הלחמה רכה חוט (175) Wire Soldering

מעדכן: דצמבר 2015

תוכן עניינים

הגדרה 1
משימות עיקריות בתהליך הלחמה רכה חוט 2
ב. הכנת חלקים (עובְדים) להלחמה 2
ג. הלחמה רכה חוט 3
סוגים עיקריים של חומרי הלחמה 4
סוגים עיקריים של חומרי שתף/פלאקס 6
סוגים עיקריים של מתכות בהן נעשה הלחמה רכה עם חוט הלחמה 6
עבודות גימור 6
גורמי סיכון עיקריים בהלחמה רכה חוט 7
סיכונים בטיחותיים 7
סיכוני פגיעה מחשמל 7
סיכוני אש 7
חשיפה לחומרים כימיים (נדפים וגזים) 8
גורמי סיכון פיסיולוגיים (היבטים ארגונומים) 8
מניעת מפגעים (נוהג טוב) 8
ביבליוגרפיה 10

הגדרה

להגדרה כללית של תהליכי הלחמה ראה תהליכים 170, 177 - הלחמה.

תהליך הלחמה רכה באמצעות חוט הינה שיטת חיבור בין מתכות כאשר חומר ההלחמה עשוי מחומר גמיש בצורת חוט [1].

עבודות הלחמה מבצעים ברוב המקרים בשיטה ידנית. ניתן לעיין בסרטון ההסברה (להצגה לחץ פה). שיטת הלחמת חוט נמצאת בשימוש רחב בייצור ותיקון מוצרי חשמל ואלקטרוניקה (להדגמת שימוש בהלחמה עם חומר הלחמה בצורת חוט במוסכים לחץ פה).

מידע כללי על תהליך ההלחמה (כגון חומרים הנמצאים בשימוש) עיין תהליך "הלחמה כללית" מספר 175.

משימות עיקריות בתהליך הלחמה רכה חוט

א. הכנת עמדת עבודה

- ארגון עמדת העבודה לרבות פינוי האיזור ממכשולים, הקצאת שטח עבודה נקי, יבש, מואר ומאוורר, התקנת אביזרי עזר.
- התקנת מערכת אוורור מאולץ נאותה. כאשר מערכת האוורור המוזכרת לעיל אינה קיימת משתמשים בקולט אדים מקומי (ראה תצלום מס' 1). ניתן לעיין בסרטון הסברה (להצגה לחץ פה).

איור מס' 1: עמדת הלחמה עם קולט אדים מקומי

- ארגון מקום אחסון לחלקים המיועדים להלחמה ולחלקים מוכנים.
- הבאת חלקים: חומרים, ציוד מגן אישי, ציוד ספציפי נחוץ, אמצעי אריזה. דוגמת אביזר עזר להתקנת סליל לחם ראה באיור מס' 2.

איור מס' 2: אביזר עזר להתקנת סליל לחם

ב. הכנת חלקים (עוּבָּדִים) להלחמה

הכנת החלקים כוללת בדרך כלל:

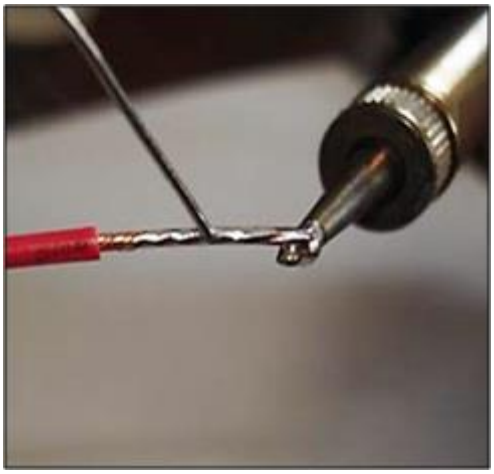
- קילוף בידוד מחוטים חשמליים. על אחראי במקום לספק לעובדים ציוד מתאים לקילוף הבידוד (דוגמה ראה איור 3). שימוש בסכין חדה (כגון

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

בסכין המכונה "סכין יפני") עלול לגרום לפגיעת עובדים (חתכים באצבעות) וכמו כן לגרום לפגיעה בשלימות החוטים בכבל.

איור מס' 3: מקלף חוטים

- ניקוי האזור המיועד להלחמה על ידי הסרת לכלוך ושומנים, במידת הצורך (עיין תהליך "הסרת שומנים" מספר 183). ברוב המקרים משתמשים באיזו-פרופיל אלכוהול (איזופרופנול, Isopropyl Alcohol (IPA)) כחומר ניקוי.
- ציפוי ראשוני של שטחים המיועדים להלחמה (מקדמי, יסוד- Tinning) ראה איור



איור מס' 4. ציפוי מקדמי (Tinning)
http://www.prosoundweb.com/article/tech_tip_of_the_day_what_is_tinning

ג. הלחמה רכה חוט

תיאור התהליך:

כאמור, הלחמה הינה תהליך של קבלת חיבור בלתי פריק (קבוע) בין חלקים מתכתיים (או מצופים במתכת) באמצעות חומר הלחמה מתכתי מותך (להלן – חומר הלחמה).

