

הלחמות

ערוך ע"י אבנר דרורי 4X1GE

מבוא

הציוד האלקטרוני מורכב מרכיבים המחוברים ביניהם בתהליך הנקרא "הלחמה". טכנולוגיה זו ידועה מאות שנים ואומצה לציוד האלקטרוני, כאשר זה החל להתפתח. לגבי חלק גדול מאיתנו תהליך ההלחמה הינו מובן מאליו, מסתבר שאין זה כך. התהליך מורכב ויצרני הבדיל, בשיתוף יצרני הציוד האלקטרוני, מחפשים חומרים ותהליכים כדי לשפר את אמינות הציוד המושפעת, בין השאר, מטיב ההלחמות.

רוב הציוד, הנרכש ע"י חובבי הרדיו, כבר מורכב. אם יש צורך בהלחמות הרי זה להרכבת ציוד נוסף, בצוע שכוללים בציוד קיים ותיקון תקלות באותו ציוד. חלק מאתנו כבר עסק בתיקון לקויים שמקורם בהלחמות לקויות של ציוד קנוי, דבר המעיד שהתהליך אינו מובן מאליו.

בתהליך ההלחמה משתמשים ב"לחם" (המכונה על ידינו בשם "בדיל" ובשפות אחרות בשם SOLDER), ב-"FLUX" (המכונה על ידינו בשם "משחת הלחמה") ובמקור המספק חום שהינו, בדרך כלל, מלחם. בסעיפים הבאים יהיו הסברים לתהליך והמשתתפים בו.

חבורים בין - מתכתיים

הלחמה היא חיבור, בין חלקי מתכת, בעזרת מתכת אחרת הנקראת בשם "לחם". בין שתי המתכות נוצרת שכבת גבול המהווה את החבור ביניהן. שכבת הגבול היא תערובת שנוצרה מהמסת שתי המתכות, דבר המושג בעזרת חום והבטחת ניקיון מוחלט של פני השטחים שרוצים להלחים.

מובן שרצוי לאפשר את תהליך ההלחמה, בטמפרטורה נמוכה שלא תיפגע ברכיבים האלקטרוניים ולא תאיץ תהליכי חמצון ושתוך (קורוזיה). אולם אסור שהיא תהיה נמוכה עד כדי התפרקות ההרכבות בטמפרטורת החדר. טמפרטורה גבוהה, מאידך, מאיצה את תהליך החמצון המונע את יצירת שכבת הביניים.

בסעיפים הבאים יתוארו תכונות הלחם והרכבו וכמו כן ה- FLUX שמטרתו למנוע את השפעת החמצון.

לחם

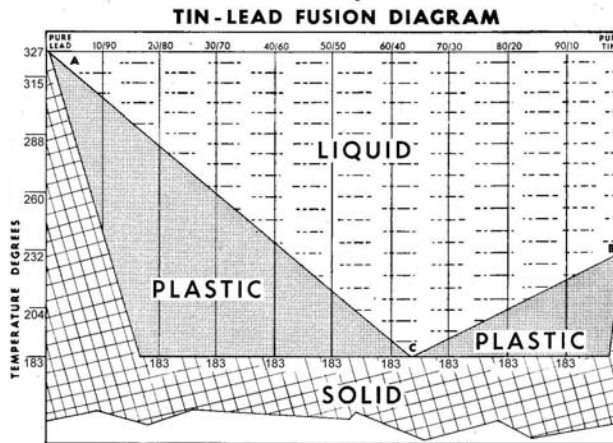
אנחנו מעוניינים בלחם שיהיה נוזלי בטמפרטורה המושגת בעזרת מלחם בעל הספק נמוך יחסית. מלחם של כ-30 ווט עשוי להגיע לכ-250 מעלות. הבעיה שקשה למצוא מתכת שתהיה נוזלית בטמפרטורה זו. כאן באה לעזרתנו תכונה של מתכות, הידועה למטלורגים כבר הרבה זמן.

מסתבר שע"י ערבוב מתכות שונות ניתן להשיג תערובת שטמפרטורת ההתכה שלה תהיה נמוכה בהרבה מטמפרטורת ההתכה של כל מתכת בנפרד. זה נראה לכאורה משונה אבל אנחנו רגילים לחיות עם תופעה זו מדי יום.

מלח שולחני רגיל (NaCl) מותך בטמפרטורה של כ-800 מעלות. ספק אם מי מאתנו התיך מלח כדי להוסיפו, למרק, בצורה נוזלית. מספיק להוסיף מים ותהליך ההמסה מתקיים בטמפרטורת החדר. אם נוסיף חום נוכל לזרז את התהליך ונוכל לגרום גם להמסת חומרים שטמפרטורת הסביבה אינה מספקת להמסתם.

עופרת נקייה מותכת ב-327 מעלות. בדיל נקי מותך ב-232 מעלות. אם נערבם ביחס נכון נקבל לחם נוזלי בטמפרטורה של 183 מעלות בלבד. טמפרטורה של 183 מעלות היא נמוכה במידה הניתנת להשגה בעזרת מלחם פשוט ומבלי לשרוף ולחמצן את המעגל והרכיבים שעליו.

