



המדריך לעבודה אפליקטיבית עם שרפי פוליאסטר

כל בעל מפעל וואו בית מלאכה העוסק בעבודות פוליאסטר, סיבי זכוכית, מלאנים וואו ללא מלאנים חייב להדריך את עובדיו.

חובת המעסיק לכתוב הוראות בטיחות וחובת העובד לקבל אחריות למה שכתוב.

סכנת אש

האש הנה הרסנית ויקרה.

מתלקחת ממקרה פשוט וואו מסתם הסתבכות.

הדרך הבטוחה ביותר למניעת האש היא לדעת איך היא התחילה.

לכל שריפה דרושים שלושה מרכיבים: דלק, חמצן וחום. סילוק אחד המרכיבים מונע שריפה.

דלק

מקורות הדלק במפעל:

כל שרפי הפוליאסטר הנוזליים, אבקת פוליאסטר (כתוצאה מליטוש, ניסור וחיתוך) והשרפים המוקשים (המוצר המוגמר) הם מקור דלק.

רוב חומרי הניקוי הם ממסים אורגניים וכמובן גם הם מקור דלק, כך גם הפרוקסידים ווקס ההפרדה.

בכל מפעל יש ניירת, סמרטוטים, עץ, קופסאות קרטון, אשפה ועוד שגם הם מקור דלק.

מקורות דלק אלו חייבים פיקוח זהיר.

לפוליאסטר יש 4 מצבים: נוזל, אדים, מוצק ואבק.

האדים מתוך השרף והאבק מהליטוש הם מסוכנים ביותר, נדלקים מיידית ולפעמים גם מתלקחים. חובה למנוע את כל האדים הלא רצויים והאבקות. יש לשמור על מיכלים סגורים או סגור כמה שניתן. להפחית כמויות אבק ולא לאפשר לאבק להצטבר.

מקורות האדים בשרף: ערפל כתוצאה מהתזת השרף, חום שמתפתח במהלך ההקשייה והתנדפות המונומר ועוד. אדים אלו יכולים להתפשט ברוב שטח המפעל ולא רק באזור העבודה. רוב אדי הסטירן שבפוליאסטר כבדים מהאוויר ויכולים להצטבר בנקודות נמוכות ובמקומות שיש תזוזת אוויר נמוכה. חובה לסלק מהמפעל אדים ואבק. אוורור מכאני טוב יסלק את האדים והאבק.

יש למהול את האוויר המכיל אדים כך שיגיע מתחת לנקודת הפיצוץ. האדים נדלקים הנוזליים נשרפים או מתפוצצים כאשר היחס בין האדים לאוויר מגיע לרמת פיצוץ. נקודת ההתלקחות תלויה בסוג החומר, לדוגמה הגבולות עבור התלקחות הסטירן: 1.1% ו 6.1% בנפח אוויר.

לרוב הממסים יש נקודת הבזק נמוכה מאשר לסטירן שבפוליאסטר וחייבים להתייחס אליהם כחומרים דליקים.



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

המצב הנוזלי הנו השלב הבא המסוכן. חיוני לשמור את השרף הנוזלי בכלי מתכת וואו פלסטי סגור. יש לשמור את החביות וואו המיכלים באזור נפרד מאזור העבודה. אין לאחסן את השרף מתחת לשמש ישירה ולהרחיק מקור חום. לנגב ולסלק את כל מה שנשפך.

הטיפול בפרוקסידים ע"פ המלצות היצרן. פרוקסידים אורגניים הם חומרים פציצים והכי מסוכנים במפעל. יש לשמור אותם במיכלים המקוריים שלהם, מחוץ לשמש ישירה, לא לחשוף אותם לחום ולכל זיהום אחר, לשמור אותם סגורים לאחר השימוש. הקטליסטים הנם חומרים מחמצנים המגיבים (וגם פציצים) עם מתכות כמו קובלט וגם חומצות חזקות. חל איסור מוחלט לדלל קטליסט עם אצטון. אם מוכרחים לדלל יש לדלל ע"פ המלצות היצרן. אסור שמיכלי הפרוקסידים לא יגיבו עם הפרוקסיד. יש להיוועץ עם יצרן הפרוקסידים ויצרן ציוד התזה לפני קניית ציוד. ריסוס ערפל של קטליסט צריך להיות מינימלי.

השלב האחרון בטיפול בפוליאסטר הנו השלב המוצק. רוב הסכנות של החומר המוצק קורות בזמן הסדר. יש לסלק לפחות פעם ביום את הזבל ואם נפח הזבל גדול צריך גם כל שעה. אין לאפשר מגע של פסולת עם פוליאסטר המכיל מקשה.

החלקים המוקשים הם באופן יחסי מוגנים וקשה להצית אותם אבל הם עלולים להישרף.

