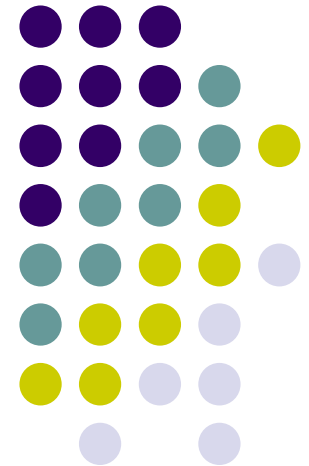




צבע



Shay Litani **שי ליטני**
Protective Coating Engineer
NACE Coating Inspector CIP-3

Shay.litani@gmail.com ; 0523-995797
www.litani.co.il

I. הגנה מפני "מפגעים טבעיים"

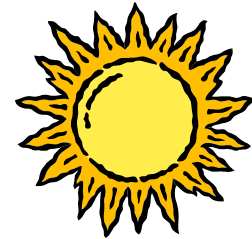
תנאי
מזג-אוויר משתנים



עמידות לשחיקה
(ארוזיה)



גשם, רטיבות, קור, קיפאון



הגנה מקרינת UV
חום

II. הגנה מפני זיהומים סביבתיים וכימיקלים



פית.

לכלוך.

CO₂ (כלי רכב ומפעלים).

SO₂ (גשם חומצי) ממפעלי תעשייה.

כימיקלים

הגנה בסביבה ימית

III. דקורציה - אסתטיקה

הגנה כיצד?

- הגנה מחייבת יצירת **ציפוי אטום ורציף**.
- החומר העיקרי המתאים לציפוי - **פולימר אורגאני**
הפולימר מאגד בתוכו מרכיבים נוספים המשפרים את ביצועיו.
[אורגני = חומר "טבעי" המכיל אטומי פחמן ומימן]
- כדי ליצור ציפוי רציף ואטום הציפוי חייב להיות **נוזלי בעת היישום**.

קיימים גם ציפויים אנאורגאניים.



על מה אנחנו מגנים ?

- **הגנה אנטי קורוזיבית על מתכות**

יצירת שכבת חיץ נגד גורמי הקורוזיה (מים, חמצן, מלחים)

- **הגנה על בטון**

מניעת קורוזיה של ברזל הזיון בבטון.

הוספת חומרים מונעי קורוזיה (פיגמנטים אנטי-קורוזיביים)

- **הגנה על עץ**

(העץ חומר אינו אחיד, "עובד", פורוזיבי, נתון להתקפה בקטריאלית הגורמת לריקבון).

לכל סביבה – מערכת צבעים עם תכונות שונות

Fire Protection
passive
fire protection

Steelwork
Anticorrosive
products

Cosmetic Finishes
For high aesthetic impact
and long-term durability

Storage Tanks
Tank-lining systems

Interior structural steel
Modified Epoxy Dry Fall
Coatings



Underwater Structures
Nontoxic foul-release
systems

Passive Fire Protection
Intumescent
fireproofing

**Resistant Coatings for
Chemical Environments**

Heat and Cycling
Temperature-resistant
coatings

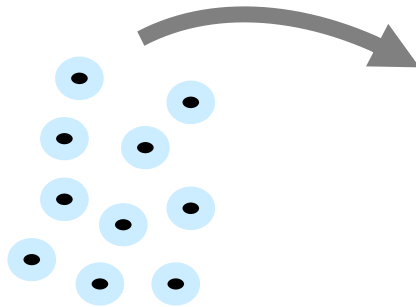
Abrasion Surfaces
Water Based Low VOC
Epoxy Coatings

ממה עושים צבע ?

פולימרים

"הדבק" שבצבע (מקשר)

