

# קורוזיה ריתוכים ומה שביניהם

כנס ריתוך 10.12.2024

שי ליטני



על מה נדבר



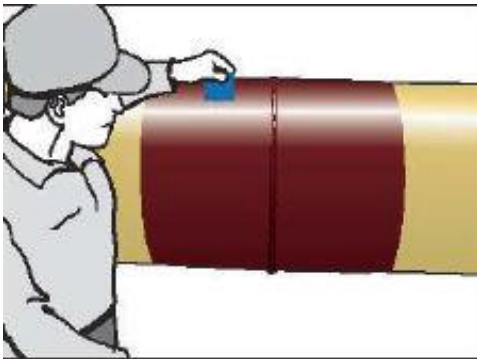
על קצה המזלג  
סוגים

**קורוזיה –**

קורוזיה גלוונית

**קורוזיה בריתוכים –**

קורוזיה בין גרעינית



**סקירת שיטות למניעת קורוזיה בריתוכי שדה -**

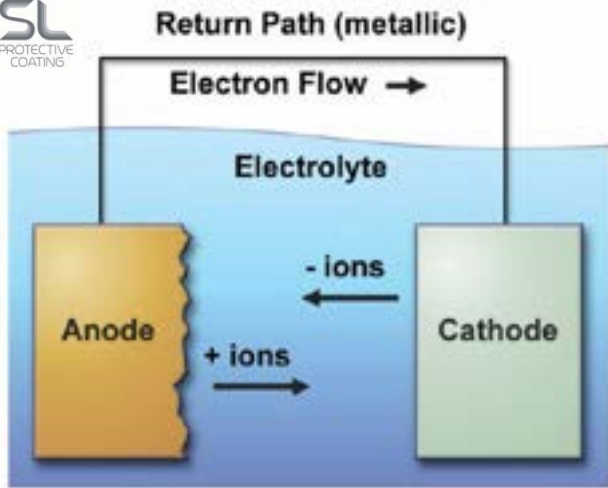
גלוון, צבעים וציפויים

ציפוי בסרטים PE/PP

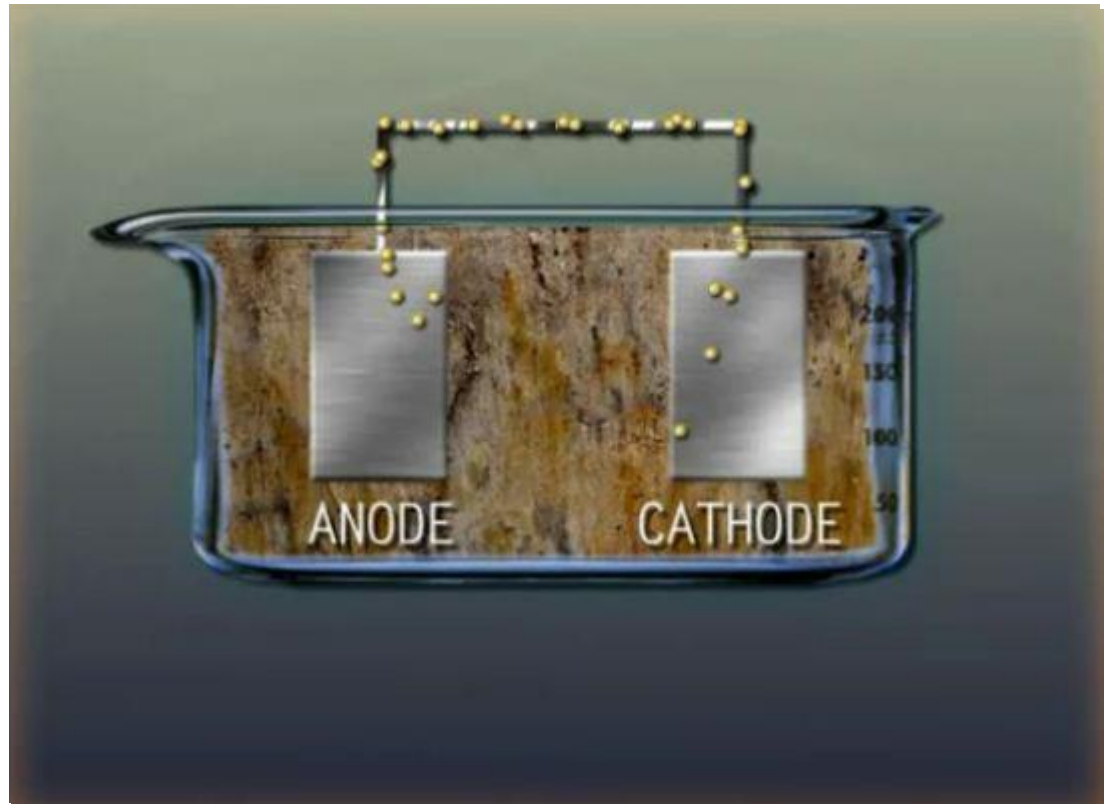
צבעי אבקה (FBE)

-----

בדיקות איכות



כיצד נוצרת קורוזיה (אטמוספרית)



