

פרק שלישי

סיכוני פריקה אלקטרוסטטית בתעשיות הקמח, המספוא, ותערובות המזון

בעיית הבטיחות העיקרית במכוני תערובת, ממגורות דגנים וטחנות קמח היא סכנת פיצוץ תערובות אבק אורגני של מוצרים חקלאיים ("אבק חקלאי") ואוויר, הנוצרות בכל תהליכי השינוע, הניפוי, הגריסה, הערבוב, והאחסנה של חומרי הגלם ושל המוצר המוגמר. פיצוץ אבק אורגני אינו תופעה חדשה. קיימים רישומים, כבר משנת 1785, על פיצוץ אבק חיטה (קמח) בטורינו, איטליה, ועל פיצוצים בארצות-הברית, של אבק חקלאי לפני כ-100 שנה. בשנת 1918 הוצאה לאור על-ידי משרד החקלאות האמריקני חוברת בשם "Preventing Grain Dust Explosions" (מניעת התפוצצות של אבק מספוא). ארבע שנים אחר-כך הוציא לאור האיגוד הלאומי למניעת דליקות (NFPA) ספר בשם "The Phenomena of Dust Explosion" (תופעת התפוצצות האבק). רשימה חלקית של פיצוצי אבקת מספוא, אשר התרחשו במכוני תערובת, טחנות קמח, ממגורות וכיו"ב, נכללה בפרק הראשון של ספר זה. גרעיני מספוא, בעיקר חיטה, מהווים את מרכיב המזון העיקרי של מרבית האנושות, שאיננה יכולה להתקיים בלי תוצרים חקלאיים אלה. משום כך, יש להתוות שיטות לטיפול בטוח במספוא בשלבי ההכנה השונים של מזון לאדם וגם לבעלי חיים.

דליקות/פיצוצות אבק חקלאי

אבק חקלאי אינו פסולת. ערכו התזונתי אינו נופל מזה של הגרעינים אשר מהם הוא נוצר. האבק הוא תוצר נלווה לתהליכי אחסנה, שינוע ועיבוד של גרעינים, ונוצר עקב שבירה ושחיקה של גרעיני מספוא. את האבק שואבים באמצעות מערכות יניקת אוויר, כדוגמת "ציקלון", והוא נאסף במיכל הציקלון. בשלב כלשהו מחזירים אותו לתהליך. קשה ומסוכן לטפל באבק כזה. לצורך טיפול באבק חקלאי יש ליצור מערכת פנאומטית סגורה, לאיסוף האבק ולהעברתו אל ממגורות, שבהן הוא נאגר במצב של אבקה צבורה.

אבק אורגני חקלאי עלול להתפוצץ כאשר מתקיים מנגנון כשל המשלב מספר מרכיבים:

- אבק מרחף באוויר.
- תכולת לחות נמוכה באבק (פחות מ-15.5% לחות).
- ריכוז בתחום הנפיצות של אבק ואוויר. לדוגמה: לאבק אורגני בקוטר קטן מ-100 מיקרון דרוש יחס של 30 גרם אבק לפחות, במטר מעוקב אוויר.
- מקור אנרגיה להצתת התערובת.

מקורות אנרגיה פוטנציאליים: ניצוץ חשמלי ממכשירי חשמל, כלי חשמל וגופי תאורה; חיכוך - בעיקר של רצועות הנעה ופסולת מתכתית הלכודה בתוך המערכת; פגיעת ברק; ריתוך; עישון; פריקה אלקטרוסטטית. לדוגמה: עמילני תירס וחיטה ניצתים באנרגיה של 20mJ (מילי-ג'אול); אבק חיטה ב-50mJ; אבק תירס ב-40mJ; תערובות אבק של מספר סוגי גרעינים ב-30mJ. סכנת הפיצוץ גדלה במקומות סגורים: מעלית כפות; מיכלי גריסה ניפוי ועירבול; סילו לאחסנת ביניים וסילו לאחסנת המוצר המוגמר.

בפרק על התעשייה הכימית, נסקרו בהרחבה מנגנוני ההצתה והפיצוץ של אבקות אורגניות ואוויר. הדיון בנושא אבקות אורגניות נכון גם לגבי אבק חקלאי, שגם הוא חומר אורגני.

