون بر حسب درجه سلسیوس

Amirkabir Paint & Polymer Research Institute-METRA

LABORATORY TEST REPORT

Reference No.: LS-9600876; Rev. 0



Time	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9	TC10	TC11	TC12	TC13	TC14	Ave. A-A	Ave. B-B	Ave. C-C	Ave. D-D
0:00:00	0	19	19	19	19	17	17	16	16	15	16	18	18	18	19	17	16	18
0:00:30	0	19	19	20	20	17	17	17	17	16	16	19	18	18	20	17	16	18
0:01:00	0	22	20	24	23	20	20	18	19	18	18	21	19	20	22	19	18	20
0:01:30	0	26	22	28	26	23	23	19	22	21	21	24	21	23	26	22	21	23
0:02:00	0	31	25	31	29	27	27	22	25	24	25	26	24	27	29	25	25	26
0:02:30	0	35	27	34	32	31	30	25	28	27	28	29	27	30	32	29	28	29
0:03:00	0	38	31	37	35	34	34	27	30	30	32	31	30	34	35	32	31	32
0:03:30	0	42	34	39	37	37	37	30	33	33	35	34	33	37	38	35	34	35
0:04:00	0	45	37	42	40	40	40	33	36	36	39	36	36	40	41	38	37	37
0:04:30	0	48	40	44	43	43	43	36	38	39	42	38	38	43	44	41	40	40
0:05:00	0	52	43	47	45	45	46	38	41	42	45	40	41	46	47	43	43	42
0:05:30	0	55	46	49	48	48	49	40	43	45	47	43	44	49	50	46	45	45
0:06:00	0	58	49	51	51	50	52	43	46	48	50	45	46	51	52	48	48	47
0:06:30	0	62	52	53	54	53	55	45	49	51	53	48	49	54	55	51	51	50
0:07:00	0	65	55	56	57	56	58	47	51	54	56	50	52	57	58	54	54	53

Amirkabir Paint & Polymer Research Institute-METRA

LABORATORY TEST REPORT

Reference No.: LS-9600876; Rev. 0



Time	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9	TC10	TC11	TC12	TC13	TC14	Ave. A-A	Ave. B-B	Ave. C-C	Ave. D-D
0:07:30	0	69	57	59	60	59	61	50	54	57	58	53	55	61	61	57	56	56
0:08:00	0	72	60	61	63	62	64	53	57	60	61	55	58	64	64	60	59	59
0:08:30	0	76	63	64	66	64	66	55	60	63	64	58	62	68	67	62	62	63
0:09:00	0	79	67	66	69	67	69	58	63	66	66	61	65	71	70	65	65	66
0:09:30	0	83	70	69	72	70	73	61	66	69	68	64	68	73	74	68	68	68
0:10:00	0	86	73	71	76	72	76	63	69	72	71	66	71	76	77	70	71	71
0:10:30	0	89	76	73	79	74	79	66	73	76	74	69	74	79	79	73	74	74
0:11:00	0	92	79	76	82	77	82	69	75	78	77	72	77	82	82	76	77	77
0:11:30	0	95	82	78	85	80	85	72	79	81	80	76	80	85	85	79	80	80
0:12:00	0	98	86	81	88	83	88	75	83	83	83	79	83	88	88	82	83	83
0:12:30	0	100	90	84	91	87	90	78	86	86	85	81	85	91	91	85	86	86
0:13:00	0	102	94	86	91	89	92	81	90	88	89	84	84	93	93	87	89	87
0:13:30	0	104	97	89	94	92	94	84	92	90	92	87	87	96	96	90	91	90
0:14:00	0	106	98	91	96	95	96	88	95	92	95	90	90	98	98	93	94	93
0:14:30	0	108	100	93	99	98	98	91	97	94	97	93	93	101	100	96	96	96

Amirkabir Paint & Polymer Research Institute-METRA

LABORATORY TEST REPORT

Reference No.: LS-9600876; Rev. 0



Time	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9	TC10	TC11	TC12	TC13	TC14	Ave. A-A	Ave. B-B	Ave. C-C	Ave. D-D
0:15:00	0	110	101	95	101	100	100	95	98	96	98	96	95	103	102	98	97	98
0:15:30	0	112	103	96	103	102	102	96	100	98	99	99	97	105	104	100	99	100
0:16:00	0	114	105	98	106	104	104	97	102	100	100	100	98	107	106	102	101	102
0:16:30	0	116	107	100	108	106	106	98	105	102	102	102	100	109	108	103	103	104
0:17:00	0	118	109	101	111	108	108	100	107	103	104	104	102	111	110	105	105	106
0:17:30	0	121	112	104	113	110	109	101	109	105	106	107	104	114	113	107	107	108
0:18:00	0	123	114	106	116	113	111	103	112	107	109	109	105	116	115	109	109	110
0:18:30	0	126	117	109	118	115	113	105	114	109	111	112	107	118	118	111	111	112
0:19:00	0	128	119	112	120	117	115	107	116	111	114	114	108	121	120	113	114	114
0:19:30	0	130	122	115	123	120	117	109	119	113	117	117	110	123	123	115	116	117
0:20:00	0	132	125	118	125	123	118	111	121	116	120	120	111	126	125	117	119	119
0:20:30	0	134	128	121	128	126	120	114	123	118	123	123	113	128	128	120	121	121
0:21:00	0	137	131	123	130	129	122	116	126	120	127	126	115	131	130	122	124	124
0:21:30	0	139	135	126	132	131	124	119	128	122	130	129	117	133	133	125	127	126
0:22:00	0	141	137	128	134	134	126	121	130	124	133	132	119	135	135	127	129	129