- אמולסיה
- אלקיד
- אפוקסי
- פוליאוריתן

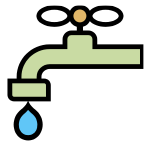


פיגמנטים/מלאנים

- טיטן לבן
- אבקות צבעוניות
- אנטיקורוזיביים

ממיסים

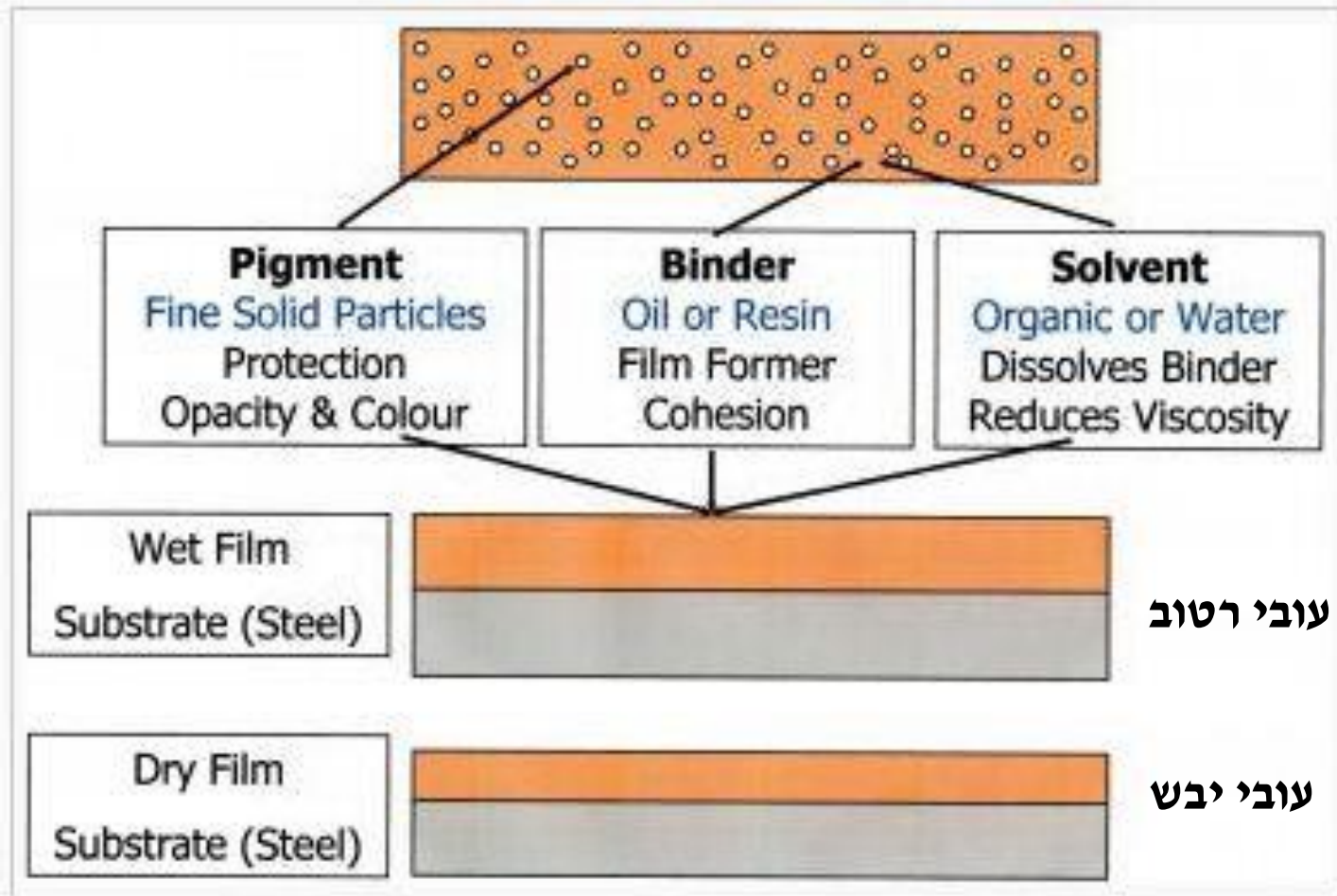
- נגזרות נפט
- מים



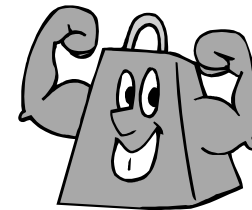
תוספים

• התבלינים של הצבע





Paint constituents and their function

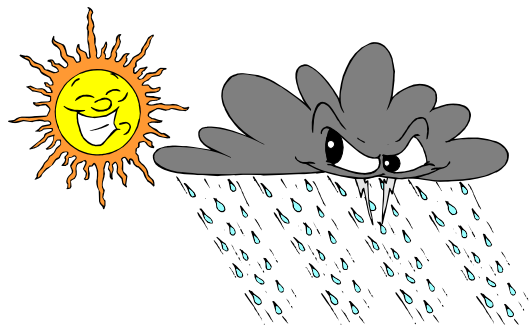


מקשר

- המקשר הוא לב נוסחת הצבע וקובע את סוגו.
- המקשר הינו חומר פולימרי שמקורו בעיקר מנגזרות נפט.
- הפולימר מורכב משרשראות הניתנות להמסה במדלל.
- לאחר הצביעה השרשראות מתחברות זו לזו ליצירת רשת צפופה.
- המקשר מאגד את כל שאר הרכיבים יחד.



המקשר מקנה את התכונות העיקריות של הציפוי



- אופן הייבוש (משך, תנאי סביבה)
- אחראי על ההדבקות לתשתית
- עמידות אקלימית
- עמידות לכימיקלים (ולמלחי הבטון)
- גמישות (גישור על סדקים)
- קושיות

סוגי המקשרים

המקשרים (שרפים) נבדלים לפי צורת ההתקשות:

ייבוש פיסיקלי / נידוף

שרשראות הפולימר "שוקעות" על המצע ללא יצירת "רשת מצולבת".