תהליך הלחמה הוא כדלקמן: מחממים את החלקים המולחמים באזור ההלחמה (החיבור) בעזרת מקור חום חיצוני: מלחם חשמלי מסוגים שונים או מלחם גז. ראה איור מס' 1 ואיור מס' 5.

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

איור מס' 5: מלחם חשמלי

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Soldering_iron_and_accessories.jpg>

במהלך החימום של החלקים המולחמים באזור ההלחמה חומר ההלחמה מתחמם ונמס. חומר ההלחמה המותך נכנס במרווח בין השטחים המולחמים (הנקיים משכבת התחמוצת), מתפשת וחודר בין החלקים המיועדים להלחמה. כאשר חומר ההלחמה מתקרר הוא מחבר את החלקים. טמפרטורת ההתכה של חומר ההלחמה נמוכה בהרבה מטמפרטורת ההתכה של החומר או החומרים ממנו עשויים החלקים המחוברים (חומר בסיס). החיבור בין החלקים נוצר ללא התכה של חומר הבסיס. כתוצאה מכך כמעט ואין סיכון של שינוי מידות או צורה של החלקים המולחמים או חמצון של החלקים המחוברים.

הטמפרטורה המומלצת באזור ההלחמה הינה $50\text{-}100\ C^{o}$ לערך מעל נקודת ההתכה של חומר ההלחמה.

לאיכות השטחים המחוברים השפעה גבוה על איכות (חוזק) ההלחמה. יש לנקות את החלקים באזורי ההלחמה מתחמוצות, לכות או לכלוך.

סוגים עיקריים של חומרי הלחמה

באיור מס' 6 ומס' 7 ובטבלה מס' 1 מוצגות דוגמאות של חוט להלחמה רכה.

איור מס' 6 סליל חומר הלחמה בצורת חוט

<http://www.directindustry.com/prod/broquetas/product-68267-741695.html>

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

איור מס' 7 חוט הלחמה אשר מסופק בצורת צינורית כולל פלאקס אשר נמצא בתוכו (http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rosin_core_solder.JPG)

טבלה מס' 1 דוגמאות של לחם להלחמה רכה

סוגי סגסוגת	טמפרטורת ההתכה	מרכיבי עקרים
בדיל עופרת	183 ÷ 265˚C	בדיל (Stannum;Sn), עופרת (Plumbum;Pb), אנטימון (Stibium; Sb)
עופרת	327° C	עופרת (Plumbum;Pb),
עופרת כסף (עד 2,5%)	304° C	עופרת (Plumbum;Pb), כסף (Argentum; Ag)
בדיל עופרת קדמיום ביסמות	60 ÷ 145° C	בדיל (Stannum;Sn), עופרת (Plumbum;Pb), קדמיום (Cadmium; Cd) בִּיסמוּט (Bismuth; Bi)
בדיל כסף נחושת (0.3-0.7%)	160 ÷ 400 C°	בדיל (Stannum;Sn), כסף (Argentum; Ag) נחושת (Cuprum;Cu)
בדיל נחושת	227ºC	בדיל (Stannum;Sn), נחושת (Cuprum;Cu)
לדוגמה של רשימת לחמים של חברת Indium Corporation לחץ פה.		

חוט הלחמה אשר מכיל עופרת וקדמיום נחשב כלא רצוי לשימוש מבחינת השפעות שליליות של החומרים האלה על בריאות. שימוש בחומרים אלו מחייב בדיקה סביבתית במקום העבודה ובמקרים מסוימים מעקב 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 [3,2]

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

אחד מהתחליפים לחוט הלחמה על בסיס עופרת הינו חוט הלחמה על בסיס כסף. שימוש בכסף טהור (טכני) לא שכיח עקב מחירו הגבוה. גם השימוש בחוט הלחמה שמכיל רק בדיל טהור מוגבל עקב התופעה המכונה "מחלת בדיל" או "מחלת כפתורים" – שינוי מבנה של בדיל בטמפרטורה כ- 13 מעליות צלסיוס וכתוצאה מכך התפרקות החיבור.