Amirkabir Paint & Polymer Research Institute-METRA

LABORATORY TEST REPORT

Reference No.: LS-9600876; Rev. 0



Time	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9	TC10	TC11	TC12	TC13	TC14	Ave. A-A	Ave. B-B	Ave. C-C	Ave. D-D
0:22:30	0	143	140	130	136	137	128	124	132	126	136	135	120	138	137	130	131	131
0:23:00	0	145	143	132	139	140	130	126	135	128	139	138	122	140	140	132	134	133
0:23:30	0	147	146	134	141	143	132	129	137	129	142	141	124	142	142	135	136	136
0:24:00	0	149	149	137	143	145	134	131	139	131	145	143	127	144	145	137	138	138
0:24:30	0	151	152	139	145	148	135	134	142	133	147	146	129	146	147	139	141	140
0:25:00	0	153	154	141	147	151	137	136	144	135	150	148	131	148	149	141	143	142
0:25:30	0	154	157	143	149	153	139	139	146	136	152	151	132	150	151	144	145	144
0:26:00	0	156	160	145	151	156	141	141	149	138	155	153	134	152	153	146	147	146
0:26:30	0	157	162	147	153	158	142	144	151	140	157	156	136	155	155	148	149	149
0:27:00	0	159	165	149	156	160	144	146	153	141	159	158	138	156	157	150	151	151
0:27:30	0	160	167	151	158	162	146	148	156	143	161	161	140	159	159	152	153	153
0:28:00	0	162	170	153	159	164	147	151	158	144	164	163	141	161	161	154	155	155
0:28:30	0	163	173	155	161	166	149	153	160	146	166	165	143	162	163	156	157	157
0:29:00	0	164	176	157	163	168	150	156	162	148	167	168	144	164	165	158	159	159
0:29:30	0	166	179	159	165	171	152	158	164	149	169	170	146	166	167	160	161	161

Amirkabir Paint & Polymer Research Institute-METRA

LABORATORY TEST REPORT

Reference No.: LS-9600876; Rev. 0



Time	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9	TC10	TC11	TC12	TC13	TC14	Ave. A-A	Ave. B-B	Ave. C-C	Ave. D-D
0:30:00	0	167	182	161	166	172	153	161	167	151	171	172	148	168	169	162	163	163
0:30:30	0	168	185	163	168	175	155	163	169	152	173	175	149	170	171	164	165	165
0:31:00	0	169	187	165	169	177	157	165	171	153	175	177	151	172	173	166	166	167
0:31:30	0	170	190	167	171	179	158	167	173	155	177	179	152	174	175	168	168	168
0:32:00	0	172	194	169	173	181	159	169	175	156	179	182	154	176	177	170	170	171
0:32:30	0	173	198	171	174	183	161	171	177	158	181	184	155	178	179	172	172	172
0:33:00	0	174	201	173	176	185	162	173	179	159	183	186	156	180	181	173	174	174
0:33:30	0	175	205	175	177	187	164	175	182	160	185	188	158	182	183	175	176	176
0:34:00	0	176	208	177	179	190	165	177	184	162	187	191	159	184	185	177	178	178
0:34:30	0	177	211	179	181	192	166	179	186	163	189	193	160	186	187	179	179	180
0:35:00	0	178	214	181	183	194	167	181	188	164	192	195	161	188	189	181	181	181
0:35:30	0	179	218	183	186	197	169	184	191	165	196	197	163	190	192	183	184	183
0:36:00	0	181	221	185	189	200	170	186	192	166	199	200	164	192	194	185	186	185
0:36:30	0	182	225	187	191	203	171	187	194	168	202	203	165	195	196	187	188	188
0:37:00	0	184	228	189	193	206	172	190	197	169	205	205	166	197	199	189	190	189

