



נוהג טוב בביצוע תהליכי עבודה

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

### - Blackening

עדכון אחרון: אפריל 2019

### תוכן עניינים

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

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

אחד הציפויים הנפוצים ביותר בתעשייה, מפאת העלות הנמוכה שלו, הינו ציפוי השחרה כימית.

It's All  
About  
The  
Look



דוגמה לציפוי השחרה כימית – הגנה נגד קורוזיה ומתן מראה למוצר. המקור: Cleveland Black Oxide. What are the Advantages of Black Oxide?  
[./https://clevelandblackoxide.com/black-oxide-advantages](https://clevelandblackoxide.com/black-oxide-advantages)

## **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 המתכת ומשולב במלואו עם המצע, לכן הוא אינו משנה את מידותיו של החלק המעובד.

### **פסיבציה**

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

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

### **השחרה**

תהליכי השחרה (Blackening or Black Oxide) הינם תהליכי המרה כימית לפלדות ברזליות, נירוסטה, סגסוגות של נחושת, אבץ ומתכות אחרות, שבהם מייצרים על פני השטח של החלק המעובד, שכבת תחמוצת שחורה.

ניתן להגדיר מספר סוגים עיקריים של תהליכי השחרה כימית:

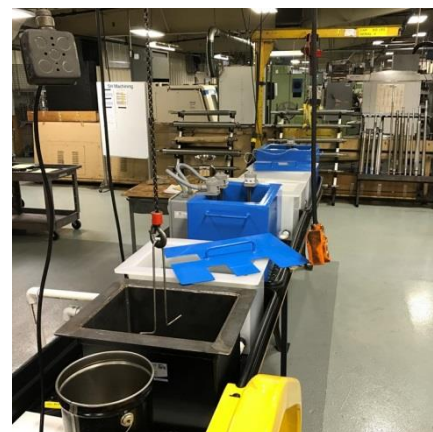
- א. תהליך קלאסי - שימוש בסודה קאוסטית (Caustic Black Oxiding) בטמפרטורה גבוהה של כ- $140^{\circ}\text{C}$ . בתהליך זה נוצרת שכבת תחמוצת ברזל בשם מגנטיט ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ );
- ב. השחרת נחושת סלניום (Copper/Selenium Blackening) - תהליך בטמפרטורת הסביבה אשר מבצעים באמבטיה עם תמיסה חומצית. בתהליך זה מייצרים על פני השטח של החלק שכבה של סלניד נחושת ( $\text{CuSe}$ , copper selenide);

- ג. תהליך דומה נמצא בשימוש גם בייצור מעגלים מודפסים. התהליך הוא חלק מתהליכי למינציה ובמהלכו על המעגל נוצרת שכבת תחמוצת של נחושת.
- ד. הכחלה בקיטור (Steam Bluing) - בתהליך זה מחממים חלק בתא סגור עד לטמפרטורה של  $300-400^{\circ}\text{C}$  ולאחר מכן מוסיפים לתא קיטור. מתרחשת תגובה כימית ועל החלק נוצרת שכבה של מגנטיט;
- ה. כמו כן, קיימות ואריאציות שונות של התהליכים האלה עם שימוש בתוספים שונים והטמפרטורות שונות.

## שיטות

תהליך השחרה מבצעים בכל המקרים, פרט להכחלת קיטור, עם שימוש באמבטיות או מכלים קטנים יותר.

להלן התמונות להמחשת הכלים והשיטות לביצוע התהליך.



השחרה כימית עם סודה קאוסטית. המקור: CBS Engineering & Heat Treatment.

<https://www.cbsengineeringuk.co.uk/heat-treatment/chemical-blackening/>

ציוד לתהליך השחרה כימית. המקור: EP<sup>®</sup>. EPI Black Oxide 10 gallon test line for blackening steel and cast iron

<https://www.epi.com/blog/post/e-pi-black-oxide-10-gallon-test-line-for-blackening-steel-and-cast-iron>



ערכה להשכרה כימית של חברת  
Caswell Black. המקור: Caswell  
Oxide Kit - 1.25 Gal.  
[https://www.caswellplating.com/  
metal-finishing-solutions/black-  
oxide-kits/black-oxide-kit-1-25-  
gal.html](https://www.caswellplating.com/metal-finishing-solutions/black-oxide-kits/black-oxide-kit-1-25-gal.html)