יתרונות : ייבוש מהיר

עמידות מעולה למים ולאווירה תעשייתית

חסרונות : עמידות מוגבלת לנגזרות נפט ולמדללים

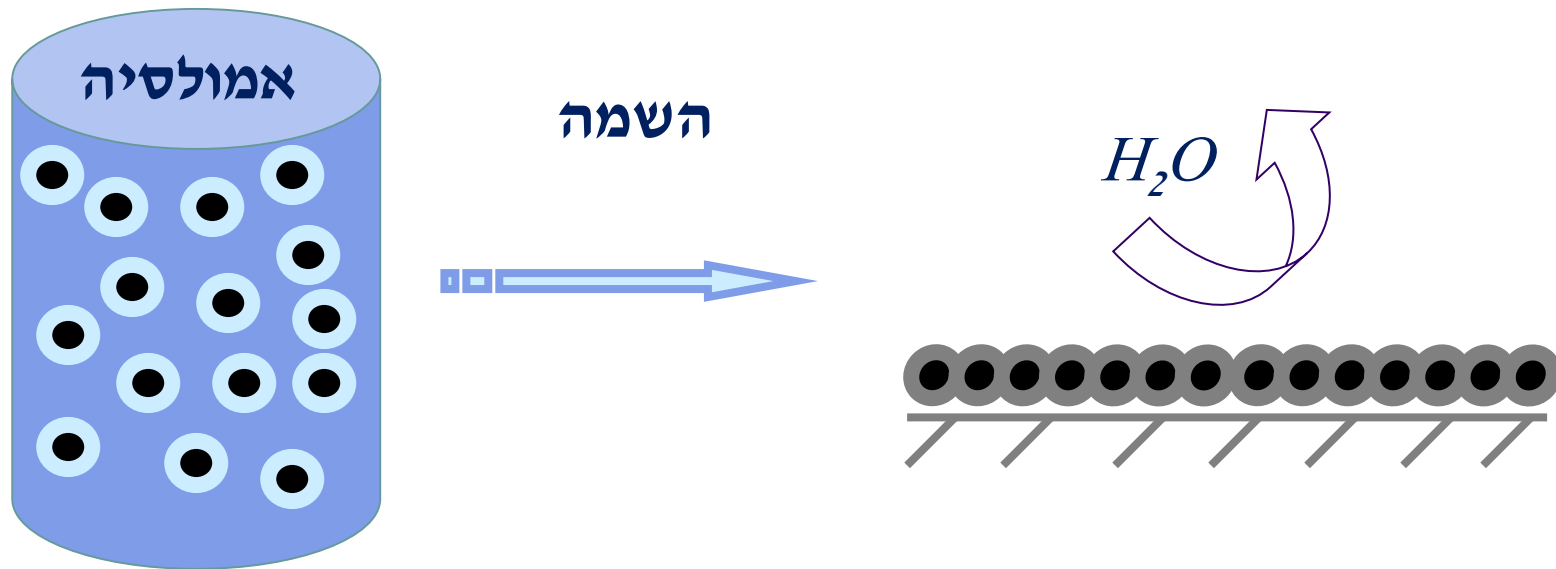
עובי יבש נמוך

דהיית גוון בשמש

דוגמאות: צבעי אמולסיה. צבעים ניטרו צלולוזה, גומי מוכלר, צבעים ויניליים

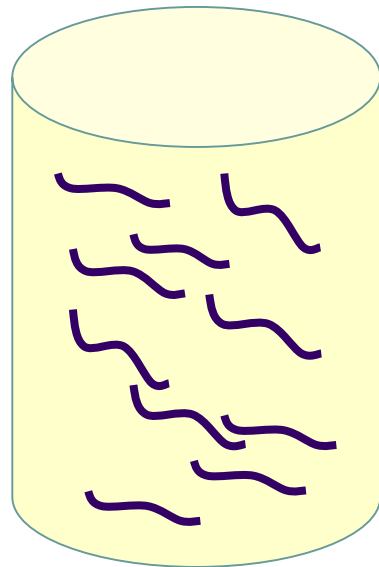
ייבוש פיסיקלי – נידוף

לדוגמה - צבעים מדוללים במים

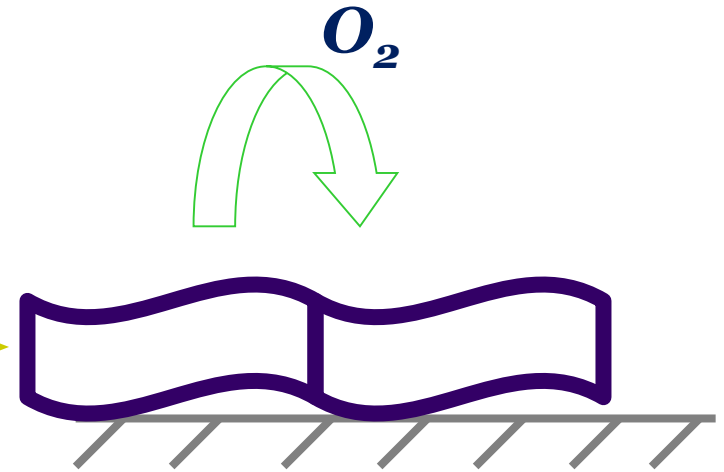


ייבוש כימי – כניסת חמצן

לדוגמה - צבעי אלקיד



השמה ונידוף מדלל



אשפרה כימית - התקשות על ידי תגובה בין שרפים-אפוקסי

(דו - רכבי)



- צבעים דו-רכיבים (נפוצים - אפוקסי פוליאורתן)
- צבעי אבקות (חד רכיבים) - צבעים לקלייה בתנור

לדוגמה: צבעים אפוקסיים

צבעים פוליאורתנים

המלאן

● אבקות מינראליות שהשפעתם על כוח כיסוי נמוכה ואשר מקנות לצבע תכונות מיוחדות כמו:

* שיפור עמידות מכאנית

* צמיגות

* קביעת ברק מתאים

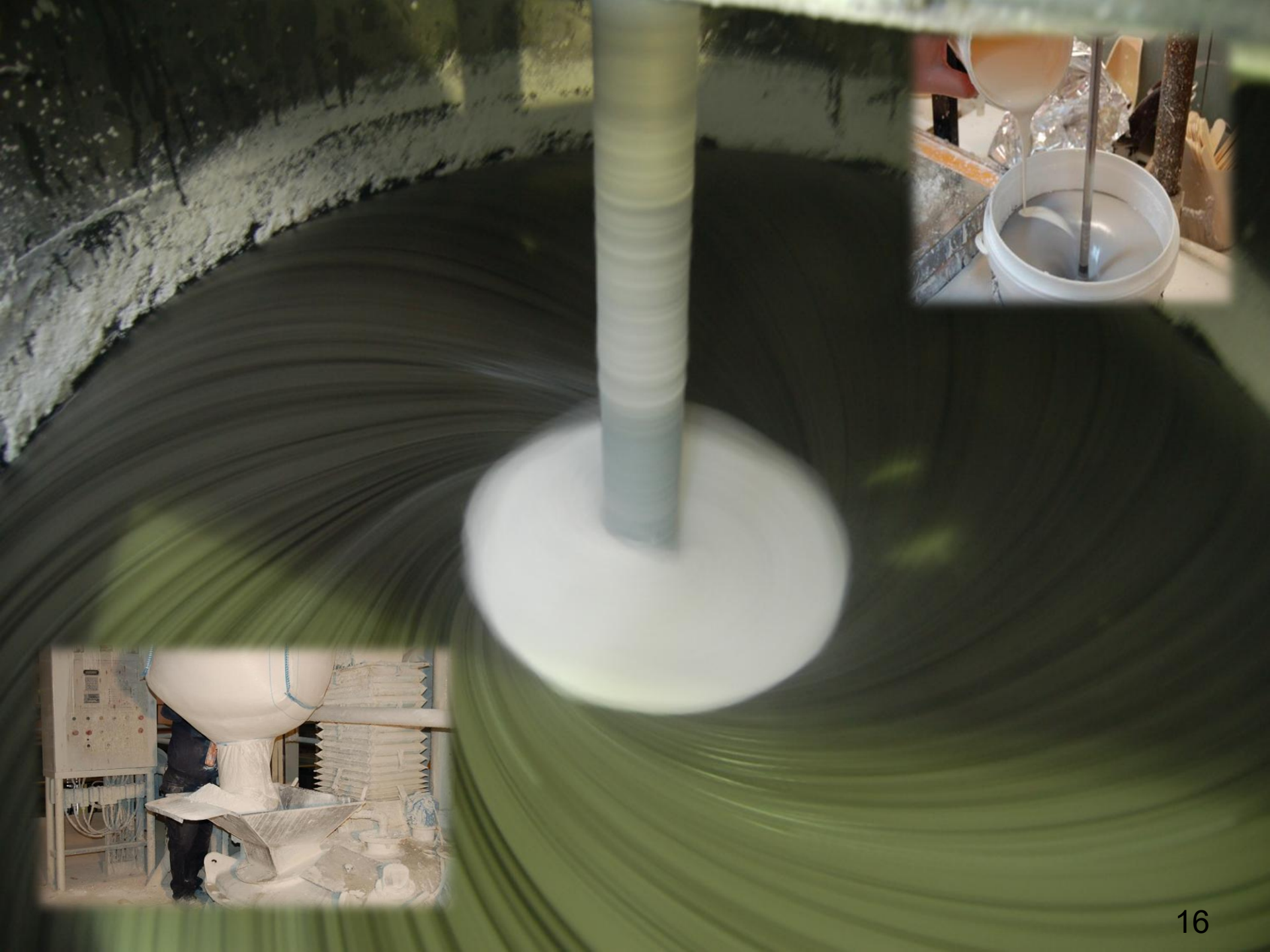
* תכונות מילוי

* הוזלה

* העלאת אחוז המוצקים

מלאנים נפוצים: קלציום קרבונט (גיר), סיליקטים של אלומיניום ומגנזיום, בריום סולפט...







פיגמנט

פגמנטים מקנים גוון בשל בליעת אור בתחום הנראה.
נבדלים בתכונות העמידות בקרינה UV.



פגמנטים מגוונים

צבעי Ready Made

● טחינת פיגמנטים נעשית בתהליך הכנת הצבע.

