

**אלי אהרוני מהנדס אלפיקציה ויישומים –
אלינה טכנולוגיות בע"מ.
בקרת תפר ריתוך בזמן אמת**

לצורך יעילות מהירות ודיוק בייצור הצינורות נדרשה מערכת לבקרת מרחק מכלולי הריתוך. יושמה מערכת בקרה אוטומטית הכוללת **סורק לייזר מדגם 0178** בעל עיצוב קומפקטי ומהירות תגובה גבוהה לבקרת מיקום, סורק הלייזר יוצר פרופיל מיקום דו ממדי של מכלולי הריתוך, מידע זה מועבר באמצעות FireWire למחשב הבקרה של המכונה השולטת על מיקום הרצועות מתכת בעת הריתוך. בשל כך מתאפשר לזהות מיקום לא סביר של הרצועות המרותכות בצירים X - Z והמכונה מבצעת תיקון מיקום בזמן אמת של הריתוך. תהליך הריתוך מבוצע במהירות סיבוב צינור של $1.5\text{m}/\text{min}$, הסורק מותקן במרחק עבודה מתפר הריתוך כדי שטמפרטורת העבודה שלו לא תעלה על 40°C ובכך אין צורך במערכת קירור עבור הסורק לייזר. כמו כן חיבור המערכת הכולל תוכנה חיווט והפעלה ראשונית בוצע ע"י צוות חברת אלינה טכנולוגיות בע"מ ישראל –.

מערכת לבדיקת פסי רכבת

פסי הרכבת העשויים פלדה עלותם גבוהה מאוד ועוברים עומסים גבוהים מאוד. שחיקת הפסים יוצרים התעייפות, סדקים ופגמים אחרים, זאת עלול להביא לעצירת תנועת הרכבות לשם בדיקה ואף לכשל וירידת הרכבת מהפסים במיקרה הגרוע מכול. חסרונות בשיטה היוזואלית הקיימת קיום (איטית, הפסקת תנועת רכבות, לא מדוייקת) הם שהביאו לפיתוח ויישום בסורק לייזר לבדיקת פסי רכבת.

scanCONTROL 2710 של חברת **מיקרו אפסילון** הותקנה בחברת הרכבות באירופה על קרון הנוסע. המידע המועבר של פרופיל הפסים מועבר למחשב בקרון ומוצג על מסך, המידע מושווה למידע קיים. במידה והפרופיל אינו תואם לפרופיל הייחוס מופעלת התרעה. המידע יכול להיות מועבר באמצעות אינטרנט לחדר בקרה סטטי. מאחר ומערכת זו הותקנה במשטח התחתון של קרון הרכבת אליה היינה חשופה למפגעים רבים וכן וסביבת עבודה קיצונית, קיים קיבוע עטיפת חימום נגד רעידות וטמפרטורות נמוכות במיוחד. מערכת זו מיועדת למדידת פסי פלדה בעלי השתקפות מתכתית ו/או חלודה. מהירות נסיעה של כ 011 קמ"ש מצריך קצב מדידה מהיר תוך שמירה על דיוק מדידת הפרופיל.

הריתוך בראי מערכת המשפט בישראל

אינג' עדי א. עציץ, עו"ד

לאחרונה, ב- 31.8.11 התפרסמה ידיעה בעיתונות הישראלית ולפיה כתוצאה מאירוע פיצוץ באחת החביות במפעל לייצור משקאות אלכוהוליים בטירת הכרמל נהרג תושב הקריות. לפי החשד, כך נתבשרנו, עבודות ריתוך הן אלה שגרמו לפיצוץ הקטלני. נשאלת השאלה האם הרתך שביצע את עבודות הריתוך הוסמך לביצוע עבודתו? אם כן, על ידי מי? האם אותו גוף בחינה שהסמיך אותו מורשה לביצוע הסמכה זו? האם עבודות הריתוך לוו בפיקוח צמוד של מפקח ריתוך מוסמך? אם לא, הכיצד? האם הדעת סובלת ביצוע עבודות מעין אלה כאשר גלומות בהן סוגיות בטיחות כה רבות? האם החברה הישראלית מוכנה להמשיך בחייה השגרתיים תוך חתימת שפתיה נוכח אירועים מעין אלה?

היסטוריית חיבור המתכות בכלל וזו הנוגעת לעבודות ריתוך בפרט החלה עוד בימי שפוט השופטים. בהמשך, ניתן היה למצוא בתקופת הברונזה והברזל דוגמאות ראשונות לריתוך באירופה ובמזרח התיכון ולאחר מכן, עוד בימי הביניים, נעשה לראשונה שימוש בריתוך בצורת חישול. בין השנים 1881-1882 יצר לראשונה הממציא הרוסי נקולאי בנרדוס את שיטת הריתוך באמצעות קשת חשמלית לאחר שזו התגלתה שמונים שנה בלבד קודם לכן.