מקרה מיוחד שיש לקחת בחשבון הנו פוליאסטר עם מקשה, לדוגמה מקשה המתערבב מחוץ להתזה ואקדח התזה. בערבוב שיש בו חומרים מסוכנים בפני עצמם (פוליאסטר, קטליסט, ממס אורגני ועוד) + חומרי ראקציה בין הפוליאסטר והפרוקסיד המייצר חום אשר יכול להצית את הסולבנט והמקשה הלא מעורבב ושאר החומרים הדליקים. כמות החום שנוצרת תלויה בכמות הפרוקסיד, במהירות הערבוב, טמפי' ומסה ובראקטיביות של השרף. אין לאפשר הצטברות של פוליאסטר עם פרוקסיד. יש לנקות את הג'לים מדי פעם וואו לטבול הכל בהרבה מים עד להורדת כל הג'לים.

חמצן

חמצן נחוץ לכל שריפה. ישנן שני מקורות עיקריים של חמצן – אוויר וחומר כימי שקשור אליו חמצן. החומר הנדיף נפגש עם האוויר וואו החמצן נשרף וואו מתפוצץ. עם שרפי פוליאסטר, כמו עם שאר הדלקים (למעט פרוקסידים) אוורור מכאני טוב מוהל את הדלק מתחת לנקודת הפיצוץ.

פרוקסידים הם חומרים המכילים חמצן קשור כימית אשר בקלות משתחרר וגורם לבעירה כתוצאה מחום, ראקציה כימית, פירוק, זיהום ועוד. ומפה החשיבות לטפל בצורה הכי בטיחותית בפרוקסידים ולאחסן אותם במקום נפרד במיכלים סגורים.

חום

חום וואו מקור להתלקחות נחוצים לדליקה. זה יכול להיעשות עם גפרור, סיגריה, להבה, חוט להט, פוליאסטר אקזותרמי, תנור, pilot light, ניצוץ (מתכת על שטח קשיח וואו חשמל סטטי) מנוע חשמלי וואו חוטים ועוד.

למניעת סכנות אלו יש לסלק את כל מקורות ההצתה מאזור ההתזה, העבודה ושטחי אחסון.



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

מקור חום אחד שאינו משקף בא מהראקציה הכימית של שרפי פוליאסטר וואו פרוקסידים. הפוליאסטר מייצר חום במהלך גילציה ובמהלך הקשייה. כמות החום המשתחררת תלויה בכמות המקשה, במהירות הבחישה, בטמפרטורה, בכמות השרף ובראקטיביות. יש להקפיד על ניקוי כל הגילים מהציוד. החום שנוצר מאקזותרמת הפוליאסטר מספיק כדאי לגרום להתלקחות מהירה של המקשה הנוזלי וואו של אדי המקשה.

הסיכונים הכלליים של שימוש בחומרים

קטליסטים

- ⚡ יש לאחסן בנפרד ובבידוד את כל הפרוקסידים האורגנים (ראה הוראות יצרן ו MSDS). במפעל וואו בבית המלאכה להשאיר כמות מינימלית לשימוש יומי.
- ⚡ אסור להוסיף וואו להרשות מגע של קטליסט עם מאיץ. הדרך הבטוחה ביותר היא לערבב היטב שרף עם מאיץ ואח"כ להוסיף מקשה.
- ⚡ אין לחשוף פרוקסידים אורגנים לשום חום, כמו שמש ישירה, צנרת קיטור, רדיאטורים, להבות פתוחות וואו ניצוצות.
- ⚡ החום יכול לגרום לפירוק אלים של הפרוקסיד האורגני ולהצית שריפה.
- ⚡ אל תעבור את המלצות היצרן לגבי תנאים וטמפי' אחסון.
- ⚡ זיהום בפרוקסידים אורגנים זה תמיד מקור לצרות. להלן מס' מקורות זיהום שיכולים להיות בסביבת העבודה עם שרפי פוליאסטר:

1. מתכות

- ⚡ המנע משימוש במגע עם מתכת מתחמצנת כמו נחושת, פליז וואו ברזל מגלוון. במידה ומוכרחים לחליף חלקים יש להחליף מחומרי מבנה שהיצרן ממליץ.
- ⚡ זיהום מתכתי כמו אבק מהשחזה יכול לגרום לתוצאות הרסניות. לדוגמה הפרוקסיד שבא במגע עם שסתום לחץ מפליז (וואו מחבר) על קו קטליסט יתפרק. פירוק זה עלול להיות מהיר מאוד, לפתח לחץ גבוה ולגרום לקריעת קו הקטליסט.
- ⚡ הקפד תמיד לאחסן את הפרוקסיד בכלים המקורים. אם חייבים להעביר לכלים אחרים, השתמש בכלים נקיים מפוליאאתילן, פוליפרופילן, מטפלון וואו נירוסטה. ברגע שהעברת פעם אחת אל תמלא שנית באותו כלי המקורי של הפרוקסיד, וזאת מחמת הסיכון שבזיהום.

