

יישום במערכי רכבת **TECNOFIRE®**

הערכה ל EN45545-2

הקדמה

חברת Technical fibre products מייצרת מגוון רב-תכליתי של חומרי הגנה מפני אש הנקראים Tecnofire® המיועדים לשימוש במערכות מרוכבות ויעילים בהגנה על המבנה הבסיסי תוך הפחתת שחרור העשן, החום והרעלנים.

Tecnofire® הוא חומר מתנפח בחום המבוסס על סיבים אנאורגניים ושכבות גרפיט, הוא מתרחב באופן חד כיווני על ציר Z כאשר הוא נחשף לחום כדי לייצר שכבת פחם מבודדת ויציבה שיכולה להגן על שלד המבנה. נעשה בו שימוש נרחב במגוון תעשיות והוגדר לשימוש בגשרים, דלתות כיבוי, מטוסים ויישומי תחבורה המונית כגון אוטובוסים ורכבות (במיוחד במערכים חשמליים) ועברו בהצלחה את בדיקות האש. מחקר חדש שבוצע על ידי אוניברסיטת נוטינגהאם ניגבו, סין, מדגיש עוד יותר את ההתאמה ל Tecnofire® - בתחום הרכבות, והוכיח כי ניתן לשלב את Tecnofire® בחומרים מרוכבים באמצעות פריפרג סטנדרטי (כלומר ללא ציון TSF מוצהר (ולהפוך אותו לתואם תקן 54554NE עם דירוג 1R 2LH).

מדוע להשתמש ב TECNOFIRE® ?

Tecnofire® מציע יתרונות על פני השיטות המסורתיות לשיפור ההגנה מפני אש של חומרים מרוכבים, הכוללים שימוש בשרף חלופי (פנולי או אפוקסי מותאם) או ציפוי החלק הסופי בצבע מתנפח. בעוד שמערכות פנוליות מציגות מאפייני ביצועים טובים מאוד של האש, הן יכולות להיות מוגבלות בביצועיהן המבניים היחסיים, ושינוי של מערכת אפוקסי יכול להוביל לבעיות בעיבוד וכן להשפיע על הביצועים המבניים של החומר המרוכב. Tecnofire® משולב ישירות במערך המרוכב המאפשר להשתמש בשרפים ותהליכי כבישה רגילים ללא השפעה ממשית על זמן העיבוד. אין גם צורך בציפוי של חלק מרוכב אחרי התהליך, הדבר מפחית את מורכבות תהליך הייצור בהשוואה לשימוש בצבעים, כמו גם הפחתת הזמן והעלות הכרוכים בהכנת פני השטח כדי להבטיח הידבקות טובה של הצבע.

מאפייני החומר

קו מוצרי ה- Tecnofire® משלב מגוון רחב של אפשרויות; מאפיינים כגון רמת התנפחות, עובי, גמישות, טמפרטורת ההפעלה ונוכחותם של תוספים (כגון ATH) משתנים בין הסוגים השונים, כדי להבטיח בחירה בחומר המתאים ביותר לכל יישום נתון. במחקר זה המוצר בו נעשה שימוש הוא E20MI Mat; עוביו הנמוך והמבנה הפתוח יותר להזרקה הופכים אותו לאידיאלי לשימוש ביישומים מרוכבים. החומר מבוסס גרפיט, עם סיבים מינרליים, יש לו טמפרה הפעלה של < 190 מעלות צלזיוס ויחס התפשטות טיפוסית של 1:20 (ב 450 מעלות צלזיוס)

Thickness at 10 kPa(1.45lb/in ²)	mm	0.5
	mil	20
Typical Density at 10 kPa (1.45lb/in ²)	ק"ג למ"ק	327
	lb/ft ³	20
Tensile Strength	N/15mm	14
	lb/in	5

המחקר

מחקר על שילוב Tecnofire® בחומרים מרוכבים במטרה להשיג בדיקות אש המהוות חלק מתקן EN45545 HL2 R1 הנדרש ביישומי מערכי רכבת לציפוי פנים בוצע על ידי אוניברסיטת נוטינגהאם. המחקר כלל 3 חלקים, ייצור ובדיקה של:

1. קומפוזיט מבוסס Prepreg ללא ציון FST עם ובלי יריעת Tecnofire® E20MI
2. תרכובת סנדוויץ' מבוססת prepreg ללא ציון FST מיוצרת תחת ואקום, עם ובלי יריעת Tecnofire® E20MI
3. פאנל חלונות מרוכב בואקום לרכבת תת קרקעית, עם ובלי יריעת Tecnofire® E20MI

שלב 1: השגת HL2 R1 תוך שימוש בפריפרג ללא ציון TSF ויריעת TECNOFIRE E20MI בבדיקות מוגדרות

בשלב הראשון של המחקר, המטרה הייתה לכמת את השיפור בביצועי עיכוב האש שהושגו על ידי שילוב Tecnofire בשיטת למינציה.