במרוצת השנים וככל ששיטות הריתוך הלכו והתפתחו נעשה שימוש נרחב יותר בטכנולוגית חיבור זו בתעשייה, בתעופה, בבניה, ברפואה, בחקלאות, באומנות ובתחומי פעילות נרחבים נוספים. באותה נשימה ניתן לקבוע שככל שטכנולוגית הריתוך הלכה והתפתחה עם השנים וככל שזו הוכחה כחיונית במיוחד להתפתחות האנושות ולקידומה, ובפרט לאור התערורות הצורך בניהול הבטיחות ובתוך כך בהבטחת בטיחות המשתמש והסביבה, כך חתרו בעולם המערבי ובמדינות נוספות המכבדות את עצמן להכשרת הרתכים, להנחת תשתית ראויה להסמכתם ולפיקוח שוטף על עבודתם, וזאת באמצעות מפקחי ריתוך מוסמכים.

ומה באשר למתכונת המופעלת בישראל?

בהרצאתי זו אדון במכלול כולו ובין השאר אתעכב על השאלות: האם ניתן לקבוע, שבישראל, בדומה לקיים בארה"ב ובאירופה, רק רתכים שהוסמכו לתהליך ריתוך מוגדר מורשים לבצע את עבודות הריתוך? האם אותם רתכים נתונים לפיקוח על בצורה שוטפת על ידי מפקחי ריתוך מוסמכים? האם מנהל מעקב שוטף אחר רציפות עבודת הרתכים מחד ואחר איכות עבודתם מאידך? מה אומר החוק הישראלי בעניין זה? האם קיימת חקיקה אקטיבית או שמא החוק הישראלי ומערכת המשפט כולה שותקים בסוגיות כה חשובות אלה? האם הפסיקה הישראלית "דוחפת" לקראת הסדרת החקיקה בעניין זה? מהי עמדת הרשויות המוסמכות?

באם התשובה לשאלות הנ"ל שלילית עולה שאלה נוספת ומרכזית- האם ניתן, בחסות מערכת החוק והמשפט הישראלי, לקדם בחקיקה את עבודת הריתוך המבוצעת על ידי הרתך המקומי ולהופכה למקצוע, כך, שרק רתכים, שהוסמכו בהליך מוגדר על פי התקן הרלוונטי, יהיו רשאים לבצע את עבודת הריתוך? האם ניתן לבצע את המהלך החיוני המתבקש בחסות חוק יסוד חופש העיסוק או שמא מדובר במסלול התנגשות אבוד מראש כפי שיש בינינו המנבאים לנו זאת?

חוק יסוד: חופש העיסוק (סעיפים מרכזיים)

עקרונות יסוד (ס' 1 לחוק)- זכויות היסוד של האדם בישראל מושתתות על ההכרה בערך האדם, בקדושת חייו ובהיותו בן חורין, והן יכובדו ברוח העקרונות שבהכרזה על הקמת מדינת ישראל.

מטרה (ס' 2 לחוק)- חוק יסוד זה מטרתו להגן על חופש העיסוק כדי לעגן בחוק יסוד את ערכיה של מדינת ישראל כמדינה יהודית ודמוקרטית.

חופש העיסוק (ס' 3 לחוק)- כל אזרח או תושב של המדינה זכאי לעסוק בכל עיסוק, מקצוע או משלח יד.

פגיעה בחופש העיסוק (ס' 4 לחוק)- אין פוגעים בחופש העיסוק אלא בחוק ההולם את ערכיה של מדינת ישראל, שנועד לתכלית ראויה, ובמידה שאינה עולה על הנדרש, או לפי חוק כאמור מכוח הסמכה מפורשת בו.

תחולה (ס' 5 לחוק)- כל רשות מרשויות השלטון חייבת לכבד את חופש העיסוק של כל אזרח או תושב.

תוקפו של חוק חורג (ס' 8 לחוק)- (א) הוראת חוק הפוגעת בחופש העיסוק תהיה תקפה אף כשאינה בהתאם לס' 4, אם נכללה בחוק שנתקבל ברוב של חברי הכנסת ונאמר בו במפורש, שהוא תקף על אף האמור בחוק יסוד זה; תוקפו של חוק כאמור יפקע בתום ארבע שנים מיום תחולתו, זולת אם נקבע בו מועד מוקדם יותר. (ב) הוראה בדבר פקיעת תוקף, כאמור בס"ק (א), לא תחול על חוק שהתקבל לפני תום שנה ממועד תחילתו של חוק יסוד זה.

הכותב הוא מנהל המעבדות למכניקה והידרוליקה במכון התקנים הישראלי, בעל תואר ראשון ושני בהנדסת מכונות ובעל תואר ראשון במשפטים בהצטיינות יתירה. חבר בוועדה הלאומית לריתוך בלשכת המהנדסים, חבר בוועדת ההסמכה של מפקחי הריתוך וחבר בוועדה למדע וטכנולוגיה בלשכת עורכי הדין. מבין הסמכותיו המגוונות הינו מפקח ריתוך מוסמך, בודק מוסמך של דודי קיטור קולטי קיטור ומיכלי לחץ וכן מפענח רדיוגרפיה (רמה II ASNT).

כרוניקה של כשל ידוע מראש.

אלימלך פייגין אמן ויועץ ריתוך עצמאי

פיקוח על עבודות גמורות, הוא עדיין מחזה נפוץ במחוזותינו.
מפגש אקראי בין עין רואה למבצעי עבודת ריתוך צנרת פלב"ם, מביא עמו זיכור
של נקודות הראיה השונות בהתייחסות אל החומר, הרוח ומה שביניהם.
ספרות השוואתית במיטבה.

