

אבקות לכיבוי אש

עיבוד רחל קמה

אבקות הכיבוי
כבשו לעצמן
מקום מכובד בין
חומרי הכיבוי,
הודות ליעילותן,
מהירות הכיבוי
ובטיחות
ההפעלה שלהן.
חשוב מאוד
להתאים את
מטפי הכיבוי
-סוג האבקה
וגודל המטף
-לסוגי הדליקות
הצפויות במקום

ומטפים, בטלטול או אחרי אחסון ממושך, מבטיחה פיזור יעיל של האבקה בכל הנפח הבעור. זרימה חלקה של החומר מנחירי ציוד הכיבוי, תכונות הזרימה מושגות על ידי טחינה דקה ואחידה של אבקות הכיבוי ובעזרת תוספים של חומרי החלקה. האבקה צריכה לארום מהמטפה בצורה חופשית, בדומה לזרימה של נוזל.

- **דחיית רטיבות** - ספיגה וספיחה של רטיבות מהאוויר עלולות לגרום להיווצרות גושי אבקה ולהפחתה בתכונותיה הטובות. תכונות דחיית רטיבות (הידרופוביזציה) מוקנות לאבקה בתהליך בו מעורבת האבקה עם תרכובות פראפין (בד"כ עם סטארטים של מתכות קלות).
- ההידרופוביזציה יוצרת על גרגירי האבקה קרום אשר מסוגל לספוג כמות מסוימת של רטיבות. הקרום מתפקד כ"מייבש אוויר" זעיר - הוא מונע חדירת לחות לתוך גרגירי האבקה וגם מונע הידבקות של הגרגירים האחד לשני. למרות זאת, הרטבת האבקה במים או חשיפתה לתנאי לחות גבוהה, עלולות לקלקל את החומר וליצור בתוך האבקה גושים, המפריעים לזרימתה ולפיזור. לפיכך: יש לשמור את אבקות הכיבוי בתנאי יובש מוחלט.
- **אחידות החלקיקים** - יעילות הכיבוי של האבקה תלויה בגודל שטח המגע בינה לבין החומר הבעור, ובאפשרות לפיזור מקסימלי של החומר בנפח

המאפשרים להשתלט על רוב סוגי הדליקות. במקומות בהם קיימים סיכונים אש ממקורות שונים עשוי מטפה אבקה אחד, רב-תכליתי, להחליף מספר מטפים ייעודיים שונים.

מנגנון הכיבוי

פעולת הכיבוי העיקרית של האבקה היא עיכוב שרשרת תהליך הבעירה. הגרגרים הזעירים של האבקה יוצרים שטח מגע גדול מאד עם הגז הבעור, ופיזורם בנפח גדול מאפשר לכידה כמעט מיידית של הגורמים הפעילים בתהליך הבעירה. ההפרעה הנגרמת לתהליך הבעירה על ידי פעולת האבקה צריכה לגרום לכיבוי מיידית של האש.

פעולתן של חלק מאבקות הכיבוי מביאה לשחרור פחמן דו-חמצני, המבודד את חומר הדלק מהאוויר; לחץ סילון האבקה מפריע פיזית לזרימת אדי הדלק; והאבקה גם מקררת את האזור במידה מסוימת.

תכונות הכיבוי של האבקות

תכונותיה השונות של האבקה קובעות את טיבה, ואת התאמתה למטרות הכיבוי. התכונות החשובות לפעולה יעילה של אבקה הן:

- **זרימה** - שאינה מופרעת מגושים של חומר, הנוטים להיווצר בתוך מיכלים

אבקות כיבוי הן אמצעי יעיל מאוד לכיבוי מהיר של אש שמקורה בנוזלים דליקים וחשמל. סוגים אחדים של אבקות מתאימים גם לכיבוי דליקות מוצקים. פעולת האבקה מהירה בהרבה מכל חומרי הכיבוי האחרים (מים, חול, קצף וכו'), כושר הכיבוי שלה גבוה והיא איננה מפתחת חומרים רעילים העלולים להזיק לבני האדם הנמצאים בטווח פעולתה. שלא כמו מים וקצף - האבקות אינן מוליכות חשמל. במקומות רבים החליפו מטפי אבקה, ידניים ומוסעים, את המים והקצף.

