



נוהג טוב בביצוע תהליכי עבודה

טיפול שטח כימי - ציפוי מגן – ציפוי אלקטרוליטי Electroplating

עדכון אחרון: אפריל 2019

תוכן עניינים

| | |
|---|---|
| 2 | מבוא |
| 2 | הגדרות |
| 2 | ציפוי אלקטרוליטי |
| 2 | שיטות |
| 4 | טמפרטורת התהליך |
| 4 | חומרים שבשימוש |
| 4 | תוספים |
| 4 | משימות עיקריות בביצוע תהליך |
| 5 | הכנה לציפוי |
| 5 | ציפוי אלקטרוליטי |
| 5 | שטיפות |
| 5 | סיכונים בטיחותיים |
| 5 | פגיעת עור, עיניים, מערכת הנשימה או מערכת העיכול מחומרים מאכלים (קורוזיביים) |
| 6 | מגע עם עצמים חמים |
| 6 | סיכוני פגיעה מחשמל |
| 6 | סיכונים גהותיים |
| 6 | חשיפה לחומרים כימיים |
| 7 | חשיפה לרעש מזיק |
| 8 | מניעת מפגעים (נוהג טוב) |
| 9 | ביבליוגרפיה |

מבוא

ציפוי מתכת וסגסוגת הוא אחד האמצעים הנפוצים ביותר בהגנה מפני קורוזיה. עם זאת, הציפוי מספק למתכות גם תכונות אחרות - מכניות, פיזיות ואסתטיות.

אחד הציפויים הינו ציפוי על ידי מתכות אשר מתבצע בתמיסה אלקטרוליטית. לציפוי זה קיים שימוש רחב בתעשיית תכשיטים, כאשר הציפוי מבצעים במתכות יוקרה, כמו כסף או זהב.



דוגמאות תכשיטים עם ציפוי זהב. המקור: Google search "Gold Plated Jewelry"

כמו כן, קיימים יישומים אחרים לציפוי מסוג זה שמשמשים לציפוי מתכות וגם לציפוי פלסטיק, זכוכית או קרמיקה. השימושים הם, בנוסף להגנה נגד קורוזיה, הגנה נגד קרינה מייננת, הכנת מתכות לצביעה ועוד.

הגדרות

ציפוי אלקטרוליטי

ציפוי אלקטרוליטי (Electroplating) הינו תהליך אלקטרוכימי שמתבצע בסביבה של אלקטרוליט עם שימוש בזרם חשמלי. האלקטרוליטים בציפוי מסוג זה הם בד"כ תמיסות מימיות של מלחי מתכות בהן המתכות נמצאות בצורת יונים. עם הפעלת זרם חשמלי היונים של מתכות עוברות לקתודה שהיא החלק המעובד, ועל פניו מאבדות את המתן החשמלי ויוצרות שכבת ציפוי.

ציפוי אלקטרולס

ציפוי אלקטרולס (Electroless Plating) הינו ציפוי על ידי מתכת (בד"כ ניקל או נחושת) שנמצאת בצורת מלח בתמיסה מימית (אלקטרוליט) ואותן מורידים על החלק המעובד באמצעות תוספות כימיות, ללא שימוש בזרם חשמלי.

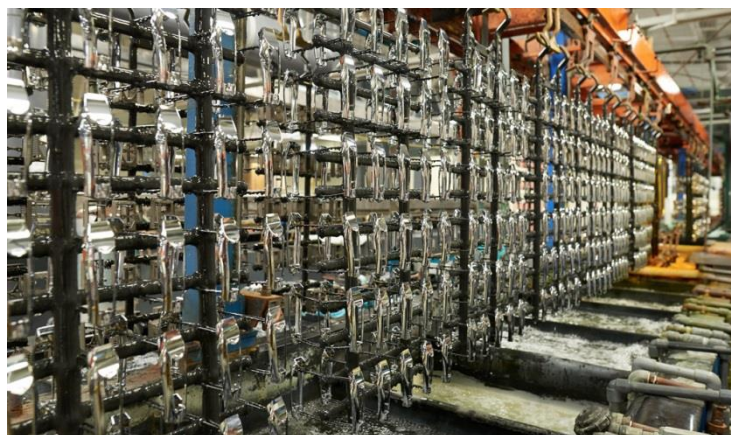
שיטות

לתהליכי ציפוי אלקטרוליטי ואלקטרולס קיימות מספר רב של שיטות, החל מביצוע תהליכים בתנאים ביתיים ועד קווי ציפוי גדולים. עם זאת, בכל השיטות משתמשים באמבטיות או מכלים קטנים יותר לטבילת חלקים מעובדים באלקטרוליט. בהתאם לשיטת סידור החלקים מבדילים בין השיטות הבאות:

א. ציפוי במדפים (Rack plating) – כאשר החלקים מסודרים בצורת מדפים;

- ב. ציפוי בחביות (Barrel Plating) – החלקים נמצאים בחביות;
 ג. ציפוי סליל לסליל (Reel to Reel Plating) - כאשר משתמשים בסלילים להעברת החלקים דרך אלקטרוליט;
 ד. כמו כן, קיימים תהליכים בהם כל חלק מעבירים לטבילה בנפרד.