Acoustic Emission monitoring of welding process

Dr. Boris Muravin

Chairman of Israeli Acoustic Emission Group in
Association of Engineers and Architects in Israel

In this work, acoustic emission technology for detection and characterization of flaw initiation and development provoked by thermal and residual stresses during or right after welding process is presented. Practical application of the technology for monitoring of different types of welding processes and technological/economical advantages are discussed. Two ASTM standards dedicated to AE monitoring of welding processes are described:

- ASTM E749 Standard Practice for Acoustic Emission Monitoring During Continuous Welding.
- ASTM E751 Standard Practice for Acoustic Emission Monitoring During Resistance Spot-Welding.

ANALYSIS OF MECHANICAL JOINT FAILURES IN THE ELECTRONIC INDUSTRY

Joining processes in ELTA are extremely diversified, ranging from thermo-compression in our microelectronics facility, vanadium welding in our travelling wave tube department, aluminum torch brazing of high frequency aluminum waveguides to mig welding of our colossal 30 ton steel antenna structures.

Failures in our radar systems during production, integration and service are due to bad workmanship, inherent defects in procured components and poor design. Although the overall average is approximately 33% for each type, poor design is dominant at the commencement of multiple unit production, while poor workmanship is dominant towards the end of production. ESS testing that includes vibration and temperature cycling while the unit is activated electrically for the whole duration or partial duration of testing is the most popular way in ELTA of bringing out inherent failures. These tests succeed in bringing out the vast majority of failures before they reach the customer.

In order to manufacture a high reliability system it is detrimental to analyze the failures thoroughly and find the exact cause of the failure and implement corrective action. Improper analysis may cause an overkill, underkill and in most cases, a complete miss of the reason of failure, inadequate corrective action and hence a repeat defect sometime in the future.

Failure Analysis group in ELTA has accumulated years of experience in failure analysis utilizing advance instruments and techniques such as electron microscopes and real time radiography. Although the in-house capabilities of analyzing failures is limited, the utilization of outside laboratories and universities has served to supplement and enhance the expertise prowess.

The failure analysis process in ELTA shall be presented together with examples of problems and solutions.

Yosef Zaklas, M. Eng.

Senior Materials Engineer and Failure Analyst

ELTA SYSTEMS INC.

zaklas@elta.co.il

רתכים וארכיאו-מטלורגיה: ריתוך בחישול של פלדות בימי קדם

ד"ר עוז גולן, המחלקה להנדסה מכאנית, אפקה-המכללה האקדמית להנדסה בתל-אביב

ריתוך בחישול (Forge Welding) הינו תהליך ריתוך המתבצע במצב מוצק, ללא התכה, ותוצאתו הינה חיבור חלקים באמצעות ערבוב ודיפוזיה. הצלחת התהליך תלויה בפרמטרי החישול, דהיינו- מאמץ, טמפרטורה וזמן. מסתבר שתהליך הריתוך בחישול הינו אחד משיטות החיבור העתיקות ביותר וקשור לדרך הפקת הברזל ועיבודו בימי קדם.

מאז תקופת הברזל, שהחלה בסוף האלף השני לפנה"ס, ועד לימינו משמש הברזל כחומר המבנה העיקרי לתעשיות כלי הנשק, אולם טכנולוגיות רבות ששימשו בימי קדם אבדו מהעולם. תהליכי הייצור של כלי הברזל, החל משלב ההפקה ועד למוצר המוגמר, היו סוד כמוס ועברו בירושה מאב לבנו עד המאה ה-16, עת פרסומם של ספרי המטלורגיה הראשונים. לפיכך, נעזרים הארכיאולוגיים בחקר חומרים ("ארכיאו-מטלורגיה") בכדי לפצח את הסודות ההנדסיים של "חרשי הברזל" (blacksmiths) בעת העתיקה.

מסתבר שמרבית כלי הברזל הקדומים יוצרו בטכנולוגיות של חומרים מרוכבים, אשר הגיעו לשיא תחכומן בשלהי ימי-הביניים. המבנים המרוכבים קשורים לעובדה שעד תחילת העת החדשה לא הייתה אפשרות להתיך ברזל באירופה. המשמעות של עובדה זו הינה חשובה ביותר- לא ניתן היה להכניס יסודות לתוך הברזל, דהיינו, אי אפשר היה להכין סגסוגת כמו זו הקיימת בימינו. בגלל שהתכה של ברזל הייתה בלתי-אפשרית הרי כל החיבורים וההרכבות נעשו בטכניקות של ריתוך בחישול. חומרי הגלם הופקו מהעופרה במצב מוצק וקיבלו צורה של ברזל-ספוגי הנקרא בלום (Bloomery Iron). בגמר הפקת הבלום, הספוג נחבט לצורך שבירת התחמוצות הפריכות, ופירורי הברזל שנותרו נלקחו לתהליך תרמו-מכני של ריתוך בחישול. בתהליך האחרון התאחו כדורי הבלום למטיל ברזל שנקרא Wrought Iron. תהליך הבלומרי התאים בעיקר לכלי ברזל פשוטים שאינם דורשים חוזק גבוה, אך ניתנים לחיזוק על-ידי עיבוד בקור.

