



טבע תעשיות פרמצבטיות בע"מ



סיכוני הצתה ונפיצות באבקות אורגניות

דורון גודר,
מחלקת הנדסה ופרוייקטים,
TAPI ישראל,
מאי 2012



**המפעל כולו נהרס כתוצאה
מפיצוץ של תרחיף אבקת
פוליאתיילן . הצטברות של אבקת
פוליאתיילן מעל התקרה
האקוסטית באזור הייצור ספקה
את חומר הדלק לפיצוץ המשני**





סדרת פיצוצי אבקת שרף במפעל

CTA Acoustics, Inc Corbin, Kentucky (USA)

7 הרוגים +27 פצועים) 20/2/2003



במפעל זה השתמשו באופן שגרתי באוויר דחוס בכדי לנקות קווי ייצור וכתוצאה מכך נוצרו כדבר שבשגרה ענני (תרחיפי) אבקות. הצתת תרחיפי אבקות אלו גרמה לפיצוץ.



שינוע פניאומאטי גרם לפריקת
חשמל סטטי ולניצוץ שהצית
את אבקת האלומיניום. הפיצוץ
המשיך מקולט האבק, דרך
התעלות בחזרה לאזור הייצור.
ערימות האבקה שהיו בתעלות
גרמו לסדרת פיצוצים משניים
שבסופו של דבר גרמה להעפת
גג המבנה ולשריפה אדירה
ולהרס מוחלט של המבנה.

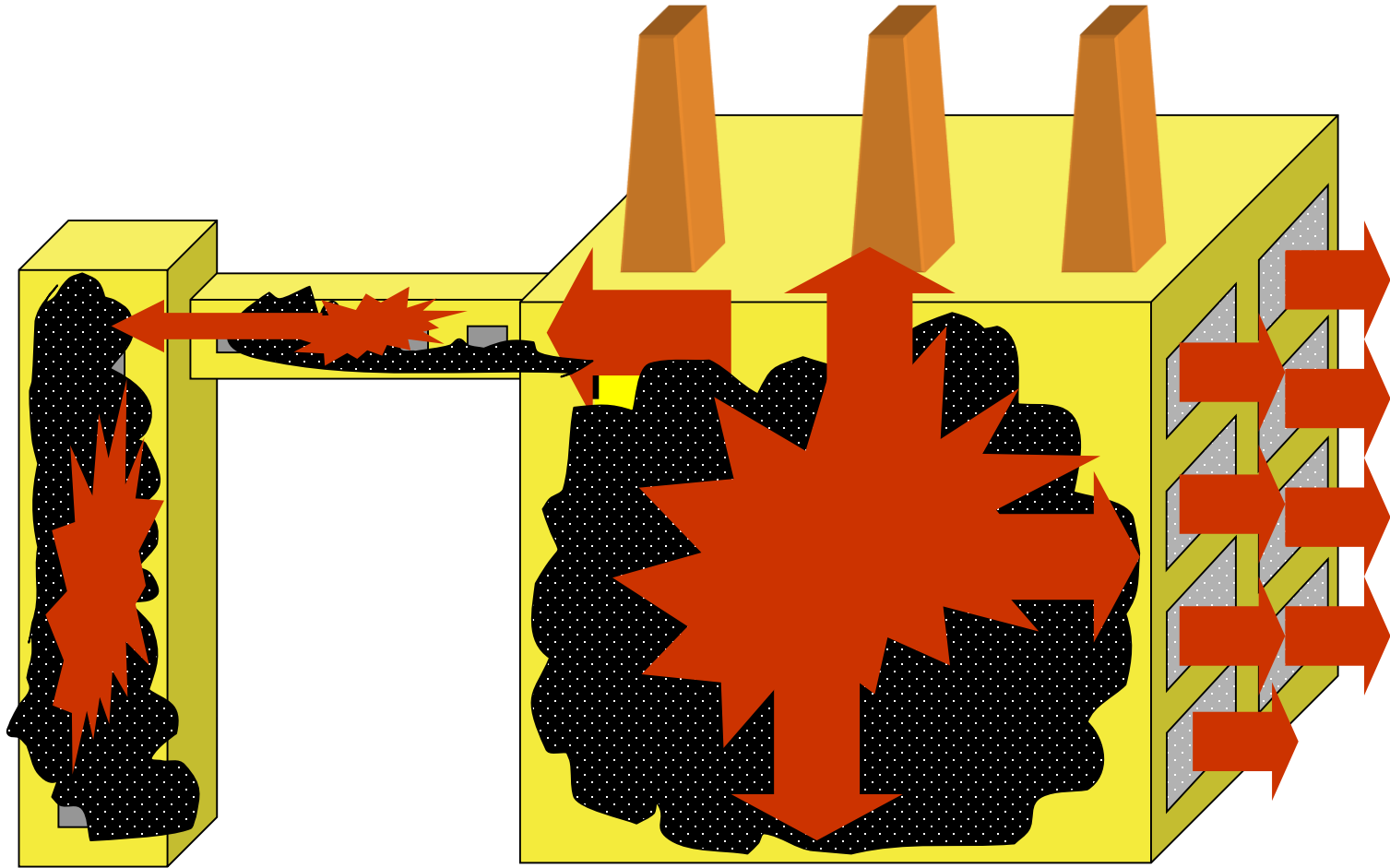
- נטיה לתגובה עם חמצן – דליקות.
- טמפ' הצתה באבק מרחף – בד"כ נמוכה מאבקות דליקות אחרות – דוגמת אבק מתכת קלה.
- אבקות – שטח פנים גדול מאוד. באבקות גבישיות אורגניות צורת הגבישים בעלת שטח פנים סגולי גבוה יותר בד"כ.
- התנגדות – לאבקות אורגניות יש נטיה טבעית להתנגדות חשמלית גבוהה. לחות סביבה אינה משפרת מהותית את תכונות המוליכות של האבקות, בשונה בדרך כלל ממוצקים אנאורגניים.
- טריבואלקטריות - אבקות אורגניות מאופיינות במולקולות גדולות מאוד. בדומה לפולימרים יכוך מוצקים עם מולקולות גדולות נוטה לייצר מטענים סטטיים ברמה גבוהה יחסית למוצקים אנאורגניים.



- התאונות נדירות מאוד, אחת לכמה עשרות שנים
- רוב ההצתות מסתכמות באירוע אש מוגבל המתכלה מעצמו
- לעתים נדירות מתפתח פיצוץ אבק הגורם לפיזור של אבקה בחלל גדול (פיצוץ משני), הפיצוץ המשני הנו בעל פוטנציאל לגרום לנזקים עצומים ברכוש ובנפש.
- נדירות תאונות אבק גורמת לא אחת לתחושת ביטחון מוטעית "אצלנו זה לא קורה".



פיצוץ ראשוני ומשני



דוגמא להצטברות אבק דליק שתרמה לפיצוץ השניוני



Figure 34. Dust accumulation on roof trusses.



נלקח מתוך דו"ח חקירת הפיצוץ ב- HAYES LEMMERZ INTERNATIONAL-HUNTINGTON, INC. אירוע בו נהרג אדם אחד ושישה נפצעו.

הרגישות של החומר להצתה

- מאפייני ההצתה של החומר – Spatula test, Tube test
- אנרגיית ההצתה המינימלית באבק מרחף – Minimum Ignition Energy (MIE)
- טמפרטורת ההצתה העצמית באבק מרחף – Minimum Ignition Temperature (MIT)
- טמפרטורת ההצתה של שכבת אבק סטטית – Layer Ignition Temperature (MIT)

פוטנציאל של הצתה / פיצוץ

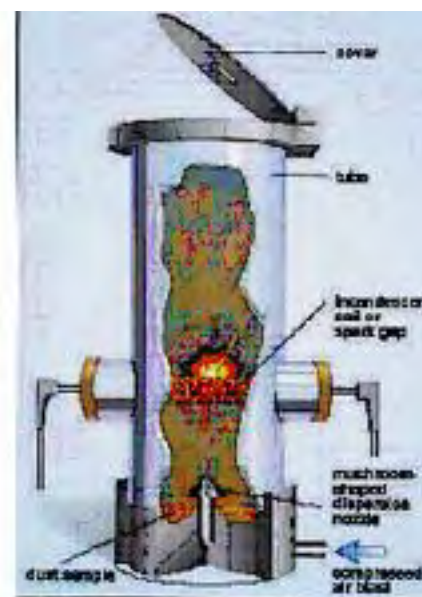
- באבקות אורגניות – יציבות החומר ותוצרי הפירוק – DSC or TGA tests
- עלית הלחץ המקסימלית העלולה לתקבל - P_{max}
- קצב עלית הלחץ המקסימלית בחלל סגור העלולה להתקבל – K_{st}

- מבחינה כימית החומר לדוגמה הנו חומר מייצג לתהליך.
- רצוי למפות את החומר בבדיקה אנליטית לכל אי ניקיון / ממס שאריתי. כאלטרנטיבה ניתן לבצע בדיקת יציבות כימית (DSC / TGA) ולחפש את כל האקסטרמות בחומר.
- החומר לדוגמאות לבדיקת רגישות יהיה חומר בעל החלקיקים הקטנים ביותר בתהליך. החברה המבצעת תנפה את החומר לפרקציות הקטנות ביותר.
- הדוגמה תיובש עד רטיבות חופשית $>0.2\%$



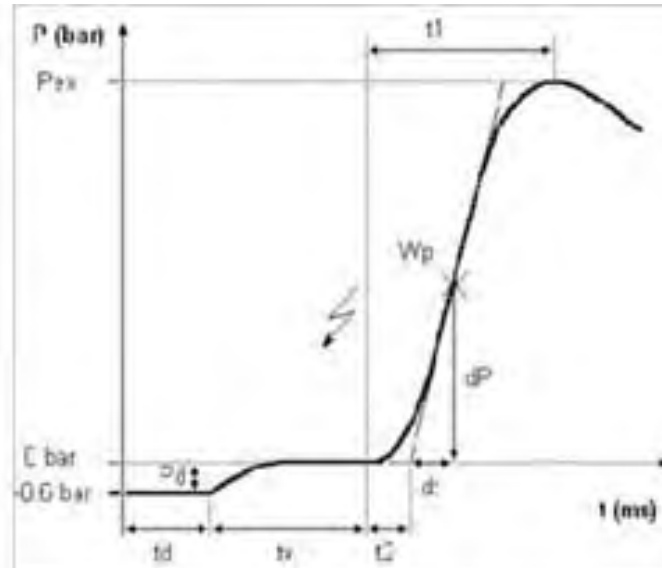
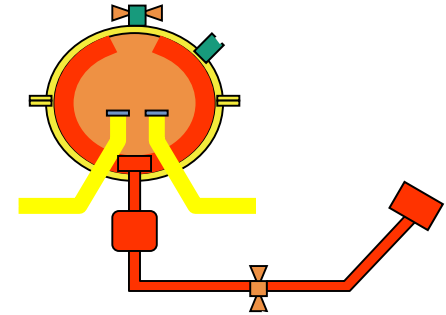
Minimum Ignition Energy (MIE)

- The minimum energy requires to ignite air born dust
- Measured in miliJule (mJ)
- Measure conducted on vertical tube, air dispenser and sparking electrodes.