חסרונותיה העיקריים של אבקות הכיבוי הם:

- האבקה איננה יכולה להקיף בבת-אחת את כל נפח הלהבה;
- האבקות אינן מונעות התלקחות חוזרת;
- האבקה גורמת לכלוך רב המחייב פעולות ניקוי ושיקום לאחר השימוש בה.

בשוק ניתן למצוא סוגים שונים של אבקות שפותחו למטרות כיבוי אש. פיתוח אבקה רב-שימושית, המסוגלת לכבות דליקות של מוצקים (עץ, בדים, גומי), איפשר ייצור של מטפים רב-תכליתיים,

המאמר נכתב בשיתוף עם חברת 'להבות ייצור ומיגון'

בתום התהליך הזה משתחררת שוב קבוצת אמוניה NH_3 , אשר מסוגלת להמשיך ולספוג יונים פעילים נוספים. בצורה דומה פועלים רדיקלים שונים, המופיעים בחומרים בעלי כושר כיבוי - בי-קרבונט; קרבונט; אוקסלט ועוד. רוב החומרים הללו אינם יעילים במיוחד כחומרי כיבוי ואחרים מתגלים כבעלי תכונות כיבוי מעולות. כך, לדוגמה, לאשלגן דו-פחמני (KHCO_3) יש כושר כיבוי כפול מזה שיש ל"סודה לשתייה" (NaHCO_3). הסיבה: האשלגן נמצא במקום גבוה יותר בטור המתכות האלקליות.

סוגי אבקות הכיבוי

היצרנים מקנים לאבקות שלהם תכונות מיוחדות על ידי תוספים שונים, המהווים בדרך כלל סוד מקצועי. בפועל קיימים מספר סוגים עיקריים של אבקות כיבוי:

- **אבקת כיבוי רגילה (ב')** - לכיבוי דליקות מסוג ב' ו-ג' ולכיבוי דליקות שיטחיות מסוג א'. זוהי אבקה סטנדרטית לכיבוי דליקות נוזלים. היא מכילה 95% סודיום-בי-קרבונט בתוספת חומר החלקה, המקנה לה תכונת זרימה טובה. טחינה דקה בתוספת סטיאריטים של מגנזיום מעניקים לה כושר דחיית רטיבות. האבקה עמידה מאד וכושר הכיבוי שלה נשמר לאורך זמן רב. היא יעילה לכיבוי דליקות נוזלים מכל הסוגים, דליקות של מיתקנים חשמליים ודליקות גז דחוס. ניתן לכבות באמצעותה גם דליקות של מוצקים - כל עוד האש שטחית ולא חדרה לשכבות הפנימיות של הגוף הבורע. האבקה איננה יעילה לכיבוי דליקות עומק של מוצקים ("דליקות להטי") ולא ניתן לכבות באמצעותה מתכות קלות.

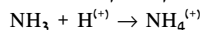
- **אבקת כיבוי מחוזקת** - מבוססת על קרבונט האשלגן. המבנה שלה דומה לזה של האבקה הרגילה והיא מתאימה לכיבוי השריפות שמכבה האבקה הרגילה, עם כושר כיבוי גבוה יותר בדליקות נוזלים. האבקה המחוזקת גם מסוגלת למנוע התלקחות חוזרת של האש. היא מתאימה לכיבוי אש במקומות עם סיכון גבוה, בהם חשוב להבטיח הגנה מירבית. ניתן להפעיל אותה ממטפים בינוניים גם על ידי עובד בלתי מאומן.
- **אבקה רב-תכליתית** - (לסוגי דליקות א', ב', ג' ובמקרים אחדים גם לסוג ד'). היא מבוססת על אמוניום-פוספט, חומר הדומה בהרכבו לתוסף הנמהל במים לכיבוי, לצורך עיכוב הדליקה. האבקה הרב-תכליתית פועלת כאבקה רגילה בדליקות נוזלים. תכונותיה המיוחדות באות לביטוי בדליקות להטי של