גיוון במפעל ובנקודות מכירה

מערכת הגיוון משלבת 4 מרכיבים:

- מכונות
- שייקרים
- בסיסים
- משחות גיוון

פגמנטים אנטיקורוזיביים

פיגמנטים הגנתיים

פיגמנטים פעילים מבחינת הגנה אנטיקורוזיבית של המתכת (מיניום, צינק כרומט, צינק פוספט, סטרונציום כרומט).

אבקות מתכתיות

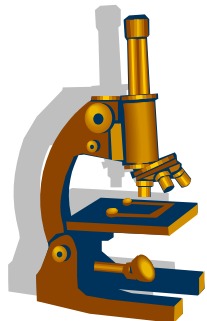
צבעי יסוד עשירי אבץ (הגנה קטודית).

פיגמנטים מתכתיים

להגנה ולקבלת אפקטים מטליים (אלומיניום, ברונזה, MIO)

התוספים

חומרים הנכנסים בכמות קטנה לצבע (חלקי אחוז עד אחוזים בודדים).



דוגמאות לתוספים:

- ♣ מסמיכים - למניעת שקיעה באריזה,
- ♣ לשיפור השתפכות.
- ♣ מפזרים - לשמירה על פיזור הפיגמנט בשרף.
- ♣ מונעי הקצפה
- ♣ חומרים משמרים ורעלנים (נגד עובש, פטריות אנזימים, אנטיפאולינג...)
- ♣ תוספי ריח.
- ♣ מייבשים - לזירוז התגובה הכימית עם חמצן.
- ♣ חומרים לשיפור מראה השטח-סיליקונים להורדת מתח הפנים.

ממיסים ומדללים

מטרה עיקרית: להמסת המקשר בזמן היישום.

למדלל תפקיד מרכזי בקצב ובאופי הייבוש.
המדלל מאפשר להביא את הצבע לצמיגות ההשמה.

כאשר הממיס לא מתאים נוצרת תמיסה עכורה או השרף שוקע כגושים.

- יישום בהברשה דורש מדלל איטי
- יישום בהתזה דורש מדלל מהיר
- ידידותי למשתמש

VOC – Volatile Organic Compound

תרכובות אורגניות נדיפות

הגדרה אמריקאית – "כל תרכובת אורגנית שמשתתפת בתגובה פוטוכימית, למעט אלו שהריאקטיביות שלהם זניחה".

הגדרה אירופאית – "כל תרכובת אורגנית עם נקודת רתיחה שווה או נמוכה מ 250°C .

"תרכובות לא יציבות המכילות פחמן ומימן, שבחשיפה לאור השמש מגיבים לתחמוצות החנקן באוויר ויוצרות אוזון".
האוזון נמצא באוויר בגובה הקרקע ומסוכן לבריאות.

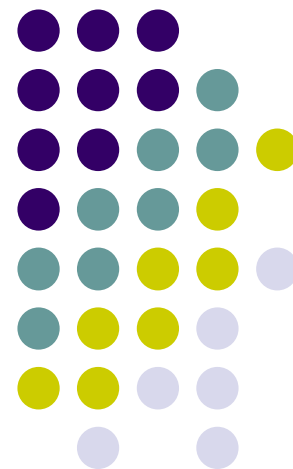
מקורות מזיקים – כלי רכב, תעשייה, צבעים וציפויים !!!

צבע – תכונות ודף טכני

תכונות מכאניות של צבע

דף טכני

אחוז מוצקים, עובי רטוב/יבש



Shay Litani שי ליטני
Protective Coating Engineer
NACE Coating Inspector CIP-3

Shay.litani@gmail.com ; 0523-995797
www.litani.co.il

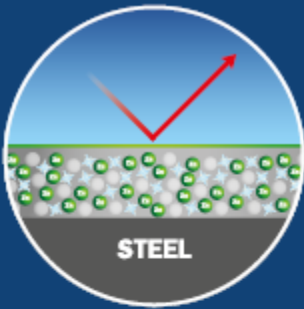
צבע

- חומר נוזלי המיושם בשיטות שונות על מצע שהוכן מראש.
- יישום פילם דק המתייבש ומתקשה על המצע.
- הצבע חייב להגיע למשטח במצב רטוב.
- מנגנוני התיבשות
 - יבוש פיזיקלי – התאדות המים או המדלל
 - הקשיה – תהליך כימי של צילוב בין מולקולות
 - עוד ...
- שיטות יישום
 - הברשה
 - ריסוס באקדח צבע (פיסטולט)
 - ריסוס Airless
 - צביעה בתנור (אלקטרוסטטית)

Barrier

Improved barrier properties

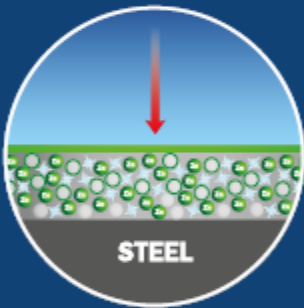
Avantguard displays low water permeability. The salts produced by the unique zinc activation process fill any space within the film, sealing it and enhancing the barrier properties of the coating.



Inhibitor

Inhibition effect for improved protection

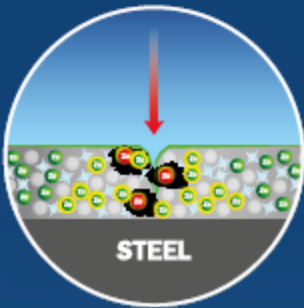
The zinc salts formed contain high levels of chloride ions that are captured as they are diffused from the environment through the film. This reduces the concentration of corrosive agents that reach the steel surface.



Galvanic

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

צבע יסוד – פריימר , Primer – Base Coat

הפריימר הוא התשתית של כל מערכת ציפויי ההגנה.
חשיבות הפריימר בד"כ "נעלמת/נשכחת", כי לא רואים אותו.
תפקידיו העיקריים:

- להדבק לתשתית המתכת.
 - להוות תשתית יציבה וחזקה לשכבות העליונות.
 - להכיל את האינהיביטור מעקב הקורוזיה.
- הפריימר צריך להיות אנודי ביחס לתשתית, או לפחות פסיבי.