לוחות מרוכבים של אפוקסי מחוזק בפחמן המיוצרים עם Tecnofire® וכאלה ללא היוו את הבסיס לבדיקת האש. קבוצת הבקרה הורכבה מ CFRP -פריפרג עם תכולת שרף של 42% ונכבשה בטמפרטורה של 120 °C בשיטת יציקה בלחץ. לוחות עם יריעת Tecnofire® E20MI המשולבים בשני הצדדים הופקו תוך שימוש באותו תהליך ומספר שכבות של prepreg כמו הבקרה. היה מספיק זרימת שרף מהפריפרג בכדי להרוות את ה Tecnofire® -בשרף.

הלוחות המרוכבים נבדקו למספר פרמטרים שונים אשר כולם חלק מהתקן EN45545.

	פנל בקרה	פנל עם Tecnofire®	דרישות EN45545
LOI (%)	32.4	46.9	-
MARHE (kW/m ²)	177	63	HL2: 60 < x ≤ 90 HL3: ≤ 60
Ds(4)	560	250	HL1: 300 < x ≤ 600 HL2: 150 < x ≤ 300 HL3: ≤ 150
VOF4 (min)	1122	309	HL1: 600 < x ≤ 1200 HL2: 300 < x ≤ 600 HL3: ≤ 300
CIT at 8 min	0.089	0.065	HL1: 0.9 < x ≤ 1.2 HL2: 0.75 < x ≤ 0.9 HL3: ≤ 0.75

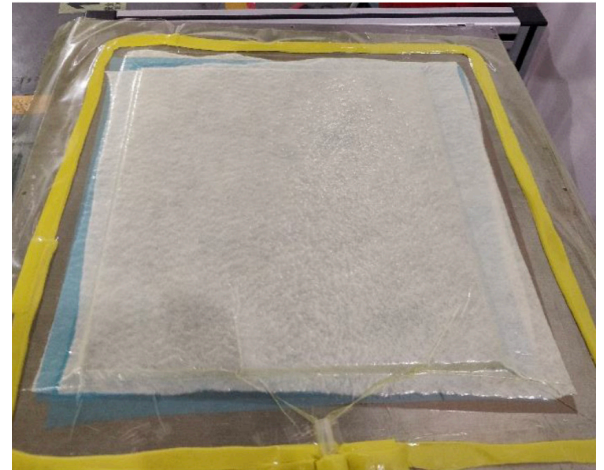
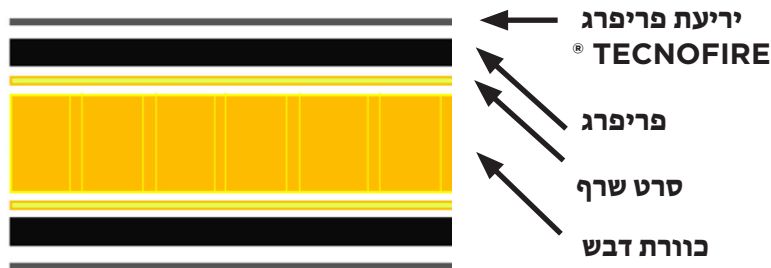
הנתונים מוכיחים כי הפאנל המשלב יריעות Tecnofire® E20MI עומד בקריטריונים לבדיקה כדי לעמוד בדרישת EN45545 עבור HL2 R1 לבדיקות שבוצעו והוא קרוב או עובר HL3 עבור VOF4, CIT, MARHE ו- VOF4.

נקודות עיקריות:

- קל לשלב את ה- Tecnofire® באמצעות יציקה בלחץ שניתנת לביצוע ללא שלבי תהליך נוספים.
- השימוש ב- Tecnofire® בלבד מאפשר לחלק, המורכב מפריפרג שאינו עומד בתקן FST, להשיג את הקריטריונים EN45545 HL2 R1 במבחנים שנערכו.

שלב 2: השגת HL2 R1 בלוח סנדוויץ' מרוכב, תוך שימוש ב- פריפרג ללא ציון FST ויריעת TECNOFIRE® E20MI

בשלב השני של המחקר, השיפור בביצועי ה-FST המיוחסים ל-Tecnofire® מוערך עבור מרכיבי סנדוויץ'. שני לוחות מרוכבים יוצרו שוב, הראשון מורכב משכבות של פריפרג CFRP המכיל כ-42% שרף וכוורות דבש מנומקס בעובי 4.8 ממ וצפיפות של 48 ק"ג למ"מ"ק, עם סרטי שרף משני הצדדים. השני שילב שכבה של יריעת פריפרג Tecnofire® E20MI על פני השטח. שני הפנלים יוצרו באמצעות שקיות ואקום ונכבשו בטמפרטורה של 120 ° למשך 120 דקות. המערך מוצג להלן:



