

חדשות אל הרס

ביטאון העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות

2012 פברואר • אדר תשע"ב, גיליון מס' 14 • FEBRUARY 2012 • THE ISRAELI NATIONAL SOCIETY FOR NON DESTRUCTIVE TESTING



Replace Film Radiography with Digital Computed Radiography

החלף צילומי רנטגן ברדיוגרפיה דיגיטלית

Digital Computed Radiography Systems from CIT
 מערכות רדיוגרפיה דיגיטלית של חברת CIT



DR1200HDL

DR1200HDL

Production-orientated system for:-

- Carbon Composite
- Aerospace
- Weld Inspection
- Casting Examination
- Corrosion & Condition Monitoring

Features:-

- 35cm x 43cm 20µm maximum
- Integrated Erase Function
- Low/Medium/High energy x-ray to 15MeV
- All Gamma isotopes

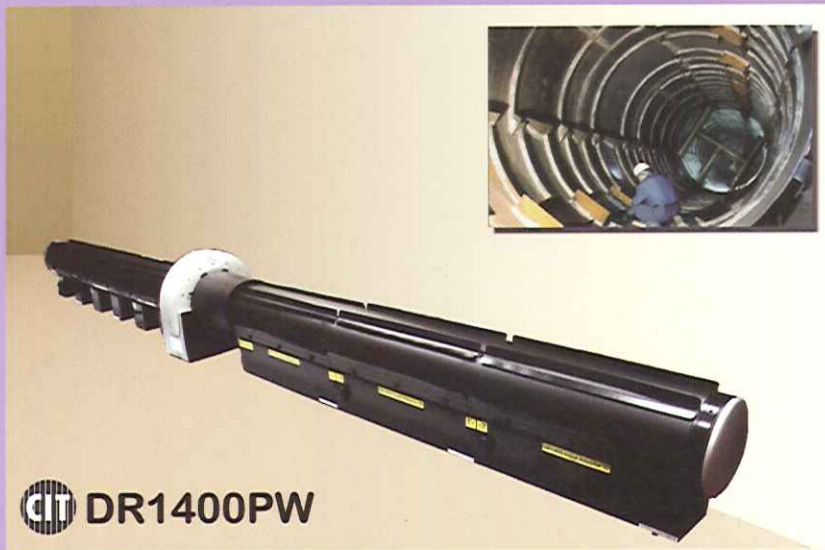
DR1400PW

Weld inspection system for:-

- Weld Joints
- Tank Welds
- Pressure Vessel Seams
- Seam Rivet Cracking

Features:-

- Full Image of 1.5m Weld
- Multiple Images scanned simultaneously
- Integrated Erase Function
- 15keV to 450keV Operation



 DR1400PW

All CIT systems are inter-compatible, thus allowing single- and multi-user configurations
 All systems contain integrated Quality Assurance features as standard.

CIT also offer specialist Digital Radiography Training - please contact us for details

FASTER - Typically 60% faster than film
 FASTER - Rapid Return on Investment

60% מהיר יותר מפילים
 החזר השקעה מהיר

דבר נשיא העמותה



בארץ תיתן את הפרי לאותו בית זיקוק, מספנה או תחנת כוח שיזדקקו לבדיקה מתקדמת מחר. בדיקה שתחסוך לו כסף רב.

בארץ, עדיין, כאשר מנסים להכניס טכנולוגיה חדשה, התעשיות מתייחסות בחשדנות ומונעות את ההתפתחות. תעשיות גדולות בתחום הפטרוכימי ויצור הכוח חשובות כדי לתת רוח גבית לקידום הטכנולוגי שלנו ולצערי זה עדיין לא קורה.

אני משוכנע שאנו מסוגלים לעלות מדרגה כפי שישראל עושה זאת במדע, ברפואה ובתעשייה.

רק תקוות וחזון לא יספיקו כדי לעשות זאת אנו זקוקים נואשות לכוח חדש, לצעירים שיכנסו לתחום, לטכנאי חיל האוויר והצבא שיישארו בתחום, לסטודנטים שיתאהבו בו, הם שיהפכו למהנדסים שילמדו את הדור הבא אחריהם, למדענים שיפתחו אותו. זה בידיים שלכם.

ד"ר יוסי שואף
נשיא העמותה

המפעלים - שואפים לקיים יכולת עצמאית בדיקות או לפקח עליהן וזאת רואים מתוך חתך המשתתפים בקורסים לבדיקות לא הורסות, ומתוך העניין ההולך וגדל של המשתמשים והמתכננים בבדיקות שלנו.