ACME

- Anode
- Cathode
- Metal Pass way
- ~~Electrolyte~~

חמצן  
O<sub>2</sub>

מים



פלדה

צבע

**קורוזיה היא תהליך טבעי !**

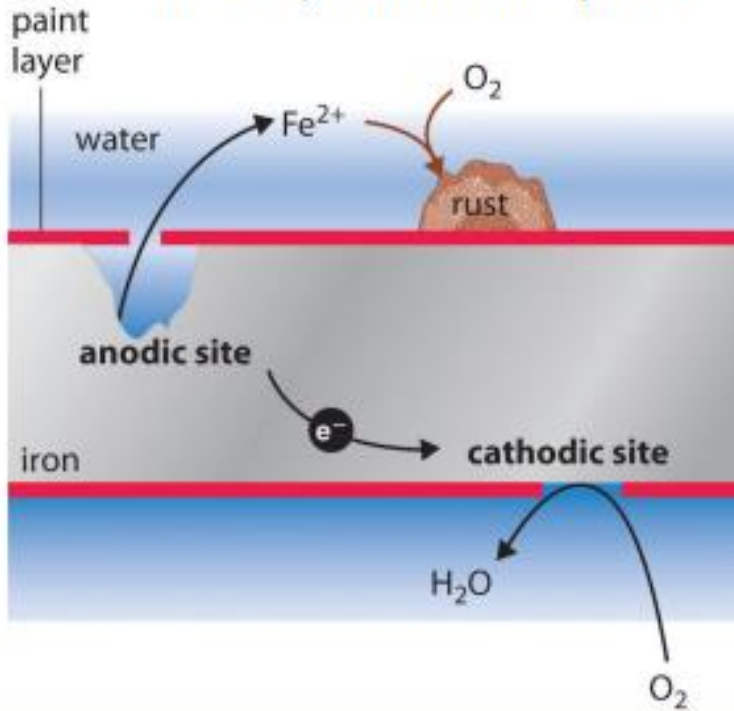


”כי מעֵפֶר באת ואל עֵפֶר תֵּשׁוּב”

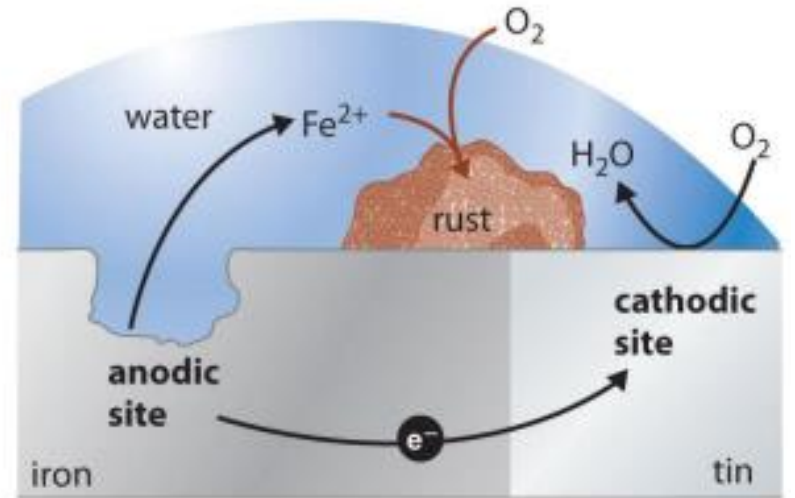
”בראשית”, פרק ג'

## המרחק בין האנודה לקתודה

המרחק בין האנודה לקתודה יכול להיות **גדול**, למשל בין כלונסאות או בין יסוד לעמוד/קיר/רצפה



המרחק בין האנודה לקתודה יכול להיות **קטן**, למשל בתוך טיפת מים (עיבוי, טל, גשם, נזילה)



# דוגמאות קורוזיה בתעשייה



# קורוזיה – נזק/כשל - סכנה !!!



## צנרת מי שתייה (סביבה ימית)





## עמוד ראשי במבנה פלדה



## קורוזיה במשטחי הליכה



## נזילה בצנרת דלק תת-קרקעית



## צנרת כיבוי אש



## חלודה בפלבי"מ - "פלדה בלתי מחלידה" !



פלבי"מ בסביבה ימית :  
 זוית - SS 304  
 ברגים ואומים - SS 316



## מתכות מחלידות במגע עם מים (מלוחים)

אלומיניום - ברזל



כסף - ברזל



נחושת - ברזל



נחושת - כסף

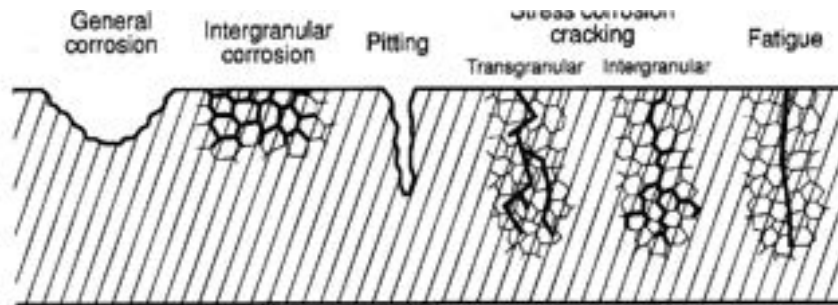


## סדרה גליונית של מתכות

| Table 1- The Galvanic Series of Metals  |                |   |                      |
|---|----------------|---|----------------------|
| <p style="text-align: center;">Cathodic ↑</p> <p style="text-align: center;">↓ Anodic</p> | Least Active   | Platinum                                  |                      |
|   | High Potential | Gold                                      |                      |
|   |                | Carbon (graphite)                         |                      |
|   |                | Titanium                                  |                      |
|   |                | Type 316 or 304 stainless steel (passive) |                      |
|   |                | Monel metal (70% nickel, 30% copper)      |                      |
|   |                | Silver                                    |                      |
|   |                | Nickel                                    |                      |
|   |                | Lead                                      |                      |
|   |                | Bronze, Copper, Brass                     |                      |
|   |                | Tin                                       |                      |
|   |                | Lead/Tin solder                           |                      |
|   |                | Type 316 or 304 stainless steel (active)  |                      |
|   | Most Active    | Low Potential                             | Cast Iron/Mild Steel |
|   |                |   | Cadmium              |
|   |                |   | Aluminium            |
| Zinc  |                |   |                      |
| Magnesium   |                |   |                      |



# Corrosion Types/סוגי קורוזיה



Different types of corrosion processes

- קורוזיה כללית
- קורוזיה גלוונית
- קורוזיית גומות
- קורוזיה בחריצים
- קורוזיית מאמצים
- התעייפות קורוזיבית
- קורוזיה בין גרעינית
- קורוזיה בזרימה
- קורוזיה-ארוזיה
- קורוזיה מיקרוביאלית

.....

