



טיפול שטח כימי חומצי/בסיסי – החמצה/ איכול/צריבה/חריטה (247)

Pickling, Descaling, Chemical Etching –

עדכון אחרון: אפריל 2019

תוכן עניינים

1..... מבוא

2..... הגדרה

3..... שיטות עיקריות לטיפול שטח כימי

4..... טמפרטורת התהליך

5..... תמיסות ומשחות

5..... תוספים

5..... משימות עיקריות בביצוע תהליך

6..... הכנת תמיסת ניקוי

7..... טיפול כימי בחלקים

7..... שטיפת חלקים במים לאחר הטיפול

7..... סיכונים בטיחותיים

7..... מגע עם עצמים חמים

7..... סיכוני פגיעה מחשמל

7..... שיטות טיפול שטח כימי עם שימוש גלים על קוליים (אולטראסאונד או אולטראסוני)

8..... סיכונים גהותיים

8..... חשיפה לחומרים כימיים

8..... חשיפה לרעש מזיק

9..... מניעת מפגעים (נוהג טוב)

10..... ביבליוגרפיה

מבוא

כל חלק מתכתי הנמצא בסביבה רגילה מצופה בשטח הפנים שלו על ידי שכבת תחמוצות של המתכת או על ידי ציפוי מיוחד אחר והם מקנים לחלק ההתנגדות בפני קורוזיה ומונעים חלודה.

כמעט כל טיפול בחלקים מתכתיים, ידני או מכאני, משפיע על פני השטח של החלק המעובד. הנפוץ ביותר הוא ריתוך, אך גם הטיפולים כמו חימום, עיבוד שאינו עיבוד שבבי (גלגול, כיפוף, חיתוך), עיבוד שבבי

(חריטה, כרסום, ניסור, קידוח), עיבוד אברזיבי (השחזה) וטיפולים אחרים גורמים לפגיעה בשכבה עליונה של פני השטח של החלק. להלן דוגמה של מתכת לאחר עיבוד כזה.



חלק מנירוסטה עם תפר וכתמי חלודה לאחר השחזה וריתוך. המקור: John Swain, Anopol. Pickling – The State Of The Art 2007.

https://www.bssa.org.uk/cms/File/Summary_of_Pickling_Practice.pdf

טיפול שטח כימי מבצעים כדי להסיר מפני השטח של החלק את הסיגים (אוקסידים (oxides) של ברזל) שנוצרו בגלל חשיפת המתכת לחום, אבנית, שאריות ברזל או מתכות אחרות שהיו במגע עם החלק במהלך עיבודים קודמים. שטח הפנים נקי, לאחר טיפול כימי ושטיפה במים, מסוגל לבנות מחדש את שכבת ההגנה הפסיבית החיונית שלו [1].

כמו כן, תהליכי טיפול שטח כימי הינם הכרחיים להכנת שטח הפנים של החלקים לציפויים מסוגים שונים, כמו ציפוי המרה כימית, ציפוי אלקטרוכימי או צביעה.

הגדרה

טיפול שטח כימי חומצי/בסיסי - החמצה/ איכול/ צריבה/חריטה כימית - הינו טיפול שטח של מתכת בתערובות חומציות או בסיסיות ותוספים שונים. הטיפול יכול להיות גם עם השפעה אולטראסונית או בטמפרטורה גבוהה.

הטיפול של שטח הפנים ניתן לבצע בעומקים שונים, בהתאם לסוג החומר הפעיל והאגרסיביות שלו. הורדת סיגים, אבנית ולכלוך אחר ללא פגיעה משמעותית בשכבה עליונה של החלק מבצעים באמצעות תמיסות חלשות - תהליכי החמצה ואיכול (Pickling, Descaling)*.

כאשר המטרה היא ניקוי עמוק של שטח הפנים, עם הורדה של השכבה העליונה, מבצעים צריבה או אפילו חריטה כימית של החלק (Etching) ומשתמשים בחומרים אגרסיביים מאוד. בשיטות האלה משתמשים בד"כ להכנה של שטח הפנים של החלק לצביעה.

* קיימים הבדלים בהגדרות של Pickling, Descaling ו-Etching. לפעמים במונח Pickling משתמשים כמונח כללי שכולל בתוכו את האחרים. לאומת זאת, לפי ההגדרה של Euro Inox, Descaling הינו תהליך של הורדת סיגים (Mill scales) ללא פגיעה בשכבה עליונה של החלק המעובד ו-Pickling הינו תהליך שמוריד את השכבה העליונה מהחלק.