חברות השירות - יש כאלה השמחות לבצע את הבדיקות המסורתיות - רדיוגרפיה, אולטרסאונד ויש כאלה שמרחיבות את התחומים לאלו הנושקים בבדיקות לא הורסות הרגילות - בדיקות וידאו של צנרת, פיקוח ריתוך, ניטור מבנים, בדיקות קורוזיה וצבע, בדיקות אטימות, הדרכה ורבות אחרות.

ספקי הציוד - האתגר ללמוד ולהטמיע ציוד מדעי חדשני הינו גדול. בין אם לפתח אותו לבד ובין אם להשקיע בלימוד ובקשר עם החברה הזרה שפיתחה אותו.

קיימות בעולם חברות NDT המונות אלפי עובדים. אכן יש להם שדות פעילים החסומים עבורנו, כמו אזור המפרץ הערבי, אך גם יש להם מקצועיות גבוהה, טכנולוגיות מתקדמות ושיטות ייחודיות שפותחו על ידם. וזה הדבר אשר נותן להם את היכולת להתפתחות. אני קורא לתעשיות בארץ לתת יד ולתמוך במי שהעז והשקיע בציוד והדרכה, תוך סיכון מסחרי ואשר מאמין בקדמה הטכנולוגית. פיתוח היכולת

העיסוק בבדיקות לא הורסות אינו תחנת ביניים - זהו יעד!

בכנסים שאנו עושים, אנו פוגשים חברים שעוסקים בבדיקות לא הורסות שנים, לפעמים כל חייהם הבוגרים, הדבר אופייני לא רק בארצנו כך גם המצב עם עמיתינו מחו"ל.

מה הסיבה לכך? מה גורם לטכנאי, המהנדס או מדען להתאהב בנושא ולהישאר אתו?

הבדיקות הלא הורסות מהוות למעורבים בהן תחום שיש בו מן הקסם, שילוב של מדע ותעשייה, איחוד של תאוריה ומעשה. זהו עיסוק בתחום מיוחד, וקצת מסתורי שלא הרבה שמעו עליו.

כל אדם מוצא את מקומו בעולם שלנו לפי כישוריו ויכולתו.

הטכנאי מבצע בדיקות, אך מקורב לנושא האיכות וקבלת ההחלטות, המהנדס מחליט על שיטות הבדיקה ויקבע מה לעשות עם הממצאים, המדען יפתח שיטות חדשות, היצרן או מייצג הציוד יהיה מומחה לציוד שלו ויחפש איך לשלב את החידושים בעולם ביכולות הבדיקה של החברות, תוך ההתפתחות עסקית שלו.

לכל אחד יש אופק מקצועי, עסקי ותדמיתי. מה עם החברות עצמן?

דבר העורך

קוראים יקרים

התחלתי בעריכת ביטאון חדשות אל הרס לפני כעשר שנים, בתחילה זו הייתה חוברת דקה וקטנה בצבע אחד, אך עם השנים השתכללנו והשתפרו. היום הביטאון הוא רחב, מקיף, בצבע מלא ובאיכות הדפסה טובה. מטרת הביטאון להביא את חידושי הבל"ה בארץ ובעולם אל העוסקים בבדיקות לא הורסות, לספר על פעילות הבל"ה ועל האנשים העומדים מאחוריה.

השנה, בכנס השלושה עשר תעניק לי העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות, תעודת כבוד על פעילות זו ועל 25 שנות פעילות בתחום הבדיקות הלא הורסות. ברצוני לנצל טור זה ולהודות לאלו שבחרו בי.

בשנה שעברה, בטור זה, התנבאתי כי שנת 2011 תהיה השנה בה תגיע המהפכה של הרדיוגרפיה הדיגיטלית לישראל (בתחום התעופה בעיקר ובתחום צילום היציקות



בפרט) לצערי התבדיתי, מעט מאוד קרה בתקופה זו. במשך תקופה זו לא פורסמו תקני החברות המובילות לרדיוגרפיה דיגיטלית, רק בסוף שנת 2011 פורסם התקן לבדיקות רדיוגרפיות של חברת Pratt & Whitney,

אשר נקרא DRM Master, תקנים של חברות מובילות אחרות פורסמו או יפורסמו בקרוב. פרסום הדרישות הרשמיות מאפשר לחברות להתחיל בהתארגנות ולימוד דרישות התקנים. פעולות הלימוד וההתארגנות עלולות להמשך תקופה די ארוכה ויהיה צורך להשקיע זמן וכסף רב בציוד הבדיקה, בציוד הנלווה בפיתוח הטכניקות ובעיקר בהדרכה. אך יתרונותיה של הרדיוגרפיה הדיגיטלית כה גדולים, הן בהיבטים של עלויות הבדיקה והן בהיבטים של שמירה על איכות הסביבה, כך שהחברות שירתמו למשימה ייהנו מהחזר ההשקעה תוך זמן קצר ביותר.