רמת רגישות	אנרגיית הצתה
רגישות נמוכה	> 500mj
נדרשת הארקה למכשור כאשר אנרגיית ההצתה 500mj או פחות.	500mj
נדרשת הארקה למכשור ולעובד כאשר האנרגיה 100mj או פחות.	100mj
רוב מקרי ההצתה מתרחשים מתחת לאנרגיה זו, יש להתייחס לסיכונים כתוצאה מטעינה אלקטרוסטטית באבק.	25mj
רגישות גבוהה להצתה, יש לנקוט בכל אמצעי הזהירות הנ"ל, עדיפות לשימוש בחומרים שאינם מבודדים ע"מ למנוע טעינה אלקטרו סטטית. סיכון גבוה כתוצאה מטעינה אלקטרו סטטי בצובר ברגישות גבוהה במיוחד אם התנגדותו גבוהה מהסף הנדרש.	10mj
רגישות גבוהה מאוד לבערה יש לנקוט באמצעי זהירות קיצוניים כמו נוזלים וגזים דליקים.	1mj

$$K_{ST} = \frac{dP}{dt} (V_{test})^{1/3}$$





IS EXPLOSIVELY DANGEROUS

THE
MILL
MUTUALS

USE YOUR HEAD . . . BE A SPIC 'N' SPAN HOUSEKEEPER

Conditions for an Explosion





- אבקה דליקה
- שאריות של ממסים אורגניים
- כמות הנדרשת ליצירת פיצוץ ראשוני – 20-50 גרם למ"ק
- הגדלת חלקיקים – מקטינה את שטח הפנים הסגולי לריאקציה
- תוספת מעכבי בעירה – במידת האפשר
- הוספת תוספים אינרטיים בשלבים מוקדמים – אם ניתן תהליכית.

- פריקה של קו שינוע פנאומטי
 - נפילה חופשית מנקודות הזנה
 - זרם אוויר אקראי מעל לחומר אבקתי
 - המשותף לכולם – חלקיקי אבקה מעורבבים באוויר ויוצרים ענן אבק.
-
- הקטנת מהירויות למינימום – צמצום הטורבולנציה עם אוויר
 - צמצום גבהי נפילה חופשית ככל האפשר – שימוש במאיט זרימה
 - שמירה על לחות יחסית בינונית עד גבוהה בסביבה

- שינוע והזנה בסביבה אטמוספרית – חמצן זמין באוויר
- חומרים לא יציבים שתוצר פירוק שלהם הוא חמצן.

- דילול חמצן באוויר על ידי אינרטיזציה (חנקן, ארגון, CO_2)



- הצתה בחלל סגור תיצור עלית לחץ מהירה.
- ערכי הלחץ הנבנים בחלל סגור יכולים להגיע ל 9-12 Bar
- סיכוי גבוה לנזק מבני והתפרקות החלל – רסיסים.
- יצירת להבה כיוונית בעוצמה גבוהה מאוד.

- יצירת פתחי שחרור לחץ לכוון מוגדר ובטוח
- חיזוק הכלי למניעת התפרקות ונזק לסביבה
- לשקול מערכת פתוחה ומוגנת במקום מערכת סגורה.

- קצר חשמלי
- חיכוך של ציוד ממונע, משטחים בטמפ' גבוהה.
- להבה גלויה, נתז מאימפקט על מתכת, ריתוך או גצים מהשחזה וחיתוך מתכת
- חשמל סטטי – פריקת מטען
- תגובה אקסותרמית בלתי נשלטת.

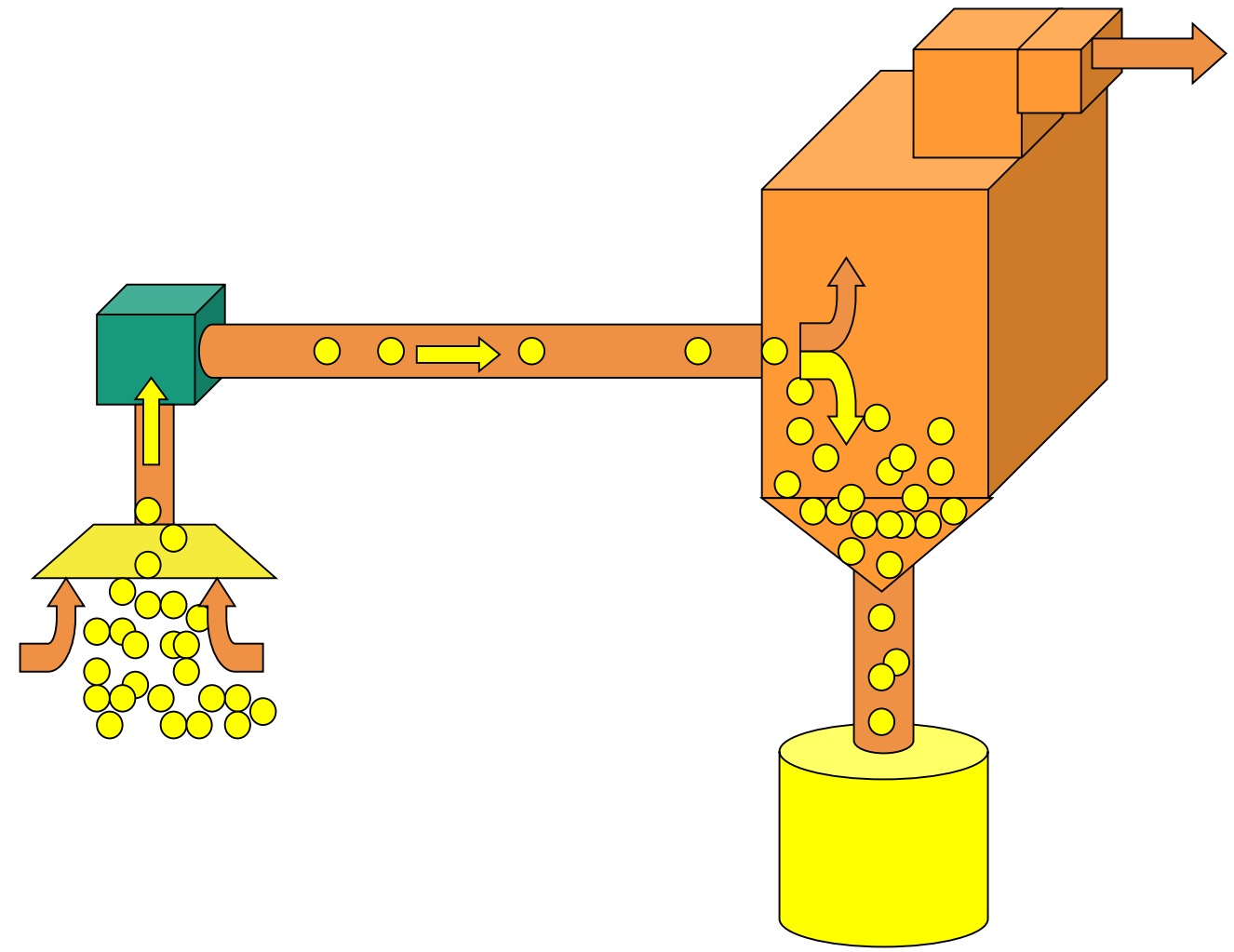
- שימוש בציוד מוגן פיצוץ
- אטימה ובידוד של מערכות הנעה במהירות גבוהה,
- הרחקת מקורות אש גלויה וביצוע קירות חסימה למניעת גצים ונתזים
- הארקת ציוד, שימוש בחומרים מתכתיים ואנטיסטטיים, פורקי מטען וכו'.



