הלחמה רכה - הלחמת משחה (178) Soldering Filling – Paste

עדכון אחרון: אפריל 2016

תוכן עניינים

הגדרה 1
משימות עיקריות בתהליך הלחמת שטח 2
א. הכנת עמדת העבודה 2
ב. הלחמת שטח עם משחה (SMT) 2
ג. ניקוי מכונת הלחמת SMT 5
ד. עבודות גימור 5
גורמי סיכון עיקריים במשימה הלחמת משחה SMT 6
סיכוני פגיעה מחשמל 7
גורמי סיכון פיסיולוגיים (היבטים ארגונומיים) 8
מניעת מפגעים (נוהג טוב) 8
1. כללי 8
2. סיכוני פגיעה מחשמל 9
3. סיכוני אש 9
4. מגע עם עצמים חמים 9
5. חומרים כימיים 9
ביבליוגרפיה 10

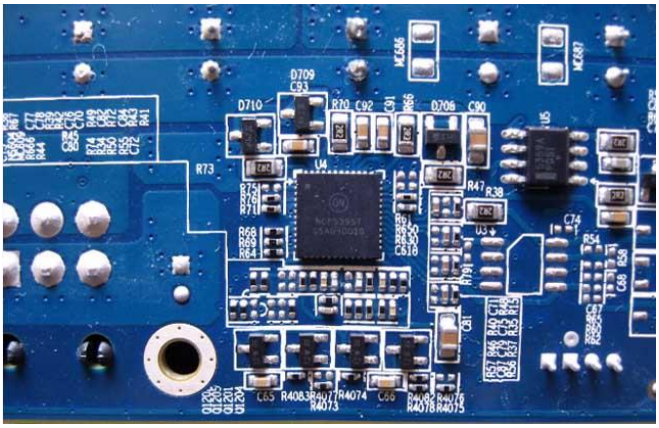
הגדרה

תהליך הלחמה רכה – משחה (להלן הלחמת שטח , SMT, Surface-mount technology) הינו תהליך הלחמה תעשייתי בעל יעילות גבוהה כאשר הלחם נמצא במצב משחה [פרדו].

הלחמת SMT מאפשרת הלחמה מהירה ואיכותית של מכלולים שלמים עם מספר רב של נקודות הלחמה, כולל רכיבים בעלי מספר רב של מגעים (רגליים). (ראה איור 2 ואיור מס' 2)

איור 1 : רכיב אלקטרוני רב מגעים http://www.amselectronicsinc.com/Electronic-Assembly-Services/Surface-Mount-Assembly.html

הלחמת SMT נמצאת בשימוש רב בייצור מעגלים מדפסים (להלן כרטיס, כרטיסים אלקטרוניים, Printed circuit board) ולהלן תיאור התהליך.



איור 2 : דוגמה של הלמהת שטחית (מישחה) http://avi-tech.co.il/pub/?p=17

משימות עיקריות בתהליך הלחמת שטחית

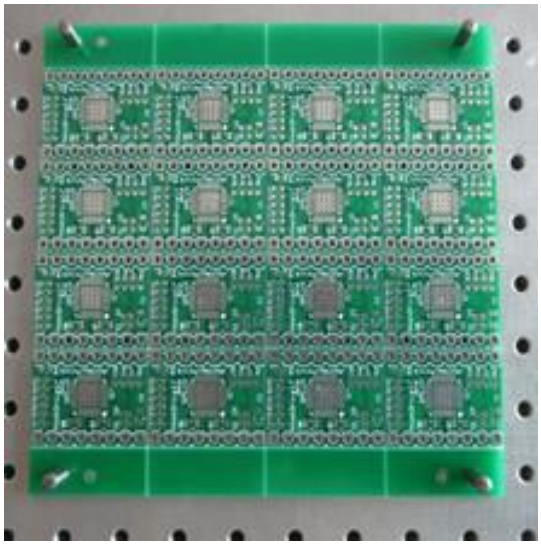
א. הכנת עמדת העבודה

- ארגון עמדת העבודה לרבות פינוי האזור ממכשולים, הקצאת שטח עבודה נקי, יבש, מואר ומאוורר.
- הרחקה/סילוק של חומרים דליקים מאזור העבודה.
- ארגון מקום אחסון לחלקים המיועדים להלחמה ולחלקים מוכנים.
- הבאת חלקים: חומרים, ציוד מגן אישי, ציוד ייעודי נחוץ, אמצעי אריזה וכו'.