# קצב הקורוזיה

## גורמים משפיעים

- לחות/מים
- איכות האלקטרוליט (מלח)
- חמצן
- טמפרטורה
- מזהמים

# Uniform (General) Corrosion

## קורוזיה כללית

### קורוזיה אטמוספרית



# CORROSION / קורוזיה



# קורוזיה כללית / אטמוספרית

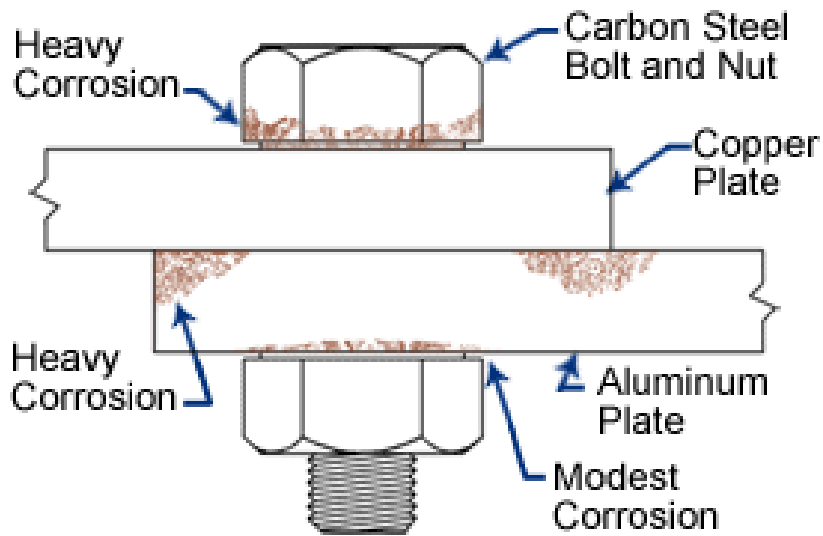


## קורוזיה גלוונית

### גורמים נחוצים לקיום קורוזיה גלוונית:

- ▶ שני חומרים מתכתיים שונים
  - ▶ מגע חשמלי בין המתכות
  - ▶ אלקטרוליט משותף
- ▶ דומה לקורוזיה אטמוספרית/כללית – אך ברמה מבנית

# Galvanic Corrosion - קורוזיה גלוונית

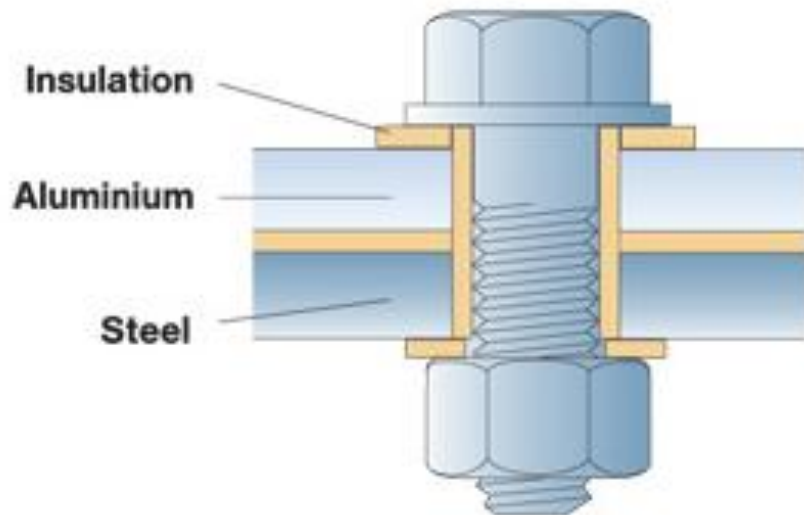


Effects of Galvanic Corrosion



18/04/2023

# קורוזיה גלוונית - וחיוץ





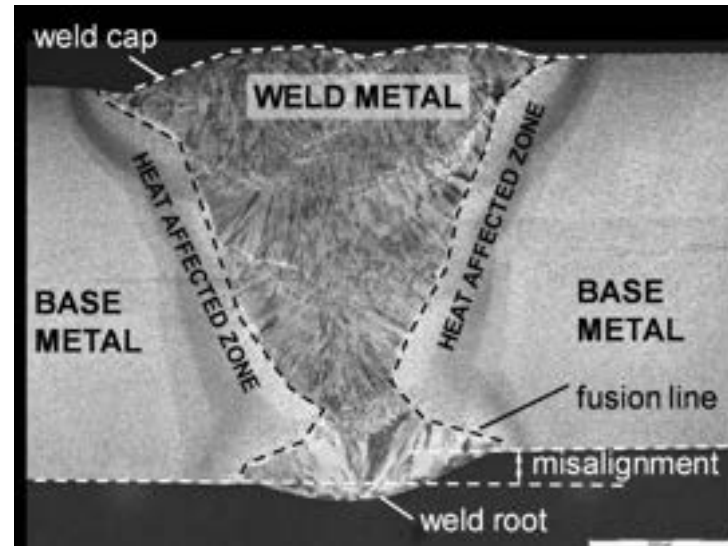
## קורוזיה גלוונית באזור ריתוך

\*

- הרכב הפלדה והריתוך שונים. ייתכנו פוטנציאלים חשמליים שונים. הפרש פוטנציאלים ← קורוזיה גלוונית.
- קצב התפתחות הקורוזיה מושפע גם ממאמצים פנימיים.