שיטות למניעת פיצוץ ציודים תהליכיים

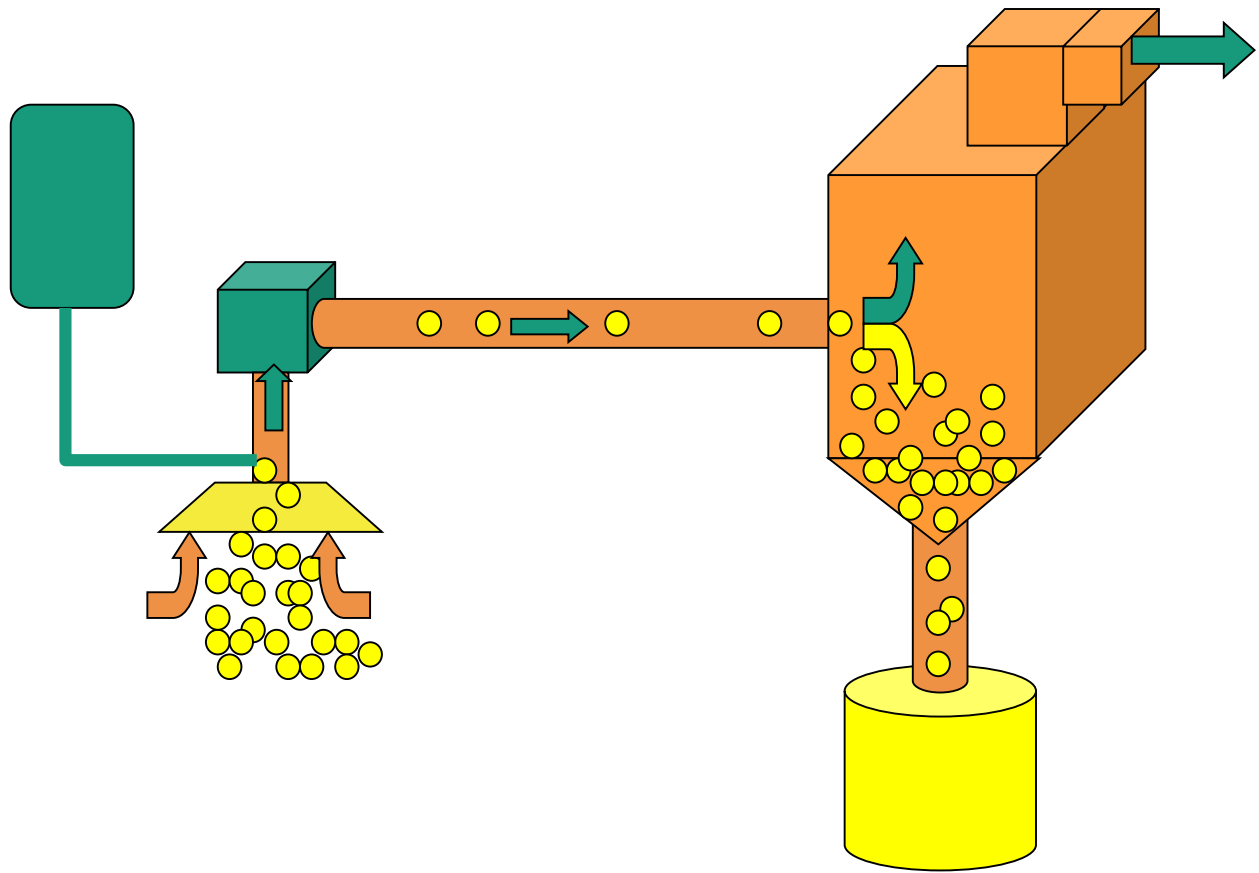


מתקן להפרדת אבקה

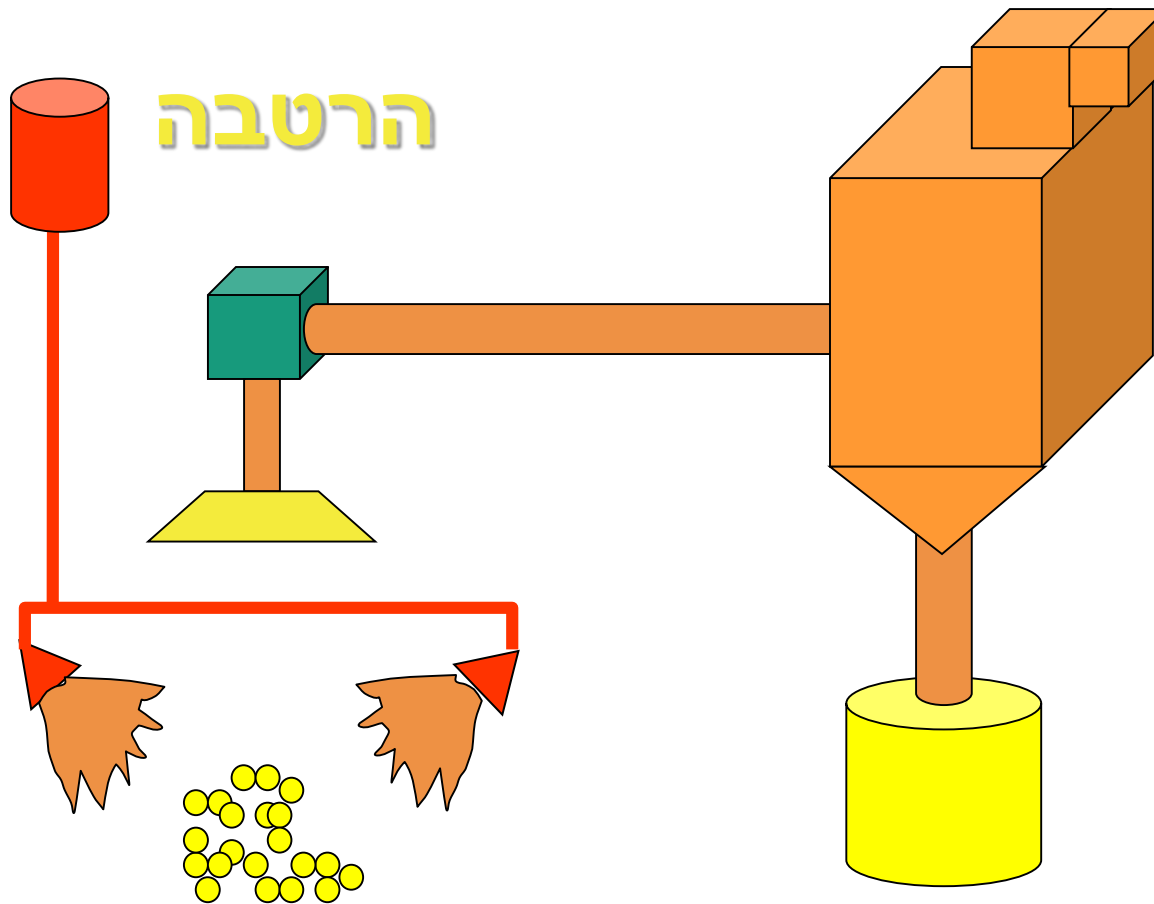




דילול חמצן בגז אינרטי

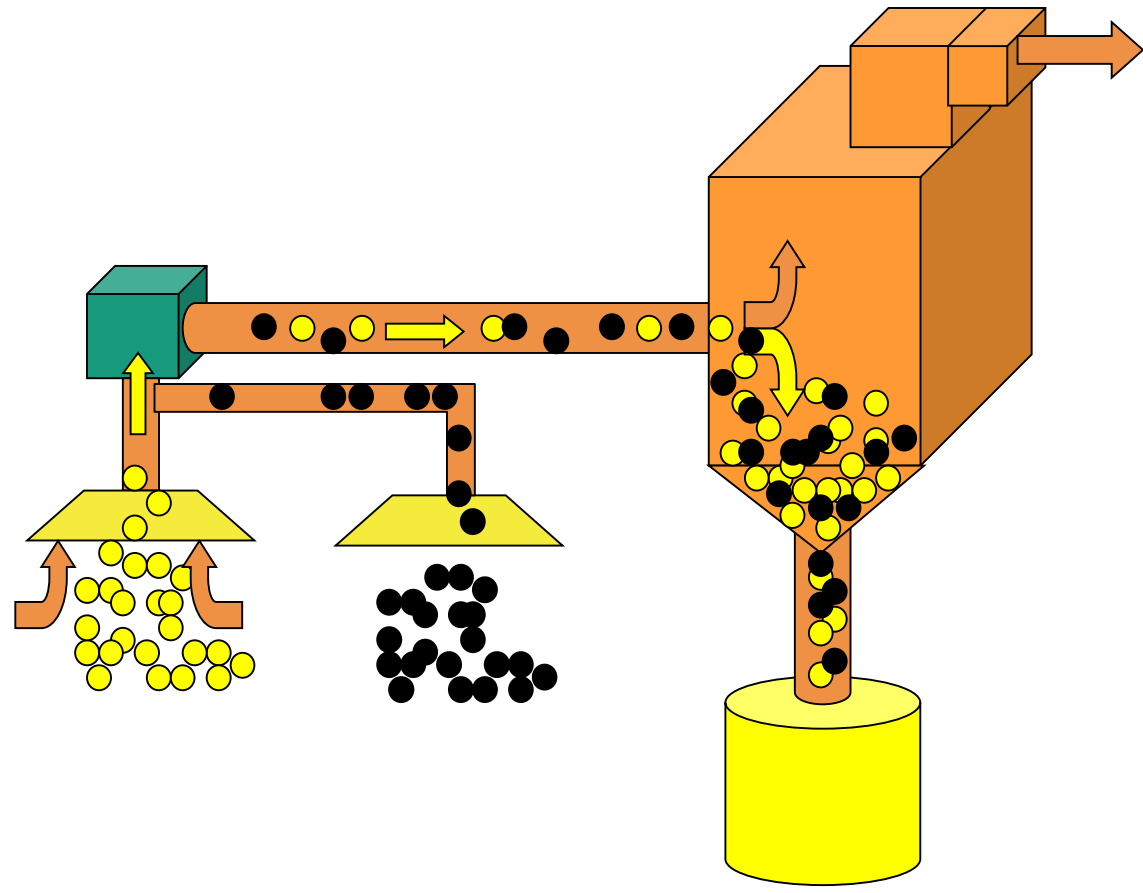


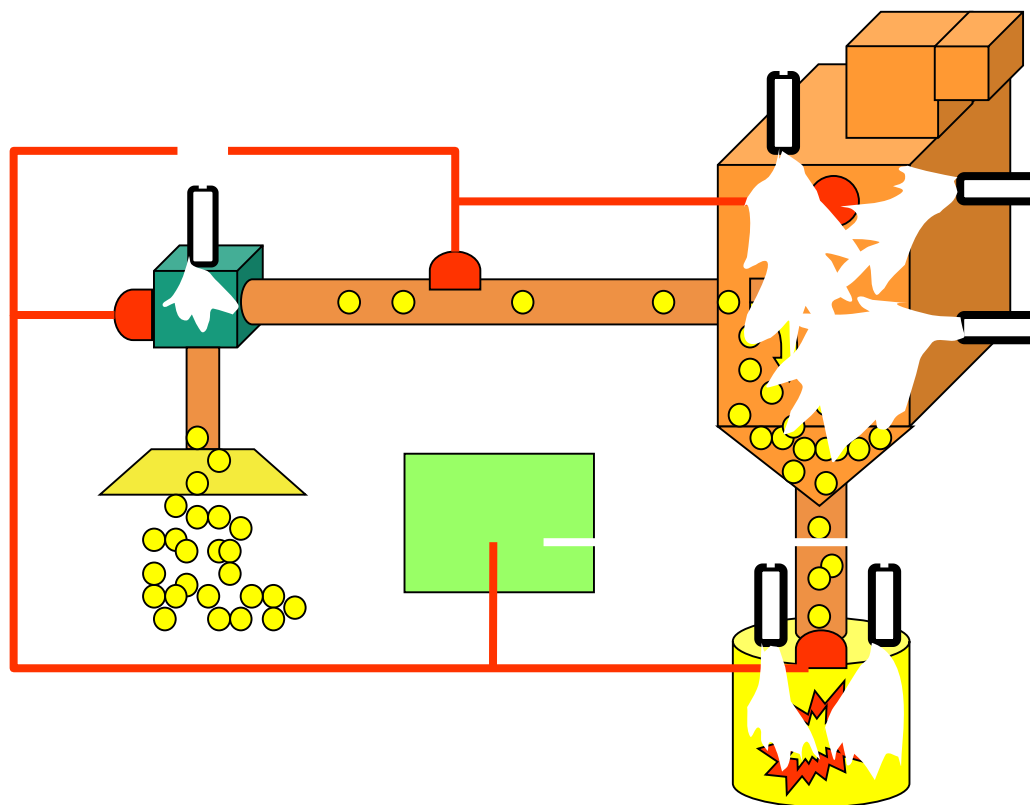
שיטת הרטבה / הלחה

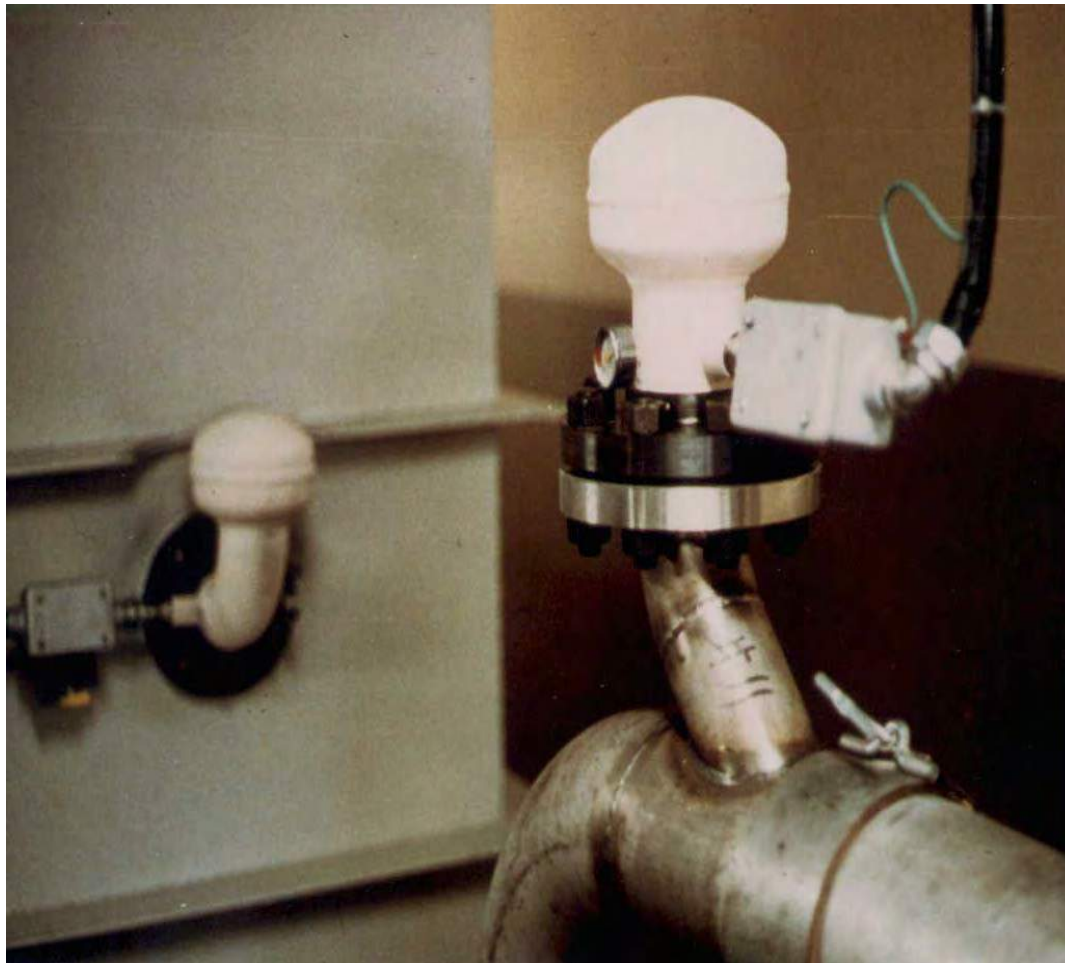




ערבוב עם חומר בלתי דליק

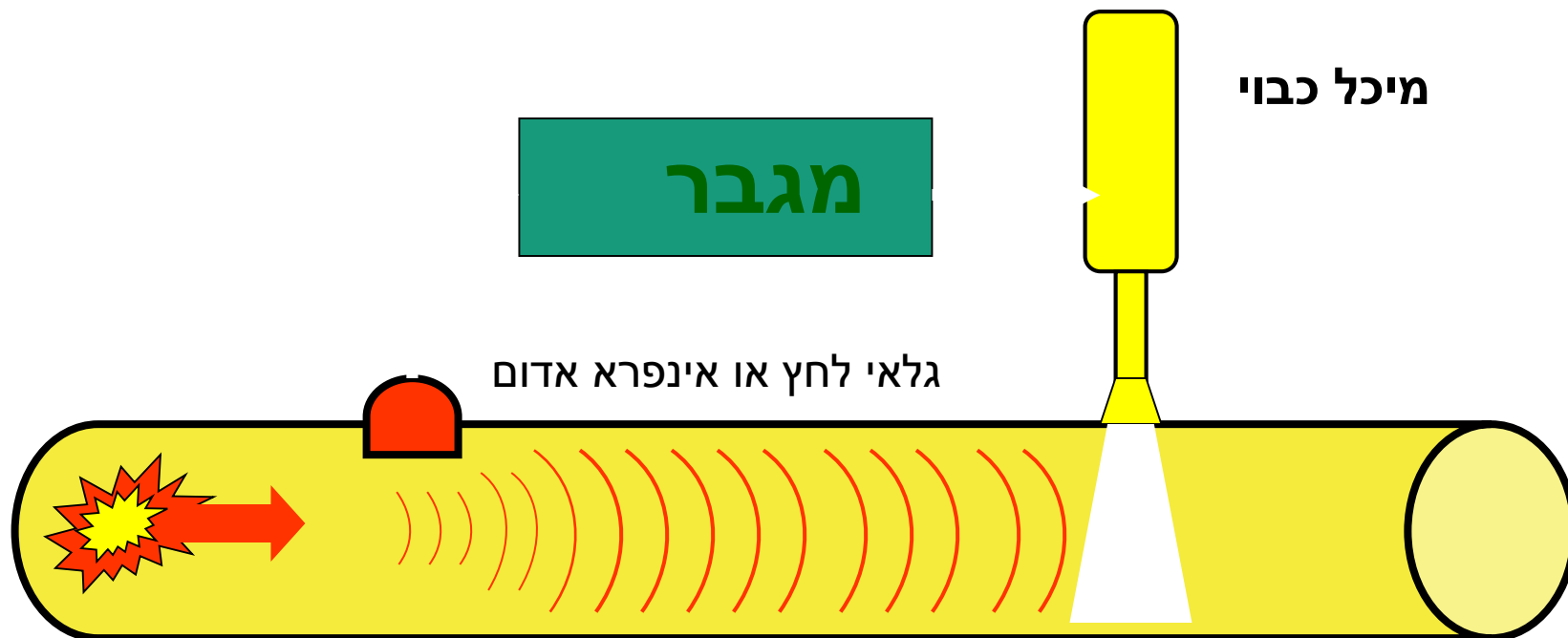


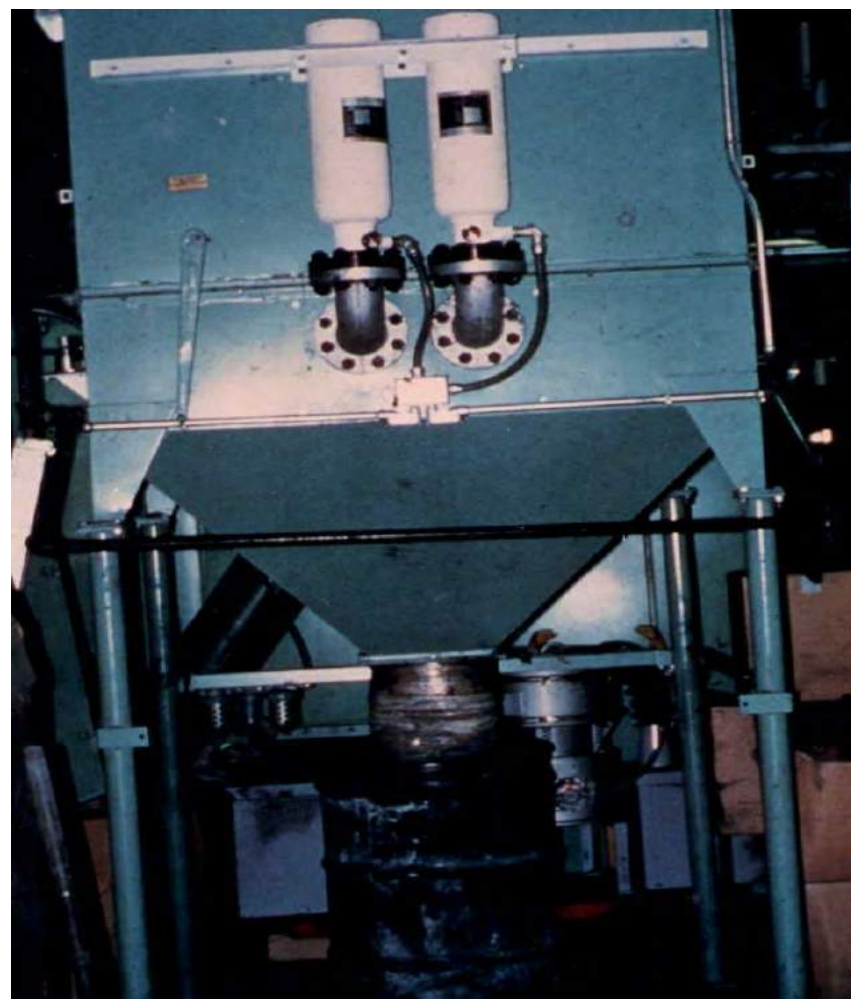