2. מאיצים

- ⚡ לעולם אל תערבב מאיץ עם פרוקסיד. הערבוב יכול להתפוצץ.
- ⚡ התפרקות הפרוקסיד יוצרת חום המגיע להתפרקות אלימה.

3. ממסים ומדללים

- ⚡ אם הממסים הנם לניקוי הכלים של הפרוקסידים האורגנים, ודא שהממס יבש לפני השימוש בו.



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

- ← ישנם ממסים כמו אצטון, היכולים להגיב עם פרוקסידים וליצור פרוקסידים לא יציבים.
- ← כמות קטנה של הלא יציב "ממס הפרוקסיד" הנו הגרום לפירוק חומר נפץ של הפרוקסיד המסחרי.
- ← אם חייבים לדלל את הפרוקסיד האורגני, התייעץ עם יצרן הפרוקסידים מה הממס המתאים.
- ← לעולם אל תשתמש בממס מזוהם. לעולם אל תשתמש בממס ממוחזר. ובכלל לביטחונך תן ליצרן לדלל עבורך את המקש

4. שונות

- זיהום של פרוקסידים משימוש בכלים עם שרף ואו שרף מותז עם מקשה יכול להיות מסוכן.
- משפך מזוהם בשרף להזנת קטליסט, זה כמו סיר לחץ.
- לפירוק הפרוקסיד נחוצה כמות קטנה של מאיץ וכמות קטנה זו עושה דרך ארוכה. כמות זו לא נצרכת, היא ממשיכה את פרוק הפרוקסיד.
- מניעת מזהמים אחרים כאשר עובדים עם פרוקסידים אורגנים מלוכלכים, עם אבק מליטוש פוליאסטר, חומצות, בסיסים וסטירן.

5. מס' חוקים בסיסים

- ← קרא היטב את חוקי ה MSDS
- ← קטליסט ומאיץ לעולם אל תערבב ישירות. לדוגמה ערבוב של מתיל אתיל קטון פרוקסיד וקובלט – תתרחש ראקציה אלימה.
- ← קטליסט - חייב אחסון בנפרד ובמיוחד ממאיצים. האחסון יהיה במקום נפרד ובבניין עמיד אש. התייעץ בפקחי אש מקומיים.
- ← קטליסט - לא ישאר במקרה בסביבה. כמות קטנה במיכל פוליאאתילן מקורי ובשטח העבודה.
- ← תמיד – הגן על עינך ולבש כפפות גומי. מומלץ להגן גם על הפנים.
- ← חל אסור מוחלט לעשן בסביבת הקטליסט, פוליאסטר וחומרי עזר.
- ← אסור לאחסן קטליסט במקרר של מזון ואו מים. המנע מטעויות ולעולם אל תאחסן קטליסט בבקבוקים של קוקה קולה ואחרים.
- ← דלול קטליסטים לא מומלץ.
- ← אף על פי שנקודת ההבזק של מס' הקטליסטים גבוה מזו של כל שאר החומרים לעבודה עם פוליאסטר. זה יהיה נטעה לחשוב שהקטליסטים מוגנים מאש. נכון צריך טמפי גבוה יותר כדי שישרפו, אבל הם יתפרקו ויתלקחו מעצמם מהר יותר מכל שאר החומרים.



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

- ◀ טמפי' ההתלקחות העצמית של קטליסט לא ידועה, אבל ספק קטליסט אמין אמר לנו כי טמפי' הפרוק הנה: 63°C עד 77°C . טמפי' ההתלקחות העצמית של קטליסט תהיה בודאות בטווח האקזותרמה של הפוליאסטר, ייתכן ונמוכה מ 93°C . אקזותרמה של פוליאסטר ב 149°C ומעלה לא נמצאה כלל.
- ◀ אל תחשוף קטליסט לשום מקור חום, כמו שמש ישירה, צנרת קיטור, ראדיאטורים, להבה גלוייה וואו ניצוצות.
- ◀ אל תיתן לקטליסט לבוא במגע עם תחמוצות של מתכות כמו נחושת, פליז וברזל רך או מגלון.
- ◀ תמיד - אחסן את הקטליסטים בטמפי' נמוכה מהטמפי' המומלצת של היצרן.
- ◀ קטליסט צבוע יציב פחות מקטליסט שקוף. היה זהיר ממצאי צביעת קטליסטים.

