

## הצתה

נכתב על ידי Mike Busch, תורגם על ידי איציק מה-יפית, מתוך AVweb מתאריך 27.10.2004.

הערת המתרגם: מערכת ההצתה אינה דבר שאנחנו מתייחסים אליה בצורה שגרתית, זוהי מערכת שלגבינו היא דבר מוכן מאליו. המאמר שלמטה, הגם שהוא בעיקרו טכני, עשוי לעניין את אלה מבינו המחפשים קצת הבנה טכנית לגבי מה שמצוי תחת חופי המנוע. את אלה מבין הקוראים המעוניינים להעמיק את הידע בנושא מערכת ההצתה, אני מזמין לעיין בתרגום שלי לספר מבנה מנוע בוכנה המוצב באתר אגודת התעופה.

הכול התחיל כאשר חברי ובעל טור ב – Avweb, Rick Durden, שלח לי דוא"ל שבו הודיע לי שהוא אמור להיות באזור המפרץ למספר ימים, והציע שניפגש בעת שיהיה בחוף השמאלי (ריק נמצא ב - Grand Rapids, Mich. כך שלא מזדמן לי לראותו, למעט פעם בשנה באושקוש). לאחר חילופי דוא"ל, הסכמנו שאטוס לשדה העירוני של Livermore (LVK) ואפגוש את ריק בטרימינל בשעה 2 אחר הצהריים.

הנעתי את הצסנה 310 ויצאתי לטיסה בת שעה מ – SMX ל – LVK. הגעתי לחזית בניין הטרימינל כמעט בדיוק לזמן הפגישה. אולם לא היה שום סימן מריק. ניסיתי להתקשר לטלפון הנייד שלו. שום תגובה. מוזר, חשבתי, מעולם לא הכרתי את ריק מאחר לפגישה. התיישבתי בחדר האירוח של הטרימינל והתחלתי לקרוא ירחון בכדי להעביר את הזמן עד שריק יגיע.

כעשר דקות מאוחר יותר, שמעתי קול אישה הקורא בשמי. הייתה זו גברת ממשרד המנהלה של השדה, שאמרה שמישהו מחפש אותי בטלפון. זה היה ריק והיה ברור מהטון של קולו שלא היה לו יום נהדר.

### **תקוע!**

ריק הסביר בהתנצלות שהוא נתקע כארבעים מייל צפונית מערבית למקום בו אני נמצא, בשדה התעופה של Napa (APC). הוא נפגש באותו הבוקר עם שני טייסים ובעלי מטוסים, אחד מהם הציע ששלושתם יטוסו ל – APC בפייפר צ'ירוקי 235 לקנות המבורגר. ריק הסכים, כל עוד הוא יוכל לשוב ל – LVK עד 2 אחר הצהריים. שלושתם טסו ל – APC ואכלו ארוחת צהריים במסעדת השדה, אולם כאשר לאחר הארוחה טיפסו חזרה לצ'ירוקי בכדי לשוב ל – LVK, המנוע לא הניע.

אמרתי לריק שמוטב שאטוס ל – APC. כעשרים דקות מאוחר יותר, הדממתי את ה – 310 ליד הצ'ירוקי הרגון ושלושת נוסעיו המתוסכלים. ריק הציג לי את בעל הצ'ירוקי (ששמו גם היה מייק) ולטייס מ – LVK ששמו היה ג'רי, שהיה בעליו של צסנה 340A.

"אתה מכוונאי מוסמך" אמר לי ריק, "עשה משהו מהסמכת הקסם שלך!" הסברתי שאני לא יודע כמעט כלום על פייפרים, וכמעט אין עמי כלים, אולם אם מייק יסיר את החיפוי העליון מהמנוע של מטוסו, לפחות אעיף מבט חטוף.

### **מה לא בסדר?**

כאשר מייק הסיר את החיפוי של הלייקומינג O-540, ביקשתיו לתאר את הבעיה. הוא הסביר שהמנוע מסתובב במהירות אולם לא מניע. "אני חושב שהוא לא מקבל דלק", אמר, בהסבירו שהוא ניסה להשתמש במשאבת התיחול, ניסה לפמפם את המצערת בכדי לספק דלק למנוע בעזרת משאבת ההאצה של המאייד, ואפילו ניסה התנעה במצב מנוע מוצף שמא הבעיה הייתה יותר מדי דלק במקום פחות מדי. אולם לא משנה מה עשה, המנוע לא הניע.