שימוש במיכל כבוי





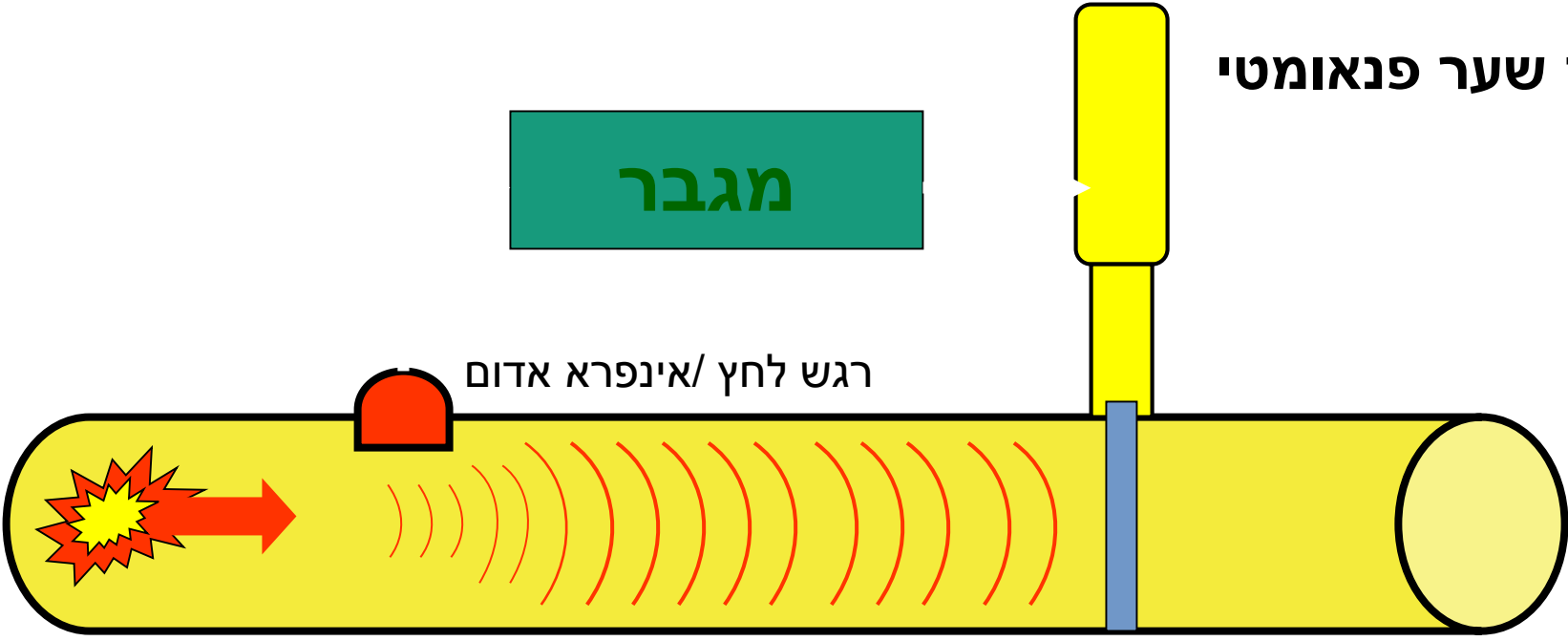


שימוש בשער פנאומטי

ברז שער פנאומטי

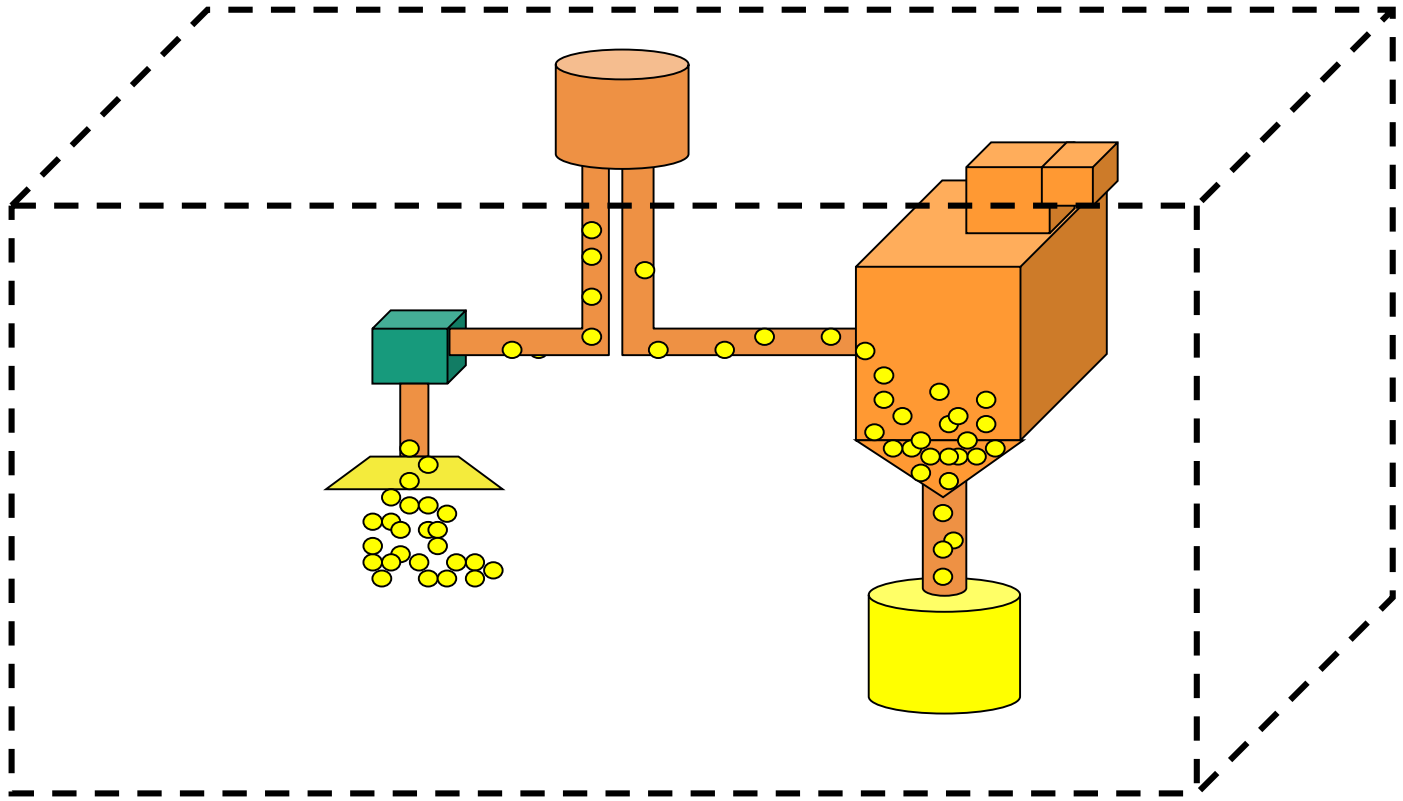
מגבר

רגש לחץ / אינפרא אדום





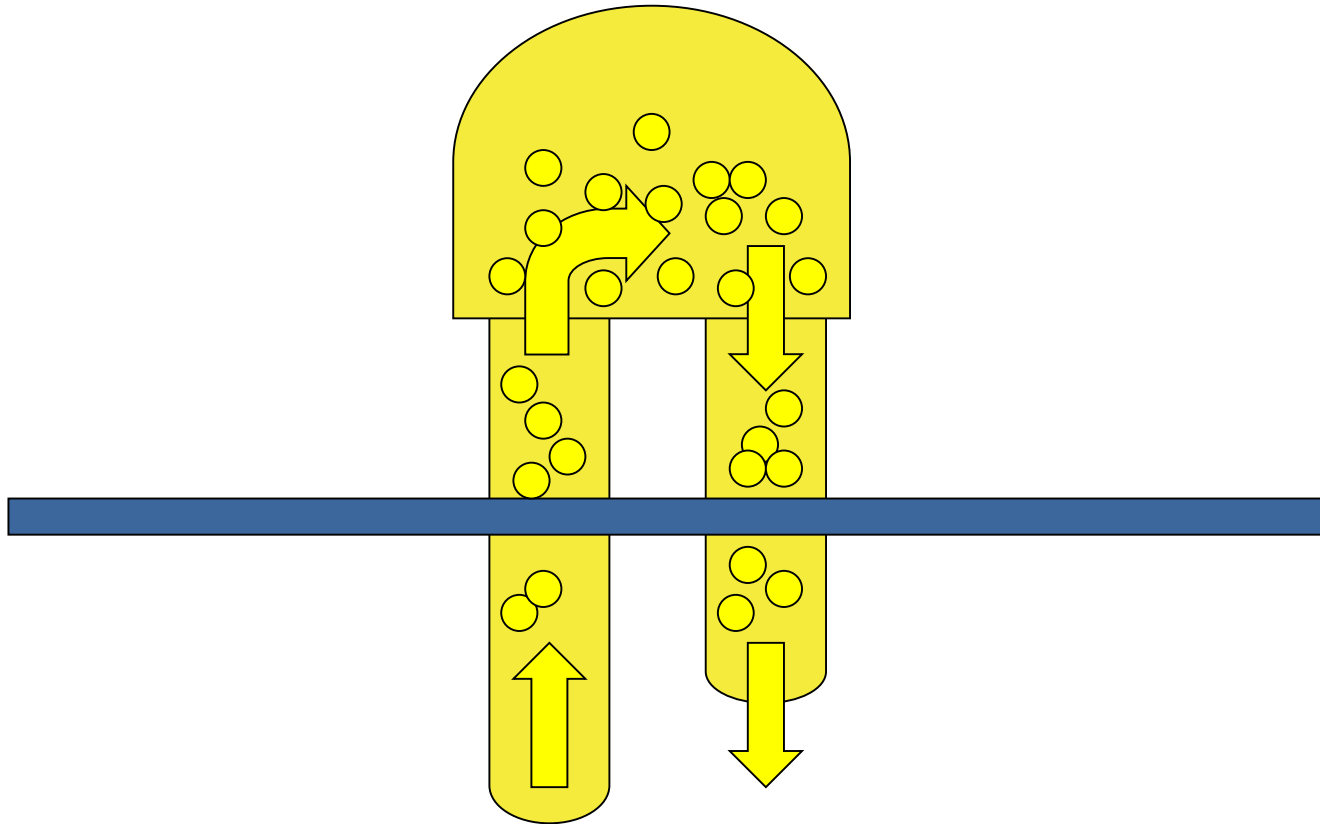
בידוד המערכת





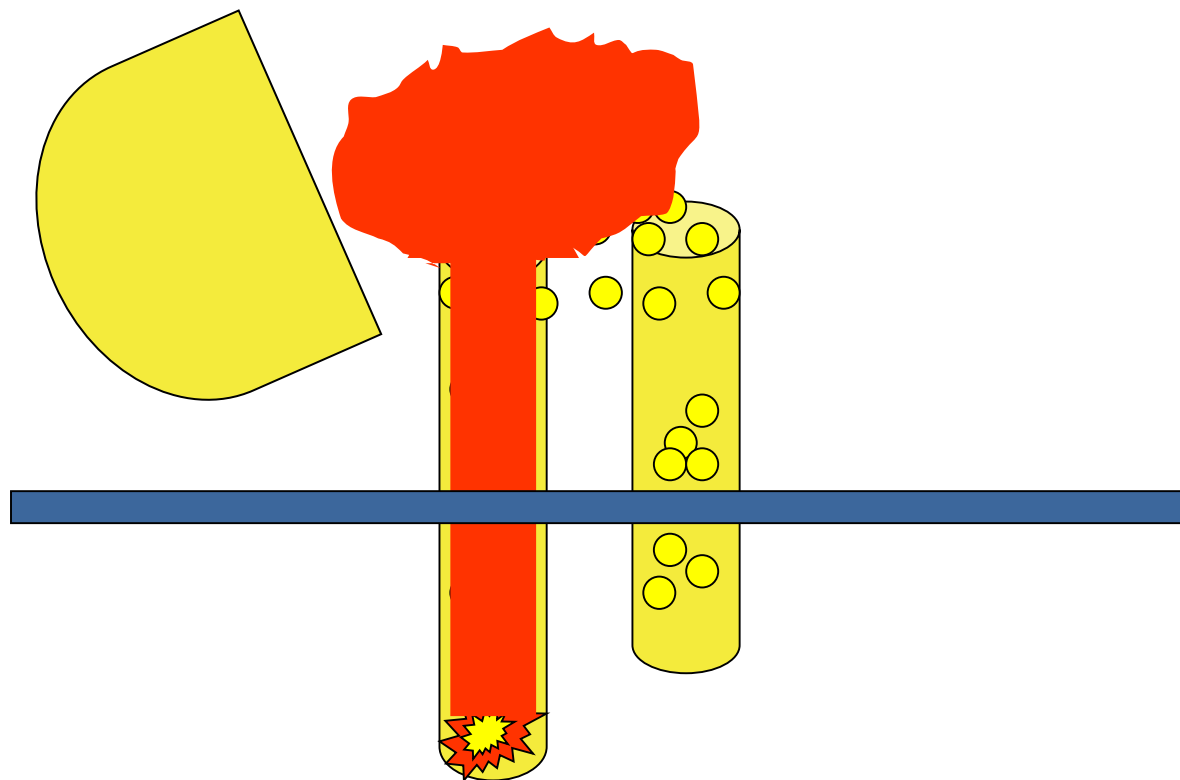
הוצאת המערכת מחוץ למבנה

בידוד





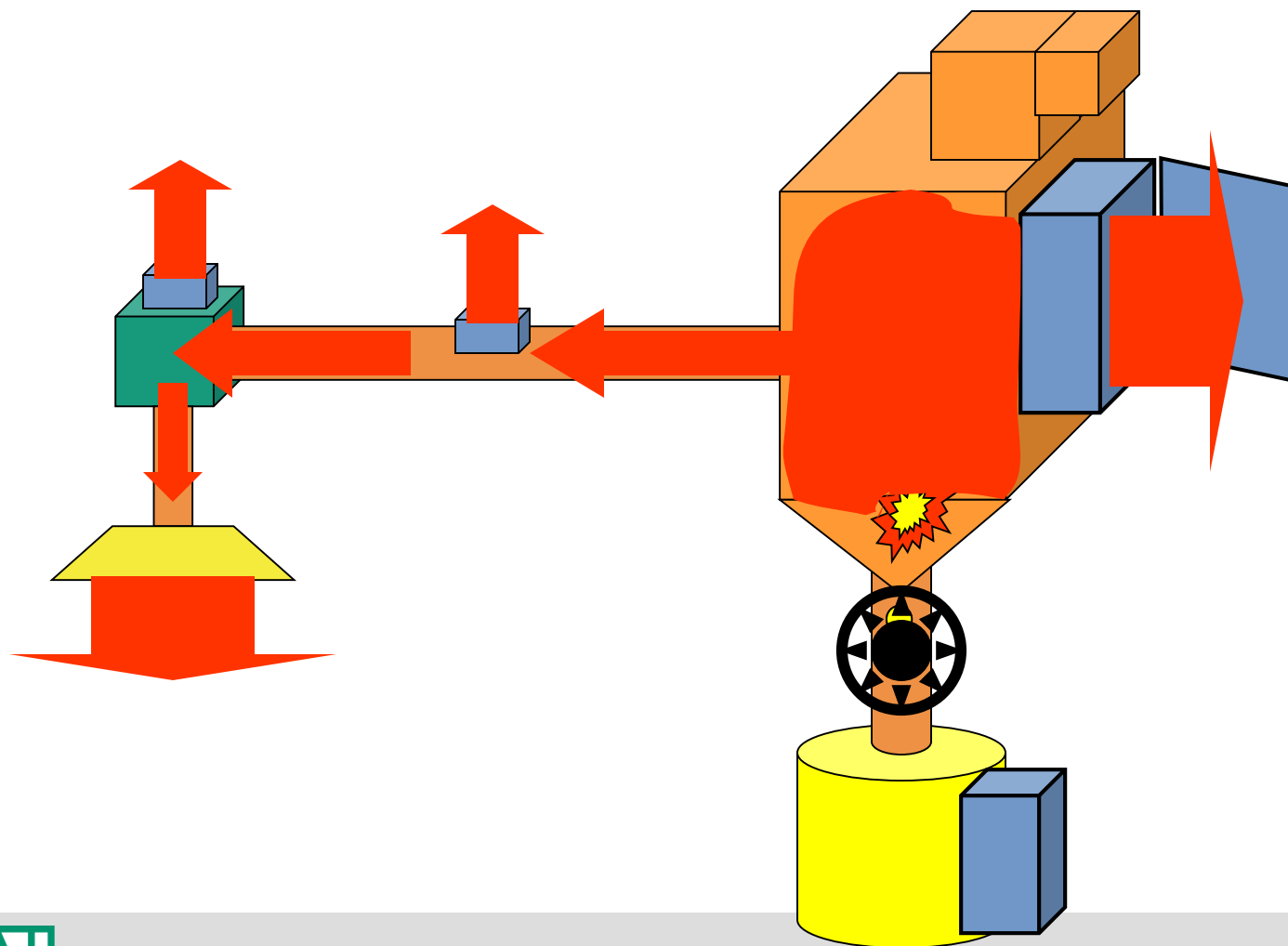
סכמה למערכת מחוץ למבנה בזמן שריפה



**הלהבות, לחץ ותוצרי השריפה משתחררים בצורה
בטוחה אל מחוץ למבנה**