שיטות עיקריות לטיפול שטח כימי

השיטות לניקוי חלקים באמצעות חומרים כימיים מוכתבות בעיקר על ידי סוג החלק המעובד ומידותיו:

- א. ניקוי בהברשה/מטלית/ספוג (Brush Pickling, Swabbing) – ציפוי החלק המעובד על ידי משחה באמצעות מברשת, מטלית או ספוגית;
- ב. ניקוי בריסוס (Spray Pickling) – ריסוס של החומר הפעיל על פני השטח של החלק. בשיטה זאת משמשים כאשר מידות החלק לא מאפשרות להעבירו לניקוי באמבטיה;
- ג. ניקוי בטבילה (Bath Pickling or Tank Immersion Pickling) – את החלק מניחים לניקוי באמבטיה עם החומר הפעיל;
- ד. ניקוי באמבטיה אולטרסונית (Ultrasonic Cleaning) – בד"כ משתמשים בניקוי אולטרסוני לטיפול בחלקים קטנים בעלי צורה מורכבת. התמיסה באמבטיה אולטרסונית יכולה להיות חומצית, אלקלית או ניטרלית;
- ה. ניקוי מחזורי (Circulation Pickling) – בשיטה זאת משתמשים לניקוי צנרת. תמיסת הניקוי מכניסים לתוך מערכת הצינורות [2,3,4].

להלן דוגמאות להמחשת שיטות שונות של ניקוי חלקים באמצעות חומרים כימיים.



ניקוי בריסוס. המקור: Euro Inox. The European Stainless Steel Development Association. Post-fabrication Surface Treatment of Stainless Steel. 2015. https://www.edelstahl-rostoffrei.de/downloads/iser/PostFabricationSurfaceFinishing_EN.pdf



ניקוי הברשה. המקור: Avesta Finishing Chemicals. Pickling Handbook. Surface treatment of stainless steels. http://www.misterstainless.com/assets/Pickling_Handbook.pdf



ניקוי באמבטיה. המקור: Euro Inox. The



חלק מעובד אחרי ניקוי בריסוס. המקור: Euro

European Stainless Steel Development Association. Post-fabrication Surface Treatment of Stainless Steel. 2015.
https://www.edelstahl-rostoffrei.de/downloads/iser/PostFabricationSurfaceFinishing_EN.pdf

Inox. The European Stainless Steel Development Association. Pickling and Passivating Stainless Steel.
http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Passivating_Pickling_EN.pdf



ניקוי שרשראות באמבטיה אולטראסונית. המקור: Airspray Gun. Ultrasonic Cleaning and Induction Systems CP316 DIGIT washer, ultrasonic-cleaning-machines, ultrasonic-cleaning-and-induction-systems, cp316-digit-16-liters, 1.html?PHPSESSID=96b987ef857f60ee5ec8735ef83485ba

טמפרטורת התהליך

האפקטיביות של ניקוי מתכות באמצעות חומרים כימיים עולה עם עליה בטמפרטורת התמיסה. לפיכך, יחד עם עליה באפקטיביות של התהליך, עולה גם העומק של ניקוי. לכן קיימות הגבלות לטמפרטורה העליונה, במיוחד בעת שימוש באמבטיה, בגלל הסיכון של ניקוי מוגבר.

כמו כן, טמפרטורה גבוהה תוך שימוש במשחות או תמיסות ניקוי מגדילה את שיעור ההתאדות שלהן וכתוצאה עלולה להוריד את היעילות של הניקוי.

כדי למנוע את הבעיות הללו, החימום בטיפול בשטח הפנים באמצעות חומרים כימיים מתבצע בד"כ עד 45°C [Avesta]. עם זאת, במקרים מיוחדים, בהתאם למטרה של הניקוי, הטמפרטורה יכולה להיות יותר גבוהה. כך, בניקוי אלומיניום באמצעות בסיסים (נתרן הידרוקסיד) ממליצים על טמפרטורה של $50-70^{\circ}\text{C}$. [5]

תמיסות ומשחות

החומרים המשמשים להכנת תמיסות או משחות ניקוי הם ברובם חומצות והתערובות שלהן, אך קיים גם ניקוי באמצעות בסיסים. כאמור, האפקטיביות והעומק של הניקוי תלויים בסוג החומר הפעיל ובריכוזו. החומרים הם:

- א. חומצה הידרוכלורית
- ב. חומצה הידרופלורית
- ג. חומצה גופרתית
- ד. חומצה חנקתית
- ה. חומצה זרחנית
- ו. חומצה גופרתית עם נתרן דיכרומט
- ז. נתרן הידרוקסיד
- ח. אשלגן הידרוקסיד
- ט. תמיסת אמוניה ועוד.

