

סיכונים הכרוכים בשימוש בצינורות גמישים

מאת שי שגב, MSc

תאונות קשות שבהן היו מעורבים צינורות גמישים

● התבקעות צינור גמיש בתאונה שהתרחשה במפעל 'DuPont' בארה"ב, נגרמה כתוצאה מקורוזיה חריפה שהתרחשה בצמה המתכתית של הצינור הגמיש, שהיתה עשויה מפלב"מ - Stainless Steel 304 - ולא מ-Monel (שהיא סגסוגת של מתכות בעיקר ניקל ונחושת בעלת עמידות גבוהה לקורוזיה ולחומצות). הקורוזיה התפתחה מתחת למדבקות וזיהוי שהוצמדה לצינור בעזרת נייר דבק. אדי פוסגן חדרו בדיפוזיה דרך צינור ה-PTFE ממנו

הגורמים להתבקעות צינורות גמישים

התפשטות תרמית:

הנפח של מרבית החומרים עולה כתוצאה מעליית הטמפרטורה. לכן, אם נוזל נשאר לכוד בתוך צינור גמיש (כאשר הברזים בשני קצותיו סגורים), נבנה לחץ בתוך הצינור שעלול לגרום להתבקעות הצינור ולשחרור החומר הכלוא בו לסביבה. כדי למנוע התבקעות כתוצאה מהתפשטות תרמית - יש להבטיח נפח התפשטות מתאים, לדוגמה: ע"י הוספת מיכלי התפשטות.

הסיכונים המרכזיים הכרוכים בעבודה עם צינורות גמישים הם:

- התבקעות הצינור הגמיש ושחרור החומר שזורם בצינור לסביבה.
- עבודה לא זהירה המובילה לשפך והתזה וכתוצאה מכך לפגיעה פוטנציאלית בעובד ו/או בסביבה.
- היווצרות והצטברות מיטען חשמל סטטי בצינור הגמיש המהווה סיכון לאש ו/או פיצוץ (כאשר הצינור הגמיש אינו עשוי מחומר מוליך או כאשר הוא אינו מוארק).
- חדירת זיהומים (אם הצינור הגמיש לא נשטף ונוקה טרם חיבורו, או אם כתוצאה מחיבור הצינור הגמיש מתאפשרת זרימה חוזרת של חומר).

סיכונים אלה ניתנים למזעור בעזרת איפיון נכון של חומרי המבנה של הצינורות לפני רכישתם, הכרת הסיכונים הכרוכים בשימוש בהם וביצוע בדיקות תקופתיות מתאימות.

החליה החלשה במערכת

צינורות גמישים הם בדרך כלל החוליה החלשה במערכת ההולכה של חומרים מאחר והעמידות המכנית שלהם נמוכה באופן משמעותי מזו של צנרת מתכתית קשיחה קבועה. לכן הם מהווים את נקודת הכשל בחלק מהתאונות, בהן משתחררים חומרים רעילים לסביבה. לדוגמה:

- תאונה קטלנית שאירעה במפעל של 'DuPont' בארה"ב. בתאונה נהרג עובד כתוצאה משאיפת אדי פוסגן שהשתחררו בשל התבקעות צינור גמיש.
- תאונה במפעל 'DPC Enterprises' במיאורי שבארה"ב, בה דלף כלור כתוצאה מהתבקעות צינור גמיש במהלך מילוי איוזטנק (מיכל) כלור. כתוצאה מדליפת הכלור נפגעו 66 אנשים וכל האוכלוסייה בעיר הסמוכה למפעל קבלה הנחייה מצוותי החירום להסתגר בבתים למשך כ-4 שעות.
- תאונה קשה שאירעה באחד ממפעלי התעשייה בארץ, בה הותזה חומצה מצינור גמיש פגום לעבר עיניו של עובד שהיה בסמוך ללא משקפי מגן. העובד איבד את מאור עיניו.

הכותב הוא מנהל המרכז לבטיחות תהליכית ומומחה לניתוח סיכונים תהליכיים וסיכונים אש
דוא"ל: ssegev@cflppi.com



הצינור הגמיש שהתבקע במפעל דרמונט

שימוש בלחץ, הגבוה מלחץ התכנון של הצינור הגמיש:

בכדי למנוע התבקעות הצינור הגמיש, כתוצאה משימוש בלחץ הגבוה מלחץ המתוכנן עבור הצינור הגמיש, יש לוודא - בעת איפיון הרכש של הצינורות הגמישים - שלחץ התכנון הנדרש במיפרט הרכש גבוה מלחץ המרבי אשר עלול להיווצר במערכת. כמו כן, יש לבצע בדיקות הידרוסטטיות תקופתיות, או - לחלופין - להחליף באופן יזום את הצינורות הגמישים, בהתאם להנחיות היצרן.