קריאה נעימה
שוקי יוגודני
עורך ראשי

חדשות אל-הרס

ביטאון העמותה הישראלית
הלאומית לבדיקות לא הורסות
גיליון מס' 14 • פברואר 2012

טל: 073-2474505, 073-9604160
כתובת העמותה: ת.ד. 13217, יבנה 81227
E-mail: israndt@netvision.net.il

נשיא העמותה: ד"ר יוסי שואף
נשיאי כבוד: גבי שואף, פרופ' עמוס נוטע
חברי הוועד המנהל: חיים אלמוג, יוסי וייספלד,
שרגא ירון, פרופ' עדין שטרן, שוקי יוגודני,
איציק הרשקו, אופיר מגל, יגיל שואף, ראובן עציוני,
גדעון רונן, ג'קי בן-דיין

עורך ראשי: שוקי יוגודני
מערכת: ויקטור ביטון, ליאת אוריאל, יפעת רוזיליו

הפקה

תירוש (1998) הוצאה לאור בע"מ

הגר"א 17, תל-אביב 66024,
טל: 03-5662080, 03-5662081
E-mail: tirosh@tirosh-site.co.il

בחסות



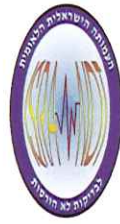
VSR Technologies Ltd.



גבי שואף בע"מ
בדיקות לא הורסות ופיקוח איכות

הכינוס ה-13 של העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות (ISRANDT) ו-ASNT/ISRAEL

הכנס מתקיים ב-26 בפברואר, 2012 במרכז הקונגרסים איירפורט סיטי

תוכנית הכנס ה-13 לבדיקות לא הורסות (ISRANDT) ו-ASNT/ISRAEL - 26/2/2012		עד שעה	משעה
התכנסות והרשמה		09:00	08:00
<p>י"ר הכנס מר שרגא ירון ברכות: מר יהודה היימן-מנהל איגוד תעשיות מתכת חשמל ותשתית, התאחדות התעשיינים מר דב פרי, יו"ר האיגוד הישראלי לאיכות ASNT, Mr. Bob Potter, נשיא גב' אתי פלר, מנכ"ל הרשות הלאומית להסמכת מעבדות ד"ר יוסי שואף, נשיא העמותה</p> 		09:45	09:00
הרצאת הפתיחה - יושבי ראש - פרופ' עמוס נוטע, גבי שואף			
אנטי חומר במלכודת - זה לא מדע בדיוני - ד"ר אלי שריד - קמ"ג וקבוצת Alpha, CERN		10:30	09:45
The role of ASNT in the global NDT, Mr. Bob Potter, ASNT President		11:00	10:30
פתיחת התערוכה		11:30	11:00
אולם תבור	אולם גולן	אולם חרמון	
<p>בדיקות לא הורסות באולטרסוניק יושבי ראש - ד"ר גריגורי קרוג, חיים דאון</p>	<p>בדיקות לא הורסות הסמכות ורישוי יושבי ראש - רונן גדעון, יוסי אריה</p>	<p>בדיקות לא הורסות וניטור בתשתיות יושבי ראש - יוסי יוספלד, קובי בן</p>	
<p>חידושים בבדיקות אולטרסוניות בשיטת Phased Array אייל דיקרמן, דקטל</p>	<p>Forthcoming changes in EN 473 and the new ISO 9712 for Personnel certification Ralf Holstein, managing director DGZfP - The German NDT Society education and training ltd.</p>	<p>ניטור בפרויקט הרמת היכל התרבות תומר קרליג'נו, גבי שואף בע"מ</p>	12:00 11:30
<p>שימוש ב UT במקום RT לבדיקת ריתוכים - אימות תוצאות הבדיקה לפי תקן חדש DNV-RP-F118 ד"ר גרי פסי, סגנוטרון</p>	<p>שינויים ב-ASNT-TC-1A להסמכת בודקים מהדורה 2011 שוקי יוגודני - רייקון בע"מ</p>	<p>בדיקות גשרים ומנהרות באמצעות שיטת Phased Array ד"ר בוריס מורביץ יו"ר הוועדה לטרמינולוגיה של פליטה אקוסטית</p>	12:30 12:00
הפסקת צהרים וביקור בתערוכה		13:30	12:30
<p>בדיקות לא הורסות תעשייה פטרוכימית - 1 יושבי ראש - אהוד שוץ, אופיר מגל</p>	<p>בדיקות לא הורסות כללי - 1 יושבי ראש - חיים אלמוג, דוד מרום</p>	<p>בדיקות לא הורסות בתעופה יושבי ראש - בן ציון פוקס, מאיר</p>	
<p>ביצוע בדיקות NDT להערכת מיקרו-מבנה בפלדות 91 ד"ר שי מאיר, המכון הישראלי לסיליקטים, D.L. Olson, B. Mishra - Colorado School of Mines, Materials Engineering Department, Golden, CO, USA</p>	<p>קביעת רזולוציית NDE לפי פרמטרי החומר וטיפול תרמי ד"ר עוז גולן - מכללת אפקה</p>	<p>קביעת מדיניות אחזקה הנגזרת מממצאי בדיקות רס"ן אבי זדרוביבסקי, חיל האוויר</p>	14:00 13:30
<p>ישומים של אקוסטיק א"י בבדיקות צינורות של בוילרים נועם אמיר - אקוסטיק א"י</p>	<p>פיתוח שיטת בדיקה לא הורסות ללהב ראשית מסוק "צפע" מאיר מיארה - חיל האוויר</p>	<p>שיטות חדשניות לבדיקת חומרים מרוכבים Phased Array רמי אלעזר, אלביט / סאיקל</p>	14:30 14:00
<p>בדיקות לא הורסות תעשייה פטרוכימית - 2 יושבי ראש - אלי יוסף, חיים טימור</p>	<p>בדיקות לא הורסות כללי - 2 יושבי ראש - אציק הרשקו, עמיחי פסח</p>	<p>בדיקות לא הורסות בתעופה יושבי ראש - נתן קלנג, ליאת שואף</p>	

