

# בטיחות וגיהות גם באמצעות ר

מאת מהנדס שלמה איציקובסקי ומהנדס אריה אמיצי

כדי שתפרוץ אש, צריכים להימצא שלושה גורמים בכפיפה אחת: חומר דליק, גורם מחמצן (כשביניהם מתקיימים מגע ויחס כמותי מתאים) ומקור הצתה

## סיבות אפשריות

- ערבוב חומרי דלק, וחומרים מחמצנים עם מקורות הצתה (השלמת "משולש האש")
- חומרים דליקים**
- דלקים לחימום/למנועים;
- מדללים, דטרגנטים וחומרים אורגניים אחרים, כולל נוזלים הידראוליים ונוזלי קירור אורגניים;
- גזים לריתוך;
- תערובות פירוטכניות ותערובות פציצות (אבק אורגני כגון: סוכר, אבק דגנים וגרעינים אחרים);
- חומרי סיכה, צבעים, לכות;
- עץ ומוצרי, בדים, ריפוד וחומרי מבנה כלליים (כגון: גומי, פלסטיק);
- צמחייה, אשפה ופסולת חומרים דליקים;
- חומרים שבדרך כלל הם בעלי דליקות נמוכה, בנוכחות מחמצן חזק או בטמפרטורה גבוהה;
- מתכות שאינן דליקות, בדרך כלל, אך הופכות לרגישות להצתה בתצורת אבקה דקה;
- גז מימן הנפלט ממצברים בעת הטעינה;
- תוצרי שריפה בלתי מושלמת של חומרים אורגניים;
- מחמצנים**
- החמצן שבאוויר;
- תרכובות המכילות חמצן;
- גזים מחמצנים;
- מקורות הצתה**
- להבה גלויה, פיצוץ וכד';
- קשת ריתוך וניצוצות;
- מישטחים חמים;
- מכות ברק, פריקה של חשמל סטטי;
- דחיסה אדיאבטית (ללא פליטת חום לסביבה);
- חומרים המגיבים עם מים.

## בעירה

כדי שחומר הדלק והחומר המחמצן יתרכבו ביניהם ויבערו, הם צריכים להיות במצב גזי. החמצן באוויר הוא תמיד גז ולכן ניתן להניח, בצורה כללית, שנוכחותו של הדלק היא הגורם הממשי לפוטנציאל השריפה. מספר חומרי דלק בוערים בקלות רבה יותר מחומרים אחרים ובטמפרטורות נמוכות יותר. הטמפרטורה שבה מתנדפת מחומר הדלק, המוצק או הנוזלי, כמות מספקת של גז המאפשרת הצתה ע"י מקור החום נקראת: **נקודת הבזקה**. קיימות מספר דרכים להגדיר ולקטלג את נקודות ההבזקה ואת הסיכונים שהן מייצגות: האגודה הלאומית לבטיחות אש בארה"ב (NFPA), דירגה נוזלים דליקים ונוזלים בעירים למספר קבוצות ותת-קבוצות סיכון, באמצעות נקודת ההבזקה וטמפרטורת הרתיחה כלהלן:

### קבוצות סיכון של נוזלים דליקים

- Class 1A** - נוזלים בעלי נקודת הבזקה נמוכה מ- $22.8^{\circ}\text{C}$  וטמפרטורת רתיחה נמוכה מ- $37.8^{\circ}\text{C}$ ;
- Class 1B** - נוזלים בעלי נקודת הבזקה נמוכה מ- $22.8^{\circ}\text{C}$  וטמפרטורת רתיחה גבוהה מ- $37.8^{\circ}\text{C}$ ;
- Class 1C** - נוזלים בעלי נקודת הבזקה נמוכה מ- $22.8^{\circ}\text{C}$  ונמוכה מ- $37.8^{\circ}\text{C}$ .

### קבוצות סיכון של נוזלים בעירים

- Class II** - כל הנוזלים בעלי נקודת הבזקה גבוהה מ- $22.8^{\circ}\text{C}$  ועד  $60^{\circ}\text{C}$ ;
- Class IIIA** - כל הנוזלים בעלי נקודת הבזקה גבוהה מ- $60^{\circ}\text{C}$  ועד  $93^{\circ}\text{C}$ ;
- Class IIIB** - כל הנוזלים בעלי נקודת הבזקה גבוהה מ- $93^{\circ}\text{C}$ .