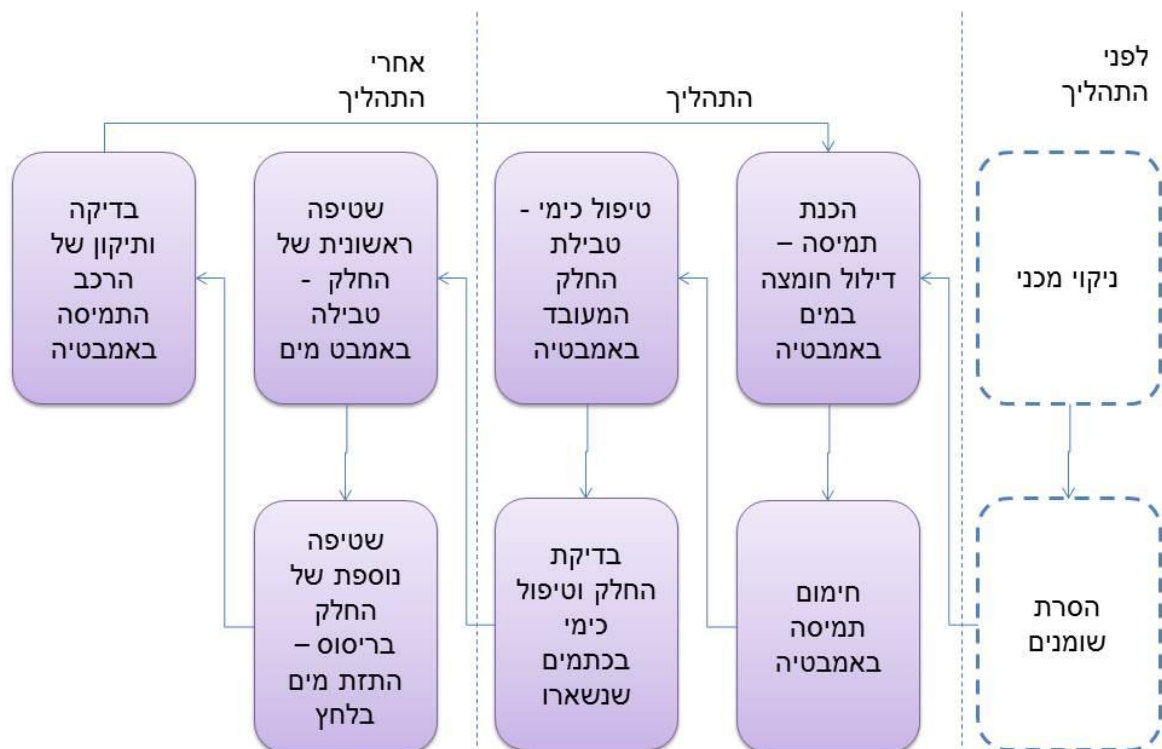
תוספים

לתמיסות ומשחות ניקוי באמצעות חומרים כימיים בד"כ מוסיפים תוספים שונים, כמו מעכבי קורוזיה – חומרים שמונעים חלודה (Corrosion inhibitors), מעכבי צריבה – חומרים שמעקבים פעילות יתר של תמיסת הניקוי (Overpickling inhibitors) ואחרים.

משימות עיקריות בביצוע תהליך

תהליך טיפול שטח כימי מבצעים כשרשרת משימות שביניהן תהליכי הכנה לטיפול, טיפול ושטיפת החלק אחרי הטיפול. להלן דוגמה סכמתית של תהליך כזה [6].

איכול חומצי/בסיסי – טבילה, שרשרת משימות



תהליכי ניקוי (טיפול שטח) מכני והסרת שומנים מתבצעים בד"כ לפני טיפול כימי.