ביקשתי ממייק להניע את המנוע בעודי מתבונן. הוא הפעיל את משאבת התיחול מספר פעמים וניסה להניע. כלום. הוא ניסה להניע בעודו מפמפם במצערת. עדיין כלום. בהעבירי את האצבע על גרוני, סימנתי למייק לעצור.

"בהחלט אין לך בעיית דלק", אמרתי למייק בעודו יוצא מתא הטייס. הצבעתי על הדלק המטפטף מניקוז מערכת היניקה, וכתמי הדלק הכחול הטריים על חיפוי הגלגל הקדמי. הסברתי שבעירה דורשת שלושה דברים: דלק, אוויר

וניצוץ. בבירור היה שפע של דלק, וסביר שלא היה מחסור באוויר. "אני חושד שאינך מקבל ניצוץ," הסתכנתי. "בוא נראה אם אנחנו יכולים לאמת תיאוריה זו."

פתחתי את התא ב – 310 שלי בכדי לראות איזה כלים אני יכול למצוא. לא מפתח מצתים, אפילו לא מפתח 7/8.

חזרתי עם פלייר מתכוונן, והשתמשתי בו להסיר את האומים של כבלי ההצתה מראשי המצתים בצילינדרים מספר 1 ו – 2. ביקשתי ממייק להניע שוב, עם ידית תערוכת משוכה לגמרי, בעודי מחזיק כל מגע של כבל הצתה קרוב לגוף המוארק של המצת וחפשי ניצוץ.

### התבחין אושר



המגע של צילינדר מספר 1 הפיק ניצוץ קטן ופתטי, בקושי חזק יותר מאשר מה שהיית מצפה להפיק מסוללת פנס. בוודאי לא מתקרב להצתת מצת.

המגע של צילינדר מספר 2 לא הפיק ניצוץ כלל, אולם הייתי בטוח לחלוטין שזה היה טבעי, מנוע זה נקבע להתניע רק על מגנטו אחד, ורק למגנטו זה יש מצמד תקיפה המאפשר לו לייצור ניצוץ בסל"ד התנועה.

סימנתי שוב "חדל" למייק, והסברתי לו מה גיליתי. "כמה זמן חלף מאז המגנטו האלו הוסרו מהמנוע?" מייק לא ידע, ולא זכר אם אחד מהמגנטו עבר תחזוקה מאז קנה את המטוס.

ביצעתי מספר בדיקות נוספות, בהשתמשי במד התנגדות לוודא שמוליכי ה – P למגנטו לא היו מקוצרים. הם לא היו מקוצרים, למרות שלא יכול הייתי שלא להבחין שהבידוד היה סדוק ומקולקל מאד, אולם זה לא אמור היה למנוע מהמנוע להניע.

אמרתי למייק שאני מסופק אם המטוס שלו יוכל לזוז עד אשר המגנטו יוחלפו או יתוקנו. זה היה בשבת, אולם היה טכנאי בתורנות ב – FBO המקומי. הסברתי למכונאי מה גיליתי, והוא השיב שארגן את גרירת הצ'ירוקי למוסך, ושהמגנטו יבדקו בבוקר יום שני.

כיוון שלא היה שום דבר נוסף שיכול הייתי לעשות עם הכלים המוגבלים שהיו ברשותי, הצעתי שמייק, ג'רי וריק יעמיסו עצמם על ה – 310 שלי ואני אטיס אותם חזרה הביתה ל – Livermore. הם הסכימו, ועשרים דקות מאוחר יותר היינו כולנו בחזרה ב – LVK, וסוף סוף שוחחתי עם ריק, כשלוש שעות מאוחר יותר ממה שתכננו. (כמו כן ציינתי לעצמי להכניס ערכת כלים טובה יותר לתוך המטוס שלי, כך שלא אהיה כה חסר אונים בפעם הבאה שאתקל בבעיה מכאנית רחוק מהבית.)

### מעקב



כמה ימים מאוחר יותר, קבלתי דוא"ל ממייק שהודה לי על ההסעה הביתה. הוא כתב שבית המלאכה ב – APC תיקן את המטוס, ושהתבחין של "אין ניצוץ" שלי אותר. בית המלאכה פתח את המגנטו תוצרת Slick ומצאו שהמגעים ("פליינות") היו מאד בלויים ומרווחי המגעים היו מתחת לנדרש במפרטים. כמו כן הם פירקו את המצתים ואמרו שהם היו "גמורים".