**בתקנות שירותי הכבאות בישראל** מוגדרות 3 קבוצות כלהלן:

- מוצקים או נוזלים "לקיחים" אשר טמפרטורת ההתלקחות שלהם נמוכה מ- $100^{\circ}\text{C}$ ;
- מוצקים או נוזלים "בעירים" אשר טמפרטורת ההתלקחות שלהם בין  $101^{\circ}\text{C}$  ל- $800^{\circ}\text{C}$

3 הגורמים שבגלל קיומם יחד, בכפיפה אחת, עלולה לפרוץ אש הם: **חומר דליק** (קיימים סוגים רבים מאוד), **גורם מחמצן** (כמו החמצן שבאוויר) - שיש ביניהם מגע ויחס כמותי מתאים (תנאים המתקיימים בדרך כלל) וגם **מקור הצתה** (לא חסרים כאלה). קיומם של 3 המרכיבים יחד בתנאים הללו הוא מצב שכיח ונפוץ וכך גם שכיחות ההצתות והשריפות.

נציין גם ש:

- החומר הדליק (או חומר בעיר) יכול להימצא במצב צבירה מוצק, נוזל או גז;
- "מספיק חמצן" משמעותו שכמות החמצן באוויר גבוהה מ-16% (כמות החמצן, באוויר, בדרך כלל, היא 21%). רמת חמצן נמוכה מ-16% איננה מספקת, בדרך כלל;
- מקור ההצתה יספק כמות חום שתצליח להביא את חומר הבעירה לטמפרטורת ההצתה שלו;
- הריאקציה הכימית הנוצרת בתנאים שתיארנו היא "אקסותרמית" ומכונה בתואר: "אש".
- למיצרף שלושת המרכיבים קוראים **משולש האש**.



משולש האש

שלמה איציקובסקי הוא מנהל יחידת הנדסה ואריה אמיצי הוא מהנדס באגף הנדסת בטיחות ומיחשוב, במוסד לבטיחות ולגיהות

המאמר נערך על פי: 'Product Safety Management and Engineering' by Willie Hammer, Prentice Hall, 1980

# שימונת תיוג - סיכוני בעירה ואש

## רשימת תיוג לבדיקה בטרם תכנון - סיכוני בעירה ואש

רשימת תיוג  
(או סדר מחייב)

### תוצאות אפשריות

- פגיעה באדם;
- כוויות;
- שאיפת גזים רעילים, עשן וכד';
- השפעות חום גבוה על תפקודי גוף מיידיים ו/או השפעות מתמשכות ומאחרות;
- מניעת חמצן לנשימה;
- הרס חומרים ופגיעה בסביבת העבודה;
- הרס מכונות, ציוד ומוצרים;
- פיחום וזיהום חומרים;
- ציוד וסיוע לא נגישים ולא שמישים;
- פגיעה בחומרים במפעל: חומרי גלם, חומרים בתהליך, תוצר מוגמר וכו';
- נזק לסביבה;
- יצירת סביבה מזוהמת בקירבה מיידית ובמרחק (ע"י הסעת זיהומים ברוח);
- יצירת אוויר מזוהם בשכבות הקרקע (הנמוכות);
- פגיעה באטמוספירה (לדוגמה: בשיכתב האוזון ובשכבות אטמוספיריות גבוהות אחרות);
- הרס של הטבע (חיות בר וצמחייה);
- פגיעה במוניטין ובלקוחות (עיכוב ההספקה וכד');
- פגיעה בחברה;
- נזק כלכלי (בגלל אי-יכולת לעמוד בלו"ז של ההספקה);