אולם, חרשי הברזל, אותם מהנדסים קדומים, הגיעו למסקנה שעל-מנת לנצח במלחמה קיים הכרח שכלי הנשק ופלדות-השריון יהיו חזקים דיים ומצד שני לא ייכשלו במנגנון של התקדמות סדקים. לפיכך, במשך השנים פותחו טכנולוגיות שונות המבוססות על תהליכי פחמון מתוחכמים, משולבים בריתוכים וטיפולים תרמיים ליצירת תכונות אלה. מובן שלכל יישום היו קיימות דרישות טכנוניות שונות ולפיכך נדרשו המהנדסים להפעיל יצירתיות רבה בכדי להגיע לביצועים הטובים ביותר. עיקר החשיבה ההנדסית הופנתה לתכונות המכאניות של כל אלמנט בחומר המרוכב ולטיב הריתוך בין האלמנטים, בדיוק כמו שפועל המהנדס כיום. כאמור, אין ספרות על תהליכי-ייצור מימי הביניים ואת כל הטכנולוגיות הללו אנו 'חולבים' מהמצא הארכיאולוגי באמצעות ציוד מחקר-הנדסי מתקדם בתחום מדע החומרים.

במהלך ההרצאה נציג את טכנולוגיות הייצור הקדומות הללו, אשר שימשו את חרשי הברזל, תוך סקירת ממצאים ומחקרים שביצענו במהלך השנה האחרונה בכלי נשק וכלי ברזל עתיקים מהתקופה הצלבנית.

פגמים בריתוך ודרכים למניעתם

מאת : מהנדסת לירז עטיה

זיקה תעשיות בע"מ

בתהליך הרייתוך עלולים להיווצר מספר סוגי פגמים אשר יכולים לפגוע באיכות הרייתוך, במאמר זה נלמד על סוגי הפגמים נפוצים ועל דרכים למניעתם.

רוב הפגמים נוצרים כתוצאה מחריגה בפרוצדורת הרייתוך המומלצת . כתוצאה מהבנת הגורמים המביאים להופעת הפגם, הרתך יכול לתקן את הרייתוך ולמנוע הופעה חוזרת של הפגם.

סוגי פגמים

חדירה לא מלאה (incomplete penetration)

סוג פגם זה נמצא בשלושה אופנים שונים:

1. התפר אינו חודר את מלוא העובי של מתכת העובד.
2. שני תפרים נגדיים אינם חודרים את מלוא העובי של מתכת העובד .
3. בריתוך מילאת התפר אינו חודר ומגיע עד לעקב אלא מחבר אך ורק את הצדדים.

הופעת פגם זה מתקשרת בדר"כ לזרם הרייתוך. חדירה לא מלאה לרוב נגרמת כתוצאה מזרם ריתוך נמוך יחסית ויכולה להיות מתוקנת בקלות ע"י העלאת זרם הרייתוך. גורמים נוספים אשר יכולים לגרום להופעת פגם מסוג זה הינם קצב התקדמות ריתוך איטי מידי וזווית ריתוך לא מתאימה – אשר גורמים לאמבט הרתך להתמקם לפני הקשת וע"י כך למנוע את החדירה. הקשת צריכה תמיד להתמקם בקצה האמבט עם כיוון הרייתוך.

חוסר התכה (lack of fusion)

חוסר התכה הוא פגם אשר לא מתקבל חיבור בין חומר הרתך לבין העובד. הגורם השכיח לחוסר התכה הוא טכניקות ריתוך לקויות. כגון :

1. קצב ריתוך איטי מידי - יוצר אמבט ריתוך יחסית גדול אשר מפריע לחדירת הקשת .
2. תכנון מחבר רחב מידי – במידה והקשת מופנית כלפי מטה למרכז המחבר, מתכת הרתך תזרום ותתגבש בדפנות המחבר ללא התכה של הדפנות עצמן.
- על מנת להשתמש בחום הקשת כדי להתיך את דפנות המחבר יש לתכנן מחבר צר יותר ולא לכוון את הקשת אל דפנות המחבר של העובד.
- יש להעדיף לרתך מספר תפרים בכל שכבה ולא תפר אחד רחב בכל שכבה.
3. מתח נמוך מדי – יכול לגרום להרטבה נמוכה מדי של התפר וכתוצאה מכך לחוסר התכה.
4. בריתוך אלומיניום - שכבת התחמוצת המתהווה באופן טבעי יכולה אף היא למנוע התכה של מתכת העובד ולכן חשוב להוריד את שכבת התחמוצת (ע"י השחזה למשל) לפני הרייתוך.