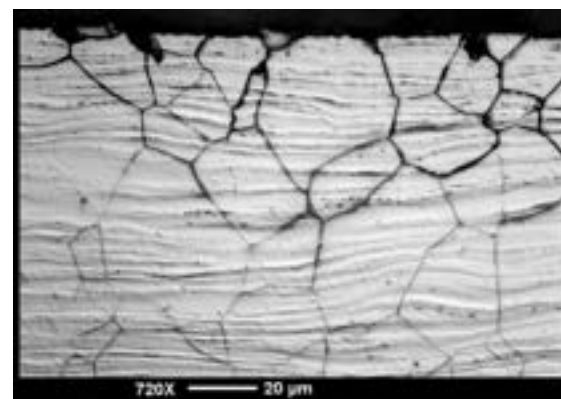
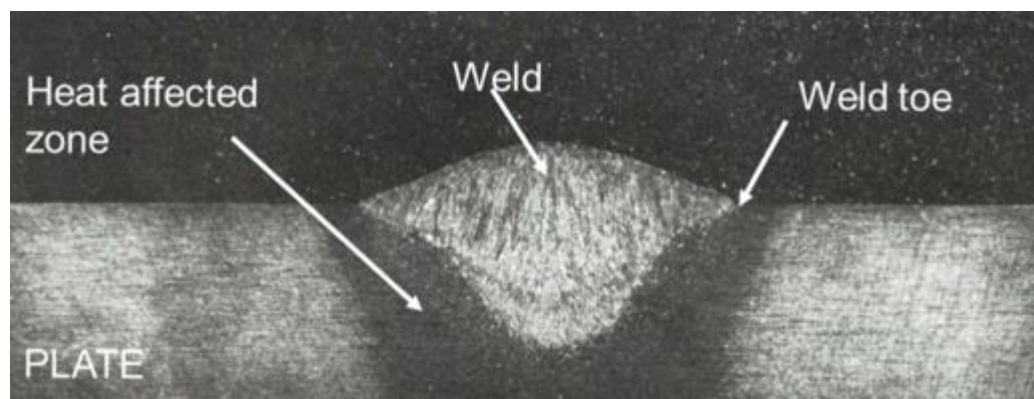
סכנה: קורוזיה גלוונית



## קורוזיה בין גרעינית

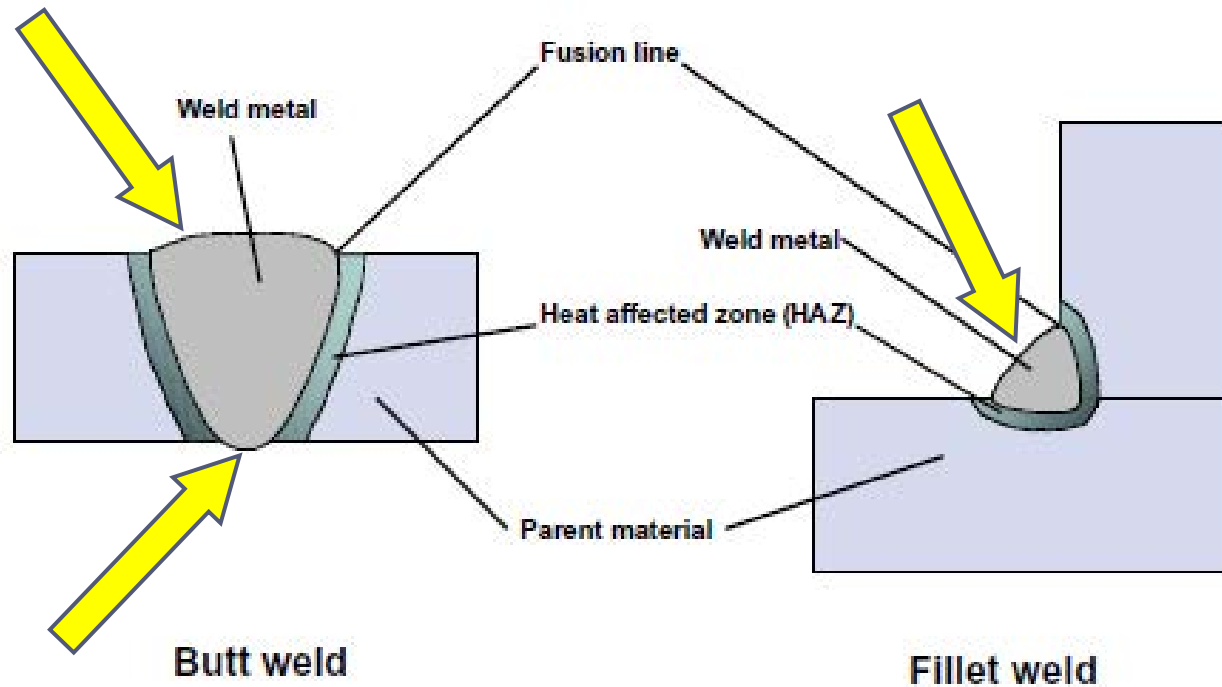
**קורוזיה בין גרעינית** - נגרמת כתוצאה מאי-רציפות במבנה החומר בין הגרעינים השונים. קורוזיה זאת אופיינית לחומרים שעברו ריתוך. (אופיינית בעיקר לפלדת אל-חלד אוסטניסטית).

אזור הריתוך רגיש במיוחד מפני שנוצר בו שדה מאמצים.