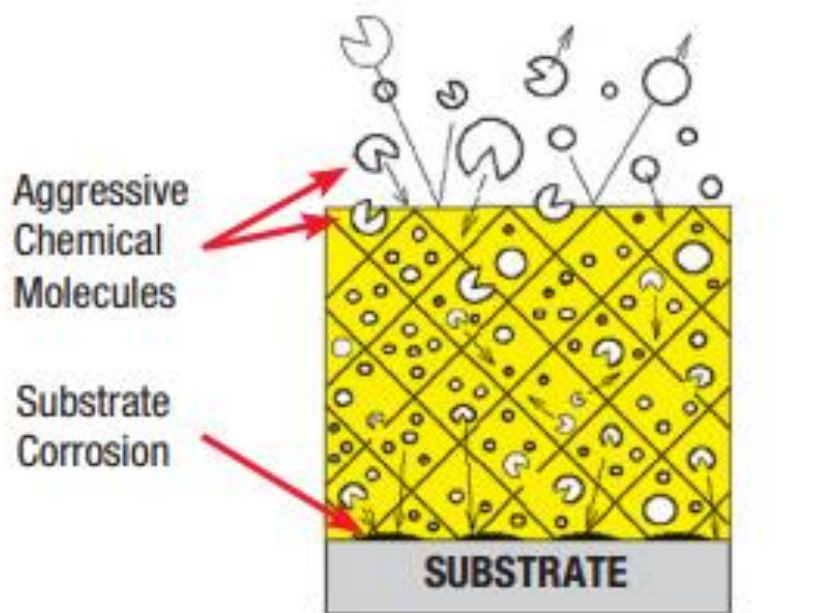
Wash Primer – צבע יסוד, אחוז מוצקים נמוך, כמעט ללא מלאנים. מיועד להגנה לטווח קצר ולהוות תשתית להמשך יישום שכבות הצבע תוך זמן קצר (יחסית).

תכונות של צבע

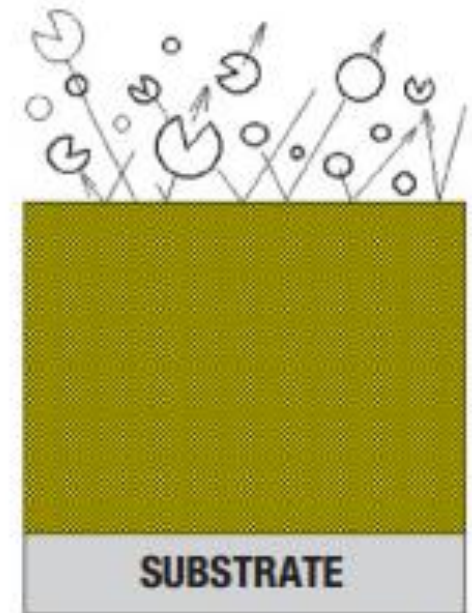
- עמידות כימית
 - עמידות בשמש
 - עמידות בטבילה
 - חדירות - Permeability
 - בידוד חשמלי
 - בידוד תרמי
 - עמידות תרמית
 - ...
 - קיימות [שנים]
- תכונות נדרשות להדבקות:
 - דביקות / מתח פנים
 - גודל חלקיקים
 - תכונות מכאניות (לאחר יישום):
 - בניית עובי שכבה
 - חוזק למתיחה
 - רציפות
 - גמישות
 - חוזק להולם
 - ...

Permeability - חדירות

ככל שהמרחק בין נקודות הקשרים גדול יותר – הציפוי חדיר יותר.
 מבנה "מצולב" – עמיד בפני חדירת זיהומים.

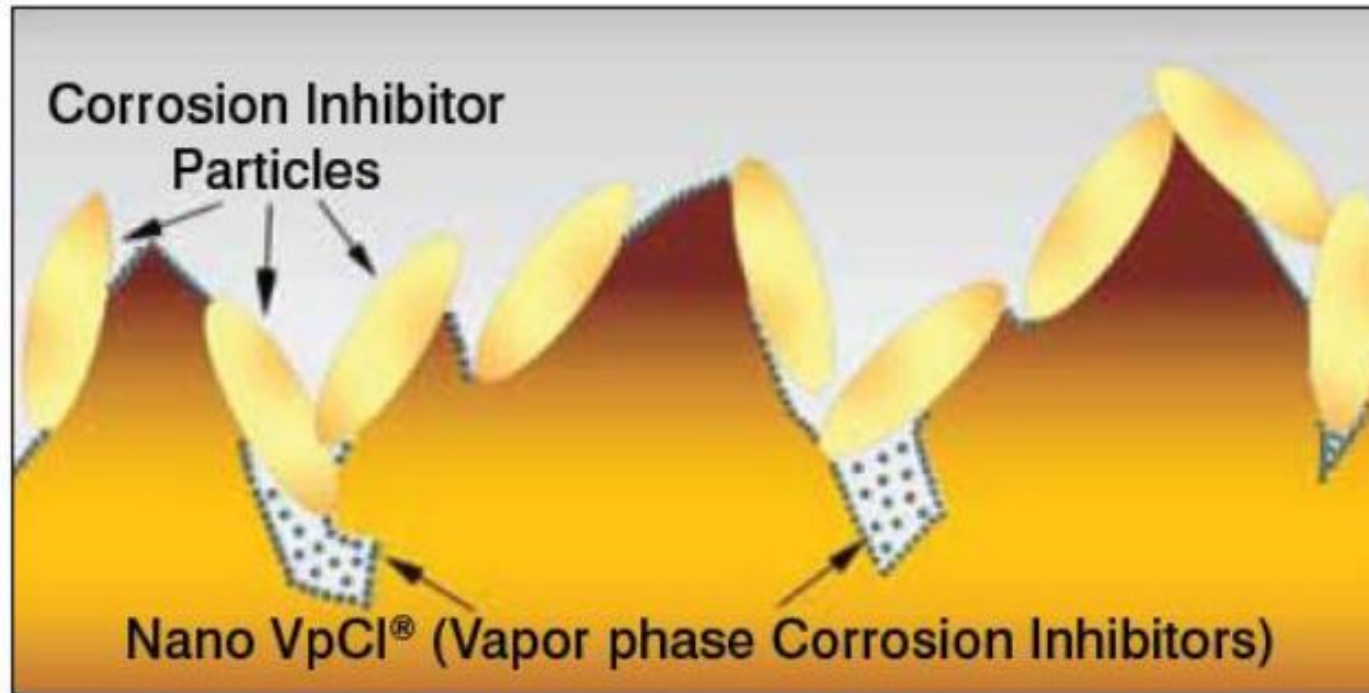


AGGRESSIVE CHEMICAL MOLECULES PENETRATE INTO AND THROUGH THE POLYMER GROUPS ATTACKING BOTH THE INNER POLYMER STRUCTURE AND THE SUBSTRATE.



AGGRESSIVE CHEMICAL MOLECULES CANNOT PENETRATE THE HIGH DENSITY SURFACE. INNER POLYMER STRUCTURE AND SUBSTRATE PROTECTED FROM CHEMICAL ATTACK.