קעקוע (undercutting)

את פגם הקעקוע ניתן לתאר כחריץ במתכת העובד במקביל לדפנות התפר .
סוג זה של פגם נגרם כתוצאה מחוסר הקפדה על משתני הריתוך, בפרט, קצב הריתוך וחום הקשת החשמלית ומשפיעים באופן הבא:

1. כאשר קצב הריתוך מהיר מדי , התפר קמור מידי כתוצאה מההתמצקות מהירה . המאמצים על פני השטח מושכים את מתכת העובד המותכת בקצוות התפר אל מרכז התפר ובכך גורמים לחוסר של חומר בקצוות התפר המופיע בצורת חריץ לאורך שולי התפר.
ניתן לתקן מצב זה ע"י הורדת קצב הריתוך.
2. כאשר קיימים מקטעים קצרים של פגמי קעקוע לאורך התפרים יש להעלות המתח או הזרם או לשנות את מנח האלקטרודה או החוט באופן שיוריד את הקמירות של התפר ויעלה את זווית ההרטבה שלו.
יש לשים לב כי העלאת מתח או זרם יתר על מידה יכולה אף היא להוביל לפגם קעקוע כתוצאה מכך שהחום וחדירות הקשת גבוהים כל כך עד כי מתכת העובד המותכת נדחקת לצדדים .

נקבוביות (porosity)

נקבוביות הינן בועות גז הכלואות במתכת הרתך המוצקה. הנקבוביות יכולות להופיע במגוון צורות וגדלים והינן מפוזרות בד"כ באופן רנדומאלי , או במקבץ.

הסיבות השכיחות להופעת נקבוביות הינן :

1. קצב הזרמת גז לא מספקת.
2. קצב הזרמת גז גבוה מידי.
3. פיית גז לא נקייה או סתומה.
4. משבי רוח באזור הריתוך (נכון לריתוך עם גז מגן).
5. ייבוש לא מספק באלקטרודות לריתוך.
6. פג תוקף של חוט ממולא.
7. עודף סיכוך של החוט ריתוך.

בנוסף לסיבות המופיעות לעיל, פרמטרים שונים באופיין הריתוך גם משפיעים על הופעת הנקבוביות :
כאשר קצב ההתמצקות של חומר הרתך מהיר מדי אין אפשרות לגזים הלכודים באמבט הרתך לפעפע אל האטמוספירה, תופעה זו גורמת ללכידתם בחומר הרתך ולהופעת נקבוביות . הורדת קצב התקדמות הריתוך והעלאת זרם הריתוך יורידו את ההסתברות להופעת הנקבוביות.

כמו כן, קשת לא יציבה ושינויים בקצב אספקת החוט בעת הריתוך יכולים לגרום למערבולות באמבט הרתך אשר יכולים להפריע לכיסוי גז המגן של מתכת הרתך ומכאן להוביל להגנה לא מספקת מגזי האטמוספירה אשר יכולה לגרום , בסופו של דבר , לנקבוביות.

סדקים (weld cracking)

סדקים בריתוך או באזור המושפע מריתוך נוצרים בסמיכות למועד הריתוך. ניתן לחלק את הסדקים לשתי קבוצות ביחס למועד הופעתם :

סדקים חמים (hot cracks) – נוצרים בטמפרטורות גבוהות והופעתם קשורה להתמצקות חומר הרתך.

סדקים קרים (cold cracks) – נוצרים לאחר שמתכת הרתך התקררה והגיעה לטמפרטורת החדר והופעתם קשורה לתופעת הפריכות המימנית.

הסדק הוא תוצאה של אחת מהתופעות הבאות :

סגרגציה – בעת ההתמצקות מזהמים מסוג זרחן, נחושת ואבץ נודדים אל מרכז התפר ומתמצקים שם כחלק מאזור ההתמצקות האחרון, כתוצאה מעודף המזהמים באזור זה נוצרים סדקים לאורך מרכז התפר.

על מנת להוריד את רמת המזהמים שקרוב לודאי מגיעים ממתכת העובד יש להוריד את רמת החדירות ע"י הורדת האמפרז' אוו לפני תחילת המילוי של המחבר יש לצפות את דפנות המחבר בשתי שכבות של חומר רתך (buttering) דבר המונע מהמזהמים להתקדם אל מרכז התפר.

צורת התפר – כאשר עומק התפר גבוה מרוחב התפר, כיוון התמצקות התפר היא אנכית לפני שטח של מתכת העובד ולכן אין התחברות במרכז התפר. לכן רצוי לשמור על תפר שרוחבו גדול מעומקו.

פרופיל פני השטח. – קמירות יתר וקעירות יתר של פני התפר מביאים למאמצים בתפר. הורדה או העלאה של המתח, שינוי קצב התקדמות הריתוך יביאו להפחתת המאמצים בתפר ולהורדת היתכנות של סדקים.

סדקים באזור המושפע מריתוך – סדקים באזור זה מתקיימים עם נוכחות שלושה גורמים : רמות גבוהות של מימן החודר אל אמבטיית הרתך, רגישות של חומר העובד ודרגת מאמצים גבוהה באזור המושפע מחום הריתוך כתוצאה מהתפשטות-התכווצות של החומר. רצוי לחמם את האזור לאחר ריתוך על מנת לשמור על קצב התקררות איטי ועידוד הוצאת המימן מאזור הריתוך. תקן AWS D1.1 ממליץ לשהות של 48 שעות לפני בדיקת הריתוך.