מאצים

- ◀ דיאתיל אנילין ודימתיל אנילין הם חומרים רעילים אין לזלזל ולו בכמות התזה קטנה ביותר, החומר פשוט חודר לעור.
- ◀ כאב-ראש, בחילה, נשימה לא סדירה וואו התעלפות שנגרמת אחרי נשימת חומרים אלו. אם שאפת כמות מוגזמת עלולה להיות תגובה חריפה יותר.

חומרים אורגניים נדיפים

- ◀ קרא MSDS
- ◀ מס' ממסים ומדללים גם הם יכולים להיות רעילים. שאיפה ממושכת של ממס גורמת לראקציה ביולוגית.

סטירן

- ◀ יש לנו הרבה שיחות טלפון שהתקבלו בשאלה עד כמה הסטירן מתנדף מהשרף ומהג'לקוט במהלך העבודה. שאלות אלו בד.כ. נשאלות ע"י בריאות הסביבה, חוקים בינלאומיים וואו מקומיים. אבוד סטירן מהפוליאסטר זה חסר כוונה. ללא סטירן אי אפשר להקשות פוליאסטר. סטירן הנו החומר המצליב בפולימר הפוליאסטר. סטירן במצב נוזל יכול להתנדף. התנדפות סטירן מוגזמת בבית-מלאכה תשפיע גם על בריאות העובדים וגם על זיהום הסביבה.
- ◀ שתי דרכים לאבוד סטירן מתוך ג'לקוט. בזמן התזה כאשר הג'לקוט נשבר לתוך חלקיקים דקים ע"י לחץ וואו בזרם אויר, התנדפות סטירן כאשר הג'לקוט מטייל מקצה האקדח לתבנית. אבוד סטירן במצב זה תלוי בטמפי', ומהירות האויר ו% של break-up.
- ◀ האבוד השני מופיע כאשר הג'לקוט מתיישב על התבנית ועד להנחת שאר השכבות. האבוד העיקרי בזמן היותו נוזל. במשך זמן זה האבוד שבא אחרי התאיידות שיעור של הסטירן. במהלך הגילציה טיפות ההתנדפות הן דרמטיות. אבוד זה מושפע מזמן גילציה, טמפי', עובי, פני שטח, צורת התבנית ותזוזת אויר.



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

בתנאים של: עובי 20mil טמפי 25°C ו- $15'$ זמן גילציה מראים על אבוד של כ- 14% סטירן.

◀ בהתאם לציוד האפליקציה, טמפי וזמן גילציה, נתן לצפות בשרפי פוליאסטר וגילקוטים לאבוד סטירן באויר של 19 – 23%.

◀ אבוד סטירן משרפים הבאים מתבנית דומה. ההתנדפות יכולה להיות מחולקת בין עבודה פעילה דרך - התזה, הנחת-יד ומיזוג של שניהם – ודרך הקשייה קבועה. בביתנו למדנו והראנו שבתבנית מגע ההתנדפות מגיעה קרוב 50\50% בין הפעילה לסטטית. בשרף ללמינט כללי התנדפות כוללת ומתמשכת של 15% סטירן זמין.

◀ הפחתת ההתנדפות ממשית יכולה להיות בהחלפת תהליך מעבודה בתבנית פתוחה לתבנית סגורה למשל RTM. במקרים שאין ברירה וחייבים לעבוד עם תבנית פתוחה עבודה עם שרף LSE תפחית התנדפות סטירן.

◀ סטירן מונומר הנו חומר דליק, לפיצוץ ערבוב עם אויר (נפח):

התחום הנמוך לפיצוץ: 1.1%

התחום הגבוה לפיצוץ: 6.1%

כאשר סטירן נמצא בריכוז זה, כל מקור אחר של הצתה יגרום לפיצוץ.

31 ⁰ C	נקודת הבזק – flash point *
34 ⁰ C	נקודת אש – fire point **
490 ⁰ C	טמפי התלקחות עצמית – autoignition temperature ***

* נקודת ההבזק היא – הטמפי הנמוכה אשר שכמות האדים מספיקה (מתוך החומר) להידלק וואו הצתה בערבוב עם אויר הקרוב לפני שטח החומר הנבדק.

** נקודת אש היא – טמפי נמוכה כאשר נוזל במיכל פתוח פולט מספיק אדים להמשך שריפה.

*** טמפי התלקחות עצמית וואו טמפי חומר בעירה הנה - הטמפי הנמוכה שבה החומר ממשיך לבעור מאליו ללא להבה או ניצוץ.

תקנות COSHH

סיכונים חשמליים

◀ שני סיכונים עיקריים מציוד חשמלי והם: הלם וניצוצות. כל מכשיר, קווי כח, אורות ומחברים חייבים להיות חסני התפוצצות (explosion-proof) והארקה מלאה.