בטבלה הבאה מוצגים ערכי הפציות של מספר אבקות מספוא:
 על פי מחקרים אשר בוצעו בסוגים שונים של אבק חקלאי ניתן לקבוע שעמילני תירס וחיטה הם המסוכנים ביותר מכל סוגי האבקות הנוצרות בתעשיית המזון (סומנו בטבלה על רקע כהה).

החומר	טמפי הצתה °C	אנרגיית הצתה מזערית (למחות) mJ	ריכוז אבק מיזערי g/m ³	לחץ פיצוץ מירבי p.s.i.g	קצב עלייה של הלחץ* psi/sec.
תירס	400	40	45	95	6,000
עמילן תירס	380	20	40	115	9,000
תערובת של אבקת גרעינים	430	30	55	115	5,500
לתת (malt)	400	30	55	115	5,500
עמילן תפוז	440	20	45	97	8,000
אורז	440	40	45	93	3,600
סוכר	350	30	35	91	5,000
קמח חיטה	380	50	50	95	3,700
עמילן חיטה	380	20	25	105	8,500
אבקת פחם	610	60	55	83	2,300

* עלייה מהירה של הלחץ, המתפתח בפיצוץ האבקה, משפיעה על תכנון מערכות פריקת לחץ. יש להתאים את זמן תגובתן לקצב עליית הלחץ. פריקת לחץ איטית מדי לא תצליח למנוע את החרבת המבנה

תיאור הפעילויות ותהליכי הייצור

מכון תערובת

מכון תערובת מייצר תערובות מזון לבעלי חיים: בקר, עופות, דגים וכד'. חומרי הגלם כוללים סוגי גרעינים, כוספה, קמח (קמח דגים, קמח נוצות וכד'), שמנים נוזליים, מינרלים ותרופות.

חומרי הגלם העיקריים מגיעים למפעל במיכליות או בקרונות רכבת. חומרים נוספים מסופקים באריזות קטנות יותר.

תהליך הכנת התערובות כולל: קליטה ושינוע של חומרי גלם, גריסת הגרעינים, שינוע החומר הגרוס, שקילה ומינון של תערובות, עירבול, שינוע תערובת מוכנה, כבישה לכופתיות, קירור, הפיכת הכופתיות לפירורים, העמסה ומישלוח.

התוצר: כופתיות כבושות בהרכב ידוע, בהתאם להזמנת הלקוח.
תנועת החומר במפעל: במכון תערובת ישנם מספר בורות קבלה, המשמשים לפריקה ממשאיות ומקרונות רכבת. הבורות מיועדים למינרלים, גרעינים וקמחים. תרופות וסוגי קמח מסוימים מתקבלים בשקים או בשקיות. השמנים מגיעים במיכליות או בחביות.

מהבורות מועבר החומר באמצעי שינוע שונים: מעלית כפות, מסועים אופקיים ואלכסוניים שונים, שינוע פניאומטי ושפיכה. חומרי הגלם נשפכים דרך מגנט ונפה גסה אל מסוע המעביר כל חומר לתא שיועד לו.

מהתאים מועברים הגרעינים לגריסה, ומשם בשינוע פניאומטי לתאים אופרטיביים - תאים לאחסון ביניים של גרעינים המשמשים לייצור הכופתיות. התאים ממוקמים מעל למערך השקילה והערבוב. רכיבי התערובת נשקלים ומועברים במנות למערבלים. מן המערבלים מועברת התערובת לכבישה, קירור והרטבה בשמן. הכופתיות המוכנות עוברות שבירה לגודל הנדרש, לפי סוג התערובת והצרכן, ואחר-כך מועברות לאחסון בתאי המישלוח.

בין השלבים השונים קיים, לפי הצורך, אחסון ביניים. אספקת התערובות ללקוח מתבצעת בדרך-כלל במיכליות. קיימת גם אפשרות לאספקה בשקים. במהלך הייצור עוברים חומרי הגלם 2-3 ניפויים, כולל הניפוי ביציאה מבורות הקבלה, וגם עוברים מספר פעמים על פני מגנטים.