קוברה - בדיקת ריתוכי צינורות בקוטר קטן

Michael Moles - Olympus NDT

AUT בצינורות קטנים, גם אם אלו מעט מוגבלים. מכשירים שיכולים לבצע עבודה הולמת היו לקויים, והם מהווים את נושא מאמר זה.

סורק מכני

בקירות של דודי מים וביישומים דומים, צינורות קטנים רבים ממוקמים בצפיפות כך שסורק בפרופיל נמוך הינו הכרחי. יחד עם ספק חיצוני פיתחה Olympus סורק נייד על ציר אחד שממלא את הדרישות היסודיות (כפי שניתן לראות בתרשים 1).



תרשים 1: צילום של סורק קוברה.

סורק הקוברה הוא חצי-אוטומטי, כלומר הוא נדחף באופן ידני מסביב לריתוך ומקודד לאיסוף נתונים מלא. הנעה ידנית חוסכת בעלויות, והיא קלה ונוחה יותר בריתוכים בקוטר קטן. את הסורק עצמו ניתן לכוון כך שיתאים למגוון מידות, בהתאם לקוטר הצינור. כיוון שהוא מורכב עם קפיצים, הסורק יכול לבדוק גם פלדת פחמן וגם חומרים שאינם מגנטיים (למשל פלדת אל-חלד). בנוסף לכך, ישנם מגוון אביזרים המשלימים את החבילה, כגון חוליות ליצירת מגוון מלא של קטרים, משאבת מים ונרתיק לנשיאה. הניסיון הראה שהסורק מספק צימוד טוב ב-360° מסביב לצינור.

סורק זה מתאים לבדיקת צינורות החל מקוטר חיצוני של 21 מ"מ ועד 115 מ"מ. הריווח - כלל המערך בפרופיל נמוך - הוא רק 12 מ"מ, דבר המאפשר לו לבדוק את הריתוכים בקוטרים הקטנים ביותר ברוב התצורות. הסורק אטום

המפעיל.

