



נוהג טוב בביצוע תהליכי עבודה

## טיפול שטח כימי - ציפוי מגן – אלודיין Chemical Surface Treatment

### - Alodine

עדכון אחרון: אפריל 2019

### תוכן עניינים

- 1..... מבוא
- 2..... הגדרות
- 2..... אלודיין
- 2..... שיטות
- 3..... טמפרטורת התהליך
- 3..... חומרים שבשימוש
- 3..... משימות עיקריות בביצוע תהליך
- 4..... הכנה לציפוי (ניקוי)
- 4..... ציפוי כרומטי
- 4..... שטיפה לאחר ציפוי
- 4..... סיכונים בטיחותיים
- 4..... פגיעות בעור, בעיניים, במערכת הנשימה או במערכת העיכול מחומרים מאכלים (קורוזיביים)
- 5..... מגע עם עצמים חמים
- 5..... סיכוני פגיעה מחשמל
- 6..... סיכונים גהותיים
- 6..... חשיפה לחומרים כימיים
- 6..... 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 ואסתטיות.

בשנת 1946 חברת Henkel רשמה פטנט לשיטת ציפוי כימי לאלומיניום בשם Alodine® כסדרה של ציפויי המרה (Conversion coatings) שמשפרים את הידבקות צבע לאלומיניום ומספקים הגנה למתכת בפני קורוזיה. מכיוון ששכבת הציפוי שנוצרת מבוססת על תרכובות כרום, השיטה נקראת גם ציפוי המרה

כרומטי (Chromate Conversion Coating). מאז, השיטות לציפוי המרה כרומטי נעשו נפוצות מאוד ובהן משתמשים בייצור מוצרים בענפי תעשייה רבים כמו ייצור רכב, תעשייה אווירית ועוד. עם זאת, תרכובות כרום שש ערכי (כרום עם דרגת חמצון +6, chromium hexavalent) ידועות כמסרטן וודאי, לכן בשנים אחרונות פותחו שיטות לציפוי המרה כרומטי ללא כרום שש ערכי (hex-free) בהן משתמשים בכרום שלוש ערכי או בחומרים אחרים [1].

## 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.

## אלודיין

אלודיין (Alodine) הינה שיטה של ציפוי המרה כימית שבה משתמשים לציפוי מתכות קלות. שם אחר לשיטה הינו ציפוי המרה כרומטי (Chromate Conversion Coating) או סרט ציפוי כימי (Chem Film). בשיטה זאת קיימות ווריאציות של שימוש בכרום שש ערכי (שיטה מקורית) וללא שימוש בכרום שש ערכי (Hex-free).

## שיטות

קיימות מספר שיטות ליישום אלודיין:

- א. הברשה – כאשר משתמשים במברשת לציפוי שטח הפנים של החלק המעובד;
- ב. ריסוס – כאשר מרססים את החומר על שטח הפנים של החלק המעובד;
- ג. עט – בשיטה זאת משתמשים בעט עם החומר לציפוי החלק המעובד;
- ד. אמבטיה – בשיטה זאת משתמשים בסדרת מכלים בהם מבצעים ניקוי החלק לפני הציפוי ושטיפתו אחרי הטיפול באלודיין.

להלן תמונות להמחשת כלים בהם משתמשים לביצוע התהליך.



עט לציפוי אלודיים של חברת Henkel. המקור:  
Pilots HQ. Henkel - Alodine 1132 Touch-N-  
Prep Coating Pen 40mL 1445846.  
<https://pilotshq.com/henkel-alodine-1132-touch-prep-coating-pen-40ml-1445846-p-13774.html>

ערכה של חברת Henkel לציפוי אלודיין בהרשה  
או בריסוס. המקור: Pilots HQ. Henkel -  
Alodine Magnesium Treatment Kit 598970.  
<https://pilotshq.com/henkel-alodine-magnesium-treatment-kit-598970-p-15082.html>



סידרת מכלים לתהליך ציפוי אלודיין – ניקוי ושטיפת חלק לפני הציפוי, הציפוי, שטיפה אחרי הציפוי.  
המקור: Best Technology. What is Alodine / Chem film / Chromate Conversion Coating.  
<https://www.besttechnologyinc.com/surface-finishing/what-is-alodine-chem-film-chromate-conversion-coating>

### טמפרטורת התהליך

טמפרטורת התהליך באלודיין לא יכולה להיות גבוהה מ-60°C מכיוון שהטמפרטורה הגבוהה מזאת מורידה את יעילותה של שכבת ההגנה.