הכנת תמיסת ניקוי

כאמור חומרי ניקוי לטיפול שטח כימי מיוצרים בכמה צורות שמתאימות לשיטת הטיפול – משחות או ג'לים לטיפול בהברשה, מטלית או ספוג ונוזלים לטיפול בריסוס או בטילה.

להלן הדוגמה לחומרים מסוגים שונים.



סוגים שונים של חומרים לטיפול שטח כימי של חברת Bohler Welding. המקור: Bohler Welding.

Manual for Surface Treatment of Stainless Steel.

https://www.voestalpine.com/welding/content/download/3617/58308/file/BW_Pickling+Handbook_EN_2019_GL_128_Preview.pdf

בתהליכים של הברשה או ריסוס משתמשים בחומרים מוכנים. במקרה שהטיפול מתבצע באמבטיה מכינים תמיסה מימית מהחומר המרוכז, ברב המקרים החומר הוא חומצה.

יש לזכור כי בהכנת תמיסה מימית של חומצה מוסיפים חומצה למים ולא הפוך.

את התמיסה יש לערבב היטב, את הערבוב מבצעים על ידי תנועה מחזורית של התמיסה באמבטיה באמצעות משאבה.

כמו כן, גם כאשר משתמשים באותה התמיסה מספר פעמים, נדרשת כל הזמן בקרה על הרכבה של התמיסה ותיקונה על ידי הוספת חומר פעיל לתוכה.

מבצעים חימום התמיסה באמבטיה (החימום הוא חשמלי) עד לטמפרטורה הנדרשת.

במשימות האלה העובדים נמצאים במגע עם חומרים כימיים שבתמיסה.

טיפול כימי בחלקים

בעת ביצוע טיפול באמבטיה מבצעים העברת חלקים לתוך האמבטיה והוצאת חלקים ממנה. במשימה זאת משתמשים בד"כ באמצעי הרמה חשמליים.

לאחר הטיפול מוציאים את החלקים מהאמבטיה ובודקים אותם. במקרה הצורך (כתמים), טיפול לא מושלם) מבצעי טיפול השלמה.

במהלך כל סוגי הטיפולים (הברשה, ריסוס, תנועות מחזוריות בצנרת או טבילה באמבטיה) העובדים נמצאים במגע עם חומרים כימיים.

שטיפת חלקים במים לאחר הטיפול

תהליך השטיפה מתבצע בכמה שלבים – שטיפה באמבט ו/או שטיפה בריסוס בהתזת מים בלחץ. גם בשטיפה, במיוחד בשלבים ראשוניים כשהחלק מצופה בתמיסה, קיים מגע של עובדים עם החומרים הכימיים בהם בוצע הטיפול.

טיפול שטח כימי עם שימוש בגלים על קוליים (אולטראסוני)

משתמשים בד"כ במכשירים עם תדרים של 20-40KHz, תדרים שאינם נשמעים על ידי אוזן של בני אדם. עם זאת, לעיתים קרובות בעת שימוש במכשירים אלה קיים רעש נלווה שמפלסו עלול להגיע לרמות של מעל 90 dB(A) ואפילו מעל 100 dB(A).

סיכונים בטיחותיים

מגע עם עצמים חמים

זיהוי:

מגע עם אדים חמים או נוזל חם של נוזל/תמיסת ניקוי.

בקרה:

- א. שילוט בדבר סיכוני כוונה;
- ב. איסור על הכנסת ידיים לאמבט מחומם. יש לבצע פעולות טבילה והוצאת חלקים תוך שימוש בסלסלות או מגשים;
- ג. הימנעות ממגע עם מכשיר חם ולפי הצורך שימוש בכפפות נגד חום לצורך מגע עם המכשיר החם (אמבט).

סיכוני פגיעה מחשמל

זיהוי:

העובד עלול להיפגע כתוצאה מהתחשמלות / מכת חשמל הנובעת משימוש בציוד חשמלי לא תקין בשעת ביצוע עבודות שטיפה וניקוי באמבט מחומם באופן חשמלי.

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 שיטות טיפול שטח כימי בו נעשה שימוש בחשמל 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. מכשור חשמלי כמו אמבט חימום ייבדק תקופתית על ידי חשמלאי מוסמך. הבדיקות תתועדנה ותשמרנה.