- האם המוצר מכיל או עושה שימוש בחומרים דליקים, בעירים, לקיחים?
- האם בסביבת העבודה קיים מיטען-אש המהווה סיכון להצתה בגלל פעילות בסביבה?
- מהי נקודת ההצתה של החומר? מהי נקודת ההבזקה (לגבי נוזלים דליקים)?
- האם קיימים תנאים מסוימים (כמו שבר המוצר או נוכחות של חומרים העלולים להוות זרזים) שייגרמו למוצר להידלק ביתר קלות?
- האם יש אפשרות להחליף את החומר הבעיר בחומר לא בעיר או בחומר בעיר פחות?
- האם החומרים נבדקו ע"י רשות מוסמכת, לצורך קביעת רגישותם לחום ולהצתה? לפי איזה תקנים הם נבדקו?
- האם קיים במוצר מקור הצתה אשר יכול לפעול באופן שגוי במהלך שימוש רגיל (לדוגמה: מקור של חום גבוה, ניצוץ חשמלי או קשת חשמלית)?
- איזה סוג של מקור חום חיצוני (גפרורים, להבה פתוחה, ריתוך להבה או ריתוך בקשת חשמלית) ייגרמו לחומר להידלק?
- כאשר החומר הדליק הוא נוזל - האם החומר מוחזק במיכל תקין (שאיננו דולף או נוזל) העשוי מחומר עמיד בפני השפעות של הצתה חיצונית?
- האם מיכל הדלק ממוקם באזור המוגן מפגיעה מכנית, ממכה או מנזק אחר, אשר עלולים לגרום לפגיעה בשלימותו ולדליפות?
- האם מיכל הדלק ממוקם במקום כזה שגם אם תהיה דליפת דלק הוא לא יוכל להגיע למקום עם פני שטח חמים?
- האם הפעלת המוצר גורמת להיווצרות גז דליק ו/או לפליטתו (לדוגמה: היווצרות גז המימן בתהליך טעינת מצברים)?
- האם המוצר כולל מערכות בקרה והתראה, להתרעה על נוכחות אש או על מצבים שבהם עלולה להתפתח אש?
- כאשר אפשרית הופעת אש - האם קיימת במקום מערכת, ידנית או אוטומטית, לכיבוי האש?
- האם העובדים או המשתמשים קיבלו אזהרות והתראות, המיידעות אותם בנוגע לנוכחות חומרים דליקים או להיתכנות נוכחותם ועל הדרכים למניעת אש?

מנקודת הבעירה) ורק אז פולטים אדים, אשר בוערים במנגנון הרגיל. לדוגמה: הפחמן שבפחם הוא חומר דלק מורכב, שפולט חומרים דליקים כאשר הוא מחומם. החומרים האלה נדלקים, התהליך הזה מזרז את קצב החימצון של הפחמן, ותהליך הבעירה נמשך. בשיקולים על סיכוני אש ומניעתה, יש להתחשב גם בתחומי הנפיצות של החומרים המצויים בסכנת הצתה, בגלל תוספת הסיכון הנובעת מהאפשרות לפיצוץ. דוגמה: אצטילן שתחום הנפיצות שלו הוא 2.5%-82% מסוכן יותר מגז ביסול שתחום הנפיצות שלו הוא 1.8%-9%.

### מניעת אש

השיטה הטובה ביותר למנוע אש היא להשתמש, ככל האפשר, בתחליפים לא דליקים לחומרים מקובלים, דליקים, או בחומרים עם תכונות דליקות נמוכות, אשר ממלאים את הפונקציות הנדרשות לשימוש בהם. למספר חומרים יש נטייה נמוכה לתגובה בהשוואה לאחרים, ולכן נטייתם להצתה תהיה נמוכה יותר. זהו יתרון מול חומרים בעלי "תגובתיות" גבוהה. גם הרחקת חומר

הדלק מהחומרים המחמצנים, ומניעת קיומם של מקורות הצתה, מצמצמים את האפשרות להצתת חומרים. אין להתעלם ממצבי חינוך כגורמים ליצירת חום, או מכות הגורמות לניצוץ שהוא מקור לחום ולהצתה.

הנטייה להצתה תהיה נמוכה יותר ככל שהטמפרטורה נמוכה יותר, מכיוון שהצתה מחייבת אנרגיית שיפעול (אקטיבציה) מינימלית. לכן, יש לשמור גם על טמפרטורות נמוכות, ככל שניתן.

ככל שטמפרטורת ההבזקה של חומר גבוהה יותר, ו/או תחום הנפיצות שלו צר יותר, ו/או הוא נדיף פחות (לחץ האדים נמוך יותר) - החומר גם פחות דליק!

כיבוי אש מתבצע ב-4 דרכים בסיסיות:

- ✓ הרחקת החומר הדליק מהמקום;
- ✓ הפחתת הטמפרטורות במקום (קירור);
- ✓ ניתוק אספקת החמצן או הפחתת הכמויות;

✓ הוספת חומרים לעיכוב תהליך הבעירה (חומרים מסוימים מפריעים/בולמים את מנגנון הבעירה).

תהליכי השריפה והכיבוי הם תהליכים מורכבים ולכן לא קיים, עדיין, חומר יחיד המסוגל לכבות את כל סוגי השריפות. כדי לנצל את חומרי הכיבוי הקיימים באופן יעיל, יש להכיר את תכונותיהם של החומרים השונים ואת שיטות הכיבוי השונות. ■