◀ יש לסלק את כל מקורות חשמל סטאטי אפשריים. וזה כולל אקדחי התזה, מיכלי קרקע, קווי העברה ועוד.



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

סיכוני ציוד

⚡ בית-מלאכה של פיברגלס משתמשים הרבה ציוד כח. כל חלקי הציוד החשופים חייבים לשמור. חייבים להישמר ולהימנע ממגע ואו תפיסת בגדים בחלקי ציוד חשופים ולא שלמים. כל אדם חייב הדרכה בשימוש עם ציוד כוח. אקדחי התזה מחויבים להיות מקורקעים, התאמות, חדירות.

רקע כללי של פוליאסטר

פוליאסטר שייך למשפחת הפלסטיקה. הפלסטיקים הם חומרים כימיים סינטטיים שונים שיוצרו מחומרים אורגנים. הפלסטיקים מתחלקים לשני סוגים: טרמופלסטי – משנה צורתו בחום (שינוי פיזי) וטרמוסטי – לא משנה את צורתו בחום (שינוי כימי). שרפי פוליאסטר בלתי רווי הנם חומרים טרמוסטיים.

רקע

חומרי הגלם לשרפי פוליאסטר:

החומצות העיקריות

מלאיק אנהדריד

פתאליק אנהדריד

חומצה איזופתאלית

שאר חומצות

בכמיות קטנות חומצה אדיפית (להגמשה), טטרה ברומו ואו טטרה כלורו פתאליק (לתכונות התכבות)

גליקולים

העיקריים: פרופילן, אתילן ונאופנטיל גליקול (NPG).

השם NPG – נאופנטיל גליקול הוא גם שם שניתן לפוליאסטר כדאי לאפיין אותו. לדוגמה ISO\NPG מציין כי השרף הוא על בסיס חומצה איזופתאלית ונאופנטיל גליקול.

חומרי הגלם מעורבבים ביחס כימי מוגדר (מולים), מחומים (בישול). במהלך הבישול נוצרים מים. המים מסולקים מתוך המוצר הסופי.

זמן הבישול תלוי בחומרי הגלם, בטמפ' הבישול ובתכונות השרף הנדרשות. זמן בישול טיפוסי לשרפי פוליאסטר 24 – 12 שעות וטמפ' בסביבות 210°C. התקדמות הבישול נמדדת בשינוי הצמיגות ומס' חומצה. מס' חומצה מבטא כמה קבוצות הדרוכסיל שלא הגיבו עם קבוצת הכהל. התנאים במהלך הבישול הם כאלה שהקבוצות הבלתי רוויות שבמלאיק לא יגיבו, יגיבו רק הכרבוכסיל וקבוצת הכהל. לאחר בישול חומרים אלו יתקבל פוליאסטר שיקרא שרף בסיס ואו אלקיד עם הרבה שרשרות באורכים שונים.

בדרך כלל האלקיד בטמפ' חדר מוצק.



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

האלקיד מומס במונומר בד.כ. סטירן. הסטירן הנו מונומר עם קבוצות בלתי רווית כמו המלאיק. מונומר זה נבחר כי הוא מגיב מידיית עם הקבוצות הבלתי רווית של האלקיד.

הצלבה (ואו בשפת הפוליאסטר פילמור/הקשייה)

הצלבה הנה ריאקציה כימית בה נוצרים קשרים כימיים ראשוניים בין השרשרות הפולימריות. בשרפי פוליאסטר הריאקציה (*במנגנון רדיקל חופשי) בין שרף הבסיס (האלקיד) למונומר נקראת ריאקצית הצלבה.

*מנגנון הרדיקל החופשי: המאיץ מפרק את הפרוקסיד ליחידה פעילה - לרדיקל חופשי שתוקף את הסטירן ואת הקשרים הכפולים שבשרשרת הפוליאסטר וכך נוצרת ההצלבה.

למה הדבר דומה? למסמור קרשים מעץ. חשוב על הקרשים כעל שרשרות של השרף ועל המסמרים כעל סטירן. את הקרשים ללא מסמרים אפשר להזיז ולשנות את מיקומם (הפוליאסטר במצב נוזלי). במסמור שני קרשים יחד, הגבלנו את תזוזת הקרשים, הקרשים יכולים לזוז אבל לא להיפרד (המצב הגילי). הוספנו מסמרים והלמנו בפטיש, כעת אי אפשר להזיז את הקרשים (הפוליאסטר המוקשה). מולקולות הסטירן מחברות את שרשרות פוליאסטר הבסיס ויוצרים מבנה תלת מרחבי (הפוליאסטר המוקשה).