יריעת הפריפרג של Tecnofire® E20MI הוכנה מראש על ידי כריכת יריעת Tecnofire® בין שתי שכבות של סרט שרף, ואז דחיסה ב-1 MPa למשך 15 דקות בטמפרטורה של 50 °C. ההשוואה בין תוצאות בדיקות האש העיקריות עבור שני הפנלים היא:

	פנל בקרה	פנל עם Tecnofire®	דרישות EN45545
MARHE (kW/m ²)	98	51	HL2: 60 < x ≤ 90 HL3: ≤ 60
Ds(4)	270	180	HL1: 300 < x ≤ 600 HL2: 150 < x ≤ 300 HL3: ≤ 150
VOF4 (min)	700	430	HL1: 600 < x ≤ 1200 HL2: 300 < x ≤ 600 HL3: ≤ 300
CIT at 8 min	0.194	0.188	HL1: 0.9 < x ≤ 1.2 HL2: 0.75 < x ≤ 0.9 HL3: ≤ 0.75

הסנדוויץ' המרוכב המכיל יריעת Tecnofire® E20MI עומד בקריטריונים לבדיקת אש כדי לעמוד בדרישות HL2 R1 EN45545 בבדיקות שבוצעו ועובר HL3 עבור CIT ו-MARHE.

נקודות עיקריות:

קל לשלב את Tecnofire® על פני שטח החומר המרוכב ומייתר את הצורך בשרפים או צבעים מעכבי

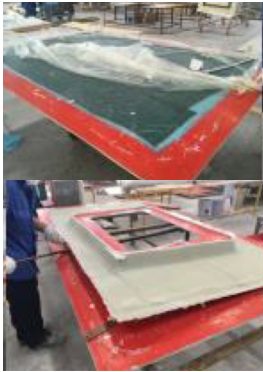
אש ייעודיים

כאשר משתמשים במערכת ואקום, השימוש ב-Tecnofire® מאפשר לחלק המרוכב להשתפר מדירוג

HL1 R1 EN45545 לסיווג HL2 R1 - הרצוי יותר, מה שהופך אותו למתאים לשימוש כחיפוי פנים בכ 75% ממערכי הרכבות

שלב 3: הוכחת הרעיון - לוח רכבת שמיג את HL2 R1 באמצעות יריעת E20MI לבדיקות מוגדרות

בחלק האחרון של המחקר יוצר ונבדק לוח מסגרת חלון לרכבת תת קרקעית כדי להדגים את השימוש ב-Tecnofire® בתחום הרכבות. שוב יוצרו שני לוחות, עם ובלי Tecnofire®. לוחות אלה הוכנו באמצעות הזרקת ואקום וכללו 5 שכבות של בד סיבי זכוכית באריגה פשוטה של 900 גרם למ"ר עם שרף פוליאסטר (43%) ושכבה של יריעת Tecnofire® E20MI על משטח אחד.



לוחות מסגרת החלונות המרוכבים נבדקו ואלו התוצאות:

	חלק בקרה	חלק משולב ב Tecnofire®	דרישות EN45545
LOI (%)	30.1	37.4	-
MARHE (kW/m ²)	112	65	HL2: 60 < x ≤ 90 HL3: ≤ 60
D _s (4)	276	152	HL1: 300 < x ≤ 600 HL2: 150 < x ≤ 300 HL3: ≤ 150
VOF4 (min)	374	324	HL1: 600 < x ≤ 1200 HL2: 300 < x ≤ 600 HL3: ≤ 300
CIT at 8 min	0.062	0.045	HL1: 0.9 < x ≤ 1.2 HL2: 0.75 < x ≤ 0.9 HL3: ≤ 0.75

לוח המסגרת של החלון ובו Tecnofire® עבר את הדרישות ל- EN45545 HL2 R1 במבחנים שבוצעו, ועבר או התקרב מאוד להשגת דירוג HL3 עבור CIT, DS (4), MAHRE ו-VOF4. הוא גם ענה על כל הדרישות המכניות לשימוש ברכבת תת קרקעית.

נקודות עיקריות:

- קל לשלב את Tecnofire® על פני חומר מרוכב, הוא מוכן להזרקה, אינו דורש שלבי עיבוד נוספים ועדיין מאפשר לעמוד בתכונות המכניות הנדרשות.
- השימוש ב- Tecnofire® מאפשר לחלק המרוכב לעמוד בקלות בדרישות לסיווג EN45545HL2 R1 במבחנים שבוצעו, תוך התקרבות רבה להשגת דירוג HL3 R1.
- מראה כי השיפור בביצועי חסמי האש עם Tecnofire® כפי שהודגם בלוחות מצופים ולמינציות מתורגם להשגת תקן מפתח בפנלים יעודיים לרכבות.

צור קשר