סיכונים גהותיים

חשיפה לחומרים כימיים

זיהוי:

חשיפת דרכי הנשימה והעור לאדים וטיפות של חומצות ובסיסים (תמיסות) שלעיתים קרובות מכילות בתוכן תוספים שונים וגם שאריות של לכלוך ומלחים של מתכות מהן בנוי החלק המעובד.

הערכה:

הריכוזים המרביים המותרים של החומרים שנפלטים לאוויר של בסביבת העבודה תוך ביצוע טיפול שטח כימי הוגדרו בתקנות הבטיחות בעבודה ובחברת ערכים עליונים מותרים של ACGIH.

בקרה:

- א. ביצוע תהליכי טיפול שטח כימי באופן סגור ובאופן אוטומטי.
- ב. הפעלת אוורור מאולץ מסוג יניקה מקומית בעמדות עבודה של טיפול שטח כימי. פתחי היניקה חייבים להיות ממוקמים במקומות שאינם עולים על גובה פניו של העובד, על מנת שלא לגרום לתנועת חומרים נפלטים דרך אזור נשימתו של העובד.
- ג. הגנה מפני חשיפה עורית ועינית: על העובד ללבוש בגדי עבודה בעלי שרוולים ארוכים ולהרכיב משקפי מגן, כפי שהוגדר בתקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז-1997.
- ד. הגנה מפני חשיפה נשימתית: במידת הצורך, על העובד להשתמש במסכת נשימה עם מסנן מתאים כפי שהוגדר בתקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז-1997 ובהתאם לתקן ישראלי 4013-16-00-0.
- ה. ביצוע ניטור סביבתי על ידי בודקים מוסמכים בעמדות עבודה של טיפול שטח כימי בהתאם לתדירות הקבועה בחוק לפי תקנות הבטיחות בעבודה (ניטור סביבתי וניטור ביולוגי של עובדים בגורמים מזיקים), תשע"א-2011.
- ו. במידה ותוצאות הניטור הסביבתי ומשך החשיפה לגורמים מזיקים הם כאלה שהעובדים מוגדרים כעובדים בגורם מזיק, יש לבצע השגחה רפואית אחריהם (בדיקות רפואיות וניטור ביולוגי) בהתאם לאמור בתקנות הבטיחות בעבודה המתאימות.
- ז. הכרת הסיכונים בגליונות בטיחות לתמיסות ומשחות ניקוי, מתכות וחומרים אחרים המשמשים בתהליך טיפול שטח כימי.
- ח. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

חשיפה לרעש מזיק

זיהוי:

רעש הינו צלילים בלתי רצויים. תהליך טיפול שטח כימי אינו רועש, אך הרעש יכול להיווצר בעת הפעלת מכשור אולטרסוני ומהתהליכים הנלווים, כמו הסרת שומנים, ניקוי בריסוס ושימוש באוויר דחוס.

הרעש המזיק היינו רעש בעל יכולת לגרום לפגיעה בשמיעה.

לפי תקנות בטיחות בעבודה הרעש שמפלסו המשוקלל על פני הזמן עולה על 85 dB(A) לחשיפה במשך 8 שעות היינו רעש מזיק [7].

בקרה:

- א. בהתאם לתוצאות הניטור, ביצוע פעולות להקטנת הרעש במקור (כיסוי אמבט אולטרסוני עם חומרי איטום ועוד);
- ב. כאשר פעולות אלו לא צלחו, יש להקפיד על שימוש בצידוד מגן אישי בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה (צידוד מגן אישי), התשנ"ז-1997 להפחתת החשיפה לרעש (לרבות אוזניות, אטמים) בהתאם לתוצאות ניטור הרעש;
- ג. הקפדה על ביצוע תהליכים רועשים בסביבה בה נמצא מספר מינימלי של עובדים, אשר אינם נחוצים לצורך ביצוע התהליך (תזמון תהליכים);
- ד. ביצוע ניטור סביבתי לרעש כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה;
- ה. שילוט אזור העבודה כאזור רעש מזיק וכן החובה בשימוש בצידוד מגן אישי (בהתאם לתוצאות ניטור הרעש);
- ו. בצוע הדרכות לגבי הסיכונים בחשיפה לרעש;
- ז. ביצוע בדיקות רפואיות לעובדים אשר חשופים לרעש מזיק בהתאם לתוצאות ניטור הרעש.