בקווי השינוע ובמכונות הייצור קיימת שאיבת אוויר קבועה, היוצרת תת-לחץ של מספר ס"מ כספית. תת-לחץ זה מספיק כדי לינוק את האבק שנוצר בתהליך. האבק נתפס במסנני בד ומוחזר לתהליך הייצור. לכל אחד מקווי השינוע יש מערכות יניקה וסינון נפרדות.

ניפוי פסולת ברזלית: במעלית האנכית ובמסוע האופקי של תחנת המשלוח מצויים מגנטים - לסילוק פסולת מתכת ברזלית, חלקי מכונות קטנים, ברגים ושברי מתכת. **כבישת הכופתיות:** הכבישה נעשית בקיטור, לשיפור טיב הכופתיות וסטריליזציה של החומר. בגמר כבישת הכופתיות מועבר החומר למקררים המצויים מתחת לקומת המכבשים. לכל מכבש מחובר מקרר לקליטת הכופתיות. אל המקרר מוכנסות, **לעתים נדירות**, גם כופתיות שהתחממו במכבש לטמפרטורה גבוהה מאוד. הכופתיות הלוהטות עלולות להוות מקור חום להתפתחות בעירה של החומר במקרר (התפוצצות איננה רלוונטית). בעירה במקרר תזוהה על-ידי גששי הטמפרטורה. התראת אש במקרר המסוים יוצאת מחדר הבקרה לגורם האחראי לכיבוי.

קיימים מספר מרכיבים מרכזיים הנמצאים בפיקוח ובבקרה בתהליך הייצור:

- תאי האחסון מצוידים בגששי גובה, למניעת גלישה עקב מילוי יתר.
- מיכלי האיסוף של מסננות האבק מצוידים בגששי גודש, לניטור סתימות במסננת.
- מתבצעת השגחה על פעולתו התקינה של מנוע מפוח היניקה (רספירציה) וניטור פעולה תקינה של הסגר הסיבובי (air lock). אם מסיבה כלשהי מתרחשת תקלה במנוע המפוח, בסגר הסיבובי או בריקון האבק - פעולת הייצור תיעצר עד לתיקון התקלה.
- פתחי המעבר השונים מצוידים בגששים אלקטרו-מגנטיים, המשגיחים על פתיחה/סגירה תקינות של הפתח (שער/ברז) ומהווים תנאי הכרחי להפעלת קו הייצור.
- המסועים מצוידים בבקר לתנועות הרצועה, למעליות הכפות ולחלק ממסועי השרשרת.
- המכבשים מצוידים בבקרת זרם המנוע שלהם.
- בתהליך הייצור מתבצעת בקרת טמפרטורה בתאי האחסון וניטור לחות. חומרי הגלם מגיעים, בדרך-כלל, בלחות נמוכה יחסית (פחות מ-15%), כדי למנוע תסיסה של החומר. תסיסת החומר יוצרת חום אשר עלול להציתו.

מערך שווה פוטנציאל מוארק: כל תכולת המבנה במכון תערובת, כולל מכוונות, מסועים, מעליות, מיכלי אחסון וכיו"ב, צריכה להיות מערך שווה פוטנציאל מוארק. ניתן לקבוע אם המבנה הוא אכן כזה על-פי 2 הגורמים הבאים:

- המכוונות ומיכלי האחסון מקושרים באמצעות צנרת מתכתית-מוליכה. כאשר חלקים מהצנרת עשויים מחומר בלתי מוליך - יש ליצור רציפות חשמלית של הצנרת לכל אורכה, באמצעות מוליכי גישור חשמליים.
- כל המכוונות מקושרות להארקת הגנה של המבנה, באמצעות חיבור המנועים החשמליים לפס הארקות ולהארקת יסוד.