אינהיביטור אנטיקורוזיבי



צבעים וציפויים עם אינהיביטור פועלים בכל מקום
בגלל פעילותם כגז (גודל מולקולה ננו-מטרי)

נוסחאות יישום צבע (לשכבה בודדת)

עובי צבע רטוב ויבש -

$$W = \frac{D}{V_s}$$

$$W = \frac{D * 100}{\% V_s}$$

באחוזים

Wet - עובי צבע רטוב במיקרונים

Dry - עובי צבע יבש במיקרונים

Vs - אחוז מוצקים לפי נפח

עובי צבע רטוב עם הוספת מדלל -

Wet - עובי צבע רטוב במיקרונים

Dry - עובי צבע יבש במיקרונים

Vs - אחוז מוצקים לפי נפח

T - אחוז המדלל שמוסיפים.

בנוסחה נכנס כשבר עשרוני.

$$W = \frac{D * (1+T)}{\%VS}$$

נוסחה באחוזים

נוסחאות יישום צבע - המשך

כושר כיסוי תיאורטי (מחושב) -

$$\frac{m^2}{L} = \frac{\%VS * 10}{D}$$

נוסחה באחוזים

Vs - אחוז מוצקים לפי נפח

Dry - עובי צבע יבש במיקרונים

L - כמות בליטרים

נפח צבע שנדרש Q, בליטרים -

$$Q = \frac{10 * A * D}{VS * (100 - w)}$$

A - שטח m²

Dry - עובי צבע יבש במיקרונים

Vs - אחוז מוצקים לפי נפח

w - הפסדי צבע באחוזים - !

Q - כמות הצבע בליטרים

"חלונות זמן" בצבע

- **מועד פגות תוקף** – משך הזמן מהייצור בו הצבע "תקין", לכל מנת ייצור.
- **זמן המתנה** (אינדוקציה) – מערבוב A+B עד שהצבע מוכן ליישום.
- **זמן סיר** – משך ה"עבידות" של הצבע, כמה זמן הצבע יכול להיות ב"סיר" במצב נוזל, מוכן וכשיר ליישום.
- **זמן אשפרה** – משך הזמן מהיישום עד ייבוש (Tuck Free) ועד לאשפרה מלאה.
- **Recoat Window** - חלון זמן בין סיום האשפרה ועד ליישום שכבה נוספת עם חיבור כימי (ללא צורך בחספוס).

• גורמים משפיעים: טמפי', לחות, רוח, עובי שכבה, לחות יחסית

• לפי הוראות יצרן הצבע ! (ראה דף טכני)

דף טכני של צבע

- יצרן
- תיאור המוצר וייעודו
- תכונות המוצר
- הכנת שטח
- שיטות יישום
- זמני המתנה בין שכבות
- הוראות בטיחות (MSDS)
- בד"כ "לא מספיק" מפורט ...

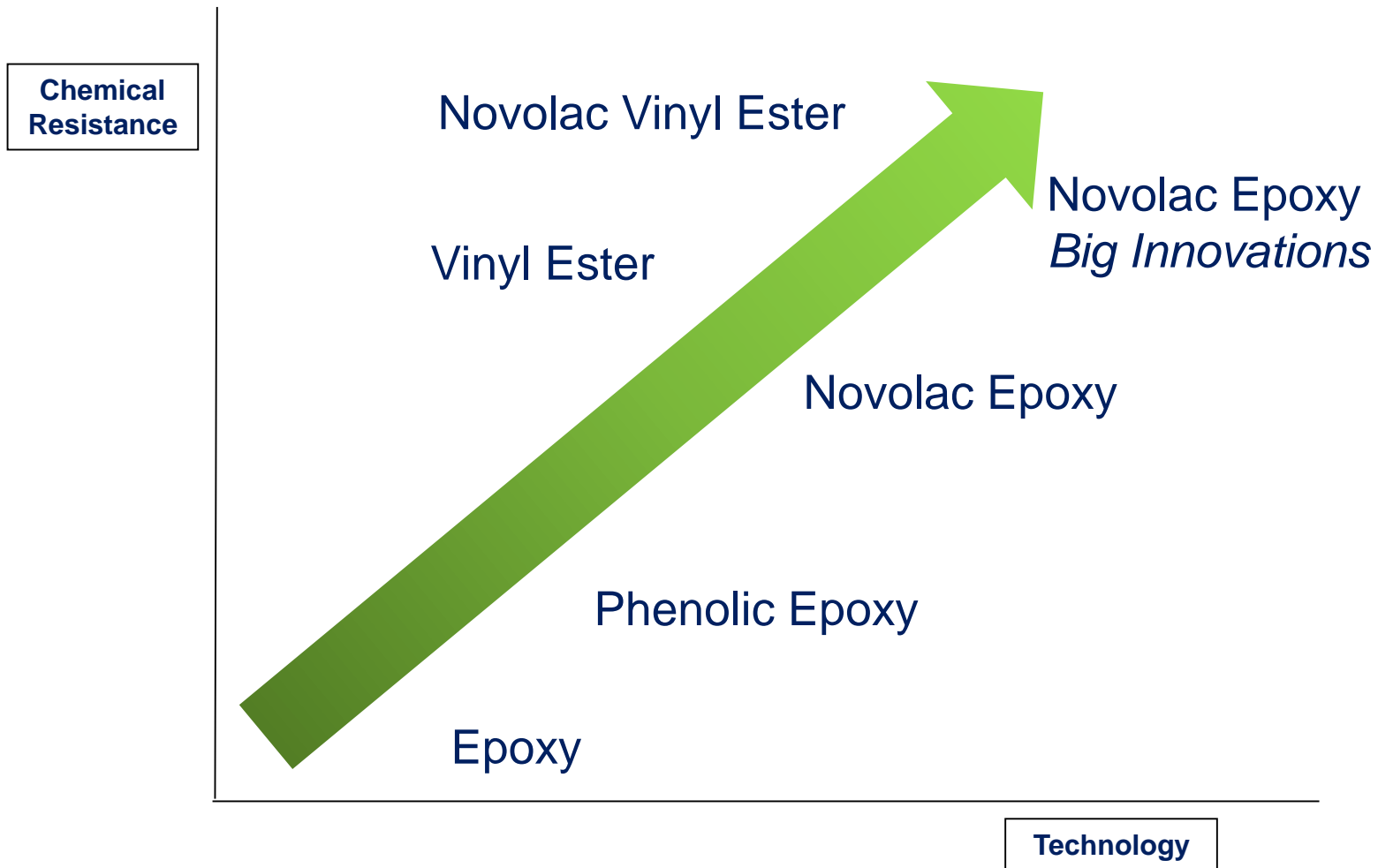
דף טכני וגליון בטיחות

- **Technical Data Sheet** – דף טכני (יצרן הצבע)
- **MSDS** – גיליון בטיחות (יצרן הצבע)
- **Material Safety Data Sheet**
 - חיוני ביותר בעת פגיעה ובפינוי לבית חולים
 - דרישה במפרט צביעה – חומ"ס
 - אחריות המיישם