פעולת הכיבוי של האבקה

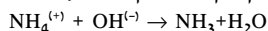
חלק מאבקות הכיבוי מכילות 90%-95% אבקת נתרן דו-פחמני (NaHCO_3), הנקרא גם "סודה לשתייה" טחונה דק, בתוספת חומרים שונים, המעניקים לאבקות את תכונותיהן המיוחדות. כושר הכיבוי של ה"סודה לשתייה" התגלה כבר לפני שנים רבות. במשך הזמן התברר שתרכובות רבות המכילות יסודות מקבוצת המתכות האלקליות (ליתיום, נתרן, אשלגן), או מקבוצת ההלוגנים (פלאור, ברום, כלור) מראות תכונות כיבוי טובות. שתי קבוצות היסודות האלה שייכות לטורים חד-ערכיים במערכת המחזורית של היסודות. ככל שמקום היסוד בטור המערכת נמוך יותר (המשקל האטומי שלו גדול יותר) - עולה כושר הכיבוי של התרכובת המכילה אותו. בקבוצת המתכות עולה כושר הכיבוי של תרכובת האשלגן על זו של הנתרן והליתיום. בקבוצת ההלוגנים עולה כושר הכיבוי של תרכובות הברום והיוד על אלה של הפלאור והכלור.

קבוצות פעילות

הקבוצות הפעילות בתהליך הבעירה הם הרדיקלים של מימן (H^\bullet) והידרוקסיל (OH^\bullet). את האנרגיה שלהם ניתן לספוג על ידי קבוצות פעילות של תרכובות הכיבוי. ככל שאטום החומר גדול וכבד יותר, הוא תוקף ביתר קלות את היונים הפעילים ויוצר איתם תרכובות ניטרליות, בלתי פעילות. לדוגמה: קבוצת אמוניה יכולה לספוג יון מימן פעיל:



ובהמשך יון הידרוקסיל פעיל:



להבה. לצורך כך צריכים חלקיקי האבקה להיות קטנים מאד וגם כבדים מספיק, כדי להצליח לחדור לתוך האש ולא להיות מוסעים ממנה על ידי תנועת האוויר החם או הרוח.

הגודל האופטימלי של חלקיקי האבקות השונות הוא כ-45 מיקרון. התחום השימושי הוא בגבולות 10-90 מיקרון. אבקה רב-שימושית, המתאימה לכיבוי דליקות מוצקים - מכילה כמות מבוקרת של גרגרים גדולים וכבדים יותר, אשר מסוגלים לחדור דרך מערבולות הלהבה לתוך המוצרים הבורעים.

- **שטח פנים סגולי גדול** - שטח פנים סגולי הוא סך כל שטח הפנים של גרגרי האבקה ביחידת משקל. כושר כיבוי של אבקה תלוי במידת יכולתה ללכוד "קבוצות פעילות" של תהליך הבעירה ולמנוע את המשך הפעילות הכימית. כושר הכיבוי של האבקה גדל עם גידול שטח הפנים של הגרגרים. שטח הפנים של הגרגרים תלוי בגודלם ובצורתם: ככל שמידות הגרגרים קטנות יותר - שטח הפנים הסגולי שלהם גדול יותר. שטח הפנים של גרגרי אבקות הכיבוי המקובלות, הוא כ-3000 סמ"ר/גרם. אבקה בעלת שטח פנים סגולי כזה, מאפשרת כיבוי דליקת בניין על-ידי 700 גרגרים לכל 1 סמ"ק של נפח הלהבה. לכיבוי דליקת מימן, לדוגמה, המשחררת כמויות גדולות בהרבה של קבוצות פעילות, דרושים כ-7000 גרגרי אבקה לכל 1 סמ"ק של נפח הלהבה.

- **שימוש בטוח** - מלבד התכונות הקשורות לכושר הכיבוי של האבקה, היא צריכה להיות גם בטוחה בשימוש, ולא לגרום לנזק עקיף לסביבה בה היא מופעלת. בכדי להבטיח זאת נדרש שהאבקה לא תכיל חומרים שוחקים; שלא תהיה רעילה או קורוזיבית; ושתהיה "דיאלקטרית" (שאיננה מוליכה חשמל), ולא תסכן את העובד או תגרום לקצר בציוד חשמלי.