להלן התמונות להמחשת הכלים והשיטות לביצוע התהליך.



ציפוי אלקטרוליטי במדפים. המקור: Asuntospublicos.
 Plating On Plastic Phillips Plating.
<http://www.asuntospublicos.org/post.html#c18yOTY0>
 ==MA

ציפוי אלקטרוליטי בחביות. המקור:
 Diversified. Online Company
 Magazine.
<http://dfsusa.blogspot.com/2016/11/new-electroplating-line.html>



ציפוי אלקטרוליטי סליל לסליל. המקור: Interplex. Advanced
 Reel-to-Reel Plating Processes Improve Production
 Throughput, Quality and Costs.
<https://interplex.com/resources/technical-bulletins/plating/reel-to-reel-plating-improves-production-efficiency-and-saves-costs/>



ערכת צפוי אלקטרוליטי של Backer Industries Corp.
 E-bay. המקור:
<https://www.ebay.com/itm/24kt-Gold-Plating-Machine-kit-Combination-Gold-and-silver-machine-2-in-1-unit-/163200780809>



ציפוי תכשיטים בזהב. המקור: Gold Plating Services. Gold Plating Kit - Immersion Electroplating.

ציפוי ניקל אלקטרוליס. המקור: PF Product Finishing. Electroless Nickel Baths Get Simpler.

<https://www.youtube.com/watch?v=ZfMUJFLhV5o>

<https://www.pfonline.com/articles/electroless-nickel-baths-get-simpler>

טמפרטורת התהליך

טמפרטורת התהליך בציפוי אלקטרוליטי או אלקטרוליס נמצאת בטווח שבין 15°C לבין 70°C , בהתאם לחומר הציפוי ותנאים אחרים של התהליך [1].

חומרים שבשימוש

החומרים שבהם משתמשים לציפוי אלקטרוליטי או אלקטרוליס אמורים להכיל את המתכות בהן מבצעים את הציפוי. לדוגמה, ציפוי זהב מבצעים בתמיסה של אשלגן זהב ציאניד, ציפוי אלקטרוליס בניקל מבצעים בתמיסת ניקל וכ"ד. החומרים ממיסים באלקטרוליט חומצי או אלקאלי.