בשנים האחרונות בדיקת אולטרסוניקה אוטומטית (AUT) הפכה לאפשרית מבחינה מסחרית, עם הגעתן של מערכת אולטרסוניקה ניידות (1), וכעת היא יכולה להציע תוצאות אמינות וניתנות לביקורת גם בבדיקות של צינורות בעלי קוטר קטן (2). עם זאת, לפתרונות AUT ראשונים היה חסר באופן כללי מנגנון תפוקה נייד, אמין ובפרופיל נמוך. בנוסף לכך, קיים פיזור משמעותי של הקרן בצינורות בעלי קוטר קטן. שני פתרונות אלו טופלו באמצעות קוברה, מערכת בדיקה חדשה לצינורות בקוטר קטן מבית Olympus NDT.

אף שמעט AUT מבוצע כעת בצינורות בקוטר קטן, יש לו פוטנציאל ליישומים רבים: תחנות כוח, דוודים, צנרת תהליכית, צנרת מוצרים בבתי זיקוק, בניית ספינות, תעשיית התרופות, כורים גרעיניים וכדומה.

קודים

הגעתן של תקנות ASME Code (ASME Cases (3) 179 ו- (4) 181, אפשרה ביצוע AUT בריתוכים היקפיים. ASME B31.1 CC 179 הוא Code Case המבוסס על מיומנות. ASME B31.3 אינו מתיר בדיקה באמצעות אולטרסוניקה ידנית בריתוכי צינורות, מכיוון שיש לו את המגבלות שפורטו לעיל (איטי, תלוי במפעיל, אין תוצאות שאפשר לבצע בהן ביקורת). כיוון ש-ASME B31.3 CC 181 מבוסס על מכניקת השבר, מערכת הבדיקה צריכה לגלות מידות וממדים מדויקים של פגמים, דבר המהווה דרישה קשה בצינורות בעלי עובי דופן נמוך. בצינורות קטרים קטנים הקרן של אולטרסוניקה מתפזרת באופן טבעי (מאבדת את המיקוד) עם הכניסה בכיוון אופקי. מצב זה מוביל להערכת פגמים כגדולים יתר על המידה, ומכאן לגדילה בשיעורי הדחייה והצורך בתיקונים.

לסיכום, קיימים קודים המבוססים הן על מיומנות והן על מכניקת השבר שמאפשרים

באופן מסורתי, צינורות בקוטר קטן נבדקו בשיטה הרדיוגרפית - ובדרך כלל בכמויות מוגבלות. לרדיוגרפיה מגבלות ידועות: בטיחות קרינה, השפעות סביבתיות, בעיות באחסון הסרט ואיתור לקוי של פגמים למינריים. בנוסף השיטה איטית בהשוואה לשיטות אחרות. מגבלות הבטיחות קרינה עלולות לעכב בצורה משמעותית את תהליך הייצור, במיוחד בצינורות בעלי קוטר קטן. אולטרסוניקה ידנית, כאשר מותרת, מתבצעת לאט, תלויה במפעיל ולא מפיקה רישום שניתן לבצע בו ביקורת. אולטרסוניקה אוטומטית מתגברת על הבעיות האלה. ראשית, מתקני הסריקה צריכים להיות קטנים מספיק כדי שיוכלו להיכנס בין צינורות הממוקמים בצפיפות. שנית, הקרן מטבעה מאבדת את המיקוד בכניסה לצינור בעל קוטר קטן, לכן יש צורך במיקוד. שלישית, עד להגעתם של מערכי מופע ניידים (portable phased arrays), העלות היתה גבוהה, הן מבחינת זמן או מבחינת ציוד. Olympus NDT התגברה על מגבלות אלו אלה בזכות סורק קוברה החדש שלה שמופעל באמצעות OmniScan. זוהי יחידה בפרופיל נמוך וחצי אוטומטית שבאמצעות מערכי מופע מתמקדת באופן מכני בכיוון הרחובי, כלומר בציר הפסיבי. חלק מהתוצאות מסורק זה יוצגו בהמשך.

מבוא

בעבר, רוב הריתוכים של צינורות בעלי קוטר קטן נבדקו באמצעות רדיוגרפיה לאיתור פגמים, או שנבדקו בכמויות מוגבלות. עם זאת, לרדיוגרפיה מגבלות משמעותיות:

- בעיות בטיחות ורישוי
- הפרעה ללוחות זמני העבודה
- פסולת כימית
- בעיות אחסון הסרט
- איתור לקוי של פגמים למינריים
- אולטרסוניקה ידנית מותרת לפי תקנות מסוימות, אך היא סובלת ממחסור בתיעוד הנתונים ותלויה יותר במיומנות של

תרשים 4 מתאר את התוצאות כשהפרופילים של הקרן מוצגים והן בחתך הרחב. במהלך השורה השלישית (האחרונה) לא הראשונה או השנייה התברר השטוחה והלא ממוקדת היה באופן משמעותי לעומת מערך המערך המוטה. נדרשו מספר דקות דקים יותר, כך שנתיבי הקרן בלתי תלויים בעובי הדופן.