DLC= Damage Limiting Construction





תמונה למבנה מגביל נזק



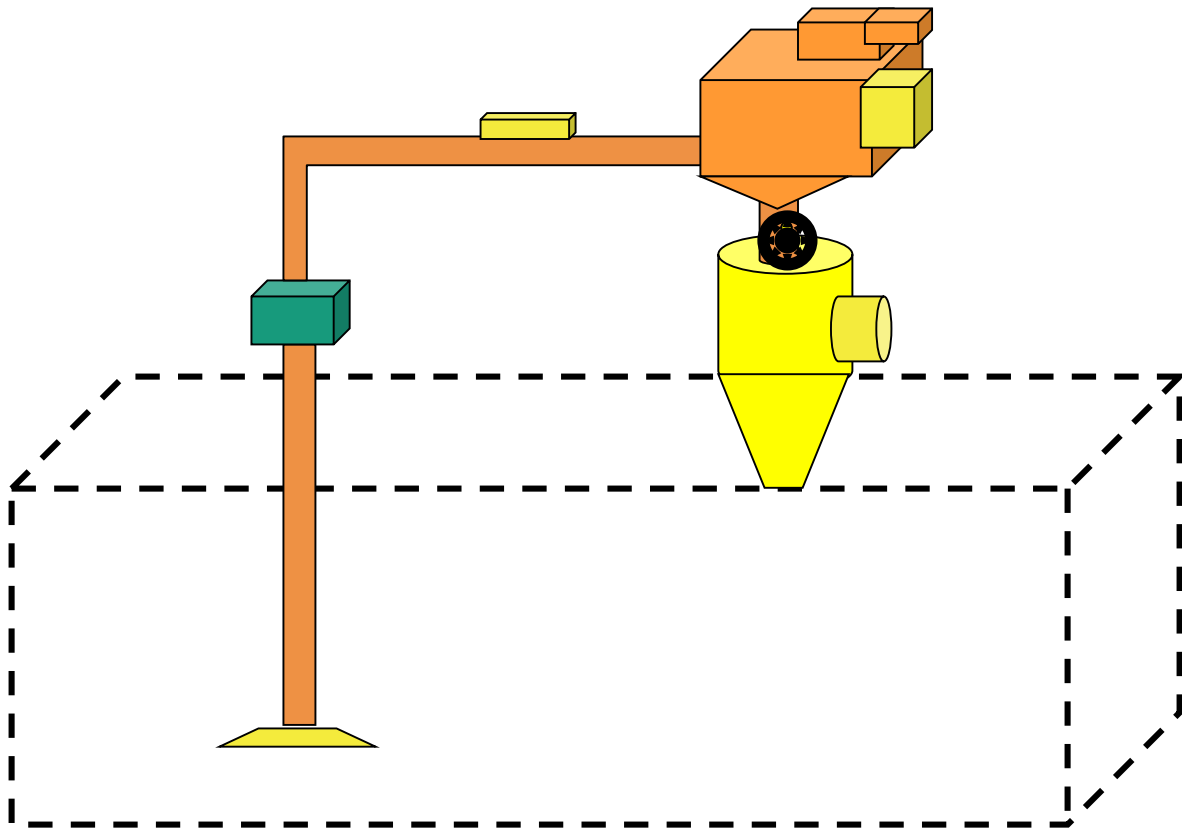


תמונה למבנה מגביל נזק



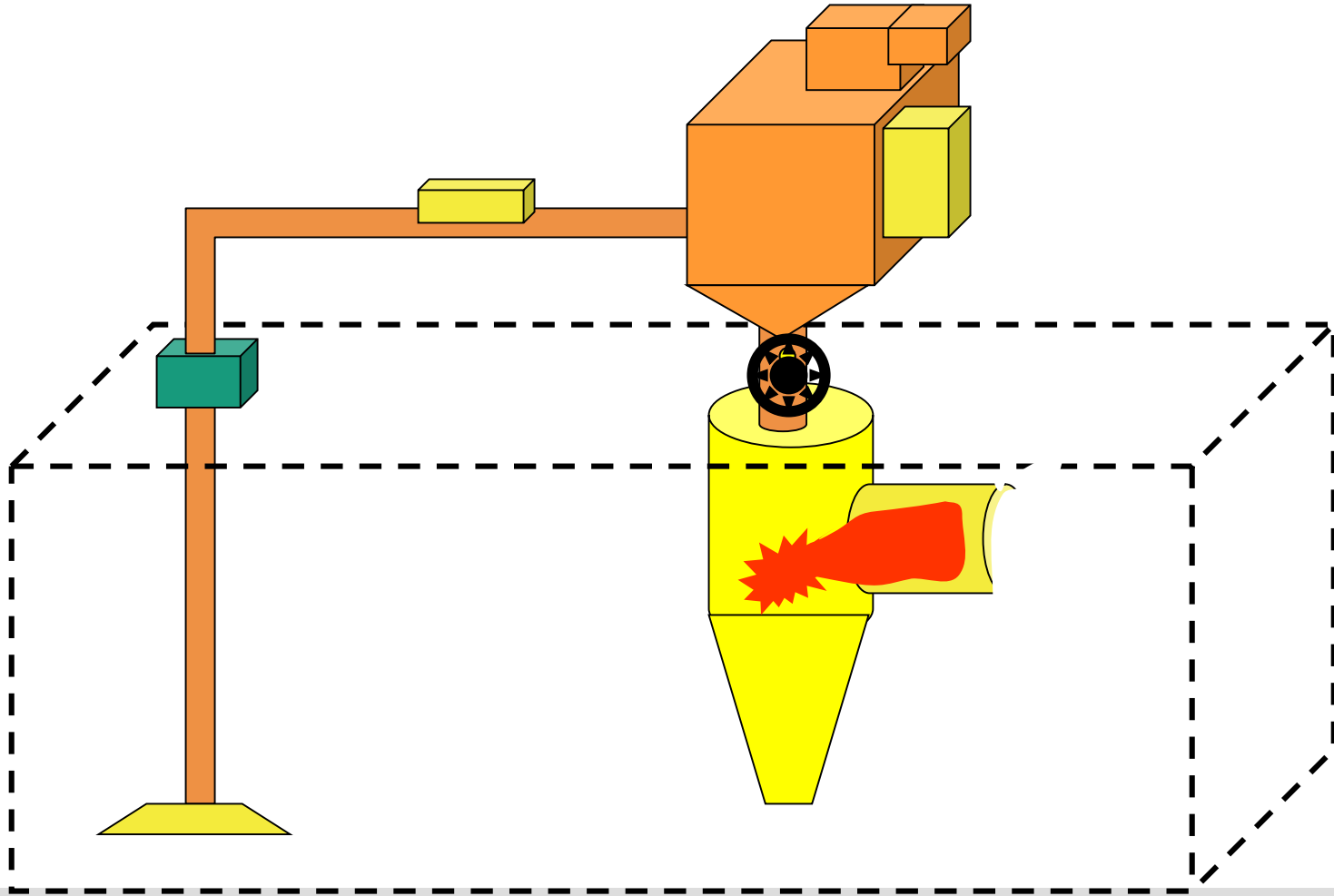


הוצאת יחידת הציוד אל מחוץ למבנה





Quench pipe



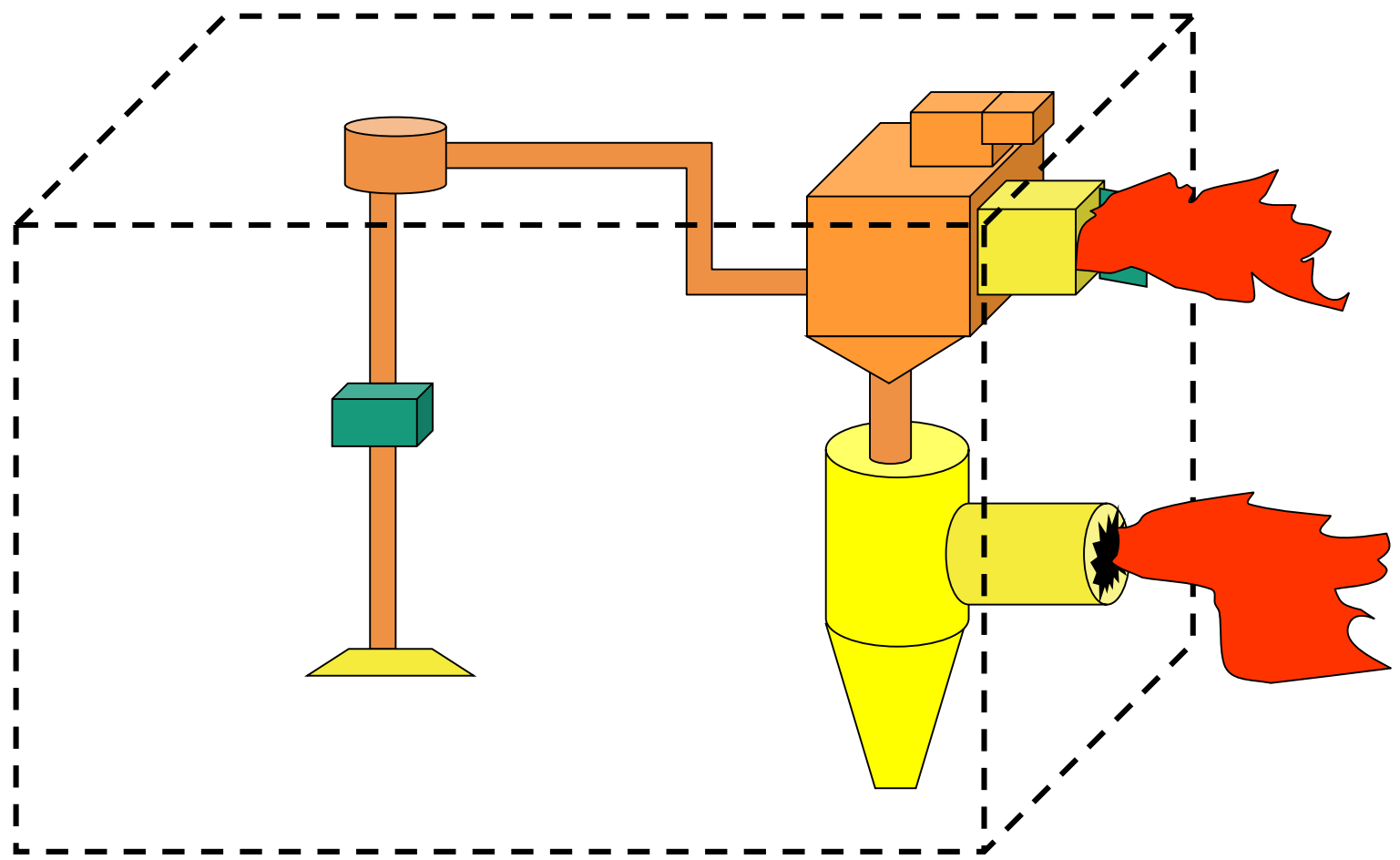


תמונה לצינור השנקה

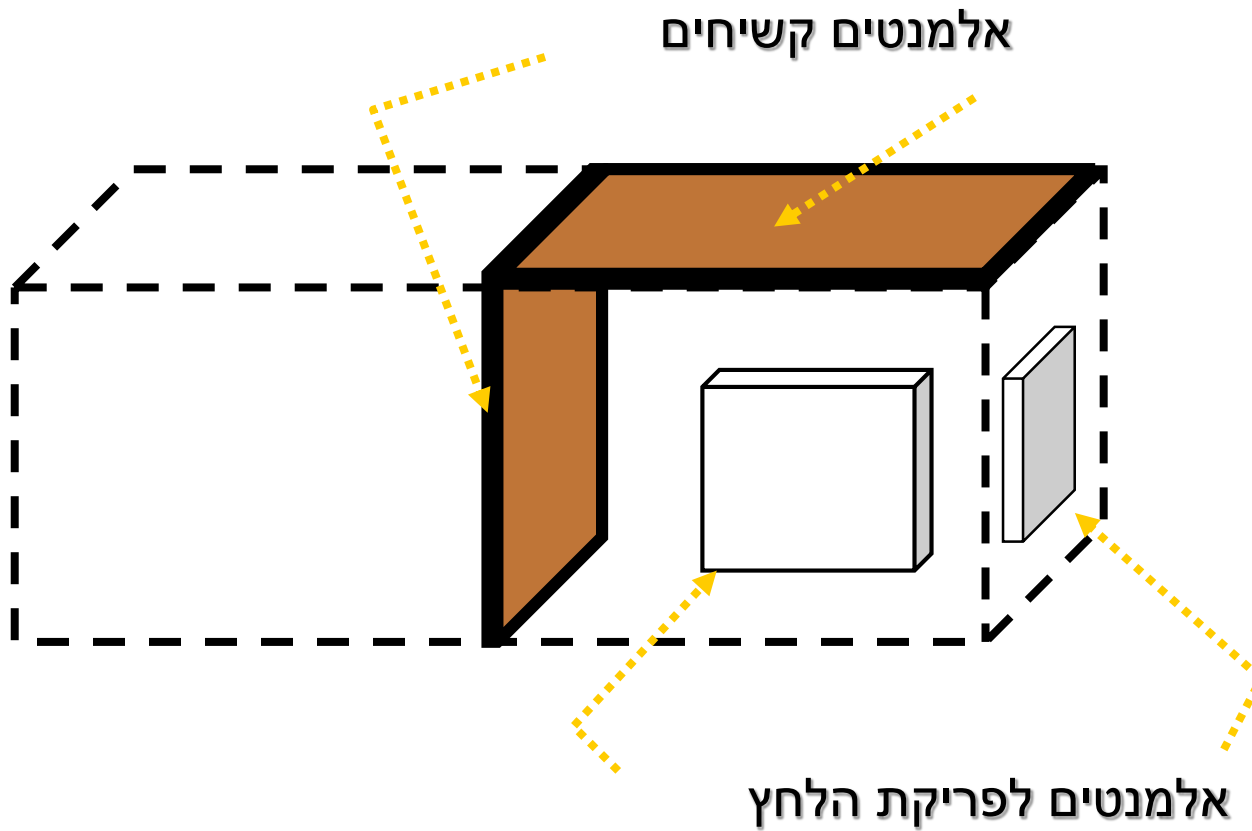


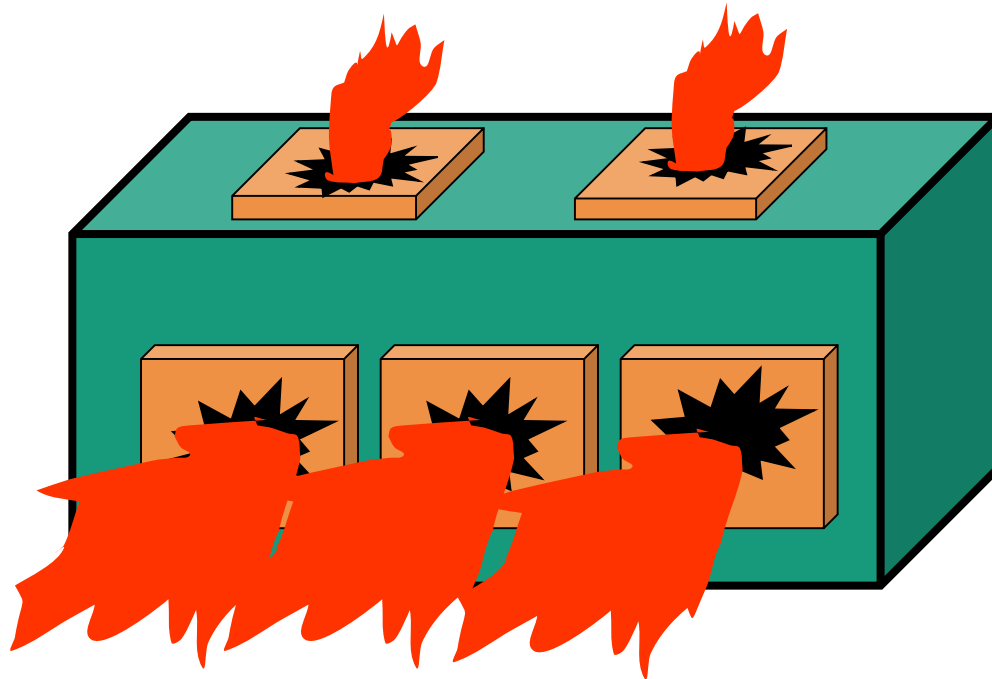


פינוי לחץ עודף – פנל פיצוץ