בבית המלאכה ניקו את המגעים, ויסתו את המרווחים והרכיבו סט חדש של מצתים. המנוע הותנע כיאות. מייק יצא ל – APC והחזיר את המטוס הביתה. הבעיה נפתרה ומייק ציין שהוא היה טייל שמח.

"לא כל כך מהר," כתבתי לו בתשובתי. "עדיין לא יצאת מהיער."

ציינתי שבעוד שהמכונאים ב – APC עשו מספיק בכדי להפעיל את המנוע, כפי שהונחו לעשות, מערכת ההצתה של מייק עדיין לא הייתה במצב טוב. המגנטו עדיין לא קבלו האחזקה המונעת העיקרית ש – Slick הנחו לבצע כל 500 שעות, הכוללת בדיקת הסליל, סיכת תמסורות פנימיות ומיסבים, וויסות תזמון פנימי של המגנטו ("מרווח E") בכדי לשחזר תפוקת ניצוץ מירבית. דברים אלו אינם יכולים להתבצע ללא הסרת המגנטו מהמנוע ופירוקם. וכמו כן היה הנושא של מוליכי P המתפוררים, כיוון שהם נושאים כ – 400 וולט זרם חילופין במהלך פעולת המנוע, זה לא הגיוני לאפשר להם להתדרדר.

### קריאת השכמה

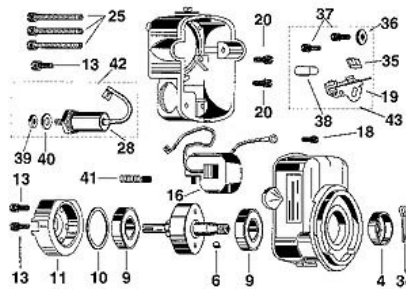
"זו הייתה קריאת השכמה", כתבתי למייק. "המטוס שלך לא קיבל את האחזקה המונעת שהוא זקוק לו. אם היה מקבל, המגעים שלך והמצתים לא היו מתבלים אף פעם עד לנקודת הכישלון, ומוליכי ה – P היו מתוקנים מזמן. אם כל בעיות הצתה אלו פוספסו בבדיקה השנתית האחרונה שלך, אני תוהה מה עוד נעלם מהעין."

מייק היה מופתע מההתייחסויות שלי. הוא ציין שמעולם לא קימץ באחזקת מטוסו, ועשה ביקורות 100 שעות למרות העובדה שלא נדרשו, כיוון שמטוסו שימש לטיסות לא מסחריות בלבד.

טיפול מעולה אינו זול, אולם למדתי מוקדם בתקופת היותי בעל מטוס, שהוצאת כסף אינה ערובה לקבלת אחזקה מעולה. אתה זקוק גם לבוחן קפדן עם סטנדרטים גבוהים. מעורבות בוחן כל שנה גם היא מסייעת, כיוון שכל זוג עיניים רואה דברים שונים.

### מגנטו

ישנם שני יצרני מגנטו למנועי בוכנה מנוגדים אופקית: Unison/Slick (בבעלות ג'נרל אלקטריק) ובנדיקס (בבעלות טלדיין). שני היצרנים קוראים לאחזקת מגנטו מזערית כל 100 שעות, ואחזקה מורחבת כל 500 שעות.



אחזקת מגנטו כל 100 שעות כוללת הסרת מכסה המפלג, בדיקת מגעים לגירעון (pitting) וצריבה, בדיקת מרווחי המגעים וויסותם אם נדרש, ניקוי צידו הפנימי של מכסה המפלג, ובדיקת תזמון ההצתה וויסות אם נדרש. כל זה ניתן להיעשות ללא פירוק המגנטו מהמנוע, ובדרך כלל לא דורש יותר מחצי שעה למגנטו.

אחזקה כל 500 שעות דורשת הסרת המגנטו מהמנוע ופירוקו. הדבר גורר בדיקה פנימית מפורטת, סיכת התמסורות הפנימיות והמיסבים, וויסות התזמון הפנימי של המגנטו ("e-gap") בכדי לוודא תפוקת מתח מירבית. נעשה במשך כשעתיים למגנטו בתוספת חלקים.

במטוס שלי מגנטו תוצרת בנדיקס, ואני מבצע בדרך כלל אחזקת 500 שעות בעצמי. למרות שלא נדרש, אני מחליף באופן שגרתי את המגעים, יחידת המפלג, ומכלול מברשת הפחם כל 500 שעות. עלות החלקים הינה פחות ממאה דולר למגנטו, ואני מתייחס לכסף זה כהוצאה מועילה. נדרש לי יום עבודה מלא לטפל בארבעת המגנטו על הצסנה הדו-מנועית שלי.