מובלעות מוצקים

מובלעות אלו הינן חומרים מוצקים זרים הכלואים במתכת הרתך. ניתן לחלק את המובלעות לשלושה סוגים עיקריים :

1. מובלעת המורכבת מסיגית (שלקה) – מובלעת מסוג זה נובעת מתכנון לא נכון של הפאזה או לקוי בניקוי הסיגית לאחר ריתוך התפר.
2. מובלעת תכשיר (פלקס) – נובעת מהסרה לקויה של התכשיר לאחר פעולת הריתוך.
3. מובלעת תחמוצת – בדר"כ מופיעה בעת ריתוך אלומיניום, ונובעת כתוצאה מהסרה לקויה של שכבת התחמוצת הנוצרת באופן טבעי לפני הריתוך.
4. מובלעת מתכתית- מובלעת הכוללת זיהום כגון טונגסטן או נחושת הקשור להליך הריתוך בדר"כ נגרמת כתוצאה מפרוצדורת ריתוך לקויה.

לסיכום, הקפדה על פרוצדורת ריתוך נכונה ותכנון נכון של המחבר יכולים למנוע את רוב הפגמים השכיחים בריתוך וכתוצאה מכך לחסוך כסף וזמן ומפח נפש.

כמה עולה לרתך? זאת שאלה שכולם שואלים.

כל בעל מסגריה יודע כמה עולה קילוגרם אלקטרודות או חוט. בשיחת טלפון לספק ציוד הריתוך, תקבלו הצעת מחיר למכונה, גם עלות הגז ידוע. גם המשכורת שמשלמים לרתך ידועה.

בהרצאה אתן דוגמה של בעל מפעל שזכה במכרז לבניית 5 מיכלי לחץ. כולם בנויים עם פחים 25 מ"מ עובי, קוטר המיכלים הוא 2000 מ"מ, האורך הוא 10 מטר עם כיפות בשתי הקצוות.



הבעיה היא שאין מכונות ריתוך במפעל, וכמו-כן אין אלקטרודות או חוטים.

4 ספקים ביקרו אצלו על מנת למכור לו ציוד וחומרים.

ספק א' הציעה ריתוך באלקטרודות מצופות.

ספק ב' הציעה ריתוך בחוט רציף.

ספק ג' הציעה ריתוך בחוט ממולא.

ספק ד' הציעה ריתוך בקשת חסויה.

כיצד לקבל החלטות לגבי תהליך עבודה?

בהרצאה נעבור על הגורמים המשפיעים על התהליך לקבלת החלטות.

ריתוך סגסוגות פלב"ם דופלקס

ניצן עמית - כנס ריתוך 2102

(Ferrite) -פלדות דופלקס הן פלדות בעלות מבנה מטלורגי המורכב משתי פאזות, פריט באיור מס 0 'נראה המבנה המכיל בדרך כלל 01% פריט ו-01% אוסטיניט (Austenite). אוסטיניט איור מס 0 '

פלב"ם דופלקס היא משפחה של פלדות דופלקס המכילות בדרך כלל יותר מ-01% כרום ו-0% ניקל.

המבנה הדו-פאזי מתקבל ע"י הוספת מסגסגים כמו חנקן, מנגן, טונגסטן ונחושת וטיפולים טרמיים במהלך היצור. בטבלה מס 0 'מוצגות מספר סגסוגות דופלקס והרכבן הכימי. התכונות העיקריות של פלב"ם דופלקס הן עמידות נגד קורוזיה (עמידות טובה יותר מאשר פלב"ם אוסטיניטי מטיפוס 603 בעיקר בסביבה ימית וחוזק מכני גבוה. הסגסוגות המכונות סופר דופלקס הן סגסוגות חדשות יותר עם מסגסגים נוספים והן בעלות תכונות משופרות. איור מס 2 'מציג השוואה של תכונת העמידות נגד קורוזיה של סגסוגות פלב"ם דופלקס וסגסוגות פלב"ם אוסטיניטי נפוצות.

איור מס 6 'מציג השוואה של מאמץ הכניעה של סגסוגות פלב"ם דופלקס שונות ופלב"ם אוסטיניטי מטיפוס 603.

הישומים הנפוצים של פלב"ם דופלקס הם בתעשיית הגז והנפט (במתקנים בים ובחוף הים), בתעשייה הפטרוכימית, בתעשייה הכימית (בעיקר בתהליכים המכילים כלורידים), התפלת מים, תעשיית הנייר ומבנים בסביבה ימית (גשרים, מזחים וכדומה). תהליכי עיבוד וריתוך פלב"ם דופלקס דומים לאלו של פלב"ם אוסטיניטי מסדרת ה-611 אך ישנם מספר הבדלים חשובים.

אינה " Hot Cracking) כיוון שתכולת הפריט בפלב"ם דופלקס היא גבוהה בעיית ה"סידוק החם קיימת) בניגוד לפלב"ם אוסטיניטי.

(HAZ – הרוב הבעיות והכשלים בריתוך פלב"ם דופלקס קשורים לאזור המושפע מחום הריתוך הם ירידה HAZ- ולא לתפר הריתוך עצמו. הכשלים הנפוצים באזור Heat Affected Zone) בעמידות נגד קורוזיה, עלייה בקושי (וירידה במשיכות) וסידוק קר.

כדי למנוע כשלים אלו יש לתכנן את תהליך הריתוך כך שהזמן הכולל בו נמצא אזור הריתוך בתחום הטמפרטורה המזיק למבנה המטלורגי יהיה מינימלי (להבדיל מריתוך פלב"ם אוסטיניטי בו הפרמטר החשוב הוא כמות החום שמושקע בריתוך במעבר אחד).