עם זאת, בשנים אחרונות השימוש בחוט הלחמה המכיל עופרת יורד באופן משמעותי. משתמשים בחוטי הלחמה אחרים אשר טמפרטורת ההתכה שלהם גבוהה מסגסוגות מכילות עופרת. כתוצאה מכך, עולה חשיבות של חשיפה לאדים של חומרי שתף, אשר פליטתן לאוויר עולה עם עליה בטמפרטורת התהליך.

סוגים עיקריים של חומרי שתף/פלאקס

לשם הגנת אזור ההלחמה מחמצון משתמשים בחומר שתף (פלאקס, Flux) אשר יוצר שכבה הגנתית מגזים ונוזלים ומכך מונע חדירת אוויר (חומרים מחמצנים) אל אזור ההלחמה.

במהלך הלחמה רכה – חוט, נעשה שימוש נירחב בחומר שתף על בסיס לִנְטוֹף (colophony, rosin).

לנטוף הינו חומר טבעי. נקודת ההתכה שלו כ- 125 מעלות צלסיוס. בטמפרטורה של כ- $150\ C^{o}$ לנטוף מדלל את התחמוצות על פני החלקים, אך לא פוגע בחומר הבסיסי במהלך ההלחמה או לאחר התקררות. כמו כן, לנטוף הינו חומר מבודד.

ידוע כי החומרים הנפלטים מלנטוף עלולים לגרום להתפתחות תופעות שליליות מבחינת בריאות העובדים, ובפרט, תגובות אלרגיות של מערכת הנשימה (אסטמה).

שימוש בפלאקסים על בסיס לנטוף מחייב הכנה של שטחים המיועדים להלחמה (פעילות ניקיון וציפוי בחוט הלחמה). עיין תהליכים "הסרת שומנים" מספר 183.

כמו כן, ישנם בשוק חומרי שתף אחרים שנבחרים עפ"י דרישות תהליך הייצור, בכול מקרה נפרד עפ"י חוזק התפר ההלחמה, חומרים המולחמים וכו'.

סוגים עיקריים של מתכות בהן נעשה הלחמה רכה עם חוט הלחמה

הלחמה רכה עם חוט הלחמה נעשית במתכות שונות לדוגמה חוטי פלדה רגילה ונחושת, חוטי פלדה אל חלד/ נרוסטה, אלומיניום וכו'.

בהתאם לסוג החומרים המולחמים בוחרים את סוג חוט ההלחמה, חומרי שתף ובהתאם ההספק של המלחם.

עבודות גימור

א. הגנה נגד קורוזיה

חלק ניכר של הפלאקסים עלול לגרום לקורוזיה של החלקים המולחמים - דבר שמחייב את ניקוי המוצר ובמקרים מסוימים ציפוי בלכה.

ב. בדיקות טיב התפר

בדיקת טיב התפר תעשה באמצעות:

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

- 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.

גורמי סיכון עיקריים בהלחמה רכה חוט

סיכונים בטיחותיים

זיהוי

יש לנקוט צעדים נאותים למניעת חדירת חומר ההלחמה או השתף אל תוך העיניים במהלך ניעור המלחם בניסיון לנקותו משאריות חומר ההלחמה שהצטבר עליו, פעילות ניקיון אזור הלחמה וכו'

אמצעי בטיחות:

א. בעת ביצוע עבודות הלחמה יש נקוט צעדים טכניים נאותים למניעת פגיעה בעיניים של העובדים. במידת הצורך יש לספק ציוד מגן אישי מתאים ותקין עפ"י דרישות תקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי) , התשנ"ז –1997 [4].

סיכוני פגיעה מחשמל

זיהוי:

א. העובד עלול להיפגע כתוצאה מהתחשמלות/מכת חשמל הנובעת משימוש במכשירים הממוקמים על עמדת העבודה.

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

בקרה:

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

ב. מומלץ להזנת המכשירים להשתמש במתח נמוך ביותר. לוחות חשמל להזנת מכשירים מטלטילים יש לצייד במפסק נגד התחשמלות המופל בזרם דולף 0.03 אמפר.

סיכוני אש

זיהוי:

חומרי ניקוי דליקים נמצאים בעמדת העבודה.

בקרה:

ג. יש לבצע עבודות הלחמה באזורים מאווררים היטב בכדי למנוע הצטברות של אדים של חומרים דליקים באזור העבודה.

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

ד. אין להשאיר מלחם דלק ללא השגחה, יש להימנע מאחזקת חומרים דליקים באיזור ההלחמה.
ה. אמצעי כיבוי אש חייבים להיות ממוקמים בסמוך לאזור ביצוע עבודת הלחמה.