תהליך השחרה בייצור מעגלים מודפסים: המקור: Patjoin.  
Printed circuit board: black oxide line  
[http://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjJ0qC5re7hAhVCbVAKHfOACqUQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fwww.patjoin.com%2Fenglish%2Fequipment%2Fpcb%2F&psig=AOvVaw13aw8lm-4XiKTH55TjSE\\_D&ust=1556388579553128](http://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjJ0qC5re7hAhVCbVAKHfOACqUQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fwww.patjoin.com%2Fenglish%2Fequipment%2Fpcb%2F&psig=AOvVaw13aw8lm-4XiKTH55TjSE_D&ust=1556388579553128)

## טמפרטורת התהליך

טמפרטורת התהליך בהשחרה משתנה בהתאם לסוג התהליך. כאשר משתמשים בתהליך אלקאלי היא נעה סביב  $140^{\circ}\text{C}$ . השחרת נחושת סלניום מבצעים בטמפרטורת הסביבה. הכחלת קיטור מבצעים בטמפרטורות גבוהות –  $300-400^{\circ}\text{C}$

## חומרים שבשימוש

השחרה מבצעים בסביבה של סודה קאוסטית או בסביבה חומצית (חומצה זרחנית, חנקנית, סלנית ועוד) עם תוספת של תחומת.

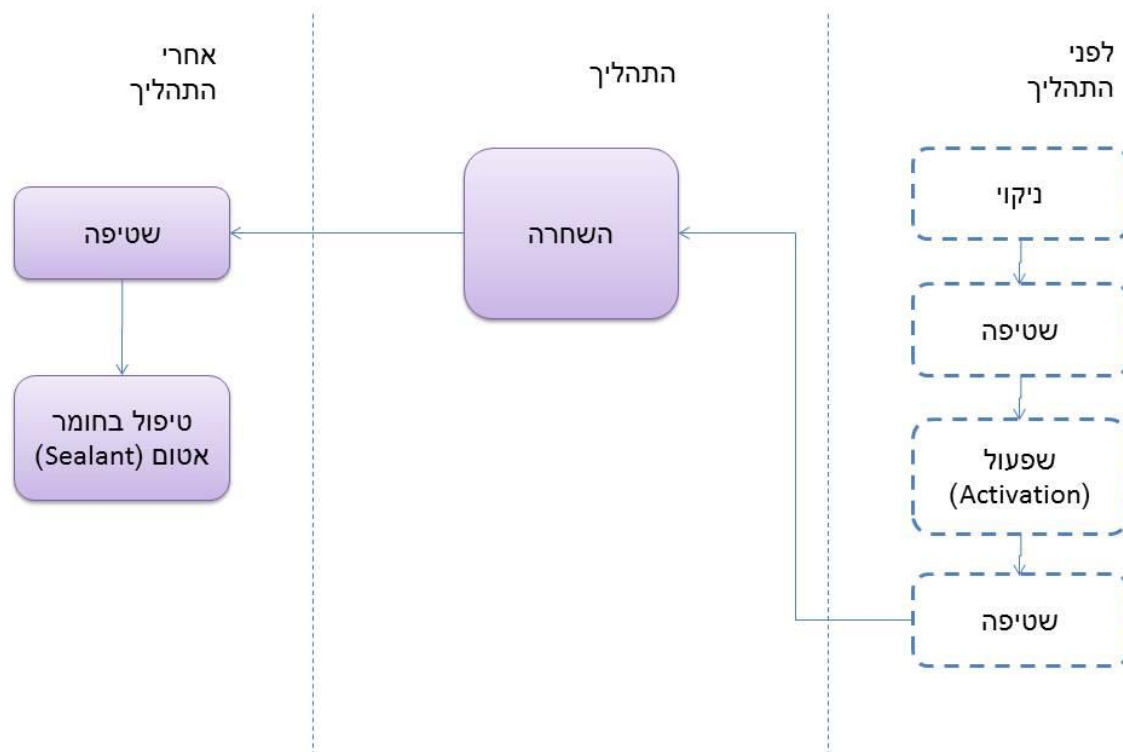
## תוספים

התמיסות להשחרה מכילות בד"כ חומרים מאיצים (Accelerators), חומרי שפעול (Activators) ותוספים אחרים עם מגוון חומרים כימיים שונים.

## משימות עיקריות בביצוע תהליך

את תהליך השחרה מבצעים כשרשרת משימות שביניהן תהליכי הכנה (ניקוי), ציפוי ושטיפת החלק. להלן דוגמה סכמתית של אחד מהתהליכים [1].