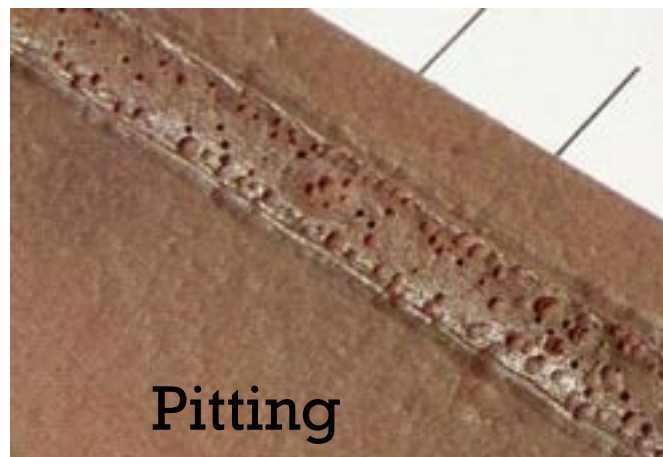
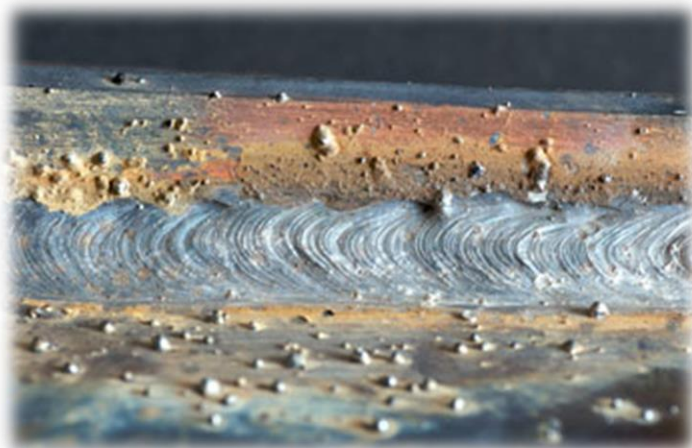
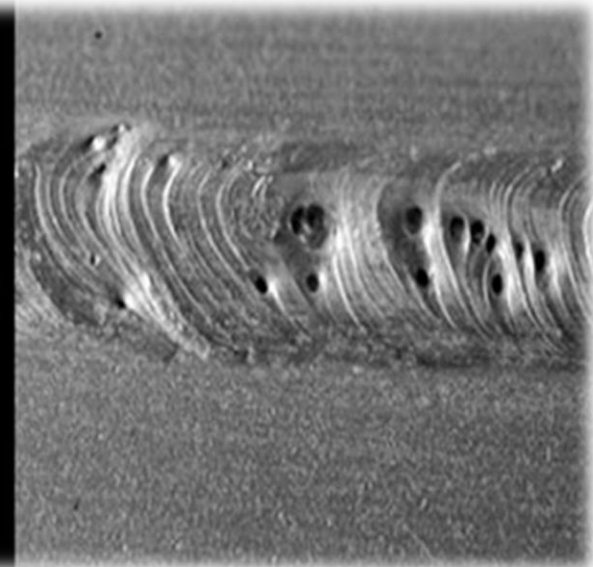
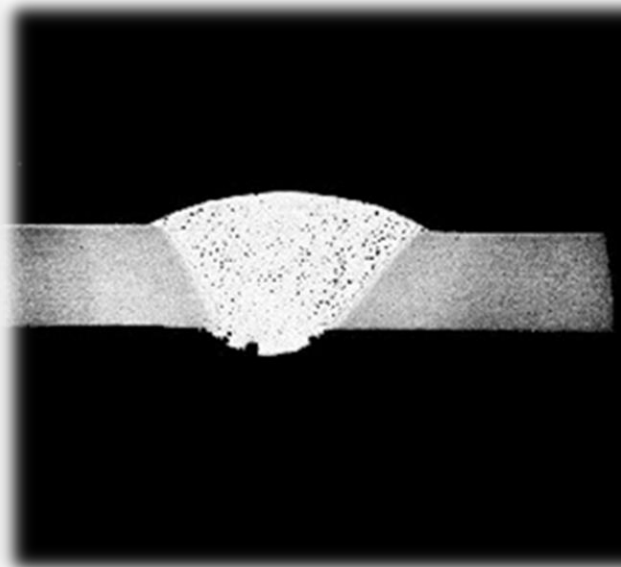
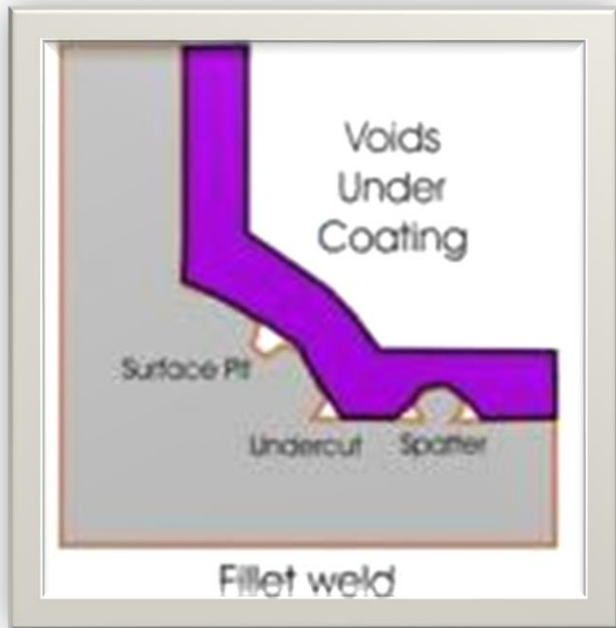
# אזורים בעייתיים בריתוך בהיבט של קורוזיה אטמוספרית

עיקר החולשה - השינוי המבני של המתכת באזור הריתוך, אנודה-קתודה.