טחנות קמח

טחנת קמח עוסקת בטחינת גרעיני חיטה לקמח (לעתים טוחנים גם גרעיני שיפון) והפרדתם למוצרי לוואי. חומרי הגלם (גרעינים) והמוצרים (קמח ומוצרי לוואי) מאוחסנים בממגורות (סילו). שינוע הגרעינים נעשה במעליות כפות, חלזונות ורדלרים (מכוונות שינוע). הקמח ומוצרי הלוואי משונעים באופן פניאומטי, על-ידי מערכת יניקת ואקום. מיכלי האחסון ומערכות השינוע סגורים ומאווררים ולכן אין שחרור אבק לאוויר.

תנועת החומר בטחנה:

- הגרעינים מגיעים לטחנה במשאיות או בקרונות רכבת. אחוז הלחות בגרעינים הוא בין 10.5% ל-13%.
- לאחר ניקוי ראשוני של פסולת גסה וברזלית, מועברים הגרעינים מבור הקבלה, במעלית כפות או על מסוע, לאחסון בממגורות.
- ממיכלי האחסון מועברים הגרעינים ל"מִנְקָה". במִנְקָה מסולקים הגופים הזרים שאינם גרעיני חיטה. סילוק גופים זרים מהחיטה מתבצע, בשלב ראשון, על-ידי הזרמת הגרעינים על פני מגנטים וסילוק גופים זרים ברזליים. לאחר מכן - הפרדה במזרה, כולל הוצאת האבק, בעזרת אוויר ונפות רוטטות, לפי גודל ומשקל הגרעינים. ההפרדה בשלבי הניקוי הסופיים נעשית על פי ההבדלים במשקל הסגולי בין החומרים, וסילוק גופים השונים בצורתם מגרעיני החיטה. בתום תהליך הניקוי מתקבלים גרעיני חיטה נקיים, שלמים וכמעט ללא אבק.

תהליך הטחינה:

- החיטה הנקייה מועברת על-ידי מסוע לממגורה;
- החיטה מועברת לממגורת-ביניים, שם היא מורטבת. החיטה שוהה בממגורה במשך 12-14 שעות לצורך ריכוך לפני הטחינה. מערכת פיקוד מקבלת נתונים על מצב הגרעינים: טמפרטורה, לחות ומשקל סגולי. המערכת מוסיפה מים לגרעינים עד לקבלת הלחות הרצויה באמצעות פתיחה וסגירה של דיאפרגמה.
- הגרעינים נטחנים לקמח ב-11 שלבים. בכל שלב מנופה הקמח משאריות הגרעינים, ומועבר לאחסון. בשלבים הסופיים מועברים גם מוצרי הלוואי לאיחסון. החיטה מאבדת במהלך הטחינה כ-2% מהרטיבות שספגה בהשהייה הרטובה. בתום הטחינה מכיל הקמח לחות בשיעור של 14%-14.5%. שיעור לחות גבוה כזה מסייע להקטין את הדליקות של אבק חקלאי;
- הקמח ומוצרי הלוואי מועברים בשינוע פניאומטי לאחסון בממגורות;
- הקמח ומוצרי הלוואי מועברים מן הממגורה לשיווק לצרכנים, בתפזורת, בשקים ובשקיות;
- מילוי השקים והשקיות מתבצע בתחנה אוטומטית. הקמח נארז בשקיות. כל 12 שקיות נארזות בחבילה. החבילה מועברת על מסוע למישטח. המישטח הארוז מועבר לשיווק.

הנעת המכונות, המסועים, המעליות, המפוחים וכד' מתבצעת על-ידי מנועים חשמליים. העברת הכוח למערכות השינוע נעשית על-ידי הנעה ישירה או על ידי שרשרת הינע מפלדה. העברת הכוח למכונות הטחינה מבוצעת באמצעות רצועות "V" ורצועות שטוחות. כל רצועות ההינע מוליכות חשמל, ולכן אינן גורמות לצבירה של מיטענים אלקטרוסטטיים. דבר זה אומת במדידה של שדה אלקטרוסטטי בקרבת הרצועות, באחת מטחנות הקמח.