הגנה ע"י אלמנטים קשיחים

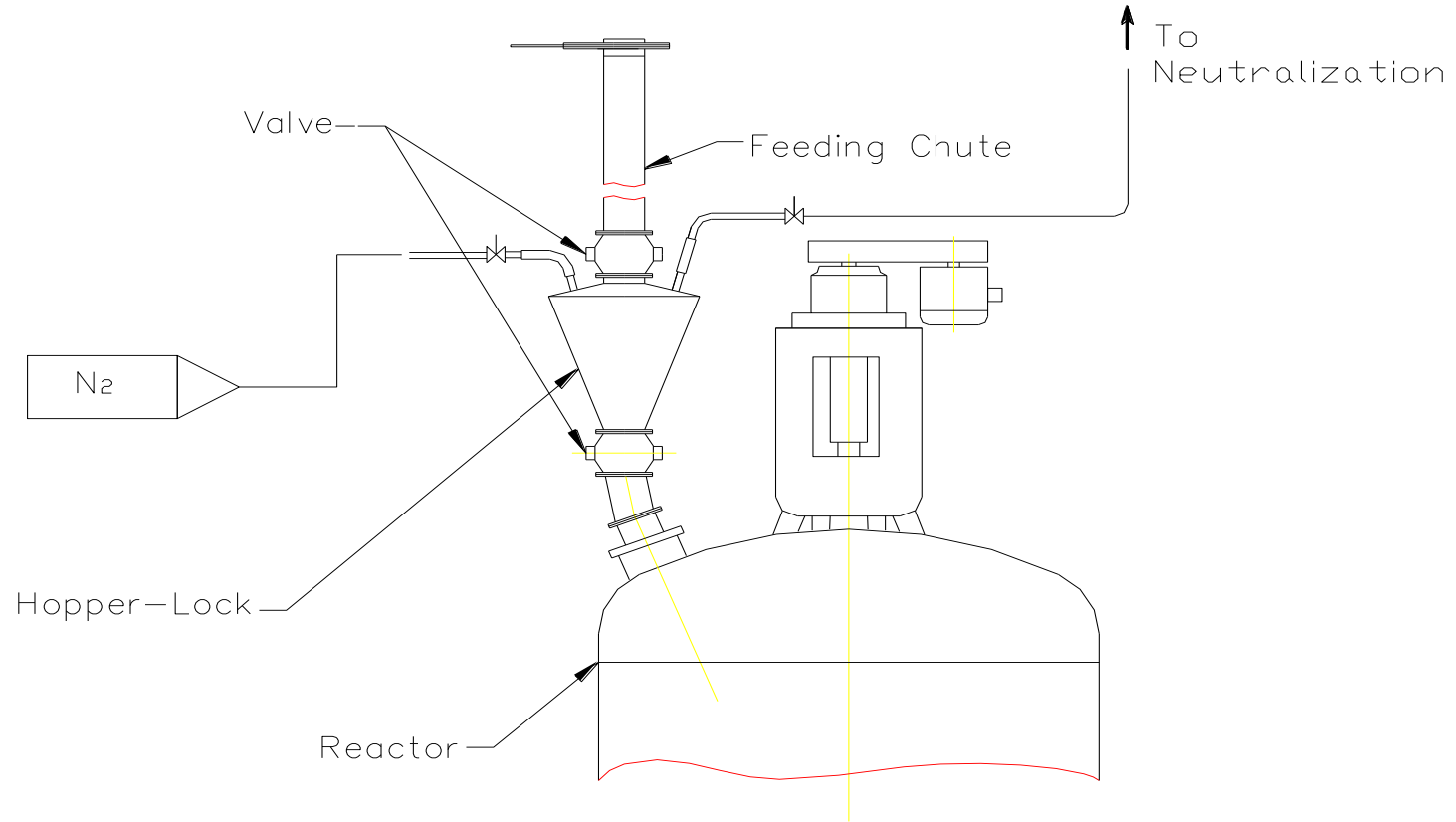




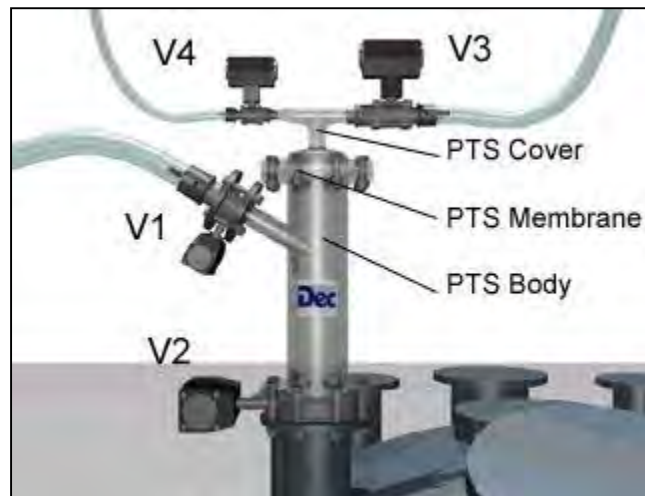




הוספת אבקות לנוזלים דליקים משפך דו ברזי



External vacuum pump – high vacuum



PTS – DeDietrich
OEB 4 approved



PCC – Hecht
OEB 4 approved

 PTS animation



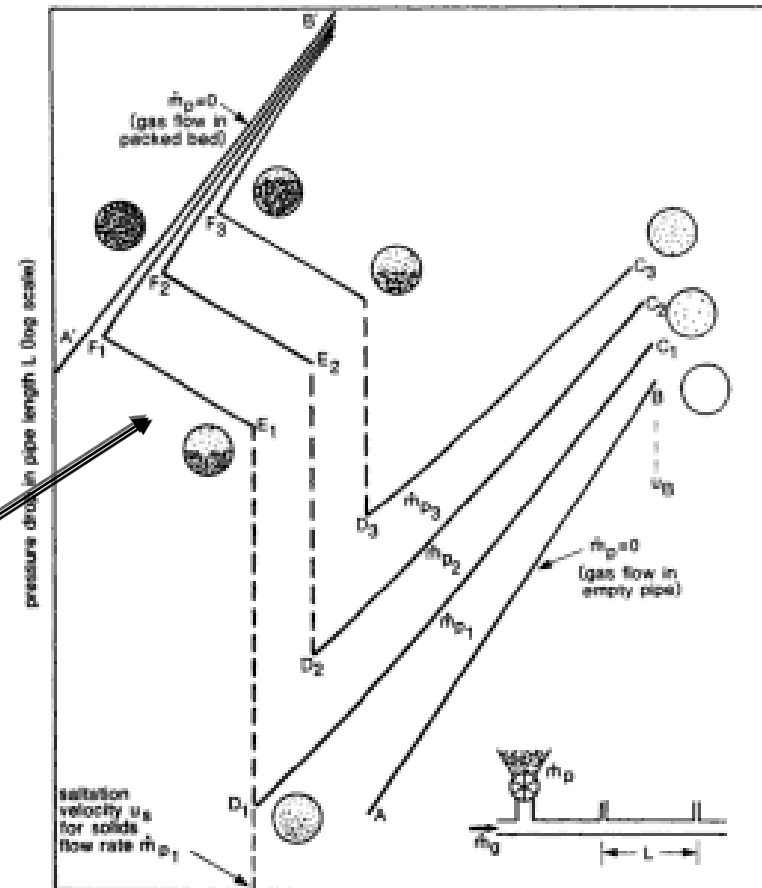


Figure 3.17 'Phase diagram' for horizontal gas/solids flow.

מהירות זרימה נמוכה
תחום עבודה מועדף