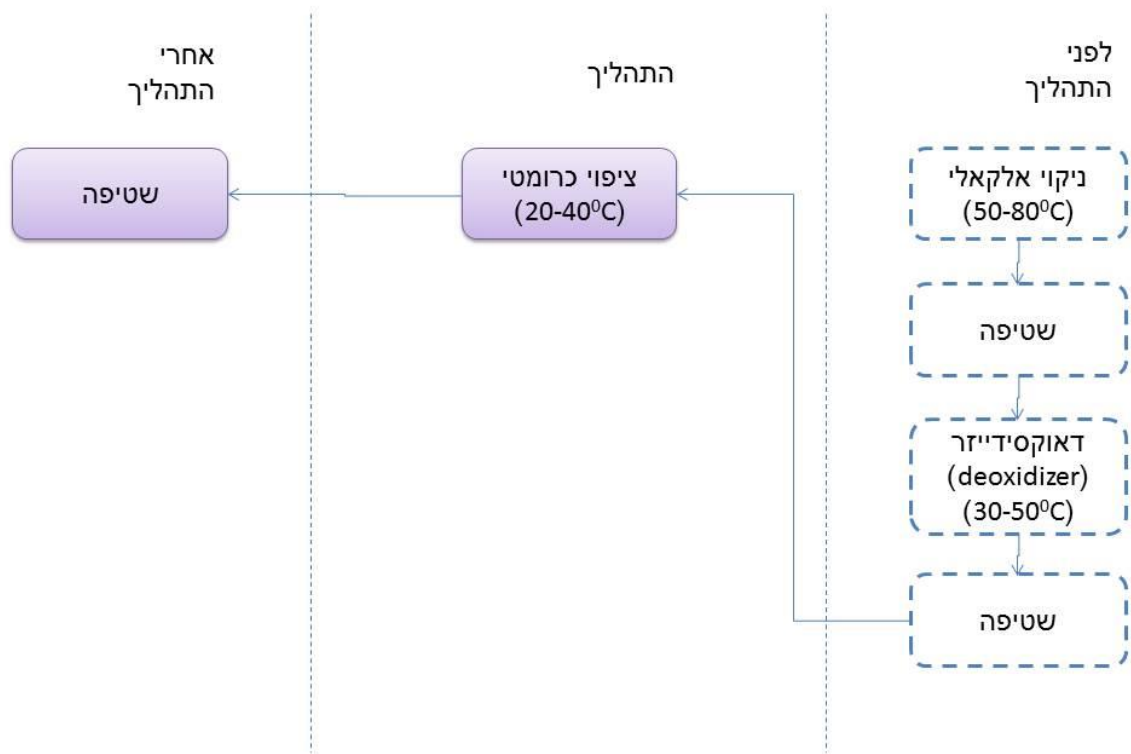
### חומרים שבשימוש

כאמור, בשיטה מסורתית של אלודיין משתמשים בכרום שש ערכי. התמיסות מכילות חומצה הידרופלורית. השיטות המודרניות מבוססות על כרום תלת ערכי (כרום סולפט). כמו כן, משתמשים גם בחומרים אחרים.

### משימות עיקריות בביצוע תהליך

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

## אלודיין – שרשרת משימות



### הכנה לציפוי (ניקוי)

כפי שניתן לראות מהדוגמה, לפני הציפוי מבצעים ניקוי החלק באמצעות תמיסה אלקאלית, שטיפה במים וטיפול בחומר שמעלה עמידות נגד חמצון (דאוקסידייזר - deoxidizer).

בתור דאוקסידייזר יכולים לשמש חומרים שונים. לדוגמה, דאוקסידייזר Deoxalume של חברת Henkel מכיל גופרית של ברזל, חומצה גופרתית וחומרים נוספים.

### ציפוי כרומטי

בדוגמה הנ"ל הציפוי מתבצע באמבטיה עם חימום. מבצעים העברת חלקים לתוך האמבטיה והוצאת חלקים ממנה. משימה זאת מבצעים ידנית או באמצעות אמצעי הרמה חשמליים.

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

בביצוע תהליך ציפוי כרומטי בהברשה, בריסוס או בעט גם קיים מגע של עובדים עם החומרים שבשימוש.

### שטיפה לאחר ציפוי

לאחר הציפוי מבצעים שטיפה נוספת.

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 עור או ריריות (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 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 עם 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 ויהיו 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 אלודיין.

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 אלודיין יש להשתמש בצידוד 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.

**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 אלודיין הוגדרו בתקנות הבטיחות בעבודה ובחבורת ערכים עליונים מותרים של ACGIH.

**בקרה:**

- א. ביצוע תהליכי אלודיין באופן סגור ובאופן אוטומטי.
- ב. הפעלת אוורור מאולץ מסוג יניקה מקומית בעמדות עבודה של אלודיין. פתחי היניקה חייבים להיות ממוקמים במקומות שאינם עולים על גובה פניו של העובד, על מנת שלא לגרום לתנועת החומרים הנפלטים 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 אלודיין 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 אלודיין.
- ח. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

**חשיפה לרעש מזיק****זיהוי:**

רעש הינו צלילים בלתי רצויים. תהליך הציפוי באלודיין אינו יוצר רעש מזיק, אך הרעש יכול להיווצר מתהליכים נלווים, כמו הסרת שומנים, ניקוי בריסוס או שימוש באוויר דחוס.

הרעש המזיק הינו רעש בעל יכולת לגרום לפגיעה בשמיעה.

לפי תקנות הבטיחות בעבודה רעש 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 החובה בשימוש 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 אלודיין 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 אלודיין, 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 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 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 רעש מזיק 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 אלודיין באופן סגור ואוטומטי.
- ב. ציוד עמדות העבודה של אלודיין באזור מואלץ 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 אלודיין.  
ח. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

## ביבליוגרפיה

- 
1. Chemeon Surface Technology. Specialty Chemicals for Chromate Conversion. QPD-81706B Approved: CHEMEON TCP-HF suite of chemicals.  
<https://chemeon.com/p/qpl81706b-approved-chemistries/>.
  2. Bonderite®. Henkel Surface Treatment Selector Guide.  
[http://www.henkeladhesivesna.com/henkeldocs/oilgas/10400\\_LT-6267.pdf](http://www.henkeladhesivesna.com/henkeldocs/oilgas/10400_LT-6267.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.