ב. הלחמת שטח עם משחה (SMT)

הבסיס של הכרטיס האלקטרוני מהווה משטח מחומר פלסטי עם מולכים אשר מודפסים על הבסיס. (ראה **Error! Reference source not found.**).
על פני המשטח קיימים פסים מוליכים (להלן פד,פדים) אשר אליהם מולחמים הרכיבים האלקטרוניים (SMD, surface-mount device). הפד מאפשר התקנה וחיבור פיזי של הרכיב אל המעגל וחיבור חשמלי של מגעי הרכיב אל המוליכים שבמעגל המודפס. בשיטת ה-SMT הפדים הם משטחים מתכתיים קטנים, ללא קדחים, שעליהם מותקן ולאחר מכך מולחם רכיב אלקטרוני.

נוהג טוב בביצוע תהליכי עבודה © 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

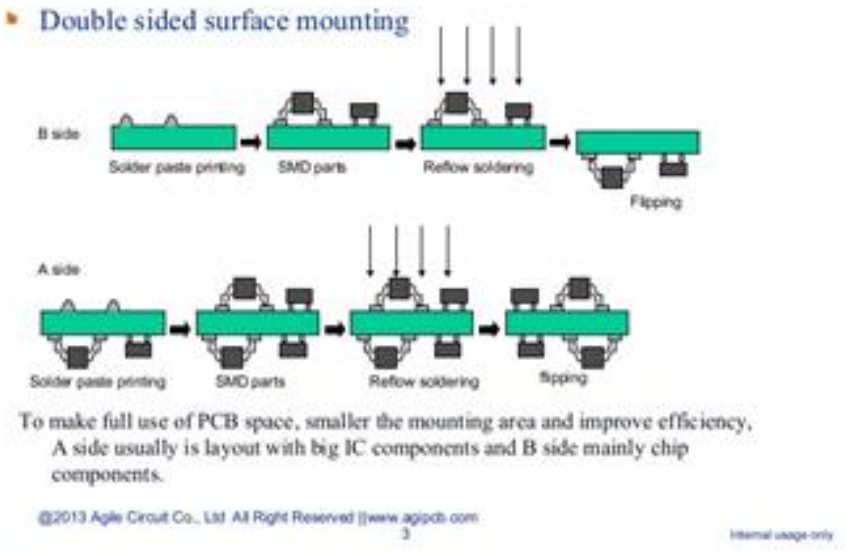


איור 3 : מעגל מודפס להלחמה שטחית https://www.tindie.com/products/arachnidlabs/pcb-fixture-block-for-solder-paste-stencilling/

ליך הלחמה SMT מאפשר הלחמת רכיבים בשני צדדיו של הכרטיס להבדיל מתהליך הלחמת גל ובכך ניתן להגדיל את צפיפות הרכיבים על הכרטיס (צד A וצד B באיור מס' 4) ולהקטין גודל המוצר הסופי.

לפרוט תהליך הלחמת גל, גורמי הסיכון ואמצעי הבטיחות נא לעיין בגיליון 173.

הלחמת הרכיבים על צד B של הכרטיס, מבצעים לאחר סיום ההלחמה בצד A, דהיינו את ההלחמה מבצעים בשני שלבים. בכדי לשמור על איכות ההלחמה לפני ביצוע שלב B של ההלחמה, מצפים את חלק הכרטיס המוכן בלכה עמידת חום. כמו כן ניתן לשלב שיטות שונות של הלחמה של תהליך ההלחמה משני צדדיו. ניתן לראות סקירה של שיטות ההלחמה משולבות באתר www.slideshare.net או באתר www.powerguru.org.