ניתוח אפשרות לקיום מנגנון כשל של פריקה אלקטרוסטטית

א. נשאן (Carrier) של מיטען אלקטרוסטטי

ייתכנו 2 סוגי נשאנים:

- טעינה א"ס של חומר הגלם עצמו, בעת ביצוע פעולה, הגורמת לשחיקה או לפירוק הגרעינים. טעינה זו איננה מהווה סיכון, מכיון שמוליכות החשמל של החומר והקיבול העצמי נמוכים יחסית.
- חדירה של עצם מתכתי בגודל (פיזי) המקנה לו קיבול חשמלי משמעותי. לדוגמה: למטבע של חצי שקל יש קיבול עצמי של כ-10pF. קיבול כזה יכול לצבור אנרגיה שתספיק להצתת אבק רגיש. אביזר מתכתי בסדר גודל כזה נטען במגע עם גרעינים טעונים.

ב. קולטן (Receptor) של מיטען אלקטרוסטטי

כל מבנה, כולל מיתקני הייצור המקושרים והמוארקים, מהווים קולטנים למיטענים אלקטרוסטטיים.

ג. תווך דליק או נפיץ

תערובות אבק חקלאי (אבק אורגני) ואוויר מהוות תווך דליק או נפיץ.

ניתן לקבוע בבירור את קיומם של שניים מ-3 המרכיבים הבאים:

מרכיב א' - טעינה אלקטרוסטטית של חומר הגלם בתהליכי שינוע, גריסה ומעיכה היא תהליך בלתי נמנע. ניתן למנוע בהצלחה טעינה אלקטרוסטטית של גופים מתכתיים "צפים" אשר עשויים לעבור פריקה אלקטרוסטטית אנרגטית, באמצעות מערך הניפויים של חומר הגלם.

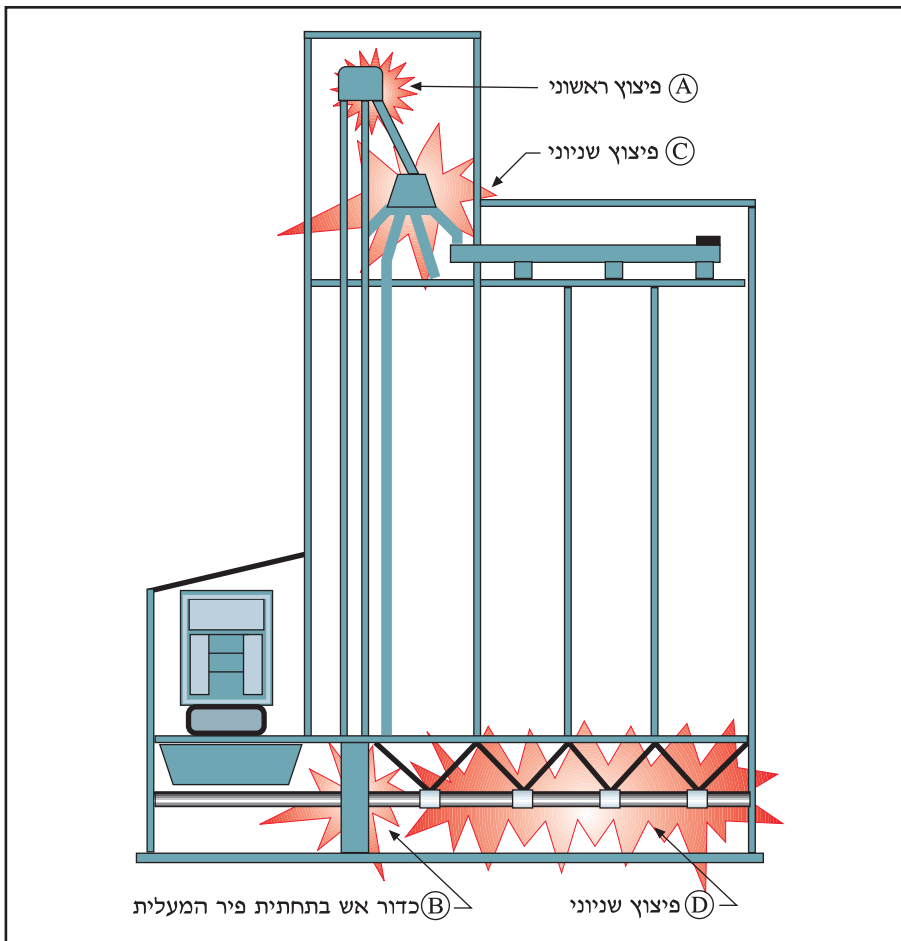
מרכיב ב' - כל מיתקני הייצור המתכתיים והמוארקים מהווים "קולטן" למיטענים אלקטרוסטטיים. מלבד פריקה א"ס ייתכנו מקורות הצתה נוספים שיש להתייחס אליהם, כגון: ריתוך, ניצוצות מאביזרים וממכשירים חשמליים, חיכוך רצועות הנעה, עישון ועוד.