- **משקל האבקה** - משקלה של האבקה מוגדר ב-3 מצבים שונים:

- משקל סגולי - שהוא משקל החומר בלבד (ללא חללי האוויר שבין הגרגרים), והוא ניתן לקביעה רק בבדיקת מעבדה. מאפשר התאמת גודל המטפה ותכונות מנגוני הפעלה לאבקה הנתונה.
 - משקל נפחי לאחר שפיכה חופשית (apparent density);
 - משקל נפחי אחרי אחסון ממושך (packing density).
- שני הערכים האחרונים נותנים מושג על הכמות המותרת למילוי במיכל המטפה, ומצביעים על מידת ההידוק ועל הערבול הדרוש בהפעלת המטפה.

להיות גדולים יותר מאשר קצב ההתלקחות החוזרת של האדים החמים של החומר הדליק, הממשיכים לעלות מ"אזור ההתאדות" של האש.

ספיקת האבקה, הזרמת ממזנק הכיבוי צריכה להתאים לגודל השטח הבער. **ספיקה אופטימלית** היא כמות האבקה הנפלטת בשנייה, אשר באמצעותה ניתן לכבות את הדליקה תוך שימוש בכמות הקטנה ביותר של חומר כיבוי, זאת בתנאי שפיזור האבקה הוא אחיד על פני כל השטח הבער.

גודל המטפה ופיית המזנק חייבים להתאים לגודל השטח הבער (וגם להתאים האחד לשני, כדי לשמור על יעילות התיפקוד). ענן האבקה בקירבת פיית המזנק איננו מפותח דיו ואיננו מאפשר כיבוי יעיל. במרחק גדול מדי מפיית המזנק ענן האבקה נעשה דליל מדי, וריכוז החומר נמוך מכדי להבטיח כיבוי מושלם.

האבקה נפלטת מהמזנק בסילון מרוכז ומתפזרת במרחק מסוים, מתוכנן, מפיית המזנק, באופן שבכל נפח ענן האבקה נוצר ריכוז חלקיקים אחיד. הטווח היעיל של מטפה אבקה תלוי במבנה המזנק ובלחץ הפליטה. במטפים בגודל 6-12 ק"ג רצוי שהמרחק בין פיית המזנק והאש ("טווח הכיבוי") יהיה 2-3 מטרים. פיזור נכון של האבקה ניתן להשיג על ידי תנועות צידוד מהירות של המזנק. ספיקה מתאימה של האבקה ופיזור הנכון, מבטיחים את יעילותו המירבית של הכיבוי.

מפעיל מיומן של מטפי אבקה

מהירות פליטת האבקה והצורך להשלים את הכיבוי באופן מלא בתוך פרק זמן קצר, מחייבים מידה מסוימת של התמחות ואימון בהפעלת מטפי אבקה. כושר הכיבוי של החומר הזה אמנם גבוה מאד, אך תמיד עדיף לשמור על מלאי של האבקה, ולהשתמש במטפה גדול יותר מזה, הדרוש לכאורה, לכיבוי הדליקה המסוימת.

פיזור בלתי אחיד של האבקה, טווח התזה גדול מדי או קטן מדי, לחץ פליטה נמוך – כל אלה מחייבים שימוש בכמויות אבקה גדולות יותר ומפחיתים את יעילות הכיבוי.

ספיקת אבקה נמוכה מדי לא מבטיחה את השלמת הכיבוי ומאפשרת לאש להתלקח שנית.

מיקום נכון של מטף נכון (סוג האבקה וגודל המטף) במבנה, אימון מתאים למפעילים ותחזוקה תקופתית מאריכים את חיי המטף ומגבירים את יעילות המטף באירוע אש. ■



האבקות המשתלבות השונות כוללות חומרים נוספים על בסיס כלוריד האשלגן, סודיום ביי-קרבונט עם תוספת אוריאה ועוד – כל אבקה עם התכונות המיוחדות לה: כושר כיבוי מוגבר, אפשרות שילוב עם קצף, כושר כיבוי מוצקים וכו'.