חייבים לשלוט על ההצלבה הספונטנית הזאת, אחרת נקבל הקשייה מוקדמת. למניעת ההקשייה אנחנו מוסיפים לכל השרפים אינהיביטור. תפקיד האינהיביטור לתפוס את המולקולות ולהפכן לבלתי פעילות. בכמויות קטנות של מאיות אחוז אנחנו מצליחים לשמור על אורך חיי השרף ולכוון זמני גילציה. ריאקצית ההצלבה היא תהליך כימי המושפע מהרבה גורמים:

טמפרטורה

לרוב הריאקציות הכימיות יש השפעה ישירה על הטמפ'. בטמפ' נמוכה הריאקציה לא תעבוד ואו לא תיגמר. ההקשייה תתאחר ותתבצע לאחר עליית הטמפ'. מאידך, טמפ' גבוה תגרום לריאקציה מהירה. טמפ' גבוה הנה המאיץ ליצירת הרדיקל החופשי.

הכמות

השפעת הכמות על מהירות הריאקציה. ככל שכמות השרף גדולה יותר (יציקה) האקזותרמה גבוה יותר. אפשר להגיע לזמני גילציה זהים בעוביים שונים, אבל כמות החום הנפלטת תהיה שונה.

מקשה

כמות עודפת או פחותה תביא לריאקציה לא גמורה.

זיהומים

כימיקלים זרים מסוימים עלולים להפריע או לשמור שהריאקציה לא תושלם.

מאיצים

בעזרת סוג וכמות מאיץ מגדילים את פעילות הקטליסט.



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

הקטליסט

הפרוקסידים הם חומרי ההקשייה לשימוש בשרפי פוליאסטר. הפרוקסידים הם חומרים בלשון המעטה בלתי יציבים, ומגיבים בקלות. אבל יצירת הרדיקל החופשי בטמפ' החדר היא לא מהירה. ולכן כדאי לזרז ולהאיץ את פירוק הפרוקסיד מוסיפים מלחי מתכת כמו קובלט אוקטואט וואו נפטנט. בתנאים אלו תוך שניה נוצר הרדיקל החופשי. הפרוקסידים מגיבים בצורה חריפה עם רוב המתכות. לעולם אל תוסיף ישירות את הפרוקסיד למאיץ, ערבב את המאיץ עם השרף ולאחר מכן הוסף את הפרוקסיד.

אזהרה

מגע של פרוקסידים עם העיניים יכול לגרום לעיוורון.

קרא היטב את דפי הבטיחות.

לבש תמיד משקפי מגן.

התפקיד של הקטליסט, בהתחלה להכריע את האינהיביטור ואח"כ כגורם הצלבה של הפוליאסטר עד להקשייה.

הצעדים הבסיסים בשיטת ההצלבה הם:

- ◀ חייבים ליצור רדיקל חופשי.
- ◀ הרדיקל החופשי מגיב עם הקבוצות הבלתי רוויות ונוצר רדיקל חופשי חדש.
- ◀ הרדיקל החופשי החדש מגיב עם שאר הקבוצות הלא רוויות וכך הוא מגדיל את השרשרת. תהליך גדילה זה ממשיך עד שלא נתן להזיז את הרדיקל החופשי.

טמפ' ההקשייה

בשני מצבי הקשייה. טמפ' גבוה וטמפ' החדר.

טמפ' גבוה

בדרך כלל הקשייה בטמפ' של 115°C – בטמפ' זו, החום הנו המאיץ (אקסלרטור). התבנית היא תבנית מתכת. והפרוקסיד ברוב המקרים בנוזאיל פרוקסיד. ישנם עוד הרבה פרוקסידים לשימוש, כמו טרציארי בוטיל פרבנוזואט. לכל קטליסט יש את טמפ' העבודה שלו ווא את טמפ' ההתפרקות שלו במידת-מה. לכל קטליסט יש במידת מה טמפ' שימוש שונה המשפיעה על בחירתו. מתיל אתיל קטון פרוקסיד לא מתאים לטמפ' גבוהות – משחרר הרבה גזים.

בנוזאיל פרוקסיד (BPO) משמש שנים רבות בתעשיית הפוליאסטר. זה מאוד יעיל. BPO טהור הנה אבקה קריסטלינית, רגישה ומסווגת כמו TNT ולכן, לא משתמשים בה.

BPO זמין מדולל מ 85% ל 50% BPO. 50% משחה בטריכרזיל פוספאט וואו BPO 50% אבקה.

בטמפ' החדר תגובת ה-BPO (ללא מאיץ) היא איטית ויציבות השרף עם BPO בטמפ' החדר (25°C) בין יומיים לארבעה (כמובן בהתאם לסוג השרף ומחייב בדיקה).