כיצד לקבוע את היחס הנכון? לשם זה יש להיעזר בתרשים המתואר להלן.



התרשים מתאר את מצב הלחם ביחסים שונים של בדיל/עופרת ובטמפרטורות שונות. בציר ה-X ישנן שתי שנתות. העליונה מתארת את אחוזי הבדיל (Sn) בתערובת והתחתונה את אחוזי העופרת (Pb). סכום האחוזים, בכל נקודה על גבי הציר, יהיה 100%. ציר ה-Y מתאר את הטמפרטורה במעלות צלזיוס.

במאה אחוז בדיל נראה שהמעבר ממוצק (SOLID) לנוזל (LIQUID) נעשה ב-232 מעלות. במאה אחוז עופרת המעבר יהיה ב-327 מעלות. כאשר נבדוק את הנקודה של 50/50 נראה שנקודת המעבר אינה חדה. מעבר מנוזל למוצק, ולהפך, עובר דרך תחום פלסטי. בטמפרטורה של 183 מעלות נעבור ממוצק לפלסטי וב-212 מעלות הלחם יהפוך לנוזלי. נוכל לראות שבכל יחס נקבל טמפרטורת מעבר שונה מפלסטי לנוזלי.

נקודת העבודה הרצויה היא זו שהמעבר, בין מוצק לנוזל, נעשה בצורה חדה. מהתרשים רואים שנקודה זו היא תערובת של 63% בדיל ו-37% עופרת. תערובת זו, בעלת תכונות מעבר חד ממוצק לנוזל ולהיפך, נקראת בשם "תערובת אוטקטית" (EUTECTIC). נהוג לסמן לחם זה כ-63/37, או, מה שמקובל יותר, כ-60/40. בהמשך נראה שיש תערובות אוטקטיות גם במתכות אחרות.

לשאיפה, להשתמש בתערובות אוטקטיות, יש שתי סבות עיקריות. ראשית, זאת הטמפרטורה הנמוכה ביותר בה הלחם יהפוך לנוזלי. שנית, במשך המעבר דרך התחום הפלסטי יהיה צורך להחזיק את החלקים המולחמים, בצורה יציבה. רעידות ותזוזות הן מרשם בטוח ל-"הלחמה קרה".

מהתרשים נראה כי המעבר, ממוצק לפלסטי, נעשה בטמפרטורה של 183 מעלות. זה נכון ברוב התערובות למעט בשוליים, שם קרובים למתכות הנקיות. הסיבה לכך שתהליך ההמסה דורש שאחוז החומר השני יהיה מעל כ-10%.

ישנם סוגי לחמים נוספים בעלי תערובות אוטקטיות, כל אחד מהם מצטיין בטמפרטורה אוטקטית שונה. משתמשים בהם, בעקר, כאשר יש צורך להלחים הרכבות שכבר הולחנו מקודם והן עלולות להתפרק בזמן ההלחמה הנוספת. את ההרכבה הראשונה עושים בעזרת לחם בטמפרטורה גבוהה

ויורדים בטמפרטורות, של הלחמים, ככל שעולים בשלבי ההרכבות. בטבלה הבאה מפורטים סוגי לחמים אוטקטיים הנמצאים בשימוש:-

טמפרטורת היתוך	% בדיל	% עופרת	% כסף
183	63.00	37.00	
179	62.50	36.10	1.40
221	96.00		4.00
305		97.50	2.50
310	0.75	97.50	1.75

אפשר, כמובן, להרחיב את הטבלה גם למתכות נוספות.

גם לחמים לא אוטקטיים יש שימוש. שרברבים הרוצים לשנות זוויות, בין צינורות המולחמים ביניהם, יעשו זאת כאשר מביאים את הלחם לתחום הפלסטי שלו. חברות הטלפונים נהגו להשתמש בכבלים בעלי מעטה עופרת והחבור בין כבלים דורש גם את חיבור המעטה. מניחי הכבלים משתמשים בלחם בעל תחום פלסטי רחב ומעצבים צורה נאה, לחבורים, תוך חמום רצוף ולחיצה על הלחם הפלסטי לצורך העצוב.

FLUX

כדי שתיווצר שכבת הביניים, עלינו להסיר את התחמוצות הנוצרות על פני המתכת. אפשר לבצע זאת ע"י ניקוי מכני (בעזרת צמר-פלדה, נייר לטש ועזרים דומים המשמשים לניקוי כלים במטבח) או בעזרת חומרים כימיים. הבעיה מתחילה כאשר התחמוצות נוצרות בין מועד הניקוי וההלחמה עצמה. בנחושת וכסף הבעיה לא גדולה אבל באלומיניום היא ממש אינה ניתנת לפתרון. אחד הפתרונות הוא לספק חמר ניקוי, כימי, כחלק מתהליך ההלחמה. חומר זה נקרא FLUX ובשפה המקובלת מכונה כ-"משחת הלחמה". ה-FLUX, המופיע כליבה בתוך חוט הלחם, מתחמם בתהליך ההלחמה וממיס את שכבת התחמוצות. לפעמים הוא נשרף ולפעמים נשאר במקום ההלחמה.