מרכיב ג' - תווך דליק אשר עלול להיווצר במערך הצידוד. יש להשקיע מאמץ בניטרולו בכל תהליכי השינוע והייצור.

מניעת פיצוץ שניוני

פיצוץ ראשוני של אבק מתרחש בדרך כלל בסביבת צידוד השינוע, צידוד העיבוד, במיכלי האחסנה ובמיכלי איסוף האבק. מעלית הכפות לגרעיני מספוא היא המקום המועד ביותר לפורענות, עקב האבק המרחף הרב המתפתח בתוכה בעת השינוע. במרבית המקרים, פיצוץ ראשוני בתוך מיכל סגור יגרום לקריסת מבנה המיכל שבו מתרחש האירוע. הזעזוע שגורם הפיצוץ הראשוני, בצירוף שחרור לחץ גבוה (גלי הלם) גורם להזדעזעות הבניין ולפיזור אבק ניח הצבור על גבי קורות, קירות, רצפה ומכונות. האבק מתפזר באוויר ומתפשט בתוך המבנה. הפיצוץ הראשוני יוצר כדור אש אשר ניזון עם התפשטותו מתוספת "הדלק" שבתווך הדליק שבאוויר.

אנרגיית הבעירה והפיצוץ מתגברים במהירות ומביאים לאירוע הפיצוץ השניוני. הנזק העיקרי למבנה שבו אירע פיצוץ אבק נגרם בדרך כלל מהפיצוץ השניוני. איור 26 מתאר התפתחות פיצוצים שניוניים כתוצאה מפיצוץ ראשוני. הפיצוץ הראשוני מתחיל בנקודה A, כתוצאה ממעצור מכני במערכת ההינע של המעלית, או כתוצאה מאחת הסיבות הנוספות אשר עלולות לגרום להצתת ענן האבק. הצתת אבק בנקודה A משלחת כדור אש לנקודה B. להבות מנקודות A ו-B יוצרות הצתה של פיצוץ שניוני חזק יותר בנקודות C ו-D על-ידי אספקת מקור הצתה וגם "דלק".



איור 26: התפתחות פיצוץ שניוני של אבק

מניעת היווצרות אטמוספירה נפיצה

בכל התהליכים של הכנת הכופתיות במכון תערובת, ומוצרי החיטה בטחנת קמח - כגון קליטת חומרי גלם, עיבוד, ייצור, שינוע והעמסה - נוצרות כמויות גדולות של אבק. אבק מרחף באוויר יוצר תערובת נפיצה. בתעשייה הזאת אין אפשרות מעשית לאדש את האטמוספירה הנפיצה (לסלק ממנה את החמצן) על-ידי שימוש בגזים אדישים, כגון חנקן (N_2) או פחמן דו חמצני (CO_2). אין אפשרות לשטוף את החמצן מתוך מבנים סגורים שבהם נוצרת תערובת האבק והאוויר. ניתן למנוע דליקה ופיצוץ ב-2 דרכים:

- מניעת היווצרות מקור הצתה. ללא מקור הצתה לא יתקיים התהליך ההרסני.
- הפחתת כמות האבק המצויה בתוך חללים סגורים, אל מתחת לכמות האבק המיזערית הדרושה לקיום פיצוץ. שאיבת האבק נעשית על-ידי מערכת יניקת אוויר, דוגמת "ציקלון", הכוללת מסנני בד ומיכל לקליטת האבק. חומרי הגלם והתערובות נמצאים - ברוב שלבי העבודה - בחללים סגורים ייעודיים, כגון: מעליות; מכונות עיבוד; צינורות ומנהרות שינוע; אחסון בסילואים וכד'. לכידת האבק בחללים אלה מתבצעת באמצעות מסנני יניקה. פעילות תקינה של מסננים אלה היא תנאי הכרחי להפעלת כל מיתקן הייצור. האבק הנאסף בשרוולי הסינון מוחזר לתוך התהליך. יש לטאטא את האבק המשתחרר לאוויר ושוקע על רצפת קומות הייצור, ולפנות באופן קבוע ושוטף, כדי שלא ישמש דלק לפיצוץ שניוני.