מניעת מפגעים (נוהג טוב)

ניהול היבטי הבטיחות והגהות תהליך טיפול שטח כימי מומלץ לבצע תוך הקפדה על התנאים הבאים:

1. כללי

- א. הדרכה לעובדים אחת לשנה לפחות, על ידי מדריך אשר אושר לכך ע"י מנהל המפעל (בעלים). ניהול פנקס הדרכה לרבות תיעוד מועד ההדרכה, המדריך והחומר הנלמד. עם כניסתו של עובד חדש או שינוי עמדת העבודה של עובד יש לדאוג לביצוע הדרכה בנוגע לסיכונים בעבודות טיפול שטח כימי, האמצעים להפחתת הסיכונים לרבות אמצעי מיגון אישי, התנהגות בעת אירוע חריג לרבות תאונה וכמעט תאונה [8].
- ב. שילוט הסיכונים באזור העבודה, לרבות סיכונים גהותיים ובטיחותיים. שילוט בדבר הצורך בשימוש בצידוד מגן אישי. שילוט בדבר איסור אכילה, שתיה ועישון כולל אחסון מוצרי מזון.
- ג. 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 תאונות עבודה.

2. פגיעה מכנית

- א. הימנעות מלבישת בגדים רופפים והימנעות מענידת תכשיטים.
- ב. שימוש בביגוד בעל שרוולים ארוכים, מכנסיים ארוכים.
- ג. הרכבת משקפי מגן.

3. סיכוני פגיעה מחשמל

- א. שימוש בצידוד חשמלי תיקני, תקין ובדוק.
- ב. בדיקה תקופתית של הצידוד החשמלי.

4. חשיפה לרעש מזיק

- א. ביצוע פעולות להקטנת הרעש במקור;
- ב. ביצוע הדרכות לגבי היבטי הסיכונים בחשיפה לרעש;
- ג. ביצוע ניטור רעש סביבתי מתמשך;
- ד. ביצוע השגחה רפואית (כולל בדיקות שמיעה) לעובדים אשר חשופים לרעש מזיק בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה;
- ה. שילוט אזור העבודה כאזור רעש מזיק וכן חובת השימוש בצידוד מגן אישי (בהתאם לתוצאות ניטור הרעש);

1. הקפדה על שימוש בציוד מגן אישי בהתאם לתוצאות ניטור הרעש.

5. חשיפה לחומרים כימיים

- א. ביצוע תהליכי טיפול שטח כימי באופן סגור ואוטומטי.
- ב. ציוד עמדות העבודה של טיפול שטח כימי באוויר מאולץ מסוג יניקה מקומית.
- ג. ביצוע בדיקה תקופתית של יעילות המערכות ליניקה מקומית.
- ד. ביצוע ניטור סביבתי לחומרים כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה.
- ה. ביצוע מעקב רפואי ונטור ביולוגי באמצעות מרפאות תעסוקתיות בהתאם לנדרש בתקנות.
- ו. שימוש במסכה עם מסנן ייעודי להגנה נשימתית.
- ז. הכרת הסיכונים בגיליונות בטיחות למתכות, חומרים מינרליים ואחרים הנמצאים בשימוש בתהליכי טיפול שטח כימי.
- ח. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

ביבליוגרפיה

1. Swain J.: Pickling – The State Of The Art 2007. ANOPOL.
https://www.bssa.org.uk/cms/File/Summary_of_Pickling_Practice.pdf.
2. Avesta Finishing Chemicals. Pickling Handbook. Surface treatment of stainless steels.
http://www.misterstainless.com/assets/Pickling_Handbook.pdf.
3. Euro Inox. The European Stainless Steel Development Association. Pickling and Passivating Stainless Steel. http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Passivating_Pickling_EN.pdf.
4. TOVATECH blog. 5 Tips on How to Select an Ultrasonic Cleaning Solution.
<https://www.tovatech.com/blog/25879/ultrasonic-cleaner/selecting-ultrasonic-cleaning-solutions>.
5. VECOM. Aluminium Services. Alkaline Pickling. <https://www.vecom-group.com/en/services/aluminium/alkaline-pickling/>.
6. Bohler Welding. Manual for Surface Treatment of Stainless Steel.
https://www.voestalpine.com/welding/content/download/3617/58308/file/BW_Pickling+Handbook_EN_2019_GL_128_Preview.pdf.
7. תקנות בטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים ברעש), התשמ"ד-1984
8. תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), תשנ"ט-1999.