בתהליך הריתוך מושקעת אנרגיה רבה, המשתחררת בתהליך הקורוזיבי.

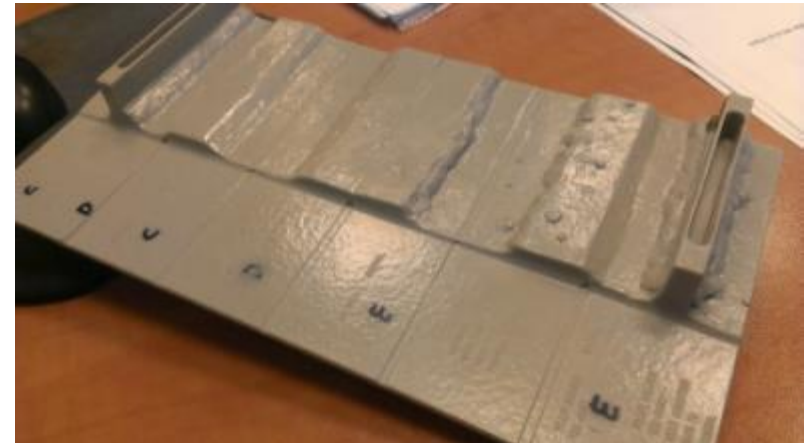
## פגמים בריתוך פוגעים באיכות הציפוי





## השחזת הריתוך כהכנה לצבע

נדרש להסיר את כל שאריות הסיגים הנתזים וכדומה מעל כל הריתוכים, ולהשחזו את כתר הריתוך כך שיתקבל שטח ללא שקעים וללא בליטות ויתאים ל תקן : NACE RPO 178, "מושחז חלק ונקי מפגמים".  
בד"כ נדרשת דרגה C לפחות. אין לצבוע מעל ריתוך שאינו מושחז !



אם לא תעשה  
אם לא תעשה  
אם לא תעשה

## אמצעי מניעה !

תפקידי הציפוי : בידוד מהסביבה / לחות  
אדהזיה גבוהה למצע

שיטות הגנה :

- צבע - **בידוד** הפלדה מהסביבה/לחות
- ציפוי עם **פיגמנט אנטיקורוזיבי** – אבץ (הקרבה)
- גלוון + צבע (מערכת Duplex)

בכל מקרה נדרשת הכנת שטח !

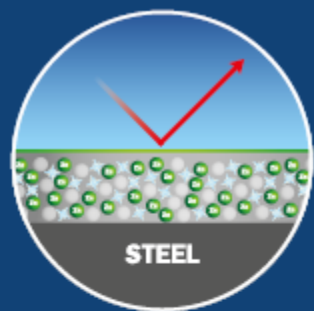
## צבע – כיצד מגן מפני קורוזיה

- ▶ **חומר ציפוי (בד"כ פולימר, נוזל או אבקה) המיושם בשיטות שונות על מצע שהוכן מראש.**
- ▶ **לאחר ייבוש והתקשות הציפוי נדבק למצע ומבודד את המתכת מהסביבה.**

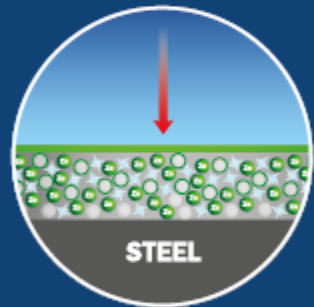
**תפקיד הצבע – לבודד את הפלדה מהסביבה ולמנוע קורוזיה.**



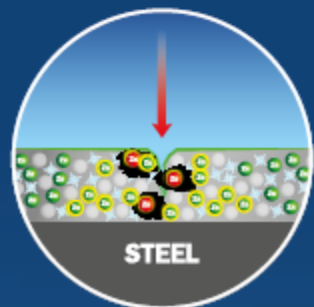




**Improved barrier properties**  
 Avantguard displays low water permeability. The salts produced by the unique zinc activation process fill any space within the film, sealing it and enhancing the barrier properties of the coating.



**Inhibition effect for improved protection**  
 The zinc salts formed contain high levels of chloride ions that are captured as they are diffused from the environment through the film. This reduces the concentration of corrosive agents that reach the steel surface.



**Activated zinc gives excellent anti-corrosive properties**  
 In the presence of oxygen, water and salt, zinc reacts faster than steel. This delays the corrosion process for much longer.

איך צבע מגן על הפלדה  
מפני קורוזיה

● בידוד מהסביבה (Barrier)