## השחרה – שרשרת משימות



### הכנה לציפוי

כפי שניתן לראות מהאיור, לפני השחרה מבצעים ניקוי ושטיפה של החלק. כמו כן, בנוסף לשטיפות, מבצעים טיפול בחומרי שפעול שטח פנים (Surface Activator) שהם משפרים את המבנה הגבישי של השכבה העליונה.

כחומרי שפעול משתמשים בתרכובות המכילות טיטניום וחומרים אחרים.

### השחרה

כאמור, קיימים מספר סוגים של השחרה, הדוגמה שבאיור מתייחסת להשחרה בטמפרטורת הסביבה. מבצעים העברת חלקים לתוך האמבטיה והוצאת חלקים ממנה. משימה זאת מבצעים ידנית או תוך שימוש באמצעי הרמה חשמליים.

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

### טיפול בחומרי איטום

חומרי האיטום יכולים להכיל חומרים שונים, לעיתים משתמשים בחומרי איטום המכילים ניקל.

### שטיפות

גם לפני וגם אחרי הציפוי מבצעים שטיפות של החלק.

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

**פגיעה בעור, בעיניים, במערכת הנשימה או במערכת העיכול מחומרים מאכלים (קורוזיביים)****זיהוי:**

מגע של חומרים מאכלים (חומצות, בסיסים, אדים וגזים מסוימים וחומרים אחרים) בעור או בריריות (עיניים, שפתיים, דרכי הנשימה העליונות או מערכת העיכול) עלול לגרום לפגיעה ברקמה של העור או בריריות, החל מגירוי ועד לכוויות קשות. חומרת הפגיעה הינה בהתאם לסוגו 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 בעת השימוש בחומרים כימיים, מאכלים והגשת עזרה ראשונה לנפגעים בחומרים האלה טרם תחילת העבודה;
- ב. עבודות שבהן משתמשים בחומרים מאכלים, כולל הכנת תערובות, מילוי מכלים או אמבטיות, אחסון וכו' יש לבצע במקום מאוורר המצויד במערכת אוורור מאולצת;
- ג. חובה להשתמש בצידוד מגן אישי מתאים: משקפי מגן או מסכה, כפפות מתאימות, סינר ובגדים מיוחדים וכו';
- ד. כל המכלים, השקים והאריזות האחרות המכילים חומרים מסוכנים חייבים להיות מסופקים עם תוויות מתאימות המציינות את השם והריכוז 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 האריזות יהיו תמיד נראות לעין ושלא 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 הנובעים משימוש בצידוד חשמלי לא תקין בשעת ביצוע עבודות השחרה.

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



## בקרה:

- א. לצורך מניעת פגיעה עקב התחשמלות: בכל השלבים של תהליך ההשחרה יש להשתמש בצידוד חשמלי תקיני, 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 השחרה הוגדרו בתקנות הבטיחות בעבודה ובחברת ערכים עליונים מותרים של ACGIH.

## בקרה:

- א. ביצוע תהליכי השחרה באופן סגור ובאופן אוטומטי.
- ב. הפעלת אוורור מאולץ מסוג יניקה מקומית בעמדות עבודה של השחרה. 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 השחרה 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 השחרה.
- ח. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

### חשיפה לרעש מזיק

#### זיהוי:

- רעש הינו צלילים בלתי רצויים. תהליך השחרה בד"כ 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 [2].

## 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 אזניות, 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 שמתקיים בו רעש מזיק וקיימת חובת שימוש 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 השחרה 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 השחרה, האמצעים להפחתת הסיכונים לרבות אמצעי מיגון אישי, התנהגות בעת אירוע חריג לרבות תאונה וכמעט תאונה [3].
- ב. שילוט הסיכונים באזור העבודה, לרבות סיכונים גהותיים ובטיחותיים. שילוט בדבר הצורך בשימוש בצידוד מגן אישי. שילוט בדבר איסור אכילה, שתיה ועישון כולל איסור אחסון מוצרי אוכל.
- 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 מרעיש וכן החובה בשימוש 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 השחרה באופן סגור ואוטומטי.
- ב. ציוד עמדות העבודה של השחרה באוורור 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 השחרה.
- ח. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

## ביבליוגרפיה

1. Ruhland M.: Blackening of Ferrous Metals. PF Product Finishing.

<https://www.pfonline.com/articles/blackening-of-ferrous-metals>.

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

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