- קיימות שיטות נוספות להקטנת כמות האבק המרחף באוויר:
 - הוספת שמן מינרלי או שמן סויה לגרעיני המספוא.
 - ניקוי הגרעינים מאבק וניפוי גרעינים שבורים המייצרים אבק, בשלבים המוקדמים של תהליך העיבוד.
 - שינוע "עדין" של הגרעינים, כדי למנוע את שבירתם ושחיקתם.
 - יצירת ערפל מים בתוך חלל סגור.

תהליך פינוי אופייני של אבק במכון תערובת

שאיבת האבק ואיסופו נעשים באמצעות יניקת ואקום. האבק נחסם על-ידי מסננים מבד אנטיסטטי המכיל כ-3% סיבים מוליכי חשמל. לתוך המסנן נשלחת, באופן מחזורי, פעימת לחץ נגדית המנערת את האבק מבד הסינון. האבק הנושר נאסף לתוך מיכל צבירה וממנו הוא ממוחזר לתוך התהליך. במסנני הציקלון פועל שסתום סיבובי השומר על תת-הלחץ בתוך מיכל השאיבה והסינון. לחיישן "גובה אבק" בתוך מיכל האיסוף מחובר בקר ממחשב, לצורך קבלת התראה על אי-פינוי האבק מהמיכל. הבקר מונע את המשך תהליך הייצור, במקרה שמיכל האיסוף מתמלא בעקבות תקלה כלשהי. המשך התהליך מתאפשר לאחר פינוי האבק מהמיכל ותיקון התקלה שגרמה לאי-מיחזורו של האבק.

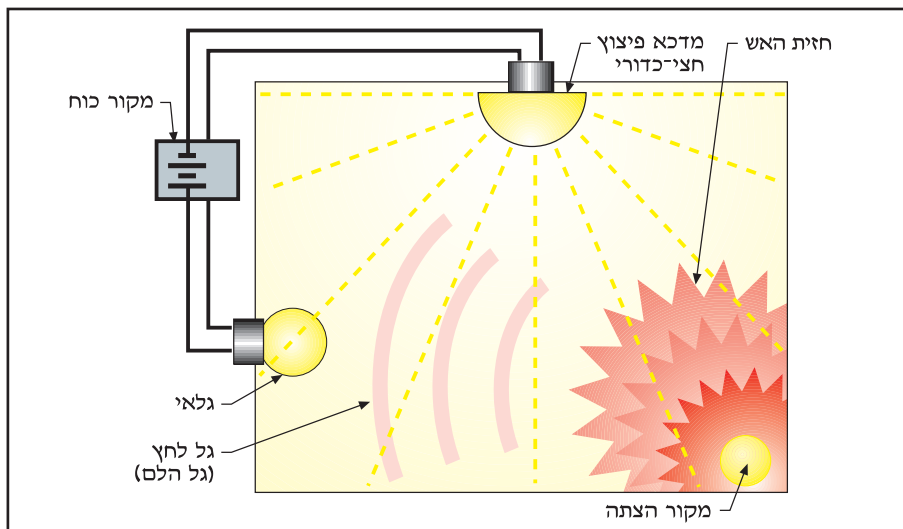
תקלה באחת ממערכות הייצור החיוניות או הבטיחותיות, יוצרת הדממת חירום של התהליך. מערכת הבקרה מבצעת הדממת חירום "מסודרת", כלומר: מערכות היניקה והאיוורור יוצאות אחרונות ונכנסות ראשונות לפעולה. התהליך טורי, ומבטיח את קיום כל תנאי הבטיחות, לפני שינוע החומר והיווצרות האבק. בבורות הקבלה נוצר אבק רב בעת פריקת חומרי הגלם ממשאיות או מקרונות רכבת. יש להקפיד שפריקת החומר לתוך הבורות תיעשה כאשר לפחות פתח אחד של המבנה הניצב מעל הבור, פתוח לרווחה.