חשיפה לחומרים כימיים (נדפים וגזים)

זיהוי:

בבדיקות סביבתיות שבוצעו בעמדות העבודה בהם מבצעים הלחמה רכה עם חוט הלחמה לא התגלו תוצאות חריגות של אדי מתכות באוויר. עם זאת, על פני משטחי העבודה (שולחן העבודה) וכלי העבודה מצטברת כמות גדולה של שאריות חומרי ההלחמה שמכילים עופרת. בעת אכילה, שתיה או עישון החומר עלול להיכנס לתוך הגוף וכך לגרום לחשיפת יתר של העובדים לעופרת או חומרים אחרים שבשימוש.

חל איסור מוחלט לאכול, לשתות ולעשן במקומות העבודה, וגם הכנסת מוצרי מזון ושתייה לחדר בו מתבצעת ההלחמה.

כמו כן, כאמור, במהלך חימום הפלאקסים נפלטים גזים אשר עלולים לגרום לתגובות אלרגיות מצד מערכת הנשימה אצל עובדים.

אמצעי בטיחות :

א. מכיוון שבהלחמה בחלל לא מאוורר קיים סיכון להצטברות של נדיפים וגזים, יש לארגן עמדות ההלחמה במקום מאוורר היטב.
ב. מומלץ לצייד עמדות הלחמה באוורור מאולץ מסוג יניקה מקומית. פתחי היניקה חייבים להיות ממוקמים במקומות שאינם עולים על גובה פניו של העובד, על מנת לא לגרום לתנועת נדיפים וגזים דרך אזור נשימתו של העובד.
ג. במקומות שבהם לא ניתן להתקין מערכת יניקה קבועה ניתן להשתמש במערכת שולחנית עם מסנן מתחלף.

גורמי סיכון פיסיולוגיים (היבטים ארגונומים)

זיהוי:

במהלך ביצוע עבודות הלחמה העובדים נחשפים לביצוע תנועות חוזרות וממושכות.

אמצעי בטיחות:

יש לארגן את עמדות ההלחמה ואת תהליך העבודה כך שניתן לצמצם תנועות מחזוריות.

מניעת מפגעים (נוהג טוב)

לשם ניהול היבטי הבטיחות והגהות בעבודה בתהליך ההלחמה – חוט, מומלץ לבצע תוך הקפדה על התנאים הבאים:

1. כללי

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

ניהול פנקס הדרכה לרבות תיעוד מועד ההדרכה, המדריך והחומר הנלמד.

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

עם כניסתו של עובד חדש או שינו עמדת העבודה של עובד "ותיק" יש לדאוג לביצוע הדרכה בנוגע לסיכונים בעבודות ההלחמה עם חוט הלחמה, האמצעים להפחתת הסיכונים לרבות אמצעי מיגון אישי, התנהגות בעת אירוע חריג לרבות תאונה וכמעט תאונה [5].

שילוט הסיכונים באזור העבודה, לרבות סיכונים גהותיים ובטיחותיים. שילוט בדבר הצורך בשימוש בציוד מגן אישי. שילוט בדבר איסור אכילה, שתיה והעישון כולל אחסון מצרי אוכל [6].

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 במתח נמוך מאוד).

ב. המערכת החשמליות תיבדקנה תקופתית על ידי חשמלאי מוסמך [7].

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 נידפים וגזים בתהליך הלחמה מומלץ לצייד עמדות הלחמה באוורור מאולץ. בעדר מערכת אוורור נאותה לספק מערכת אוורור מסוג יניקה מקומית.

ביצוע בדיקה תקופתית של יעילות המערכות ליניקה מקומית.

ביצוע ניטורים סביבתיים לנדפים ועשן כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה.

ביצוע מעקב בדיקות רפואיות לעובדים וניטור סביבתי באמצעות מרפאות תעסוקתיות בהתאם לנדרש בתקנות.

לנקוט פעולות מתקנות בהתאם לתוצאות הניטור הסביבתי במידה שהריכוזים המתקבלים גבוהים מרמת הפעולה.

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

הכרת הסיכונים בגיליונות הבטיחות לחומרים שבשימוש (לרבות תוצרי פרוק אפשריים בעת פעולת הלחמה).

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.

ביבליוגרפיה

1. פרדו, א., ריבשטיין, מ., מיימן, מ., ואח.: דפדפת רשימות תהליכים תעשייתיים והגדרותיהם, אוניברסיטת תל-אביב, המכון לבריאות תעסוקתית, דצמבר 1993.

2. דרישות תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד-1983

3. תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים במתכות מסויימות), התשנ"ג-1993

4. תקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי) , התשנ"ז – 1997

5. תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), התשנ"ט – 1999

6. פקודת הבטיחות בעבודה (נוסח חדש), תש"ל- 1970

7. תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל) , התש"ן – 1990

© 2016 Empimed Inform Bureau Ltd.