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

טמפ' חדר

השימוש במערכות הקשייה בטמפ' החדר הן הקלאסיות ביותר. הפרוקסיד הפופולארי ביותר להקשייה בטמפ' החדר הנו מתיל אתיל קטון פרוקסיד (MEKP). ההבנה איך MEKP פועל בהקשיית הפוליאסטר עוזר להסביר למה חשוב להקפיד על טמפ', כמות שרף ו% פרוקסיד.

MEKP המוסף לשרף המכיל מאיץ מגיב עם המאיץ ויוצר רדיקל חופשי. בהתחלה מגיב האינהיביטור ואח"כ הרדיקל החופשי מחבר את הקשרים הבלתי רוויים של הסטירן ושל הפוליאסטר. ברגע שהרדיקל של ה MEKP מגיב עם הקבוצות הבלתי רוויות נוצר רדיקל חופשי חדש. הרדיקל החדש הזה מתחבר לקבוצה בלתי רוויה אחרת וכך נוצרת שרשרת ארוכה של רדיקלים חופשיים.

הערה

ה MEKP מתחיל את הראקציה, הופך לחלק מהשרשרת, מגיב עם הקבוצות הבלתי רוויות שממשיכות להגיב הלאה.

בשלב זה של הוספת הפרוקסיד המערכת עדיין נוזלית וקל מאוד לרדיקל החופשי ולקבוצות הבלתי רוויות לנוע סביב ולבוא במגע אחת עם השניה. ככל שהראקציה מתקדמת השרשרת מתארכת, הצמיגות עולה ותנועת השרף קטנה. שלב זה נמשך עד לשלב הגילי, ואז השרף כמעט חסר תנועה. בשלב גילי זה יש עדיין הרבה קבוצות בלתי רוויות שלא הגיבו והן נודדות עד שהשרשרת יוצרת רשת צפופה, והרדיקל החופשי בקושי זו. הפוליאסטר עדיין לא קשה סופי, וכשיש מאסה מספיקה, החום של הראקציה (האקזותרמה) נותן דחיפה חזקה לתזוזת הרדיקל החופשי לאזורי השירות הבלתי רוויה. משלב זה של הראקציה לכמעט מושלם. ברגע שהפוליאסטר עבר הקשייה כמעט מלאה (90%) הרשת היא כל-כך צפופה שנדידה של כל רדיקל חופשי תהיה איטית ביותר.

הגבלות לשימוש המקשה

◀ נדרשת כמות מספיקה להפעלת הראקציה.

◀ חייבים ליצור מספיק רדיקלים חופשיים. לגילציה של השרף ולנדידה של הרדיקל לקבלת הקשייה סופית. כמות המקשה נע בין 1.2 – 2.5% משקלית.

◀ באם הוספה כמות גדולה מדי של מקשה, הרדיקלים של הקטליסט יגיבו במידת מה אחד עם השני מאשר עם השרף והשרשרת תפסיק לגדול. ראקצית הקטליסט תופסק לאחר הגילציה. השרשרת הרשתית תהיה גילית ולא צפופה מספיק ותמנע הקשייה, גם לאחר חימום ממושך. למצב זה קוראים חוסר קשיות תמידי.

◀ המקורות לאספקת חום:

ממאסה של פוליאסטר,

פילם דק (כ - 500 מיקרון) יתקשה במידה מה בטמפ' של 25°C ללא התפתחות חום אקזותרמית (פנימית). למינט עם הרבה שכבות יפתח חום אקזותרמי מהיר שיקנה ללמינט קשיות גבוה.



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

ממקור חיצוני

החשיבות של תנאי עבודה, בטמפי' נמוכה החום האקזותרמי יתפזר מהר מדי. אל תעבוד מתחת ל 16°C . ובטמפי' גבוה מדי תהיה גילציה מהירה.

מתיל אתיל קטון פרוקסיד (MEKP) הנו נוזל קורוזיבי ומגיב בצורה קיצונית. חובה לקרוא דפי בטיחות לפני העבודה. לא משווקים MEKP טהור (פציץ) המקשה משווק לא ראקטיבית (די מתיל פתאלאט).

רוב יצרני ה MEKP מתבססים על אותם חומרי גלם. מגיבים מתיל אתיל קטון עם מי חמצן ומקבלים תרכובת פרוקסידים ביחס של 6 ל 1 מיס. לאחר הפרדת המים מתקבל ה MEKP.

יחס זה של הפרוקסידים משתנה מיצרן ליצרן בהתאם לתהליך הייצור. שינוי יחסים זה משפיע על זמני גילציה וזמני הקשייה של שרפי פוליאסטר. ומפה החשיבות לבדוק כל מנת ייצור של הפרוקסיד.

אם המים יוצאים בתוך מנת הקטליסט הם ישפיעו על זמני הגילציה וההקשייה. ומפה הסבה לתופעת הגזים במסי שרפי פוליאסטר לאחר הוספת הקטליסט.