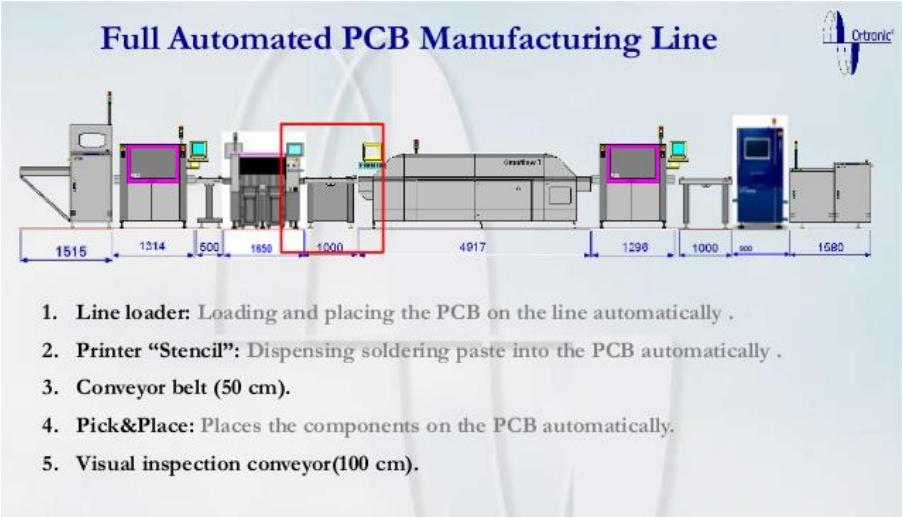
איור 4 : הלחמה משני צדדים http://www.slideshare.net/CathyQuan/pcb-assembly-process-flow

לפרוט תהליך ציפוי בלכה, גורמי הסיכון ואמצעי הבטיחות נא לעיין בגיליון 388.

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

הרכיבים האלקטרוניים מותקנים על פני הכרטיס באזור "הפדים" ע"י רובוט של מכונת ההרכבה. הרכיבים מוזנים למכונת ההרכבה באמצעות מערכת אוטומטית "ממחסניות". כל סוג רכיב במחסנית נפרדת. לפני הרכבת הרכיבים על המעגל המודפס, הפדים נמרחים במשחת הלחמה. משחת הלחמה מהווה תערובת סמיכה של אבקת לחם ושטף נוזלי.

עיקרון מבנה של קו הלחמה בשיטה SMT ראה באיור מס' 5. לסרטון הדגמה לחץ כאן.



איור 5 :קו אוטומטי ליצור מעגלים בשיטה SMT
http://www.slideshare.net/Electricpowermultiplier/full-automated-pcb-manufacturing-line-with-smt

המעגל כולו מוכנס לחימום עד לטמפרטורת ההתכה של משחת ההלחמה. ההתכה גורמת להלחמה של הרכיב אל המעגל המודפס, ולאחריה התקררות הרכיב מקובע למעגל.

במהלך החימום הטמפרטורה של הכרטיס מגיעה ל- C^{o} 130-350 בהתאם לסוג הלחם. החימום גורם לכך שחלק מהפלאקס מתאדה ומתפזר לחלל החדר או נשרף.

כמו כן גם הלחם מהווה מקור לפליטת חומרים לחלל המכונה. החומרים המרכיבים את הלחם – מתכות שונות (לפרוט גורמי הסיכון ואמצעי הבטיחות נא לעיין בגיליון "הלחמה כללית" מספר 175).

בכדי למנוע פליטת אדים ועשן לחלל החדר (אולם הייצור) במקרה של הלחמה אוטומטית מכונות להלחמה מצוידות במערכת יניקה מאולצת ומצוידות במסננים מתאימים. כאשר פותחים את המכסים של המכונה, האדים שהצטברו בתוך המכונה, נפלטים לתוך חלל החדר והעובדים הנמצאים בו נחשפים לחומרים הנפלטים.

לפרטים נוספים עיין בתהליך 202 הרכבת רכיבים (הכנסת רכיבים אלקטרוניים ללוח המעגל המודפס בשיטות שונות לפני הדבקתם או הלחמתם).