בחירה נכונה של פרמטרים נוספים כמו חומר המילוי ותכנון המחבר והקפדה על ניקיון אזור הריתוך יביאו להשגת ריתוכים ללא כשלים וללא פגיעה בתכונות המכניות והאנטי-קורוזיביות.

דגימה בבדיקת ריתוכים

ד"ר יוסי שואף, מנכ"ל גבי שואף בע"מ

בדיקות של מוצרים וריתוכים חשובות ביותר להעלאת האמינות והבטחת פעולה תקינה של המערכות. בדיקות אלו עולות כסף, מחייבות הקצאת זמן תנאים מתאימים לביצוע הבדיקות.

כולנו מודעים להשתלבות של הבדיקות הרדיוגרפיות בעת הקמת מתקן חדש בבתי זיקוק, לילות ארוכים, אלפי רדיוגרמות שנעשות ופעילות לא מבוטלת של קבלת התוצאות, החלטות לגבי הצורך בתיקונים, תיקונים ובדיקות חוזרות. בבניית מיכל אגירה של 60 מטר קוטר יש אלפי מטרים של בדיקות מגנטיות, בדיקות אטימות של הריתוכים, בדיקות של פרופילי הריתוך ועוד אחרות.

כל זאת מהווה מעמסה ניהולית ותקציבית משמעותית על מנהל הפרויקט ומפקחיו ומאריכה את זמן ההשלמה של הפרויקט. קיימת הדילמה של הקטנת הבדיקות (חסכון של עלויות זמן) ומאיך לא לפגוע התפקוד המתקן לאורך הזמן הדרוש (בזבז כסף וסיכון)

במידה והבדיקה אינה בדיקה הרסנית כגון ניסוי העמסה, מתיחה, ביצוע חתכים מטלוגרפיים וכו', הצורך בבחינה מדגמית הופך להיות מהותי ולא רק משיקולי עלות. לא ניתן למתוח את כל המוצרים כדי לדעת שהם עומדים בחוזק מסוים, או למעשה לדעת שהם עמדו בכך ואינם שמישים יותר. לא ניתן לתלוש את כל הצבע ממערכת כדי לבדוק את מידת ההדבקה שלו לפני השטח. יש לקבל החלטות מושכלות לגבי הדרך לבדוק מספר קטן של נקודות וממנו להשליך על כל האוכלוסיה.

תורת הדגימה מתייחסת לפרמטרים הבאים:

- הגדרת האוכלוסייה המיוצגת - כל הריתוכים בני "6? כל אלו שרותכו על ידי שמשון הרתך? כל אלו שרותכו בשעות הנוספות ביום?
- קביעת הדרך לנטילת המדגם - באופן אקראי? הרתך יבחר? הלקוח? רק הקשים ביותר?
- מציאת המדגם הקטן ביותר שמייצג אותה בצורה סבירה כלומר עם סיכון מתקבל שהתוצאה אינה מטעה - 3?, 7? 20%?
- קביעת הסיכון בקבלת החלטה מוטעית - 2%?, 10%?
- מה עושים אם המדגם נכשל - בודקים הכל? זורקים את כל החלקים?

התקנים הרלוונטיים השונים המתייחסים לריתוכים קובעים כל אחד את הפרמטרים האלה מבחינה מעשית כלומר איך להגדיר את האוכלוסייה, איך נלקח המדגם ומה קורה אם הוא נכשל.

אנו נדון בכל השאלות למעלה ונראה אין תשובות מוחלטות לכל הפרמטרים

ההרצאה תתייחס למקרים הבאים:

ההתייחסות של התקן האמריקאי לבדיקות רדיוגרפיות למיכלי לחץ ASME VIII

ההתייחסות של התקן האמריקאי לבדיקות רדיוגרפיות לצנרת תהליכית ASME B31.3

ההתייחסות של התקן האמריקאי לבניית מיכלי אגירה על קרקעיים API 650

ההתייחסות של התקן האמריקאי לדגימה כללית לפי תכונות ANSI / ASQC Z1.4

במסגרת ההרצאה יינתנו גם דוגמאות מעולם הריתוך עם התמקדות בתוכניות דגימה תקינות וכאלה שאינן תקינות וגורמות לעיוות בתוצאות הבדיקה.

Interface Characterization of Al/Mg bonded by Magnetic Pulse Solid State Welding

G. Moshe, Prof. N. Frage and Prof. A. Stern

Magnetic pulse welding (MPW) is a joining process in which lap joint surface of cylindrical metals are welded by impact, using electromagnetic force. MPW is classed in the group of solid-state bonding processes together with explosive welding. The technique has become an accepted welding process because it enables the joining of similar, as well as dissimilar materials, with a very short cycle time, without filler metals and protective gases.

The interface phenomena of explosive welding (EXW) are investigated for many years and models have been developed to describe the processes that occur during such joining. The phenomena include wave formation (zipper - like a mechanical joint), local strain hardening due to the massive deformation, and the formation of intermetallic phases (IMP) as a result of melting and rapid solidification at the interface zone. MPW is similar in operation to EXW and shares the same physical principles.