● **אבקות לכיבוי דליקות עם סיכונים מיוחדים** – לאבקות ייעודיות נדרשות תכונות מיוחדות. לדוגמה:

- אבקה על בסיס גרפיט המיועדת לכיבוי מתכות קלות. היא איננה ניתנת להתזה ממטפה ויש לפזר אותה על האש בעזרת כף או את;
- אבקה על בסיס כלוריד הנתרן (NaCl), לכיבוי מתכות מותכות, מתאימה גם לכיבוי מתכות קלות. ניתן להפעיל אותה בעזרת מטפים מיוחדים עם מזנק לפיזור רך.

שימוש באבקה כיבוי - כמויות וספיקות

כיבוי יעיל מקיף את כל נפח הלהבה – אם איננו מצליח להקיף את כולה, יכולות הקבוצות אשר לא נקשרו בזמן הכיבוי, להמשיך את פעילותן ולהצית שוב את הגזים החמים. כדי להפסיק בעירה על ידי לכיידת כל הקבוצות הפעילות בבת אחת – צריך להחזיר לתוך הלהבה כמות גדולה מאד של חלקיקי אבקה, ולפזרם באופן אחיד בכל נפח הלהבה. לשם כך דרושה עוצמת התזה גדולה מאד. מהירות התקדמות הכיבוי ופיזור האבקה צריכים

מוצקים, כגון דליקות עץ. כמה סוגים של אבקות כאלה יעילים גם בדליקות של מתכות קלות. האבקה מאפשרת השתלטות על אש בכלי רכב ובמקומות דומים, בהם קיימים סיכונים מעורבים – של דלק נוזלי ומוצקים.

האבקה הרב-תכליתית מכבה נוזלים בדומה לאבקות הרגילות והמחוזקות. פעולתה שונה לגבי מוצקים בוערים: חלקיקי האבקה הבאים במגע עם החומר הלוהט מתמוססים ויוצרים תרכובות עמידות באש. התרכובות מצפות את הגוף הבער, ומונעות חדירת חמצן אל אדי חומר הדלק. הציפוי שנוצר על הגוף הבער נשאר גמיש בתנאי החום והוא מתפקע ומתקלף כשהוא מתקרר.

הפעולה העיקרית של האבקה הזאת היא בידוד החומר המוצק הבער. גורמי הקירור ומוניעת התחדשות האש הם מיזעריים. במקרה שהציפוי הנוצר סביב גוף מתכתי חם נשבר – הדליקה עלולה להתלקח שוב מעצמה. לכן, אחרי כיבוי באמצעות אבקה רב-תכליתית – יש להבטיח קירור יעיל של האזור, ללא הפרעות. או אז יצליח הציפוי שמכסה את פני השטח המכובה למנוע התלקחות חוזרת של החומר. אחרי כיבוי באבקה מסוג זה לא ניתן להצית גם חומרים אשר מתלקחים בדרך כלל בקלות, כמו סיבי כותנה או נייר.

התוספים המוכנסים לחומר הכיבוי הבסיסי של האבקה הרב-תכליתית כוללים חומרי החלקה, חומרים לדחיית רטיבות ושרפים המקלים על הידבקות האבקה אל החומר הבער ומאפשרים את כיסויו מלמטה כלפי מעלה. חלק מגרירי האבקה, גדולים יותר וכבדים יותר. הם מאפשרים חדירת אבקה הכיבוי לתוך גופים בוערים דרך זרמי האוויר הלוהטים, וליצירת ציפוי פנימי מונע התלקחות. האבקה הרב-תכליתית מושפעת מאד מרטיבות ויש להגן עליה באמצעות אריזה מתאימה ובמטפים אטומים היטב.

● **אבקה משתלבת** – (מכונה גם "אבקה ש"), מתאימה לסוגי אש ב' ו-ג' ולכיבוי משולב עם קצף. הרכבה דומה להרכב האבקה הרגילה (ב') אך במקום סטיארט-מגנזיום, המשמש לשיפור תכונות הזרימה ודחיית הרטיבות, היא מכילה תרכובות חמרן או סיליקון, אשר אינן מפחיתות ממתח הפנים של המים. האבקה הרגילה מכילה חומרים המורידים את מתח הפנים של המים, וגורמת להתפרקות מהירה של בועות הקצף. זוהי הבעיה העיקרית בכיבוי משולב של קצף ואבקה. באמצעות התוספים ניתן לשלב את התזה האבקה עם התזה של קצף מבלי לגרום להפחתת יציבותו.