- פריקת ניצוץ (Spark Discharge) פריקה בעוצמה של עד 100 mJ . פריקת ניצוץ מתרחשת כתוצאה מפריקת מטען סטטי שהצטבר על גוף מוליך בלתי מוארק כגון: עצם מתכתי (נייד או קבוע) בלתי מוארק או אדם בלתי מוארק.



- הארקה קפדנית של המתקן
- שימוש מוגבל בפולימרים מבודדים – העדפה לפולימרים אנטי סטטיים
- שימוש בחומרי אריזה פלסטיים אנטי סטטיים
- שימוש בביגוד, הנעלה וכפפות אנטי סטטיות
- שימוש בכף פלסטית
- רצפה או מדרך אנטי סטטיים



- ביצוע Risk evaluation על החומר (MIE, Kst, Pmax etc.).
 - רגישות להצתה - Sensitivity
 - עוצמת הפיצוץ - Severity
- ניתוח סיכונים (Risk assessment) על מערך השינוע הרלוונטי
 - סיכוי להצתה – צמצום סיכוי
 - מזעור נזקים – צמצום הסיכון
- הכרת התקנים הרלוונטיים.
- אמצעי בטיחות (Inert gas, Burst panels, Containment ...)
 - הארקה של כל הצידוד,
 - אטימת צידוד ומערכות הנעה
 - שימוש בצידוד מוגן פיצוץ
- שמירת ניקיון הסביבה - Housekeeping
- אחזקה מונעת.