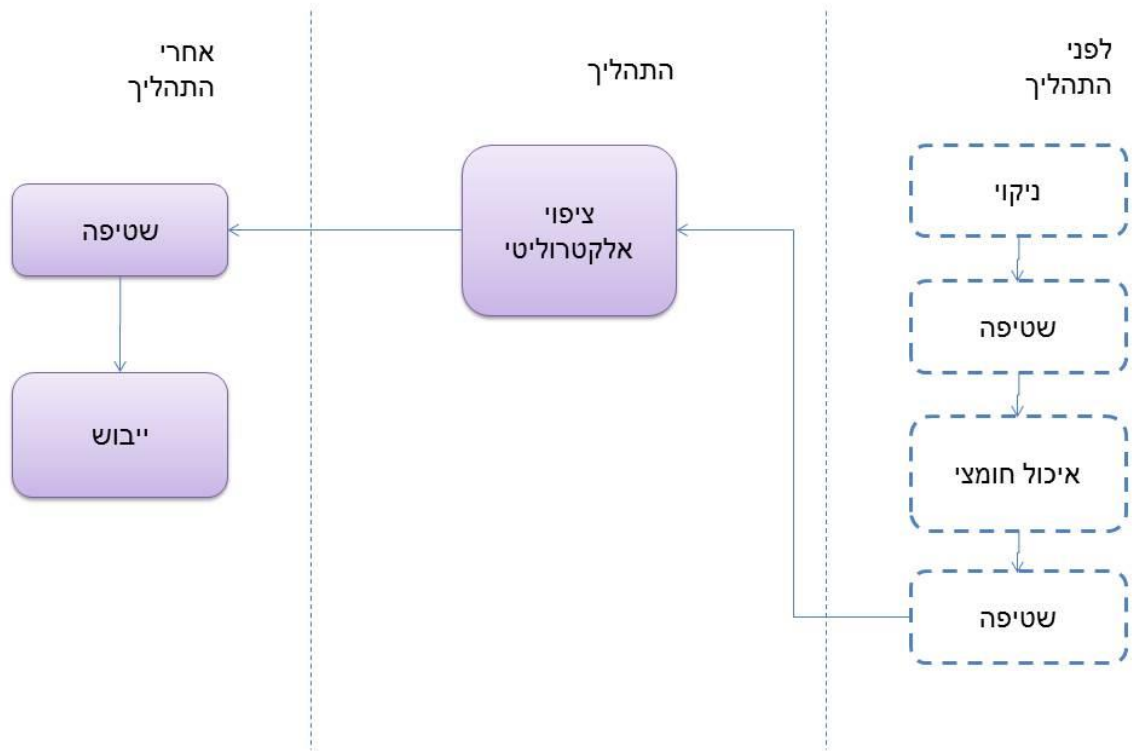
תוספים

התמיסות של אלקטרוליט מכילות בד"כ חומרים מאיצים (accelerators), מדכאים (suppressors), חומרי שפעול (activators) ותוספים אחרים עם מגוון חומרים כימיים שונים.

משימות עיקריות בביצוע תהליך

תהליך ציפוי אלקטרוליטי מבצעים כשרשרת משימות שביניהן תהליכי הכנה (ניקוי), ציפוי ושטיפת החלק. להלן דוגמה סכמתית של אחד מהתהליכים [2].

ציפוי אלקטרוליטי – שרשרת משימות



הכנה לציפוי

כפי שניתן לראות מהאיור, לפני ציפוי אלקטרוליטי מבצעים ניקוי ושטיפה של החלק. כמו כן, בנוסף לשטיפות, מבצעים ניקוי של שטח הפנים באמצעות איכול חומצי.

ציפוי אלקטרוליטי

מבצעים העברת חלקים לתוך האמבטיה והוצאת חלקים ממנה. משימה זאת מבצעים ידנית או באמצעות שימוש באמצעי הרמה חשמליים.

במהלך התהליך העובדים נמצאים במגע עם אדים של חומרים שמשתחררים בעת הציפוי.

שטיפות

גם לפני וגם אחרי הציפוי מבצעים שטיפות של החלק.

במהלך הוצאת חלקים מאמבטיות והעברתם למכלים שבקו הציפוי קיים מגע של עובדים עם החומרים הכימיים שבשימוש.

סיכונים בטיחותיים

פגיעות בעור, בעיניים, במערכת הנשימה או במערכת העיכול מחומרים מאכלים (קורוזיביים)

זיהוי:

מגע של העור או הריריות (עיניים, שפתיים, דרכי הנשימה העליונות או מערכת העיכול) עם חומרים מאכלים (חומצות, בסיסים, אדים וגזים מסוימים וחומרים אחרים) גורם לפגיעה ברקמה של העור או הריריות החל מגירוי ועד לכוויות קשות. חומרת הפגיעה הינה בהתאם לטיבו של החומר, ריכוזו בתמיסה, זמן המגע ושטח העור הנחשף או כמות החומר שנשאף או נבלע.

בקרה:

על מנת למנוע פגיעה מחומרים מאכלים יש לפעול למניעת המגע הישיר עם החומרים הללו ולהורדת ריכוזיהם באוויר:

- א. יש להדריך את העובדים בנושא סיכונים בשימוש בחומרים כימיים מאכלים ועזרה ראשונה לנפגעים בחומרים האלה טרם תחילת העבודה;
- ב. עבודות מסוג כלשהוא בהן משתמשים בחומרים מאכלים, כולל הכנת תערובות, מילוי מכלים או אמבטיות, אחסון וכו' יש לבצע במקום מאוורר ומצויד במערכת אוורור מאולצת;
- ג. חובה על העובדים להשתמש בצידוד מגן אישי מתאים: משקפי מגן או מסכה, כפפות מתאימות, סינר ובגדים מיוחדים וכו';
- ד. כל המכלים, השקים ואריזות אחרות המכילים חומרים מסוכנים חייבים להיות מסופקים עם תוויות מתאימות המצינות את השם ואת הריכוז של החומרים בהתאם לדרישות תקנות הבטיחות בעבודה (גיליון בטיחות, סיווג, אריזה, תיווי וסימון של אריזות), תשנ"ח-1998. במהלך אחסון, העברה ושימוש בחומרים יש להבטיח שהתוויות על אריזות יהיו תמיד נראות לעין ותהיו במצב שלא ניתן להסירן;
- ה. יש לצייד את מקום העבודה במתקנים לשטיפת עיניים ובמתקני רחיצה.