סוגי צבעים ומנגנוני התייבשות

	Cure	Parts	In/Out	Examples
Non Convertible (המבנה לא משתנה באשפרה)	Coalescent	1 Part	H ₂ O ↑	Latex, Acrylic
	Solvent Evaporation	1 Part	Solvents ↑	Vinyl, Chlorinated-Rubber
Convertible Thermosetic	Hydrolysis	1 Part	H ₂ O ↓	IOZ, Concrete
	Oxygen	1 Part	O ₂ ↓	Alkyd, Epoxy-Ester
	Chemical (Polymer)	2 Parts	A+B=C	Epoxy, Vinyl-Ester, Urethane
	Heat (Fusion)		Heat ↓	Phenolic, Modified-Epoxy-Phenolic, Silicone, FBE

Chemical Resistance - Lining History



מערכת צבעים / שכבות

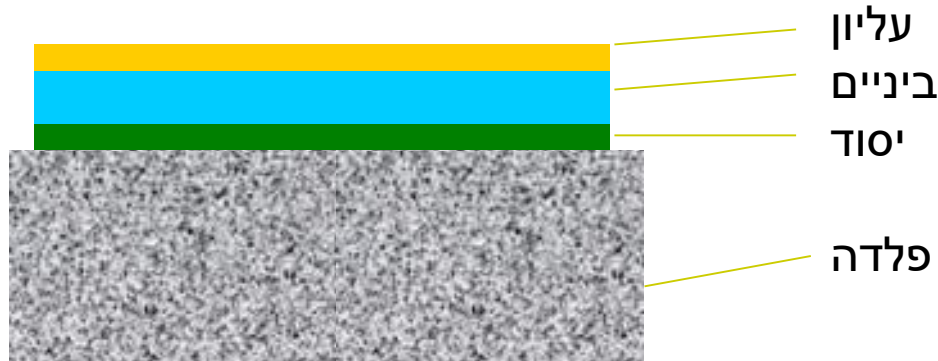


מערכת צבע

- מהי "מערכת צבע"
- מדוע צובעים בשכבות
- השכבה הראשונה – המצע (הכנת השטח)
- תפקיד כל שכבה
- תיאור והגדרת ה"מערכת"
- גליון – מערכת דופלקס וציפויי הגנה נוספים
- מערכות צבע נפוצות

