



טיפול שטח כימי - ציפוי מגן – פוספטציה Chemical Surface

Treatment - Phosphating

עדכון אחרון: אפריל 2019

תוכן עניינים

1.....	מבוא
2.....	הגדרות
2.....	פוספטציה
2.....	שיטות
4.....	טמפרטורת התהליך
4.....	חומרים שבשימוש
4.....	תוספים
4.....	משימות עיקריות בביצוע תהליך
5.....	הכנה לציפוי
5.....	ציפוי פוספט
5.....	טיפול בחומרי סיכה
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
7.....	מניעת מפגעים (נוהג טוב)
8.....	ביבליוגרפיה

מבוא

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

הפטנט הראשון לפוספטציה או ציפוי פוספט (Phosphating Coating) רשום באנגליה בשנת 1869 על ידי William Alexander Ross [1]. מאז התרחשו התפתחויות רבות, לפעמים עם שם חדש לשיטה

(Bonderising or Parkerising), אך על אותו עקרון. כיום פוספטציה הינו אחד מתהליכי הציפוי הנפוצים ביותר בתעשייה. מיליונים של מוצרי צריכה כמו מקררים, מזגנים, מכונות כביסה וכו', אריזות פח לירקות ופרות, מכונות ומוצרים אחרים יוצרו תוך שימוש בציפוי פוספט ושוק החומרים והציוד לפוספטציה ממשיך לגדול [2].

התהליך מייצר שכבת גבישים על שטח הפנים של המתכת אשר, בנוסף להגנה נגד קורוזיה, מהווה בסיס נקבובי שמתאים מאוד לצביעה, לכן התהליך בשימוש רחב להכנת חלקים לפני צביעתם.

הגדרות

ציפוי המרה כימית (Chemical Conversion Coating) הינו תהליך שבו שכבת חומר ציפוי נוצרת על פני השטח של חלק מתכתי עקב תגובה כימית שבין משטח המתכת לבין חומר כימי חיצוני. הציפוי ממיר את השכבה החיצונית של מתכת ומשולב במלואו עם המצע, לכן הוא אינו משנה את מידותיו של החלק המעובד.

פסיבציה

מונח "פסיבציה" (Passivation) מתייחס לתהליך שבו שטח הפנים של החלק המתכתי הופך ללא פעיל (passive) מבחינה כימית ומגן על החלק מפני חשיפות כימיות חיצוניות, קודם כול – חמצון.

מבחינת ההגדרה, כל השיטות של ציפוי המרה כימית הן פסיבציה.

פוספטציה

פוספטציה או ציפוי פוספט (Phosphating or Phosphate coating) הינו ציפוי המרה כימית שמתבצע באמצעות מלחים של זרחן.

קיימים שלושה סוגים של פוספטציה: פוספט ברזל, פוספט אבץ ופוספט מנגן. בהתאם לסוג הפוספטציה, הציפוי שנוצר הוא שכבה על פני השטח הכוללת גבישים של ברזל, אבץ או מנגן.

בשנים אחרונות, עקב היבטים סביבתיים, כאשר מתכות ופוספטים הנמצאים בשימוש מהווים גורם זיהום רציני, פותחו סוגים חדשים של פוספטציה, שבהם לא משתמשים במתכות הנ"ל ובפוספטים. הסוגים אלה מבוססים בעיקר על זירקוניום ותרכובותיו.

שיטות

תהליך פוספטציה מבצעים במספר שיטות בהתאם לסוג החלקיקים המעובדים, ממדיהם ומטרות הציפוי. השיטות הן:

- א. ציפוי ניגוב ידני עם הרטבת החלק בתמיסה באמצעות מטלית, ספוג או מברשת;
- ב. ציפוי באמצעות ריסוס או ריסוס אדים;
- ג. ציפוי בטבילה.

להלן התמונות להמחשת הכלים והשיטות לביצוע התהליך.



שטיפה ופוספטציה באמצעות ריסוס אדים. המקור:
 Electro Steam. Electric Steam Generators for
 Cleaning and Phosphatizing.
<https://www.youtube.com/watch?v=l2M14J66kbq>



ארון שטיפה ופוספטציה. המקור: Best
 Technology. Wash and Phosphate Pre-
 Treatment Conversion Coating Lines for
 Powder Coat Prep.
<https://www.besttechnologyinc.com/industrial-parts-washers-cleaning-systems/phosphate-lines-powder-coat-prep/>



ציפוי אבץ פוספט לגוף של מכונית. המקור: PF
 Product Finishing. Pretreatment for Painting.
<https://www.pfonline.com/articles/pretreatment-for-painting>



קו פוספטציה. המקור: Best Technology.
 Wash and Phosphate Pre-Treatment
 Conversion Coating Lines for Powder
 Coat Prep.
<https://www.besttechnologyinc.com/industrial-parts-washers-cleaning-systems/phosphate-lines-powder-coat-prep/>