מגע עם עצמים חמים

זיהוי:

מגע עם אדים חמים או נוזל חם.

בקרה:

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

סיכוני פגיעה מחשמל

זיהוי:

העובד עלול להיפגע כתוצאה מהתחשמלות / מכת חשמל הנובעת משימוש בצידוד חשמלי לא תקין בשעת ביצוע עבודות ציפוי אלקטרוליטי.

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 השלבים של תהליך ציפוי אלקטרוליטי יש להשתמש בצידוד חשמלי תקני, תקין ונבדק 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.

סיכונים גהותיים

חשיפה לחומרים כימיים

זיהוי:

חשיפת דרכי הנשימה והעור לאדים וטיפות של חומצות ובסיסים בהם משתמשים בתהליך.

הערכה:

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

בקרה:

- א. ביצוע תהליכי ציפוי אלקטרוליטי באופן סגור ובאופן אוטומטי.
- ב. הפעלת אוורור מאולץ מסוג יניקה מקומית בעמדות העבודה של ציפוי אלקטרוליטי. 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 ציפוי אלקטרוליטי 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 בגיליונות בטיחות לתמיסות ליטוש, מתכות וחומרים אחרים המשמשים בתהליך ציפוי אלקטרוליטי.
- ח. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

חשיפה לרעש מזיק

זיהוי:

הרעש הינו צלילים בלתי רצויים. תהליך ציפוי אלקטרוליטי אינו יוצר רעש מזיק (במיוחד כאשר מבצעים תהליך בממדים קטנים) למשל, הרעש יכול להיות מהתהליכים הנלווים, בהעברת חלקים בחביות, בעת הסרת שומנים, ניקוי בריסוס ושימוש באוויר דחוס.

הרעש המזיק הינו רעש בעל יכולת לגרום לפגיעה בשמיעה.

לפי תקנות הבטיחות בעבודה הרעש שמפלסו המשוקלל על פני הזמן עולה על 85 dB(A) לחשיפה במשך 8 שעות היינו רעש מזיק [3].

בקרה:

- א. בהתאם לתוצאות הניטור, ביצוע פעולות להקטנת הרעש במקור;
- ב. כאשר פעולות כאלה לא צלחו, יש להקפיד על שימוש בציוד מגן אישי בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז-1997 להפחתת החשיפה לרעש (לרבות אוזניות, אטמים) בהתאם לתוצאות ניטור הרעש;
- ג. הקפדה על בצוע 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 חובת השימוש בציוד מגן אישי (בהתאם לתוצאות ניטור הרעש);
- ו. ביצוע הדרכות לגבי היבטי הסיכונים בחשיפה לרעש;
- ז. ביצוע בדיקות רפואיות לעובדים אשר חשופים לרעש מזיק בהתאם לתוצאות ניטור הרעש.

מניעת מפגעים (נוהג טוב)

ניהול היבטי הבטיחות והגהות בתהליך ציפוי אלקטרוליטי 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 ביחס לסיכונים בעבודות ציפוי אלקטרוליטי, אמצעי הפחתת סיכונים לרבות אמצעי מיגון אישי, התנהגות בעת אירוע חריג לרבות תאונה וכמעט תאונה [4].
- ב. שילוט הסיכונים באזור העבודה, לרבות סיכונים גהותיים ובטיחותיים. שילוט בדבר הצורך בשימוש בציוד מגן אישי. שילוט בדבר איסור אכילה, שתיה והעישון כולל אחסון מצרי 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 בציוד חשמלי תקני, תקין ובדוק.
- ב. בדיקה תקופתית של הציוד 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 מרעיש וכן החובה בשימוש בציוד מגן אישי (בהתאם לתוצאות ניטור הרעש);
- ו. הקפדה על שימוש בציוד מגן אישי בהתאם לתוצאות ניטור הרעש.

5. חשיפה לחומרים כימיים

- א. ביצוע תהליכי ציפוי אלקטרוליטי באופן סגור ואוטומטי.
- ב. ציוד עמדות העבודה של ציפוי אלקטרוליטי באזור 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 ציפוי אלקטרוליטי.
- ח. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

ביבליוגרפיה

1. Finishing.com. Required solution temperatures for electroplating and electroless plating. <https://www.finishing.com/144/23.shtml>.
2. Rochester Institute of Technology. Plating or Conversion Coatings. https://www.rit.edu/affiliate/nysp2i/sites/rit.edu.affiliate.nysp2i/files/pdfs/plating_or_conversion_coatings_final.pdf.
3. תקנות בטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים ברעש), התשמ"ד-1984
4. תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), תשנ"ט-1999.