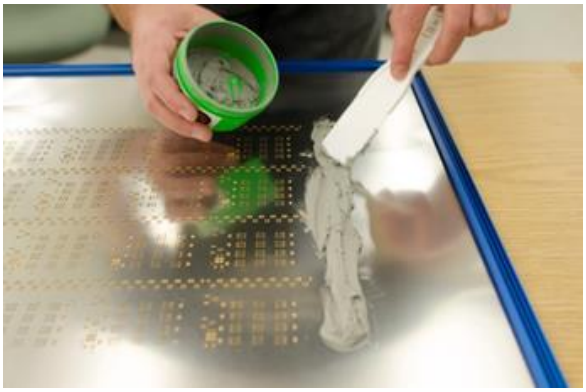
לחם אשר כולל עופרת וקדמיום נחשב כלא רצוי לשימוש מבחינת ההשפעות השליליות של חומרים אלה על בריאות. שימוש בחומרים הללו מחייב בדיקה סביבתית במקום העבודה ובמקרים מסוימים בדיקות רפואיות לעובדים עפ"י דרישות תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד-1983 ודרישות תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים במתכות מסויימות), התשנ"ג-1993.

בשנים אחרונות השימוש בלחם מכיל עופרת יורד באופן משמעותי. משתמשים בלחמים אחרים אשר טמפרטורת ההתכה שלהם גבוהה מסגסוגות מכילות עופרת. כתוצאה מכך, עולה החשיבות של חשיפה לאדים של חומרי שטף, אשר פליטתן לאוויר עולה עם עליה בטמפרטורת התהליך.

נוהג טוב בביצוע תהליכי עבודה
© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

הרכיבים של משחות הלחמה ניתן לראות באתר של חברת NORDSON EFD (לגישה לאתר לחץ כאן).

במהלך עבודות פיתוח או במהלך הכנת אב טיפוס (ראש סדרה) את מריחת המשחה על פני הפדים מבצעים באופן ידני ע"י מכשירי חלוקה, במהלך ייצור סדרות של כרטיסים משתמשים בסטנסיל מיוחד העשוי מתכת בעובי 0,075 -0,2 מ"מ (ראה איור מס' 6).



איור 6 : מריחת משחה על סטנסיל https://learn.sparkfun.com/tutorials/electronics-assembly/stenciling

עובי הסטנסיל קובע את כמות המשחה.

להדגמת מריחת משחת הלחמה בשיטה ידנית לחץ כאן.

להדגמת מריחת משחה בשיטה חצי אוטומטית לחץ כאן.

להדגמת מריחת משחה בשיטה אוטומטית לחץ כאן.

ג. ניקוי מכונת הלחמת SMT

בכדי להבטיח תפקוד ממושך של מכונת ההלחמה ואת איכות ההלחמה מבצעים עבודות תחזוקה. פירוט עבודות התחזוקה מוגדר ע"י יצרן המכונה. עם זאת, עבודות התחזוקה בד"כ כוללות ניקוי חלקים פנימיים של המכונה משאריות לחם ופלאקס שהצטברו. העבודה מתבצעת באמצעות שטיפת המכונה עם ממסים. במידת הצורך משתמשים בפעולת גירוד.

שימוש בציוד מגן במהלך עבודות התחזוקה (מסכה מתאימה וכפפות מגן) חובה.

לפרוט השיטות של עבודות השטיפה, גורמי הסיכון ואמצעי הבטיחות נא לעיין בגיליון 425 שטיפה/ניקוי – קרה וגיליון 230 - טיפול במכונות תחזוקה

ד. עבודות גימור

- **הגנה נגד קורוזיה**

בין הפלאקסים ישנם לא מעט כאלה שגורמים לקורוזיה של החלקים המולחמים - דבר שמחייב ניקוי המוצרים במכונות שטיפה מיוחדת ובמקרים מסוימים גם ציפוי המוצרים בלכה. לפרוט תהליכי הניקוי, גורמי הסיכון ואמצעי הבטיחות נא לעיין בגיליון 425 שטיפה/ניקוי – קרה. לפרוט תהליך הציפוי בלכה, גורמי הסיכון ואמצעי הבטיחות נא לעיין בגיליון 388.