כללי תיכון של מבנה לאחסון ולעיבוד גרעיני מספוא

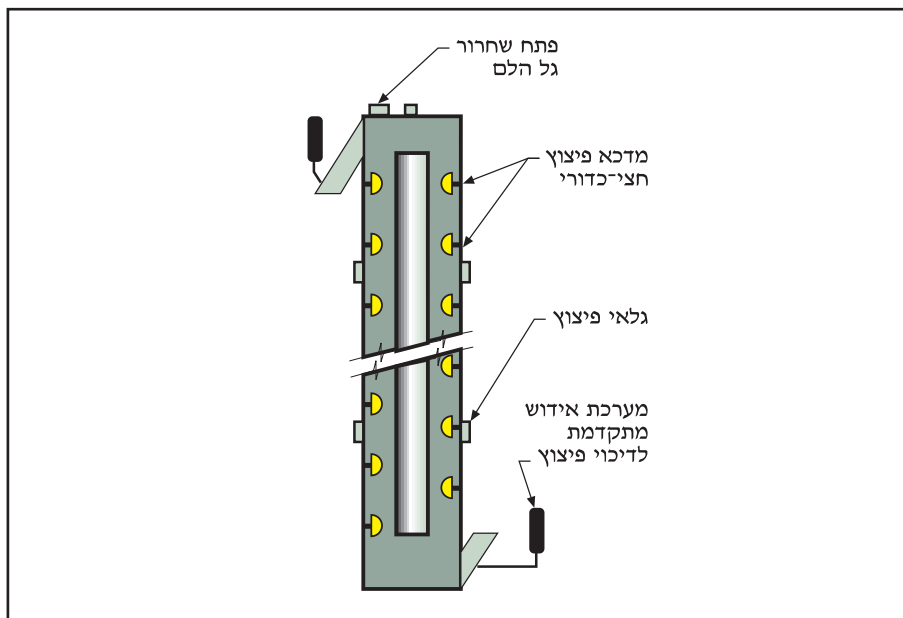
תיכון הלוקח בחשבון את הכללים שבהמשך, עשוי להפחית, משמעותית, את סיכוני כשל הפריקה האלקטרוסטטית:

- א. הוצאת מעליות כפות אל מחוץ למבנה.
- ב. התקנת מטחנות וציוד טחינה בשטח מבודד.
- ג. התקנת מערכות איסוף האבק (ציקלון) ומיכלי איסוף האבק מחוץ למבנה.
- ד. התקנת מדפי חסימה (turnheads) במעברי החומר (צנרת ותעלות). המדפים מאפשרים מעבר של החומר באמצעות פיקוד מרחוק, כאשר כל שאר המעברים הבלתי מנוצלים חסומים. התקנת מדפי החסימה נועדה למנוע את התפשטות כדור האש מנקודת הפיצוץ הראשוני, דרך מעברי הצנרת והתעלות, אל המיכלים. ה. העלאת לחץ האוויר בחלקים של המבנה או במבנה כולו. שיטה זו מקובלת בעיקר בטחנות קמח.

1. התקנת מדכאי פיצוץ באזורים מועדים לפרענות, כגון מעליות, ציוד ניפוי ועיבוד וקולטי אבק. איורים 27 ו-28 מציגים סכימה עקרונית של מערכת לדיכוי פיצוץ, המבוססת על התזת חומר כימי "מדכא אש" מתוך חצי כדור, המותקן באופן המבטיח כיסוי נרחב. מהירות התגובה של המערכת היא 5-10ms (אלפיות השנייה). טווח התזת החומר המדכא מגיע עד 15 מטר.



איור 27: מערכת חצי כדורית לדיכוי פיצוץ



איור 28: התקנת חצאי כדורים לדיכוי פיצוץ במסוע אנכי