למטוסים המשתמשים במגנטו תוצרת Unison/Slick, אני ממליץ בדרך כלל החלפת המגנטו כל 500 שעות ביחידות חדשות או משופצות/מוחלפות, ולא פירוקם בשדה. הסיבה פשוטה כלכלית: בהשוואה לבנדיקס, המגנטו של Unison/Slick זולים יותר, אולם החלקים המוחלפים יותר יקרים. למשל, מגנטו חדש לחלוטין של Unison/Slick דגם 6300 עולה בערך \$400, ויחידת מפלג חלופית עולה \$150. (בהשוואה, מגנטו בנדיקס S-1200 משופץ עולה \$600, ויחידת המפלג החלופית עולה \$60.) במחירים אלו, פשוט לא משתלם להתעסק עם מגנטו Unison/Slick בשדה; פשוט החליפו אותם כל 500 שעות.

### מצתים

גם מצתים זקוקים לאחזקה שגרתי. יש לנקותם ולכוון מרווחים כל 100 שעות. להארכת חייהם, יש להצליב מיקומם בעת ההרכבה, כל מצת מוחלף בין צילינדרים זוגיים ואי-זוגיים, ובין עליונים ותחתונים.



הסיבה להצלחה הינה כיוון שהמגנטו מחולל אנרגיה בת מתח גבוה עם קוטביות משתנה. כתוצאה מכך, המצתים בצילינדרים הזוגיים מתבלים בצורה שונה מאלה שבצילינדרים האי-זוגיים. (במנועי TCM בעלי ששה צילינדרים כמו שלי, המצתים בצילינדרים הזוגיים מתבלים באלקטרודה המרכזית, בעוד אלו בצילינדרים האי-זוגיים מתבלים באלקטרודת ההארקה.) על ידי ההצלבה של המצתים כל 100 שעות, המצתים יתבלו בצורה שווה ויחזיקו מעמד יותר.

מצתים רגילים יחזיקו מעמד בדרך כלל 400 עד 500 שעות. כאשר האלקטרודה המרכזית, המתחילה להתעגל ובהדרגה מתבלה לצורת כדורגל, מתבלה למחצית ממידותיה המקוריות, יש להשליך את המצת ולהרכיב אחר. צ'מפיון מוכרים מדיד עובר/לא-עובר פשוט, המונע סובייקטיביות בהחלטה האם המצתים בלויים או לא.

במשך שנים אני מנקה ובודק מרווח במצתים שלי. אולם כיוון שאני טס על דו-מנועי, ביצוע אחזקה מונעת ל – 24 מצתים דורש הרבה עבודה. לפיכך, התחלתי לשלוח את המצתים למרכז שירות. הם ינקו, יבדקו מרווחים, יבדקו את המצתים, יתקנו אותם ויחזירו אותם חתומים בשקית פלסטית עם כמה דסקיות נחושת, בעבור \$3.5 למצת, עם זמן סבב טיפוס של שבוע או פחות. בהתייחס לעלויות בתי המלאכה כיום, אני רואה בזה עסקה טובה.

#### בעיית הצתה אחרת

זוכרים את ג'רי, בעליו של צסנה 340? ובכן, נראה שג'רי העניק תשומת לב רבה לבעיות המגנטו של מייק וחילופי הדוא"ל שלי לגבי אחזקת מגנטו (כיוון שכתבתי את ג'רי וריק). מסתבר שמנועי TSIO-520-NB על הצסנה 340 של ג'רי היו מעט מעל 500 שעות מאז הטיפול, ומסמכי האחזקה הראו שהמגנטו המדוחסים של Slick מעולם לא הוסרו מהמטוס. לאחר שראה את המצב הלא נעים של מייק, ג'רי החליט בחוכמה שהגיע הזמן לעשות משהו עם המגנטו שלו.

ג'רי החליף עמי מספר דוא"ל, שאל האם לדעתי עליו להחליף את המגנטו לתוצרת TCM/Bendix או להישאר עם המגנטו המדוחס שלו תוצרת Slick. השבתי שבעוד אני מעדיף מאד מגנטו תוצרת TCM/Bendix לתפעול בגבהים (כיוון שהם מייצרים ניצוץ חם יותר), אין זה הגיוני לג'רי להחליף מ – Slick לבנדיקס באמצע TBO, כיוון שזה ידרוש החלפת רתמת הצתה. כמו כן דנתי בעלות של החלפת מגנטו Slick ב – 500 שעות ביחס לניסיון לשפץ אותם בשדה.