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

- **בדיקות טיב נקודות ההלחמה**

ה. בדיקת הטיב של נקודות ההלחמה מתבצעת בשיטות הבאות:

- בדיקה ויזואלית של טיב ההלחמה (בדיקה חיצונית);
- בדיקת אל-הרס, למשל באמצעות קרני X-Ray.

עיין תהליכים "ביקורת טיב - ויזואלי" מספר 118 ו"בדיקות אל הרס – פולטי קרינת X-Ray" מספר 111.

ו. תיקון נקודות ההלחמה

תיקון נקודות ההלחמה או השלמת הלחמות מבצעים בצורה ידנית. לפרוט גורמי הסיכון ואמצעי הבטיחות נא לעיין בגיליון 177 - תהליך הלחמה רכה חוט Wire Soldering .

גורמי סיכון עיקריים במשימה הלחמת משחה SMT

א. חשיפה לרעש מזיק

הפעלת מכונה הלחמת SMT לא מהווה מקור לרעש מזיק, רטט או מקור חשיפה פיסיקלי אחר כלשהו. למרות זאת יש להעריך את עצמת הרעש במקום בו מופעל קו להרכבת כרטיסים כתוצאה מהפעלת מערכות הזנה אוטומטיות.

זיהוי:

רעש הנגרם בעת הפעלת ציוד מכני כגון רובוטים, מערכות הנעה וכו' במהלך הרכבת רכיבים, שימוש במערכות פנאומטיים וכו' .

הרעש המזיק היינו רעש בעל יכולת לגרום לפגיעה בשמיעה.
לפי תקנות הבטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים ברעש), התשמ"ד - 1984, הרעש שמפלסו המשוקלל על פני הזמן עולה על 85 dB(A) לחשיפה במשך 8 שעות הנו רעש מזיק.

בקרה:

א. הקפדה על ביצוע תהליכים בסביבה בה נמצא מספר מינימלי של עובדים, אשר אינם נחוצים לצורך ביצוע התהליך (תזמון תהליכים).

ב. ביצוע עבודות בחדר נפרד לצורך הגנת שאר העובדים מחשיפה לרעש מזיק.

ג. ביצוע ניטור סביבתי לרעש כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה.

ד. ביצוע הדרכות לגבי היבטי הסיכונים בחשיפה לרעש.

ה. שילוט אזור העבודה כאזור עם רעש מזיק וכן חובת השימוש בציוד מגן אישי (בהתאם לתוצאות ניטור הרעש).

ו. ביצוע בדיקות שמיעה לעובדים אשר חשופים לרעש מזיק בהתאם לתוצאות ניטור הרעש.

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

ב. חשיפה לחומרים כימיים (נדיפים וגזים)

זיהוי:

כפי שתואר לעיל מכונת הלחמת SMT מצוידת במערכת יניקה מאולצת אשר בד"כ מקטינה מאופן משמעותי את רמות החשיפה של עובדים השוהים במקום, וזאת כל עוד המכסים של המכונה סגורים.

עם זאת, כאשר מבצעים עבודות תחזוקה של המכונה, כגון טיפול באמבטיה של הלחם וניקיון של מכונת ההלחמה, העובדים נחשפים לחומרים מסוכנים.

חומרים אלה הם אותם החומרים שבהרכב של לחם ופלאקס, וכמו כן, גם ממסים אורגניים שונים בהם משתמשים לשטיפה וניקוי של המכונה.

הריכוזים המרביים המותרים לנדפים בתהליך בסביבת העבודה הוגדרו בתקנות הבטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים במתכות מסוימות), התשנ"ג – 1993, תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד-1983 ותקנות אחרות ובחוברת ערכים מרביים מותרים של ACGIH .

למען הקטנת מספר העובדים שנחשפים לחומרים הללו, יש לבצע עבודות התחזוקה בזמן שעובדי היצור אינם נמצאים ליד המכונה.

בביצוע עבודות התחזוקה חובה להשתמש בציוד מגן אישי למערכת הנשימה.