● תוספת אינהיביטורים

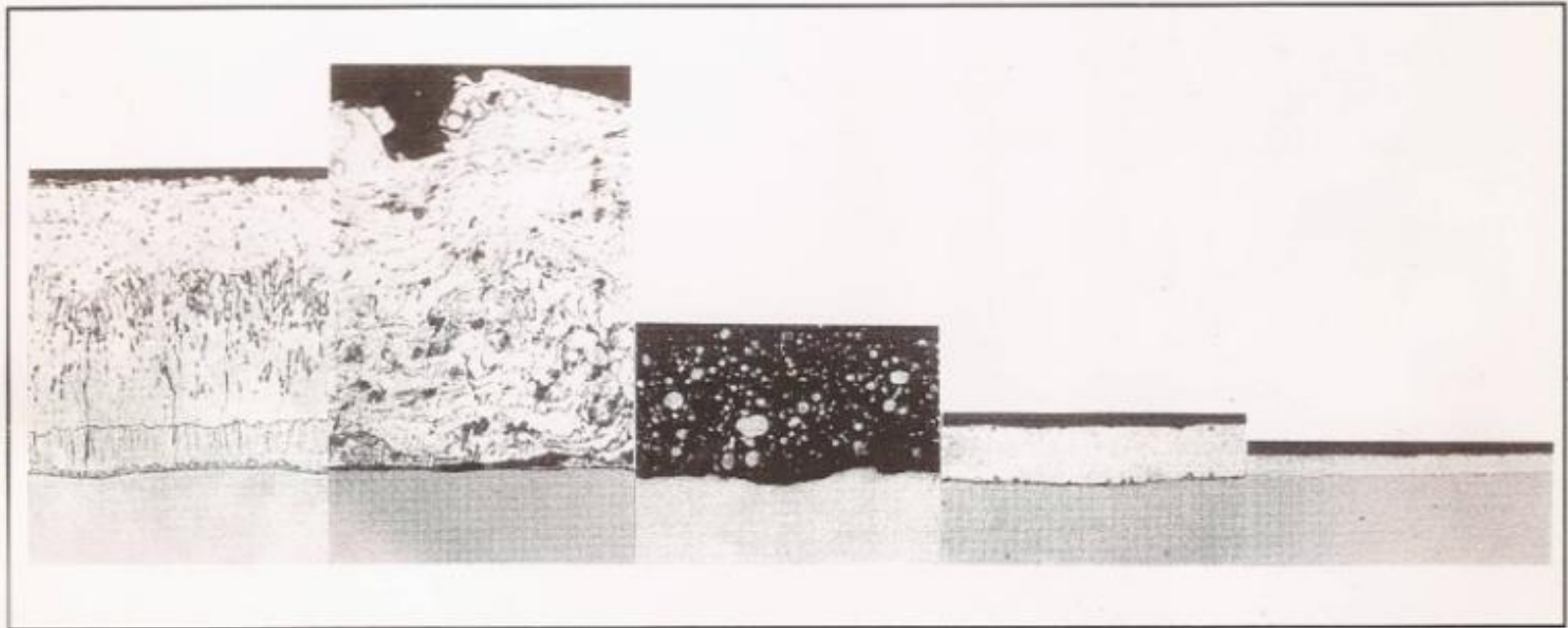
● אנטי-קורוזיביים (Inhibitive)

● הקרבה (Sacrificial)

גלוון / אבץ

## שיטות גליון

### Microstructures of Various Zinc Coatings



HOT-DIP GALVANIZED

METALLIZED

ZINC PAINT

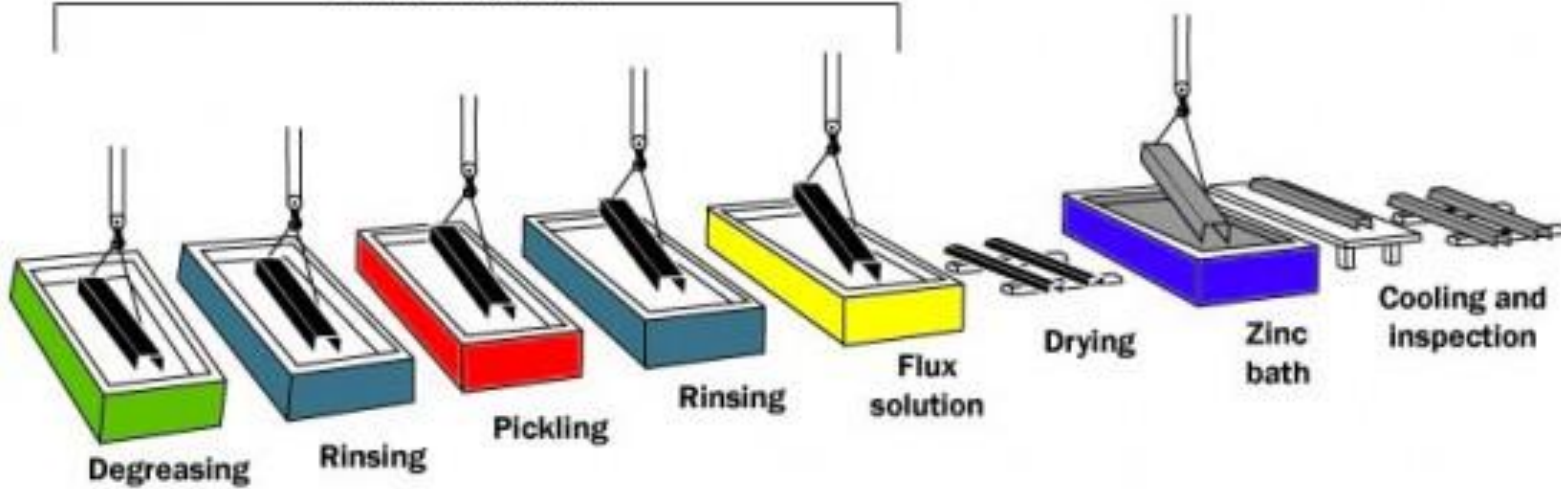
GALVANIZED SHEET

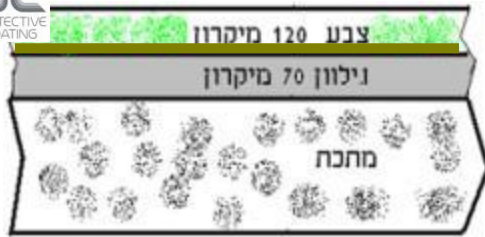
ELECTROPLATED

המערכת היעילה ביותר להגנת ריתוכים מפני קורוזיה :  
duplex System - שכבת גליון (בד"כ אבץ בטבילה חמה) ומעליה צבע.