בהתבסס על התכתובת שלנו, ג'רי הזמין ארבעה מגנטו מדוחסים תוצרת Slick, שהורכבו בבית המלאכה שלו. כמה ימים מאוחר יותר, קבלתי דוא"ל נוסף מג'רי. זה עתה הטיס את המטוס לראשונה מאז המגנטו החדשים הורכבו, ומשהו היה לקוי בוודאות.

"המטוס הגיע כשורה ונראה שעבד כראוי", ג'רי דיווח, "אולם ה – TIT הרבה יותר גבוה ואיני יכול יותר לדלל. בכדי לשמור על TIT מתחת ל – 1600°F, עלי להוסיף ספיקת דלק בשיעור של 10-15 לב' לשעה בכל מנוע. יש לי מזרקים תוצרת GAMInjectors וקודם ה – TIT המירבי בדילול מתחת לשיא היה 1650°F. כעת הטמפרטורות קופצות ל – 1750°F כאשר אני מנסה לדלל לשיא."

#### מה לא בסדר עכשיו?

השבתי לג'רי שהסימפטומים שעליהם דיווח מתאימים למגנטו אחד שאינו פועל או ששני המגנטו מציתים מאוחר (הצתה מאוחרת). חשתי שהתסריט של מגנטו אחד לקוי יכול להישלל כיוון שזה היה מתגלה במהלך בדיקות המגנטו לפני הטיסה, וכיוון שהבעיה התרחשה על שני המנועים. לפיכך, נאלצתי להסיק שהמכונאי שהתקין את המגנטו החדשים כנראה תיזמן אותם לא כיאות, הרבה פחות מאשר 20° לפני נקודה מתה עליונה, כנדרש במנועים של ג'רי. להלן כיצד הסברתי את הגיון האבחנה שלי לג'רי:

TIT או EGT גבוהים מצביעים על כך שתהליך הבעירה מסתיים מאוחר מדי, כך שיש חם עודף הנשאר בזמן ששסתום הפליטה פתוח. זה עשוי להתרחש מאחת משתי הסיבות:  
א. תהליך הבעירה מתחיל מאוחר יותר מאשר נדרש (כפי שייקרה אם זמן ההצתה מאוחר); או

ב. תהליך הבעירה מתחיל בעיתוי הנכון, אולם מתארך יותר מאשר נדרש להשלמתו (כפי שייקרה אם רק מצת אחד פועל – להבה אחת במקום שתיים – או אם התערובת ענייה בצורה בלתי רגילה). (זו הסיבה מדוע TIT/EGT עולים במהלך בדיקות מגנטו.)

המכתב שלך מרמז שהסימפטומים הללו קיימים בשני המנועים. נראה שזה מוציא מכלל אפשרות שיש מגנטו אחד לקוי (או מצת או רתמה). מצד שני, אם המכונאי שהרכיב את המגנטו תזמן אותם לא כיאות, קל לדמיין אותו עושה זאת לכל ארבעת המגנטו.

תזמון מגנטו מאוחר לא ייצור בעיה בהתנעה או במהלך סרק (כנראה שאפילו ישפר אותם) או אפילו בהפעלה של המנוע, אולם יגרום לאובדן כוח מסוים וקריאת TIT/EGT חריגים בסל"ד גבוה. הסימפטומים יהיו חמורים יותר בתערובת ענייה (בעירה איטית) מאשר בתערובת עשירה (בעירה מהירה). זה בהחלט נראה מתאים למה שתיארת.

דבר ראשון שהייתי עושה זה לבדוק שוב בזהירות את תזמון המגנטו. במנוע TCM כמו שלך, אני מעדיף לבצע את התזמון בהשתמשי בסימני הייחוס לתזמון על תמסורת מקבע הסל"ד של המדחף, הנראים דרך פתח הבדיקה בצדו השמאלי הקדמי של בית גל הארכובה. שיטה זו אינה תלויה בשימוש בפרוטרקטור (מד זווית יחסי) או יצירת נקודה מתה עליונה בצילינדר מספר 1, כך שיש הרבה פחות סיכויים לטעות אנוש.

כמה ימים מאוחר יותר, ג'רי הגיב:

מייק, דייקת בנושא המגנטו, הם אכן היו מתוזמנים שלא כיאות. עכשיו הם מתוזמנים כנדרש והכול נראה שעובד כפי שצריך.