לא היה יתרון בולט לשימוש בעומת גשש של מערך לינארי מטרצה יקרים ומורכבים יותר ליישם מערכים מוטים ללא ציוד

- מערכי מטרצה (2D)
 - מערכים מוטים באופן מכני
 - או כל שילוב שלהם.
- גם מערכי מטרצה וגם מערכים מוטים מציעים פתרונות מעשיים למיקוד הן בכיוון הציר והן בכיוון ההיקפי. בניית המודל בוצעה באמצעות PASS כדי לקבוע את היכולות היחסיות (5). המודל הראה שרק שתי עקומות נדרשו לכיסוי כמעט כל הקטרים של צינורות קטנים, ללא קשר לעובי דופן הצינור. המערך המוטה לקוטר גדול יותר נוצר ונבדק ברפלקטורים מוכרים, והשווה למערך שטוח (לא ממוקד) סטנדרטי בצינורות בקוטר 70 ו-38 מ"מ. סיכום התוצאות מופיע להלן, ומושווה למערכים שטוחים.

למים, עמיד נגד חלודה ועומד בתקנות האיחוד האירופי (CE). כפי שאפשר לראות, הוא נייד וקל משקל (ראה תרשים 2). בנוסף לכך, קל לשנות את המערכים ומתאמי הזווית. למקודד רזולוציה של 32 שלבים במ"מ, די והותר ל-AUT של ריתוכים. בריתוכים בהם הגישה מצד אחד בלבד (למשל, אוגנים או צינורות לרכיבים), ניתן לשנות את הגדרות הסורק לבדיקה מכוון אחר בלבד (כפי שניתן לראות בתרשים 3).

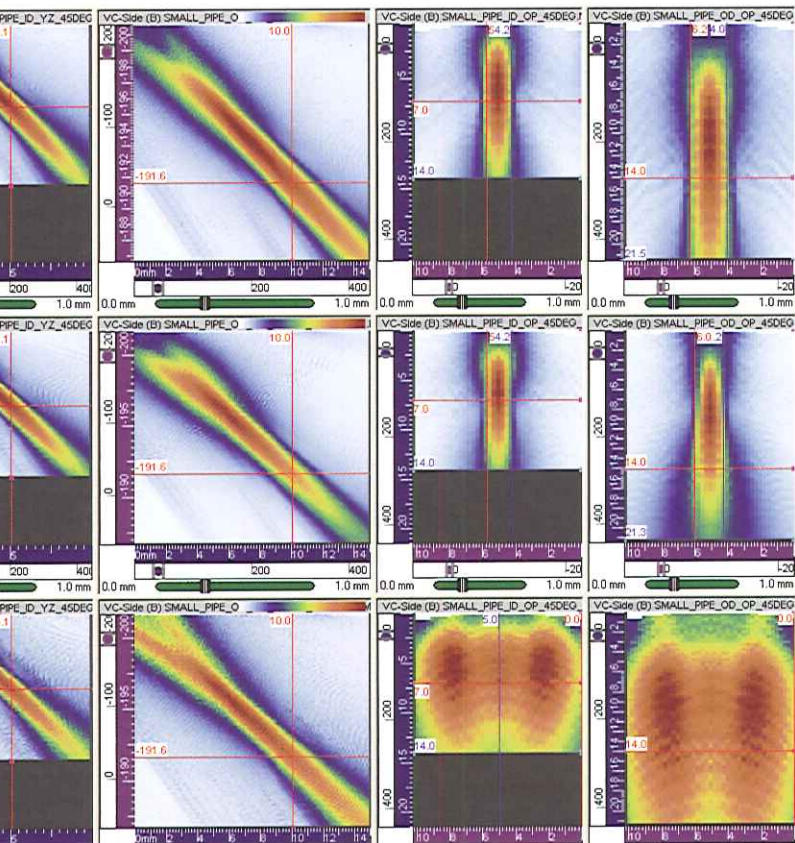


תרשים 2: סריקה דו-צדדית מתבצעת בצינור אנכי עם קוטר קטן.



תרשים 3: סורק קוברה בבדיקת ריתוך של צינור לרכיב בגישה חד-צדדית.