אמצעי בטיחות:

- בעת ביצוע עבודות תחזוקה יש לנקוט בצעדים טכניים נאותים למניעת חשיפת העובדים לחומרים מסוכנים. במידת הצורך יש לספק ציוד מגן אישי עפ"י דרישות תקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), תשנ"ז –1997.

בבדיקות של זיהום האוויר, אשר מבצעים בעמדות העבודה בתהליך הלחמת SMT, בד"כ לא מתגלות תוצאות חריגות של החומרים הנמצאים בשימוש בתהליך.

עם זאת, קיימת סבירות גדולה של הכנסת החומרים האלה לגוף בדרכים אחרות – דרך הפה במהלך אכילה, שתיה או עישון. הדבר מהווה סכנה רצינית במיוחד כאשר בתהליך משתמשים בלחם שמכיל עופרת – המתכת שאינה משתחררת מהר מהגוף ויש בה נטייה להצטבר בתוך גוף גם כאשר מגיעה לתוכו בכמויות קטנות.

לכן, חל איסור מוחלט לאכול, לשתות ולעשן במקומות העבודה, כולל הכנסת מוצרי אוכל ושתייה לחדר בו מבצעים את ההלחמה. יש להדריך את העובדים ולהתקין שילוט מתאים עפ"י דרישות תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), התשנ"ט - 1999

אמצעי בטיחות :

מכיוון שבהלחמה בחלל לא מאוורר קיים סיכון להצטברות של נדפים וגזים, יש לארגן עמדות ההלחמה במקום מאוורר היטב.

ג. סיכוני פגיעה מחשמל

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

זיהוי:

העובד עלול להיפגע כתוצאה מהתחשמלות/מכת חשמל הנובעים משימוש בציוד חשמלי לא תקין בשעת ביצוע העבודות או בכבלי חשמל שהועברו במקום באופן לא בטוח ומונע התחשמלות.

מכת חשמל (שוק) הנה תוצאה של מעבר זרם דרך הגוף בעוצמה הגורמת לתופעות פיסיולוגיות שליליות. חומרת המכה תלויה בכמות הזרם, משך ההופעה ומסלולו.

בקרה:

א. לצורך מניעת פגיעה עקב התחשמלות: בכל מקרה בו נעשה שימוש בחשמל יש להשתמש בציוד חשמלי תקני, תקין ובדוק בהתאם לחוק החשמל, תשי"ד – 1954; ובשיטות עבודה בטוחות בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן – 1990.

ב. מכשור חשמלי ייבדק תקופתית על ידי חשמלאי מוסמך. הבדיקות תתועדנה ותשמרנה.

ג. כל עבודות החשמל יבוצעו ע"י חשמלאי בעל רישיון מתאים.

ד. גורמי סיכון פיסיולוגיים (היבטים ארגונומיים)

זיהוי:

במהלך ביצוע עבודות הלחמה העובדים מבצעים תנועות חוזרות וממושכות, או מבצעים תנועות לא נוחות במהלך הזנה ופריקה של כרטיסים.

במקרים מסוימים על עובדים להרים אריזות בהם מקבלים חומרים הנדרשים לתהליך ההלחמה, מעברים כרטיסים וכו'

אמצעי בטיחות:

יש לארגן את עמדות העבודה בתהליך הלחמה כדי לצמצם את התנועות הלא נוחות. במידה ויש צורך להרים או לשנע מטענים כבדים (אריזות כדוגמה) יש להשתמש במכונות ההרמה או באמצעי הובלה מתאימים.

מניעת מפגעים (נוהג טוב)

ניהול היבטי הבטיחות והגהות בעבודה תהליך הלחמה – הלחמת גל יש לבצע תוך הקפדה על הכללים הבאים:

1. כללי

הדרכה לעובדים אחת לשנה לפחות, על ידי מדריך אשר אושר לכך ע"י מנהל המפעל (בעלים). המנהלים ועובדי האחזקה יודרכו ע"י מדריך מוסמך בלבד.

יש לנהל פנקס הדרכה לרבות תיעוד מועד ההדרכה, המדריך והחומר הנלמד.