שימוש בחומרי מבנה שאינם מתאימים:

שימוש בצינור גמיש העשוי מחומרי מבנה שאינם מתאימים לחומר העובר דרכם, עלול לגרום לכשל של הצינור הגמיש.

היתה עשויה ליבת הצינור (הצינור הפנימי), המדבקה ונייר הדבק לכדו את אדי הפוסגן על החלק החיצוני של הצמה המתכתית. כתוצאה ממגע עם הלחות גז הפוסגן התפרק ל-HCl (חומצה חזקה), שגרמה להתפתחות קורוזיה בצינור. ההתפשטות התרמית שהתרחשה במקביל - מאחר והברזים בשני קצותיו של הצינור הגמיש היו סגורים - תרמה גם היא להתבקעות הצינור.

● התבקעות צינור גמיש בתאונת דליפת הכלור במפעל 'DPC Enterprises' במיאורי ארה"ב. במקרה המתואר, במקום להשתמש בצינור גמיש עם צמה מתכתית מהסטלוי (Hastelloy - סגסוגת של מתכות רבות, שלה עמידות גבוהה מאוד לטמפרטורה, קורוזיה, חומצות ועוד), כפי שנדרש בסטנדרטים של



נקודת התבקעות הצינור הגמיש



תחנת מילוי של איזוטנק הכלור

אקדח המילוי לא היה מוארק ולכן צבר מיטען גבוה של חשמל סטטי, שבסופו של דבר נפרק בצורת ניצוץ, גרמה להצתת אדי האתיל אצטט הדליקים שהיו בסמוך לפתח וכתוצאה מכך לפיצוץ.

החומרים אשר עלולים לזרום בצינור הגמיש, וכן את כל חומרי המבנה של הצינור (ליבת הצינור, הצמה המתכתית, אטמים וכד').

Chlorine Institute, הם השתמשו בצינור גמיש עם צמה מתכתית מפלב"מ. כתוצאה מכך הכלור עבר דיפוזיה דרך צינור הטפולון הפנימי ובמגע עם הלחות שבאוויר גרם לקורוזיה על גבי צמת הפלב"מ (הקורוזיה לא היתה מתפתחת אם הם היו משתמשים בצינור גמיש עם צמה מהסטלוי כנדרש).

הקטנת הסיכונים

אפשר להקטין את הסיכונים הכרוכים בשימוש בצינורות גמישים על ידי:

- שימוש בצינור אחד רציף ולא בצינור המורכב ממספר קטעים. לא מומלץ לחבר בין מספר צינורות - מצב כזה מגדיל את ההסתברות לדליפה ולשפך. לכן, בעת רכישת צנרת חייבים לאפיין גם את אורך הצינור הנדרש.
- קיימים תקנים ואיפיונים לצינורות השונים - יש להשתמש אך ורק בצינורות תקינים המתאימים ליישום הנדרש.
- יש לבצע החלפה תקופתית של הצנרת הגמישה (או לחלופין לבצע בדיקות הידרוסטטיות). תדירות ההחלפה (או הבדיקות) נעה בד"כ בין החלפה/בדיקה רבעונית להחלפה/בדיקה שנתית, ונקבעת בהתאם להסתברות הכשל - ניתן להעריך את ההסתברות בהתאם לתכונות החומר הזורם בצינור, קורוזיביות הסביבה, תדירות החיבורים, תדירות כשלים שהתרחשו בעבר בצינורות דומים וכד', והן בהתאם לחומרת האירוע הצפוי במקרה של כשל בצינור - ככל שחומרת האירוע גבוהה יותר יש לשאוף להחליף/לבדוק את הצנרת בתדירות גבוהה יותר.
- ביצוע בדיקות תקינות ויזואליות, לאיתור סימנים של קורוזיה או נזק מכני, לפני כל חיבור של הצנרת הגמישה.
- שימוש במונע זרימת יתר (excess flow valve). "מונע זרימת יתר" הוא ציוד המתוכנן להיסגר כאשר ספיקת הנוזל או הגז הזורם דרכו גבוהה מערך מסוים הנקבע מראש. כלומר: ההתקן מיועד להיסגר כאשר מתרחשת התבקעות של צינור גמיש או צנרת.
- שימוש בצינורות גמישים המתנתקים אוטומטית במקרה של התבקעות (SmartHose).