Amirkabir Paint & Polymer Research Institute-METRA

LABORATORY TEST REPORT

Reference No.: LS-9600876; Rev. 0



Time	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9	TC10	TC11	TC12	TC13	TC14	Ave. A-A	Ave. B-B	Ave. C-C	Ave. D-D
0:37:30	0	185	231	191	195	210	173	192	199	170	209	208	167	199	201	192	193	191
0:38:00	0	188	235	193	198	214	174	194	201	171	212	211	168	201	204	194	195	193
0:38:30	0	191	239	196	200	218	175	196	203	172	216	214	169	203	207	196	197	195
0:39:00	0	192	243	198	202	223	176	198	206	174	219	218	171	205	209	199	200	198
0:39:30	0	194	246	201	204	228	177	200	208	175	223	222	172	208	211	202	202	201
0:40:00	0	195	250	203	206	233	179	203	210	176	227	225	173	210	214	205	204	203
0:40:30	0	197	254	205	208	239	180	205	212	177	230	229	174	212	216	208	206	205
0:41:00	0	199	257	208	211	245	182	206	214	179	234	234	175	215	219	211	209	208
0:41:30	0	200	260	210	213	252	183	208	216	180	239	238	176	218	221	214	212	211
0:42:00	0	202	263	212	216	258	184	210	218	182	247	243	178	224	223	217	216	215
0:42:30	0	203	267	214	219	263	186	212	220	184	258	247	179	231	226	220	221	219
0:43:00	0	206	271	217	222	268	187	214	221	187	267	252	180	239	229	223	225	224
0:43:30	0	208	275	219	225	273	189	216	224	188	276	256	181	248	232	226	229	228
0:44:00	0	209	278	222	228	277	190	218	226	189	287	259	183	256	234	228	234	233
0:44:30	0	211	281	224	231	281	192	220	227	189	298	263	184	263	237	231	238	237

Amirkabir Paint & Polymer Research Institute-METRA

LABORATORY TEST REPORT

Reference No.: LS-9600876; Rev. 0



Time	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9	TC10	TC11	TC12	TC13	TC14	Ave. A-A	Ave. B-B	Ave. C-C	Ave. D-D
0:45:00	0	213	285	227	234	285	194	222	229	192	307	266	186	269	240	234	243	240
0:45:30	0	214	288	229	238	288	196	224	231	195	317	269	187	276	242	236	248	244
0:46:00	0	216	291	233	242	292	198	226	233	198	327	271	189	285	246	239	253	248
0:46:30	0	219	294	236	245	295	199	228	235	202	336	273	191	294	249	241	258	253
0:47:00	0	222	298	240	248	298	200	231	237	207	345	274	193	300	252	243	263	256
0:47:30	0	225	302	243	252	301	202	233	240	215	353	277	194	320	256	245	269	264
0:48:00	0	228	306	247	255	305	203	235	244	223	363	278	196	343	259	248	277	272
0:48:30	0	230	311	250	258	308	205	237	248	228	378	280	199	382	262	250	285	287
0:49:00	0	234	315	254	261	312	207	240	252	234	393	282	201	447	266	253	293	310
0:49:30	0	237	320	257	264	315	210	242	255	239	409	282	204	493	270	256	301	326
0:50:00	0	240	323	260	267	318	214	245	258	243	421	304	212	530	273	259	307	349
0:50:30	0	243	326	263	270	321	218	247	261	247	438	329	221	557	276	262	315	369
0:51:00	0	246	329	267	273	324	221	250	264	251	450	365	231	575	279	265	322	390
0:51:30	0	251	332	270	276	328	225	253	268	256	456	397	240	589	282	269	327	409
0:52:00	0	255	337	273	279	332	228	255	271	260	467	422	244	600	286	272	333	422

Page 21 of 22

حق نشر این گزارش در اختیار موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر - مترا می باشد. چاپ و یا تکثیر این گزارش به طور کامل یا جزئی بدون تأیید این موسسه امکان پذیر نمی باشد. رجوع به صرفا بخشی از این گزارش که ممکن است منجر به سوء تفسیر شود. شماره ثبت: ۱۲۹۷۳

Amirkabir Paint & Polymer Research Institute-METRA

LABORATORY TEST REPORT

Reference No.: LS-9600876; Rev. 0



Time	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9	TC10	TC11	TC12	TC13	TC14	Ave. A-A	Ave. B-B	Ave. C-C	Ave. D-D
0:52:30	0	259	343	276	281	336	232	258	275	264	473	443	243	612	290	275	337	433
0:53:00	0	270	350	279	284	339	235	261	278	268	477	462	245	624	296	278	341	444
0:53:30	0	276	356	282	286	343	239	264	282	271	486	479	251	635	300	282	346	455
0:54:00	0	279	363	286	289	348	243	266	286	275	495	495	256	649	304	286	352	466
0:54:30	0	279	368	289	292	352	248	268	289	278	504	504	262	657	307	289	357	474
0:55:00	0	278	372	292	294	355	252	271	293	280	505	517	270	667	309	293	359	485
0:55:30	0	278	377	295	297	359	257	273	297	283	552	530	279	675	312	296	377	495

جدول ۱. اطلاعات سنسورهای دمای مستقر بر روی نمونه (TC1 - TC14) و میانگین طبقه‌های A-A، B-B، C-C و D-D