עם כניסתו של עובד חדש לעבודה או שינוי עמדת העבודה של עובד "ותיק" יש לדאוג לביצוע הדרכה שתכלול התייחסות לסיכונים בעבודות הלחמה, אמצעים להפחתת הסיכונים לרבות

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

אמצעים הנדסיים ואמצעי הגנה אישיים, התנהגות בעת אירוע חריג לרבות תאונה וכמעט תאונה.

שילוט הסיכונים באזור העבודה, לרבות סיכונים גהותיים ובטיחותיים. שילוט בדבר הצורך בשימוש בציוד מגן אישי. שילוט בדבר איסור אכילה, שתיה ועישון כולל אחסון מוצרי אוכל. [חוק איסור עישון].

הגדרת שיטה (נוהל בכתב) להעברת מידע לגבי מפגעי בטיחות וגהות בתהליך העבודה, באמצעות הנהלת המפעל. העברת מידע מהעובדים להנהלה, באמצעות דיווח על מפגעי בטיחות וגהות, כמעט תאונות או תאונת עבודה.

2. סיכוני פגיעה מחשמל

שימוש בציוד חשמלי תקני, תקין ובדוק בהתאם לחוק החשמל ובשיטות עבודה בטוחות לפי תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל) , התש"ן – 1990 כגון:

א. בחירת השיטה הבטיחותית ביותר לשימוש בחשמל (שימוש בזרם נמוך ביותר).

ב. מערכות חשמליות תיבדקנה תקופתית על ידי חשמלאי מוסמך.

ג. בדיקת רציפות הארקה של מכונות המוזנות ממקור אנרגיה חשמלית.

3. סיכוני אש

למניעת היווצרות מצב בו תתאפשר התלקחות של חומרים דליקים במהלך בצוע תהליך הלחמה יש לדאוג ל:

הרחקת חומרים דליקים מהאזור.

עבודה בהתאם לנוהל "בטיחות בעבודות חמות" המבטיח נקיטת אמצעי זהירות והגנה למניעת התלקחות.

4. מגע עם עצמים חמים

שימוש בביגוד בעל שרוולים ארוכים, מכנסיים ארוכים.

5. חומרים כימיים

לאור הסיכונים בפליטת נדיפים וגזים בתהליך הלחמה מומלץ לצייד את עמדות ההלחמה באוורור מאולץ.

ביצוע בדיקה תקופתית של יעילות המערכות ליניקה מקומית.

ביצוע ניטור סביבתי לנדפים ועשן כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה.

ביצוע מעקב רפואי וניטור ביולוגי באמצעות מרפאות תעסוקתיות בהתאם לנדרש בתקנות, לאור הערכת הריכוזים בניטור הסביבתי.

בהתאם לתוצאות הניטור הסביבתי במידה שהריכוזים המתקבלים גבוהים מרמת הפעולה, יידרש שימוש במסכה להגנה נשימתית.

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז המאורגן על ידי מחזיק במקום העבודה.

הצטיידות בגיליונות בטיחות לחומרים שבשימוש והכרת הסיכונים והדרכים להפחתתם/צמצומם.(לרבות מידע על תוצרי פרוק אפשריים בעת פעולת הלחמה).

ביבליוגרפיה

- חוק החשמל, תשי"ד – 1954.
- חוק למניעת העישון במקומות ציבוריים והחשיפה לעישון, תשמ"ג-1983.
- פרדו א., ריבשטיין מ., מיימן מ., ואח.: דפדפת רשימות תהליכים תעשייתיים והגדרותיהם, אוניברסיטת תל-אביב, המכון לבריאות תעסוקתית, דצמבר 1993.
- תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), התשנ"ט – 1999.
- תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד-1983.
- תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל) , התש"ן – 1990.
- תקנות הבטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים במתכות מסוימות), התשנ"ג – 1993.
- תקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי) , התשנ"ז – 1997.

- 2015 TLVs® and BEIs®. Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical and Physical Agents & Biological Exposure Indices. ACGIH® Worldwide Signature Publication.

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.