הסורק תוכנן לפעולה ביחד עם ציוד מקודד ונייד של מערך מופע, בעיקר OmniScan MX.



מטריצת 16x8. עומק מוקדי 10 מ"מ. השדה מוצג במישור קרן	מטריצת 16x8. עומק מוקדי 5 מ"מ. השדה מוצג במישור קרן	מטריצת 16x8. עומק מוקדי 10 מ"מ. השדה מוצג במישור קרן	מטריצת 16x8. עומק מוקדי 5 מ"מ. השדה מוצג במישור קרן
גשש לינארי	גשש לינארי	גשש לינארי	גשש לינארי

מערכים ממוקדים

תוצאות של רזולוציה באינטרנט הבנוי ומוקד נכר



מעבדות גבי שואף:

המובילות בבדיקות לא הורסות

מעבדות גבי שואף בע"מ, המובילות בתחום הבדיקות הלא הורסות בישראל, ערוכות לבצע עבורך מגוון בדיקות מקיפות ויסודיות לכל צורך שיידרש:

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| בדיקות צנרת במחליפי חום | רדיוגרפיה למיכלים וצנרת |
| בדיקות מיכלי דלק תת קרקעיים | אולטרסוניק לריתוכים ולחומרי גלם |
| בדיקות בורוסקופיות מתקדמות | בדיקות עובי דופן למיכלים וצנרת |
| ניטור מבנים | זרמי ערבולת לגילוי סדקים |
| בדיקות פל קל, תשתיות ותמ"א 38 | נוזלים חודרים / חלקיקים מגנטיים |
| בדיקות תרמוגרפיות לאיתור דליפות VOC | בדיקות אטימות |
| סריקות באמצעות רדאר חודר קרקע | בדיקות מתקני משחקים וספורט |
| ייטוץ וגיבוי רמה III | בדיקות ויזואליות וגיאומטריות |



גבי שואף בע"מ - בדיקות לא הורסות ופיקוח איכות

מעבדות ראשיות: יבנה, טל' 03-9605559. פקס, 03-9604160. www.gabishoef.co.il
 מעבדת צפון: חיפה טל' 04-8201735. מעבדת דרום: באר שבע טל' 08-6278465

הראו איבוד מיקוד קיצוני יותר מאשר בקטרים גדולים, ומערכי הראו תוצאות מדידה רוחבית יותר מאשר מערכים שטוחים.

במקום שיהיו מערכים מוטים מפרט ייצור. בניית המודל בוצעה מגה-הרץ ו-10 מגה-הרץ; בפועל בחרה מערך 16 אלמנטים של שתי הקשתות שנבחרו כמיטביות לקטרים קטנים מ-25 מ"מ ו-40 מ"מ גדולים יותר. רדיוס פשרה של 35 יחד עם מתאם בזווית טבעית של גדולות. מצב זה הפך לתקן של ק

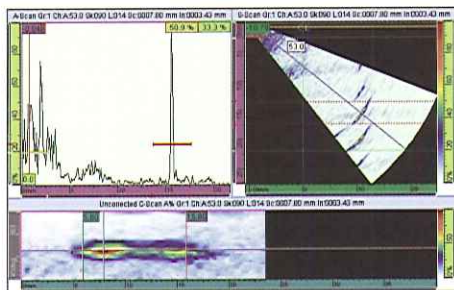
תוצאות הסריקה של קוברה

תרשים 7 מציג סריקת קוברה ריתוך משני צדדים; קוטר הצינור ועוביו כ-12.7 מ"מ.

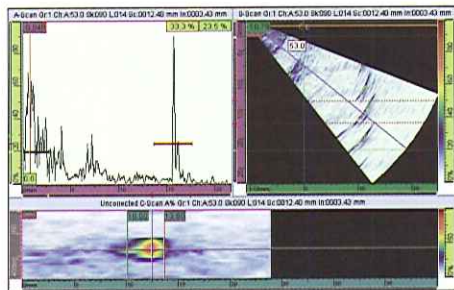
כמו בכל בדיקות OmniScan בתרשים 7 מראות כמות משמעותית שניתן לבצע עליהם ביקורת, כגון המשרעת ומיקומו. ניתן להשתמש כדי לתחם את הפגם לצורך מדי לקבוע את זווית המשרעת המרבית הסמן, ולהציג כסריקת A. בנוסף הבחירה הרגילה של תצוגות B ו-מינות: סריקת A, סריקת B, סריקת

מהצינורות בקוטר 70 מ"מ ו-38 מ"מ, ומשווים מערכים שטוחים (לא ממוקדים) ומוטים (ממוקדים).