The aim of this research is the study of magnetic pulse welding process – focusing on the processes that occur at the interface and affect the welding quality. Characterization of the interface morphology, chemical composition, phase composition and mechanical properties was performed. Attempt to answer the question, whether welded performed at low energies, the formation may be a joining without an interfacial boundary layer? The Al(1050)–Mg (AZ31) and Al(1050)–Al(1050) (as a reference) systems was investigated in this work, since the automotive industry has great interest in joining of this type of couple and also because the Al-Mg welds form intermetallic phases (IMP) with a wide composition range in the bonding zone.

The interface and IMPs composition, structure and morphology were studied by optical, scanning and transmission microscopy. Microanalysis using energy and wavelength dispersive spectrometry was used to evaluate the local distribution of alloying elements at the joint interface and its vicinity. The nanohardness of the IMP was measured by Instrumented Nanoindentation technique and performed across the bonding zone. Results of IMPs metallurgical examination are presented and discussed and the formation mechanism of the interfacial layer and the resulting weld microstructures are briefly considered. It was established that the interface zone consists of the supersaturated $Mg_{17}Al_{12}$ phase; elastic modulus and nano-hardness of this phase were determined by the nanoindentation technique. The uniform distribution of iron and zinc at the interface after the MP welding indicates that local melting and solidification occur at the interface. The values of elastic modulus and nanohardness for Mg and Al are similar to the results reported in literature.

Titanium to Steel Joining by Spark Plasma Sintering (SPS) Technique

Aslan Miriyev², Zvi Hooper¹, Eran Tuval², Sergei Kalabukhov¹, Idan Rosenthal¹

Adin Stern¹ and Nachum Frage¹

¹**Ben-Gurion University of the Negev, ISRAEL**

²**IDF, GF, Technology Unit, Materials Department**

Dissimilar titanium/steel couples were successfully joined by the SPS technique at temperatures well below the melting temperature of the metals. This process, which is mainly used for sintering metal alloys and advanced ceramic powders, was applied here as a solid state welding process to join Ti-6Al-4V to Low Alloy Steel (0.3% wt.C) in the 850-950°C temperature range.

The joints

were analyzed by optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM), microhardness measurement and X-ray diffractometry (XRD) and structural integrity of the transition joint was evaluated by the top-hat tensile test technique. The formation of thin (of about 1µm) TiC interfacial layer was observed and its thickness depends only slightly on temperature, process time at constant temperature and external pressure. No evidence for Fe-Ti intermetallic phases (FeTi and Fe₂Ti) formation was detected. Nevertheless, the mechanical properties of the joint are significantly affected by the bonding temperature. The maximum tensile strength (of about 250 MPa) was achieved after bonding at 950°C for 3.6 ks. Thus, the SPS technique provides a reliable method of titanium to steel bonding. Further investigation has to be conducted in order to clarify the bonding mechanism through TiC interfacial layer and the processing parameters effect on the mechanical properties of the joints.

פיתוח תקני ריתוך במת"י

ע. אברבנאל וע. שטרן

תקציר: נסקור את תקני הריתוך הכלולים בתכנית העבודה 2011 ואת הצפי לפרסומם. תוצג התוכנית המעודכנת לשנת 2012 תוך תאור הקשיים מולם ניצבת ועדת מומחים 416-50. רשימת תקני הריתוך בטיפול נתונה מטה.

מספר תקן	תיאור – שם התקן	הצעה לתקן מאומץ	סוג	ועדה	אישור ועדה 400- תחילת העבודה	מוביל מקצועי
127-1	מבחני הסמכה לרתכים – פלדות	EN-287	רוויזיה	41650		יוסי שואף
127-2	מבחני הסמכה לרתכים – אלומיניום	ISO 9606-2	רוויזיה	41650		יוסי שואף
2213	התעדה של מפקחי ריתוך	AWS STDS.	המשך טיפול	41650		שמעון אדס
1338-40	3 תקני אלקטרודות		תיקון רוויזיה **	41650		לירז עטיה
1061	סרטוטים טכניים: תיאור סמלי של תפרי ריתוך	ISO 2553 *	רוויזיה	41650	12/2010 2011	שרגא ירון
6187	דרישות איכות של ריתוך	ISO_3834	חדש	41650	12/2010 2011	ג'קי בן-דין
2215	ריתוך התכה – סיווג פגמים	ISO_6520	רוויזיה	41650	12/2010 2011	לירז עטיה
6189	ריתוך התכה – רמות איכות עבור פגמים	ISO_5817	חדש	41650	12/2010 2011	יוסי שואף
6190	מונחים במפרט ריתוך (WPS)	ISO_15609-1	חדש	41650	12/2010 2011	עמיחי פסח

דוד ז"ו	12/2010 2011	160509	המשך טיפול	CSA W117-2	בטיחות בריתוך ובחיתוך	4348-1
דוד ז"ו		160509	רויזיה	NFPA 51B	מניעת שריפות בעת ריתוך, חיתוך ועבודות אחרות בחם	4348-2

- * במקביל תבחן תקינה של ANSI/AWS. כמו כן, יש לשקול תרגום.
- ** בעקבות הערות של משרד הממונה על התקינה