טמפרטורת התהליך

טמפרטורת התהליך בציפוי פוספט שונה בהתאם לסוג התהליך. ציפוי בריסוס אדים מבצעים עם טמפרטורת התמיסה קרובה ל-100°C

ציפוי ברזל פוספט מבצעים בטווח טמפרטורות מהסביבה ועד 65°C. בציפוי אבץ פוספט טמפרטורה היא בד"כ בטווח 40-60°C. בציפוי מגן פוספט הטמפרטורה של תמיסה באמבטיה היא סביב 95°C. עם זאת, גם בציפוי אבץ פוספט הטמפרטורה יכולה להיות 98°C [3].

יש לציין כי ציפוי פוספט בד"כ מבצעים בתוך שרשרת תהליכים שביניהם הסרת שומנים ושטיפות, כאשר חלק מהתהליכים האלה מבצעים עם טמפרטורה גבוהה.

חומרים שבשימוש

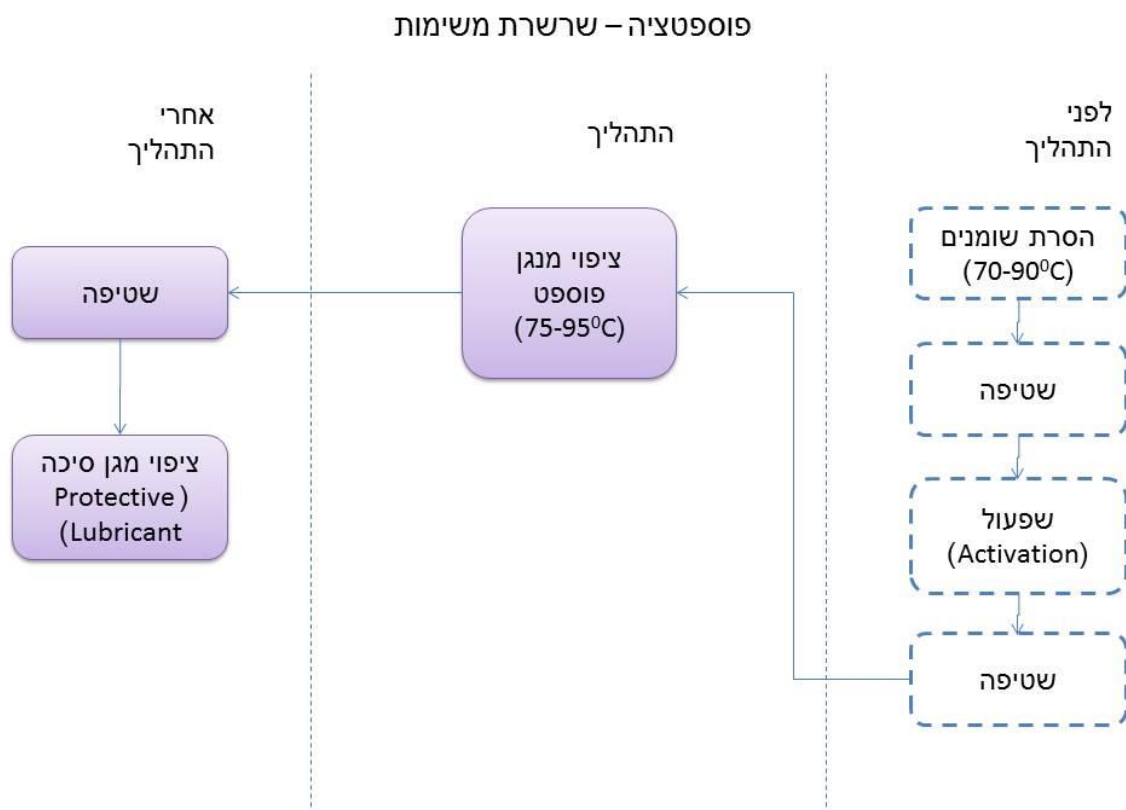
כאמור, החומרים שמשמשים בציפוי פוספט הם מלחים זרחניים של ברזל, אבץ ומגן אשר בתמיסה מיצרים חומצה זרחנית.

תוספים

בתור תוספים משתמשים בניטרטים, תרכובות עופרת (כמאיצים), ניקל (שיפור מבנה השכבה העליונה שנוצרת בתהליך), חומצה לימון וחומצות אחרות (להורדת משקל הציפוי) וחומרים אחרים.

משימות עיקריות בביצוע תהליך

בתהליך ציפוי פוספט מבצעים כשרשרת משימות שביניהן תהליכי הכנה (ניקוי), ציפוי ושטיפת החלק. להלן דוגמה סכמתית של אחד מהתהליכים [4].