פרטים נוספים אפשר למצוא בסרטון המשולב בלומדת הצינורות הגמישים באתר www.SaferPlace.info

שפך והתזה

שפך והתזה נגרמים בד"כ כתוצאה מהגורמים הבאים:

- **ניתוק הצינור הגמיש כאשר הוא נמצא עדיין תחת לחץ.** תאונות רבות נגרמו כאשר מפעיל ניתק צינור גמיש אשר היה עדיין תחת לחץ, וכתוצאה מכך הותז החומר הכימי שהיה בצינור לעבר עיניו או גופו של המפעיל. בכדי למנוע תאונות מסוג זה יש להדריך את המפעילים לנקז ולשחרר את הלחץ מהצינור הגמיש לפני ניתוקו (רצוי שיהיה מד לחץ בקרבת הצינור הגמיש כדי שהמפעיל יוכל לוודא שהלחץ שוחרר).
- **היעדר אבטחה של הצינור הגמיש.** כאשר הצינור הגמיש אינו מחובר ומאובטח כראוי (בעזרת הברגה, פלאנגי, אביזר ייעודי או אזיקון) הוא עלול להשתחרר בפתאומיות ולהתיז על עובדים הנמצאים בקרבתו.
- **שימוש בצינור גמיש פגום.** לדוגמה: צינור שעברה עליו מלגזה או משאית וכתוצאה מכך המבנה הפנימי שלו נפגם, מצב שיגרום להתזה כאשר ייעשה שימוש בצינור הגמיש הפגום.
- **כיפוף הצינור הגמיש** ברדיוס הקטן מרדיוס הכיפוף המינימלי שהוגדר על ידי היצרן.

הצתה כתוצאה מפריקת חשמל סטטי

צינור גמיש יכול ליצור חשמל סטטי ולצבור מיטען של חשמל סטטי כאשר הצינור הגמיש אינו מוגשר או מוארק, או במקרה בו הצינור הגמיש עשוי מחומרים שאינם מוליכים כגון פלסטיק. במקרים אלה, הצינור הגמיש עלול לגרום להצתה כתוצאה מפריקת חשמל סטטי ובעקבותיה לשריפה או לפיצוץ.

דוגמה לתאונה כזו היא פיצוץ שאירע במפעל 'Barton Solvents' בארה"ב שנגרם כתוצאה משימוש בצינור גמיש בלתי מוליך. פריקת ניצוץ ארעה בין גוף ה"קוביה" המתכתית (מיכל נייד ממתכת בנפח של כ-1000 ליטר) לבין אקדח המילוי המתכתי (מאחר והצינור הגמיש היה עשוי מחומר פלסטי בלתי מוליך,

- התזה מצינור גמיש בעת שזרם בו אתיל אצטט, מאחר וליבת הצינור (הצינור הפנימי) היתה עשויה מ-PVC (אשר מגיב עם אתיל אצטט).
- חזירת סודה קאוסטיק למערכת מי השתייה של אחד המפעלים הכימיים בארץ: מפעיל במיתקן כימי ניסה לפתוח סתימה בקו של סודה קאוסטיק (NaOH) ע"י הכנסת מים בלחץ גבוה מקו מי השתייה לקו הסודה קאוסטיק דרך צינור גמיש. מאחר והלחץ בקו הקאוסטיק היה גבוה מהלחץ בקו המים, אירעה זרימה חוזרת (כניסה של קאוסטיק לתוך מי השתייה). רק בזמל התגלה הזיהום בזמן (שתיית המים המזוהמים יכלה לגרום לפגיעה קשה מאחר וסודה קאוסטיק היא חומר קורוזיבי).

כדי שתהיה אפשרות למנוע תאונות מעין אלה - הנגרמות בשל אי תאימות כימית - מומלץ להכין טבלת (מטריצה) תאימות חומרים, שבה ניתן לראות איזה חומרים עלולים להגיב ביניהם, כחלק מתהליך איפיון הצינורות הגמישים. המטריצה צריכה לכלול את כל

מרכז המידע לשירותכם

טל': 03-5266455
 פקס: 03-5266456
 דוא"ל: info@osh.org.il

שירות חדש לנוחות הפונים:
 חיוג מקוצר *9394* מכל טלפון
 (קווי וסלולרי)