כל FLUX מתאים לטפול בתחמוצות מסוימות, FLUX לטפול בתחמוצות נחושת עשוי להתאים גם לכסף אבל לא תמיד לברזל. לפעמים שכבת התחמוצות עבה ואין אפשרות לבצע ניקוי מכני, במקרים אלה נדרש FLUX פעיל במיוחד. ישנם סוגי צפויים מתכתיים שמטרתם לשמור על מראהו החיצוני של הרכיב, הם אינם מתחמצנים בקלות אבל גם אינם משתדכים עם הלחם. עבורם נדרש ניקוי מכני ו/או FLUX פעיל במיוחד, כל מי שהלחים מחברים קואקסיאליים מודע לכך.

המסקנה שלכל הלחמה נדרש FLUX מתאים ובדרגת פעילות שונה. נתחיל דווקא בנושא הפעילות. ניתן לחלק, את סוגי ה-FLUX לשתי משפחות עיקריות, חומצות ושרפים. החומצות פעילות מאד ומסוגלות לסלק תחמוצות בעילות רבה. הצרה שהן משאירות, על פני השטח, שאריות מוליכות ששמל ומאכלות את המתכת, קצרים חשמליים ותחמוצות נחושת ירוקה מובטחים. בתהליך תעשייתי ניתן לשלוט בזה ע"י תהליכי ניקוי מבוקרים, בשימוש הביתי יש להתרחק מהם עד כמה שאפשר. השרפים השונים פחות פעילים אבל אינם גורמים להרס כמו של החומצות. גם כאן ישנן דרגות פעילות שונות שנהוג לסמן כדלקמן:

Resin	(R)	שרף
Resin mildly activated	(RMA)	שרף מתון
Resin activated	(RA)	שרף פעיל

מומלץ להשתמש בשרף המתון, אפילו אם הוא משאיר שאריות הן אינן מזיקות. שרף פעיל נותן, לפעמים, תוצאות טובות יותר אבל יש לנקות את שאריותיו, לאחר ההלחמה בעזרת אלכוהול או חמרים אחרים המוגדרים למטרה זו.

לפעמים ה-FLUX שבליבה אינו מספיק פעיל ואז נעזרים ב"משחת הלחמה" הנמכרת בקופסאות. משחת אלה הן פעילות מאד ואסור להשתמש בהן למעגלים מודפסים ולהלחמות עדינות אחרות. גדולתן הייתה בימים בהם היה צורך להלחמת חלקי מתכת כבדים בציוד שפופרתי. ההלחמה נראית יפה מיד לאחר הבצוע אבל הנזק מובטח שיופיע מאוחר יותר.

לא תמיד ניתן לאתר, את תכונות ה-FLUX, מהמסומן על אריזת הלחם. ישנם יצרנים המשתמשים בסימון של RA, RMA, R. סימון זה מקובל כהגדרה מחייבת במפדטי צבא ארה"ב ויצרני הלחם, שלא תמיד מוכנים להתחייב לעמידה במפדטים, משתמשים בסימונים שלהם המתוארים בקטלוגיהם. ישנם יצרנים המסתפקים בציין CORROSIVE NON (בלתי-מאכל) בלבד, סימון שאינו אומר דבר.

מלחמים

בתעשייה נהוג תהליך של הלחמת-גל, בבית משתמשים במלחם. מלחם הינו כלי עבודה חשוב וראוי להקדיש לו מאמר נפרד, כאן אזכיר רק מספר פרטים חשובים. מלחם צריך לספק חום במידה הנדרשת להביא את נקודת ההלחמה לטמפרטורה של כ-250 מעלות.

טמפרטורת המלחם מושגת או בעזרת איזון בין החום המושקע בו והפיזור לאוויר, או בעזרת תרמוסטט. שימוש בתרמוסטט עדיף אלא שהוא יקר יותר. בזמן הנגיעה, במקום ההלחמה, המלחם מתקרר ונדרשת אנרגיה שתבטיח את הטמפרטורה הדרושה. להלחמת מעגלים-מודפסים מספיק מלחם של 15 עד 30 ווט, להלחמת חלקי מתכת כבדים יותר נדרשים מלחמים של 70 עד 150 ווט. אין להגזים בהספק מאחר ועלולים להגיע לטמפרטורות גבוהות מדי ולשריפת מעגלים ורכיבים.

שיטות הלחמה

הרכיבים, בהם משתמשים היום, הם עדינים ורגישים לחום. הלחמה לא זהירה עלולה לפגוע בהם. טכניקה שונה תידרש להלחמת רכיבים כבדים. הנחיות "עשה" ו-"אל תעשה" מפורטות בספרות העזר למשתמשי ומתחזקי ציוד אלקטרוני, כדאי לעיין בספרות זו.

סיכום

הלחם המומלץ הינו 60/40 המכיל ליבה של שרף בעל פעילות מתונה. לשימושים לא שגרתיים ניתן להשתמש בערובות אחרות ובסוגי FLUX שונים, זאת רק לאחר שאתם מודעים היטב לתכונותיהם.

* * * * *