# גלוון בטבילה באבץ חם – Hot Deep Galvanizing

Surface Preparation





## מערכת "דופלקס": גלוון + צבע

- ▶ שתי שכבות הגנה ← "אפקט סינרגטי של מערכת דופלקס".
- ▶ משך אפקטיביות ההגנה של מערכת דופלקס:

**Duplex Life = factor x (zinc life + paint life) ▶**

| Environment            | Synergistic Effect Increase Factor |
|------------------------|------------------------------------|
| Industrial and Marine  | 1,8 to 2,0                         |
| Seawater (immersion)   | 1,5 to 1,6                         |
| Non-aggressive climate | 2,0 to 2,7                         |

### דוגמה לעמידות סביבה ימית: ▶

- מתכת + גלוון - עמידות כ- 20 שנה
- מתכת + צבע - עמידות כ- 10 שנים (ליד הים)

$$1.5 \times (20+10) = 45 \text{ שנה}$$

## ציפוי ריתוכי שדה – למה ?

❖ הגנה על פלדת הצינור בתנאי שדה

❖ הגנה מפני קורוזיה

❖ תמיכה ב"הגנה קתודית"



### תכונות הציפוי :

- עמידות מכנית
- עמידות כימית
- עמידות ב UV
- אטימות
- הדבקות טובה לפלדה ולציפוי הקיים

## יריעות מתכווצות בחום (להגנה על ריתוכים)

- ▶ פתרון איכותי להשלמת ציפוי ראשי ריתוך בתנאי שדה.
- ▶ יישום נכון נותן הידוק מעולה של היריעה לכל היקף הראש, ע"י הדבקה טובה לצינור הפלדה ולעטיפה החרושתית.
- ▶ היריעה מתאימה ליישום על צינורות מרותכים Face to Face או בשיטת פעמון (מופה).



## יריעות מתכווצות

- היריעות עשויות מ PE או PP , מתכווצות בחימום (בכיוון רדיאלי בלבד).
- הצד הפנימי מצופה בשכבה דביקה להרטבת המשטח.
- לאחר ייבוש והתקררות היריעה אוטמת את פני הפלדה.



APPLYING A HEAT-SHRINK SLEEVE





COMPLETED HEAT-SHRINK SLEEVE OVER A GIRTH WELD



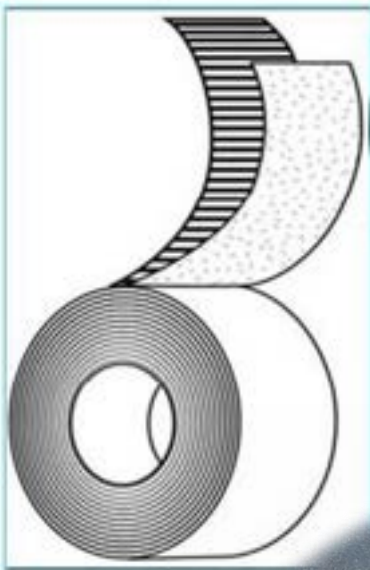
CONTINUOUS HEAT-SHRINK SLEEVES APPLIED OVER A SECTION OF DAMAGED ASPHALT PIPELINE COATING

## יריעות מתכווצות - סוגים

- יריעות עם שרוולים היקפיים
- יחס התכווצות הקפית 1:2 או 1:3, כמעט ללא התכווצות בכיוון לינארי/צירי של הצינור.
- קיימות יריעות עם חיזוקי מתכת פנימיים.
- קטרים 2"-60".
- היריעות מתאימות ליישום מעל סוגים שונים של ציפויים קיימים.
- עמידות עד 110°C.



## ליפוף סרטי הגנה PP/PE



**Backing: Polyethylene Basic Material**

**Adhesive: Butyl-Rubber Basic Adhesive**



## ליפוף סרטי הגנה PP/PE – הגנת ריתוך שדה או צינור



## הכנת שטח ויישום צבע בריתוכי שדה

יישום ידני או מכני / אוטומטי



## דוגמאות להשלמות ציפויים מעל ריתוכים בצנרת



יחידה ניידת לביצוע FBE  
בריתוכי שדה



תא מבודד מחומם לביצוע  
ריתוכי שדה, בידוד מהסביבה

# בדיקות איכות



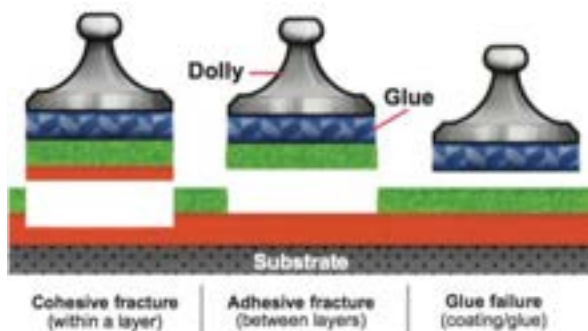
בדיקת רציפות הציפוי (Spark Test)

NACE 188



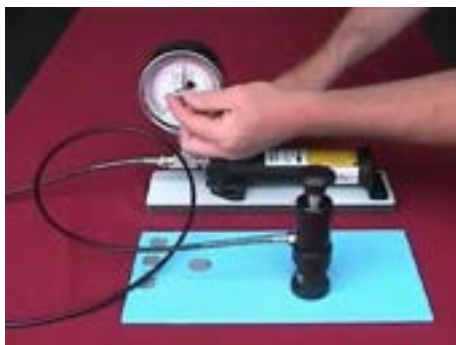
מדידת עובי ציפוי

SSPC PA-2 ; ISO 19840



Pull Off Test

ASTM D-4541



בדיקות קילוף ושליפה



תודה רבה !