מאיצים

כל מערכות ההקשייה בטמפי' החדר מופעלות עם מאיץ. ה MEKP לא יכול להפעיל את עצמו במהירות מספיקה. שרף ללא מאיץ יעבור גילציה בין 8 – 2 שעות. % השימוש של המאיץ נעים בין 0.5% - 0.05%. כמות קטנה מזו תגרום לחוסר קשיות.

המאיצים הפופלרים הם: קובלט אוקטואט ודימתיל אנילין. השימוש בהם בהתאם לקטליסט.

קובלט

בדרך כלל הקובלט הנו מלח של קובלט אוקטואט (אפשר גם נפטנט) בריכוז 6% בתמיסת מינרל ספירט, גם ריכוז 10% וואו 12% אפשרי.

הקובלט מגיב עם ה MEKP ואינו מגיב עם הבנזואיל פרוקסיד. הקובלט מקנה לשרף גוון ורוד כמובן בהתאם לכמות בשרף. כאשר יש חשיבות לצבע המוצר וואו לעמידות במזג אויר, הקובלט עדיף לעבוד סא דימתיל אנילין. הקובלט יכול לסבול האנילין לא יכולץ.

דיאתילאנילין (DEA)

DEA אינו מגיב עם MEKP. אבל כתוספת ל MEKP וקובלט יקצר את הראקציה, ישפיע מאוד על זמן גילציה קצר מאוד ומעט על ההקשייה. מערכת הקשייה משלושת זו הנה אקזותרמית ומפתחת חום יותר מאשר קובלט ו MEKP. הקשיית פוליאסטר במערכת זו צובעת את השרף בצבע צהוב. ולכן אינה מתאימה לעמידות במזג אויר. ה DEA מתאים להגבה עם בנזואיל פרוקסיד (BPO) בטמפי' החדר.



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

דימתיל אנילין (DMA)

גם DMA אינו מגיב עם MEKP, אבל כתוסף וקובלט ו MEKP יקצר מאוד את הראקציה. יתקבלו זמני גילציה קצרים והקשייה מהירה. גם פה כמו DEA ישנה השפעת צבע. DMA מתאים להגבה עם BPO בטמפ' החדר.

לשרף פוליאסטר מואץ מראש, הטבלה מטה תעזור בבחירת המקשה:

מקשה (קטליסט)	מאיץ (אקסלרטור)	הראקציה
מתיל אתיל קטון פרוקסיד MEKP	קובלט	טובה. גילציה מהירה הקשייה איטית
מתיל אתיל קטון פרוקסיד MEKP	קובלט + DEA	טובה לגילציה והקשייה, אם המאיצים ביחס מתאים
בנזואיל פרוקסיד BPO	DEA + DMA	טובה לגילציה והקשייה, אם המאיצים ביחס מתאים
בנזואיל פרוקסיד BPO	DEA	גילציה ארוכה הקשייה מהירה
בנזואיל פרוקסיד BPO	DMA	גילציה מהירה הקשייה מהירה
מתיל אתיל קטון פרוקסיד MEKP	DEA	אין ראקציה
מתיל אתיל קטון פרוקסיד MEKP	DMA	אין ראקציה
בנזואיל פרוקסיד BPO	קובלט	אין ראקציה

לשרף פוליאסטר לא מואץ, בחירת המקשים והמאיצים מעלה מתאימה. באופן כללי ההחלטה על מערכת הקשייה נקבעת ע"י: זמן גילציה, זמן הקשייה, זמן שכוב וזמן תהליך.

תכונות כלליות של שרף משוריין בסיבים

- תכונות מכאניות
- תכונות פיזיקאליות
- תכונות כימיות



אלמור פיברגלס יבוא יצוא 1996 בע"מ

- ← תכונות חשמליות
- ← עמידות באש
- ← תכונות אופטיות
- ← תכונות מזג אוויר
- ← התכווצות פוליאסטר

1. תכונות מכאניות

תכונות מתיחה, לחיצה וכפיפה מושפעים מ:

- ← סוגים של סיבי הזכוכית (בדים, חוטים, אריגים, יריעות).
- ← היחס בין הזכוכית לשרף.
- ← כוון סיבי הזכוכית וכוון העומס. לדוגמה, חוטים בייצור מוטות בפולטרוזיה יש חוזק מתיחה מאוד גבוה 1000mpa לעומת למינט עם יריעה של סיבים קצוצים יש חוזק מתיחה של 100mpa. שילוב של יריעה ובד שתי וערב נקבל חוזק כפיפה ומתיחה בסביבות 200mpa עד 350mpa.
- ← חוזק נגיפה של FRP גבוה מהסיבה שאין לו נקודת כניעה כמו למתכות.

בכבוד רב

ורדה גז

מעבדת שרפים