מערכת רב שכבתית

לכל שכבה יש תפקיד



יסוד

אדהזיה למצע
הגנה מפני קורוזיה

ביניים

הגנה מכאנית ושמירה על שכבת היסוד
איטום

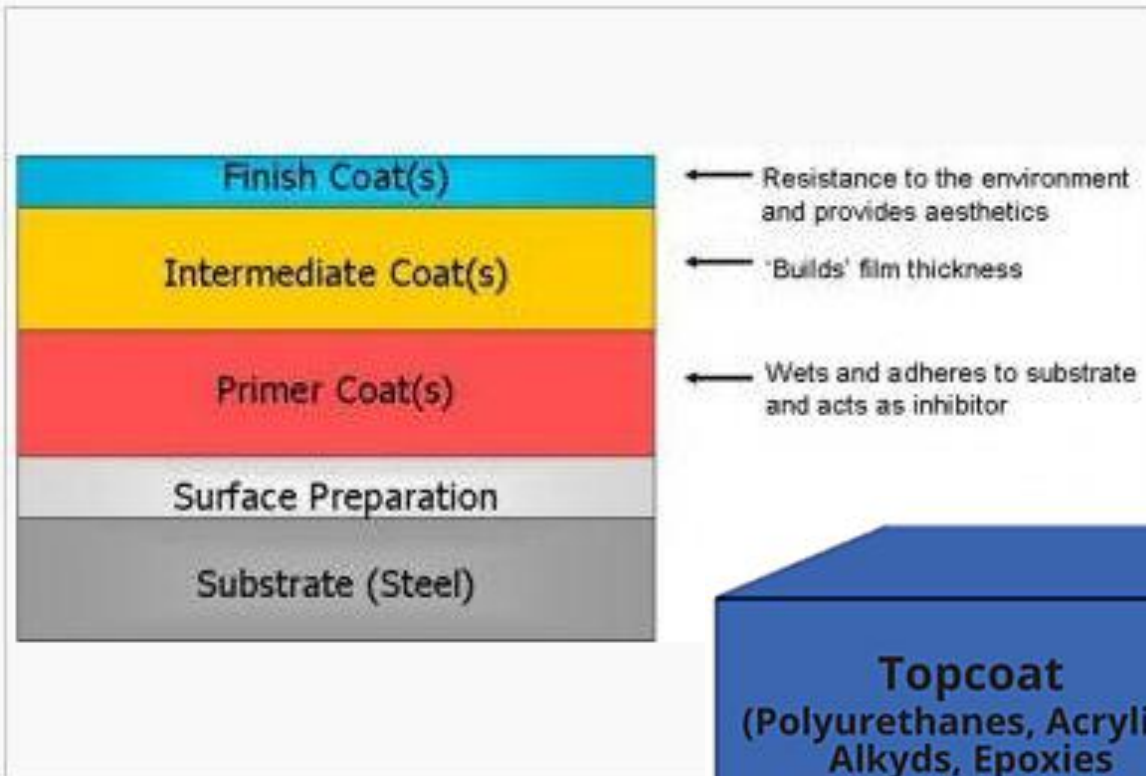
עליון

הגנה מהסביבה (UV, כימיה, שחיקה ...)
חוזק / קשיחות / קשיות
אסטטיקה - גוונים

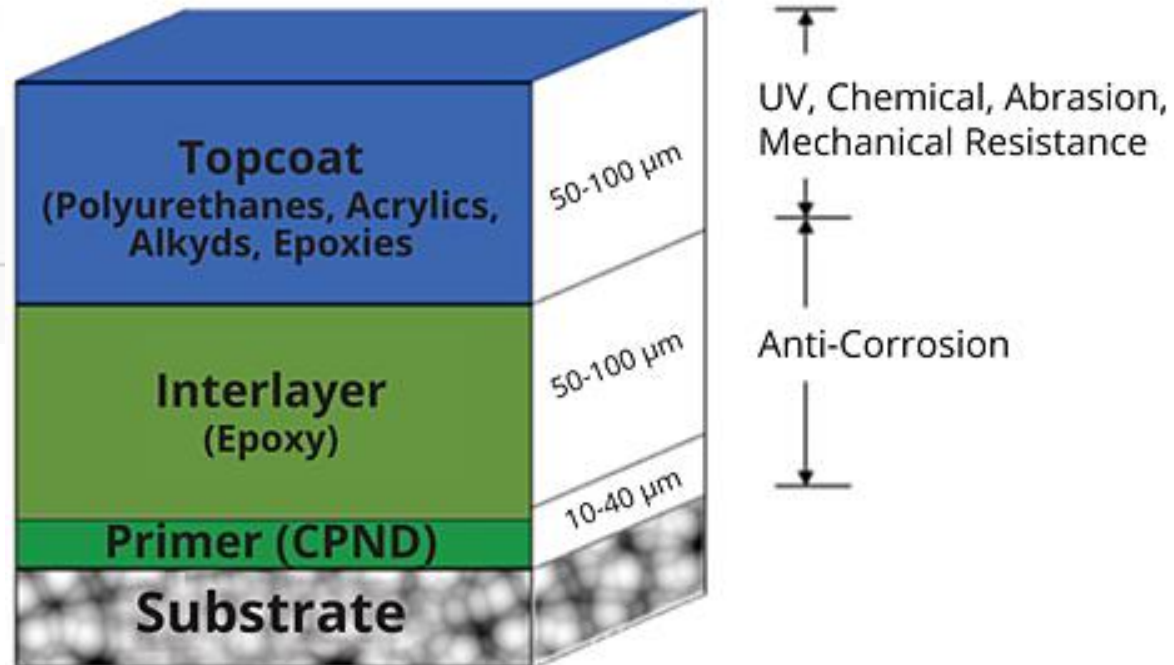
התאמת השכבות לסביבה הקורוזיבית

ISO 12944 Classification	Typical Environments
C1	Rural areas, low pollution. Heated buildings/neutral atmosphere.
C2	Urban and industrial atmospheres. Moderate sulphur dioxide levels. Production areas with high humidity.
C3	Industrial and coastal. Chemical processing plants.
C4	Industrial areas with high humidity and aggressive atmospheres.
C5I	Marine, offshore*, estuaries, coastal areas with high salinity.
C5M	

מערכת רב שכבתית



Schematic diagram of a paint system



מערכת צבע - דוגמה

- הכנת שטח (רמת נקיון ועומק חספוס)
- טבלת הצבעים, שכבות ועוביים:

שכבה	תיאור הצבע	עובי יבש [μ]	מספר שכבות	הערות
1	אפוקסי סביל שטח, רב עובי עשיר מוצקים	70	1	מותר דילול עד 10% (התחשבות בעומק חספוס)
2	אפוקסי רב עובי עשיר מוצקים	100	1	
3	פוליאוריתן אליפאטי	50-60	1	הגוון הסופי יקבע ע"י המזמין
	סה"כ:	μ 220 לפחות	3 שכבות	כל שכבה בגוון שונה

דגשים נוספים: (חמרים אברזיביים מאושרים, Strip Coat, נקי עצירה, מסוך, אטום ...)

נדרש להוסיף רשימת מוצרים מאושרים או קריטריונים לאישור מוצרים

מערכת הצבעים צריכה להתאים לתנאים ולסביבה

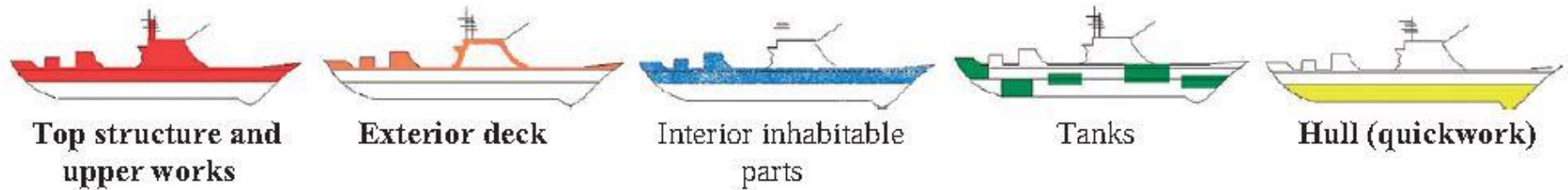


Fig. 1. Position of the different ship surfaces.



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)

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

מערכות צבעים נפוצות (דוגמאות)

- אפוקסי / אפוקסי / פוליאוריתן
- אפוקסי עשיר אבץ / אפוקסי / פוליאוריתן
- אבץ סיליקט אנאורגני / אפוקסי / פוליאוריתן
- אבץ סיליקט אנאורגני / X 2 סיליקון אקרילי/אלומיניום
- יסוד / אפוקסי (פנולי/נובולק)
- אפוקסי סביל שטח / אפוקסי רב עובי / אנטיפאולינג
- מע' צבע מעל בטון – תלוי בשיטות היישום ובתנאי הסביבה
- ...
- מערכות ייעודיות – מכלים (חוץ ופנים), דלקים, כימיקלים, מים, חום/קור
- צנרת טמונה בקרקע – עטיפת טריו, צבעים רבי עובי (CP)

Adhesion - אדהזיה

אדהזיה (הדבקות) – חוזק הקשר בין הציפוי והמצע.
התופעה מתקיימת בשטח המגע בזכות שילוב תהליכים כימיים ומכניים
בין הציפוי והמצע.

עקרונות ההדבקות של ציפויים

- מכני - חספוס (אחיזה מכנית + הגדלת פני השטח)
- אלקטרוסטטי - כוחות חשמליים חלשים (כמו מגנט חלש)
- כימי - קשרים כימיים חלשים בין הפלדה לציפוי
(ריאקציה כימית בין הציפוי למצע).
- הרטבה - כושר הציפוי להרטיב את המצע – מתח פנים



קיימות

משך החיים הפעילים של הצבע, בהם הוא מגן על הפלדה מפני התפתחות קורוזיה.

גורמים משפיעים על קיימות הצבע:

- איכות הכנת השטח
- איכות היישום
- סוג החומר ועמידותו בתנאי הסביבה
- איכות המוצר
- תנאי סביבה
- גיל
- עבודות תחזוקה שבוצעו בעבר

איך בודקים קיימות של צבע

איסוף מידע:

- גיל הצבע
- היסטוריית תיקונים
- סקר קורוזיה קיימת
- סקר מצב הצבע הנוכחי
- תנאי סביבה בעבר ובהווה
- תנאי עבודה , נקודות קיצון

מדידות:

- קשיות, גיור (Chalking), מראה חזותי
- אדהזיה למצע
- קוהזיה בין השכבות
- עובי
- רציפות הציפוי