התהליך יכול להיות הרבה יותר ארוך ולהכיל מספר רב של משימות.

הכנה לציפוי

כפי שניתן לראות מהדוגמה, לפני ציפוי פוספט מבצעים ניקוי של החלק (הסרת שומנים) בטמפרטורה גבוהה. כמו כן, בנוסף לשיטות, מבצעים טיפול בחומרי שפעול שטח הפנים (Surface Activator) שהם משפרים את המבנה הגבישי של השכבה העליונה.

בתור חומרי שפעול משתמשים בתרכובות מכילות טיטניום ובחומרים אחרים.

ציפוי פוספט

בדוגמה הנ"ל מבצעים פוספטציה עם מנגן תוך חימום התמיסה לטמפרטורה עד 95°C . מבצעים העברת חלקים לתוך האמבטיה והוצאת חלקים ממנה. משימה זאת מבצעים ידנית או עם שימוש באמצעי הרמה חשמליים.

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

טיפול בחומרי סיכה

בדוגמה הנ"ל לאחר הציפוי מבצעים ציפוי נוסף של החלק בחומרי סיכה (Lubricants).

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 ישיר 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 כלשהן בהם 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 המציינות את השם ואת הריכוז החומרים בהתאם לדרישות תקנות הבטיחות בעבודה (גיליון בטיחות, סיווג, אריזה, תווי וסימון של אריזות), תשנ"ח-1998. במהלך אחסון, העברה

ושימוש בחומרים יש להבטיח שהתוויות על האריזות יהיו תמיד נראות לעין ותהיינה 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 בציוד חשמלי לא תקין בשעת ביצוע עבודות פוספטציה.

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

בקרה:

- א. לצורך מניעת פגיעה עקב התחשמלות: בכל השלבים של תהליך פוספטציה 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.

סיכונים גהותיים

חשיפה לחומרים כימיים

זיהוי:

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

הערכה:

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

בקרה:

- א. ביצוע תהליכי פוספטציה באופן סגור ובאופן אוטומטי.
- ב. הפעלת אוורור מאולץ מסוג יניקה מקומית בעמדות עבודה של פוספטציה. 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 (צידוד מגן אישי), התשנ"ז-1997 ובהתאם לתקן ישראלי 4013-16-00-0.
- ה. ביצוע ניטור סביבתי על ידי בודקים מוסמכים בעמדות עבודה של פוספטציה 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 פוספטציה.
- ח. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

חשיפה לרעש מזיק

זיהוי:

- רעש הינו צלילים בלתי רצויים. תהליך פוספטציה אינו רועש, אך הרעש יכול להיות מהתהליכים המלווים, כמו הסרת שומנים, ניקוי בריסוס ושימוש באוויר דחוס.
- הרעש המזיק הינו 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 [5].

בקרה:

- א. בהתאם לתוצאות הניטור, ביצוע פעולות להקטנת הרעש במקור;
- ב. כאשר פעולות כאלה 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 מרעיש וכן החובה בשימוש בצידוד 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 פוספטציה 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 פוספטציה, אמצעי הפחתת סיכונים לרבות אמצעי מיגון אישי, התנהגות בעת אירוע חריג לרבות תאונה וכמעט תאונה [6].

- ב. שילוט הסיכונים באזור העבודה, לרבות סיכונים גהותיים ובטיחותיים. שילוט בדבר הצורך בשימוש בצידוד 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 בצידוד חשמלי תקני, 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);
- ו. הקפדה על שימוש בצידוד מגן אישי בהתאם לתוצאות ניטור הרעש.

5. חשיפה לחומרים כימיים

- א. ביצוע תהליכי פוספטציה באופן סגור ואוטומטי.
- ב. צידוד עמדות העבודה של פוספטציה 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 פוספטציה.
- ח. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

ביבליוגרפיה

1. Firearms History, Technology & Development. Metal Treatment. Parkerizing. <https://firearmshistory.blogspot.com/2010/08/metal-treatments-parkerizing.html>.
2. Zion Market Research. Phosphate Conversion Coatings Market by Product Type (Iron Phosphate, Zinc Phosphate, and Manganese Phosphate), by Substrate (Steel, Cast Iron, and Others), and by End-User (Consumer Appliances, Food & Beverages, Automotive, and Others): Global Industry Perspective, Comprehensive Analysis, and Forecast,

2018—2025. <https://www.zionmarketresearch.com/report/phosphate-conversion-coatings-market>.

3. Phosphating.net. Phosphate Conversion Coating.
<http://www.phosphating.net/manganese-phosphating.html>.

4. ILVE Surface Treatment Technologies.
<http://www.ilve.com.tr/proses.asp?d=ING&id=5>.

5. תקנות בטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים ברעש), התשמ"ד - 1984

6. תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), תשנ"ט-1999.