



# איטום יציקות באימפרגנציה (Impregnation)



מערכת אימפרגנציה מנתית ידנית

ידנית או מערכת אוטומטית רציפה כפי שמקובל במפעלי הרכב. ככל שהשימוש הוא יותר ייעודי, למשל מפעל למסורות מנוע, המערכת יכולה להיות יותר אוטומטית ומהירה. אצל ספק שירות אטימה ללקוחות המערכת תהיה מנתית, ידנית ואיטית יותר מאחר והיא צריכה להתאים לכל סוגי החלקים והמתכות שמגיעים לשירות.

## התקנים הנהוגים בתחום

תהליך האימפרגנציה הוא תהליך עומק ולא שטח. להבדיל מתעשיית טיפולי השטח – צבע וציפויים, את האימפרגנציה לא רואים ואי אפשר למדוד. זאת תעשייה של אמון בין לקוח לספק שנסמך על תהליכים מבוקרים ומתועדים אצל הספקים



חלקים לתעשיית הרכב, שעברו אימפרגנציה

תהליכי איטום או "הספגה" באימפרגנציה (Impregnation באנגלית), למעשה פותרים בעיות אלה שהוזכרו.

סוגי פורוזיביות: פורוזיביות כלאה. אינה מהווה בעיה כל עוד אין חושפים אותה בפעולות העיבוד השבבי. פורוזיביות עיוורת: הגורמת ליצירת קורוזיה פנימית, כתמים על פני שטחים מצופים ופיצוצים בחלקים צבועים. פורוזיביות עוברת: המאפשרת מעבר נוזלים וגזים והחדרת לחות למכשור אלקטרוני.



סוגי פורוזיביות

## תהליך עצמו

תהליך האטימה מיועד להספיג את הפורוזיביות בחומר האיטום במצבו הנוזלי, לנקות את החלק משאריות חומר זה ולהקשות את החומר בתוך הפורוזיביות למצב מוצק ויציב של אטימה פנימית. ישנן שיטות שונות להספגה ותהליכי ההמשך והטכניקות מבטאות את השוני בחומרים שבשוק.

תהליך האטימה "נתפר" על ידי יצרן חומר האטימה שגם מכתוב ובדרך כלל גם מספק את מערכת האיטום. לכן ישנם הבדלים גדולים בין המערכות השונות המבטאים את השוני בתכונות הספיגה, ניקוי והקשה שבין החומרים השונים. ניתן לאבחן שלוש שיטות עיקריות לביצוע אימפרגנציה: ואקום יבש, ואקום רטוב, ואקום/ לחץ. חלוקה אחרת היא לפי סוג המערכת: מנתית (BATCH), אוטומטית או חצי אוטומטית,

## מאת: יואל כהן\*

בכל מוצר מתכתי המיוצר ביציקה מכל טכנולוגיה – שעווה נעלמת, חול, לחץ ומכל מתכת – חמרן, אבץ, ברונזה, ברזל או מגנזיום, יש כמות מסוימת של מיקרו-פורוזיביות – אותם פורים (חרירים) הנגרמים בגלל התכווצויות פנימיות, כליאת אויר או גזים, שכבות תחמוצת דקות וזרימה לא תקינה של המתכת הנוזלית.

## גידול בכמות הפורוזיביות

בעוד שכמות מוגבלת של מיקרו-פורוזיביות עשויה שלא להזיק לתכונות המכניות של החלק הרי הפורוזיביות שמחוברות ברצף ונחשפות בתהליך העיבוד השבבי עשויות להוות מעבר לגזים ונוזלים דרך הדופן. הגידול בייצור חלקים מחמרן ומתכות קלות אחרות עם עובי קיר קטנים יותר וצורות מסובכות יותר גרם לגידול משמעותי בכמות הפורוזיביות בשנים האחרונות.

לפעמים אין מגרעת זאת מפריעה לשימוש בחלק אבל בחלקי יציקות הנחשפים לחץ או ואקום יהיו בין 10% ל-25% חלקים דולפים, תלוי בטכנולוגיה וטיב היציקה. חלקים דולפים אלו שמתגלים אחרי תהליכי היציקה והעיבוד השבבי גורמים לאבדן כספי גדול גם אם חומר הגלם עצמו ממוחזר.

בעיה נוספת היא בציוד אלקטרוני המוצב בחוץ או על גבי ספינות. במעבר מיום ללילה או ממצב כבוי לדלוק ולהפך נוצרת בגלל הפרשי הטמפרטורה זרימת אוויר חוץ פנימה ולאחר שינוי מצב, זרימה הפוכה. אוויר לח נכנס, אויר יבש יוצא והרטיבות נשארת במכשיר וגורמת לקורוזיה.

\*הכותב הינו מנכ"ל מפעל האימפרגנציה ניסן אוויאישן בע"מ



## מאה שנות אימפרגנציה

תעשיית איטום בתהליכי אימפרגנציה קיימת כבר כ-100 שנה ותחילתה בעיקר כתהליך הנצלה לברזים ואביזרי מים דולפים. האיטום בוצע על ידי הספגת הפורים (חרירים) בתמיסה רוויה בסודיום סיליקט (מי זכוכית) וייבושם. הצורך בתהליך גבר עם השנים כולל לצרכים צבאיים ותעופתיים, אבל חומר האיטום העיקרי נותר אותה תמיסת מים רוויי סידן שגם אושרה לפי תקן MIL שנכתב מאוחר יותר. כיום התעשייה המובילה בצריכת האיטום היא תעשיית הרכב והחומרים לאיטום הם פולימרים חדישים שברובם פותחו למטרה זאת. אם בעולם 90% ויותר מתעשיית האימפרגנציה משרתת את יצרני הרכב לכל מכלל אטום – מנועים, ראשי מנוע, משאבות מים, שמן, דלק, אוויר, אגני שמן, חלקי מערכת חגורות בטיחות, הרי שבארץ הנתח של תעשייה זאת הוא כ-10% בלבד והשאר, בעיקר ציוד אלקטרוני ואופטי צבאי ואזרחי ותעשיית המים. מכאן מובנת "ההגירה" של ייצור ציוד, חומרים ומתקני שירות ממדינות המערב למזרח הרחוק.



דוגמא טיפוסית למערכת אימפרגנציה אוטומטית רציפה

לפני כ-20 שנה חל מהפך בתקן צי ארה"ב Mil-STD-276A ובתקן הנלווה אליו והמגדיר את החומרים המאושרים לתקן Mil-I-17563C. הדרישות כה הוחמרו עד שלקח כשנה עד שהיצרנים הוותיקים הצליחו לשפר את החומרים שלהם ולקבל אישור לתקן. כיום אלו התקנים השולטים, האחרים בוטלו או הוקפאו כולל תקני מדינות וכן תקני החברות שחלקם לא בוטלו אבל הם מפנים ל-MIL כאופציה מותרת. אפילו תעשיית הרכב העולמית אימצה את התקנים הנ"ל. ■

וניסיון עבר. במערכת אבטחת האיכות תהליך כזה מוגדר כ- "תהליך מיוחד" וחלים עליו הכללים המתאימים. לכן חשיבות גדולה ליישום תקנים בין לאומיים אובייקטיביים ומחייבים וכן תקנים של הלקוח וספק השרות. בעבר היו תקנים צבאיים של מדינות שונות ותקני חברות רבות לתהליך. ריבוי תקנים זה ביטא את אי האמון של התעשייה בתקן הצבאי האמריקאי Mil-STD-276 שדרישותיו היו כה קלות עד שגם חומר אטימה מיושן וירוד כמו הסודיום סיליקט אושר על פיו.