כל הרפלקטורים של כיוול בשני הצינורות הראו תוצאות עקביות: צינורות בקוטר קטן יותר



גשש שטוח. האורך הנמדד הוא 10 מ"מ.



גשש ממוקד. האורך הנמדד הוא 3.6 מ"מ.

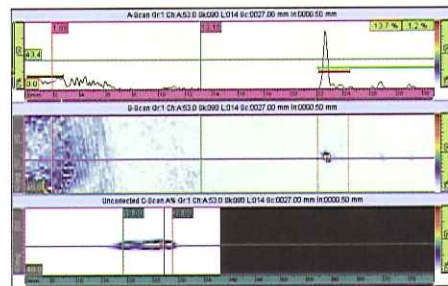
תרשים 6: צינור בקוטר 38 מ"מ. איתור קצה חור בגודל 1 מ"מ בצד הקוטר החיצוני באמצעות גשש שטוח וגשש מוטה (דילוג ככול).

נוספים, שלא כמו מערכי מטריצה. עיצוב נוסף עם מערך לינארי של 10 מגה-הרץ אישר תוצאות אלה בצינורות בקוטר 25, 30, 50, 75 מ"מ.

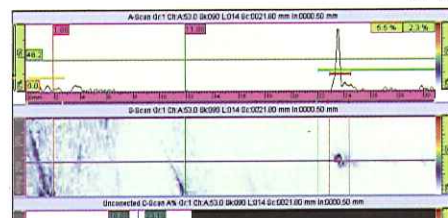
לסיכום, השימוש במודל הראה שגשש אחד עם רדיוס קשתי של 40 מ"מ מתאים לקוטר חיצוני של צינור הגדול מ-25 מ"מ, וגשש אחד עם רדיוס קשתי של 30 מ"מ מתאים לקוטר חיצוני קטן יותר מ-25 מ"מ של צינור. שני מערכים מוטים כיסו באופן יעיל את כל קטרי הצינורות. (עם זאת, ליישום מעשי בקוברה שימשה קשתיות יחידה של 35 מ"מ)

אישור ניסיוני של תוצאות בניית המודל

שני צינורות נבחרו לבדיקה: צינור בקוטר 70 מ"מ וצינור בקוטר 38 מ"מ. שני מתאמי זווית שורטטו כדי להתאים לקוטרי הצינורות, בהתאם לנוהג התקני. חריצים וחורים מתאימים שימוש כרפלקטורים. החריצים והחורים נסרקו על ידי OmniScan MX באמצעות נהלים מקובלים של בדיקת מערך מופע המבוססים על סריקות S. אותו מבנה שימוש לגששים ממוקדים ולא ממוקדים גם יחד, אלא שהתוספת צומצמה בהכרח לגשש המוטה והממוקד. קריטריון הירידה של 6dB שימש לקביעת הגודל. תרשים 5 ו-6 מציגים תוצאות סריקה מדגמיות



גשש שטוח. אורך החריץ הנמדד הוא 9.6 מ"מ.



C. אלה ממלאות היטב את דרישותיו של כל קוד שהוא.

תרשימים 8 א' ו-ב' להלן מציגים סריקות של צינורות קטנים ודקים מאוד: קוטר של 25 מ"מ (1 אינץ') וקיר בעובי 3 מ"מ. אחד עשוי מפלדת פחמן והשני מפלדת אל-חלד.

יש לציין שהחריצים בפלדת הפחמן נראים טוב יותר מאשר בפלדת האל-חלד, אך הסיבה העיקרית לכך היא בעיות בבדיקת אולטרסוניקה של סגסוגות.

מרגע שהוכן מבנה סטנדרטי, ניתן לשלוח אותו בדואר אלקטרוני לכל המפקחים.

השוואה עם רדיוגרפיה

תרשים 9 מציג רדיוגרפיה של ריתוך עם פגמים ידועים ומתויגים.

סריקה דומה באמצעות קוברה הראתה פגמים זהים (ראה תרשים 10). עם זאת, באמצעות קוברה ניתן למדוד ולמקם את הפגמים השונים בדיוק רב יותר. הקורלציה בין רדיוגרפיה וקוברה היתה טובה.

מסקנות

Olympus NDT יצרה סרוק חדשני חצי-אוטומטי לצינורות בעלי קוטר קטן עם שתי תכונות עיקריות:

- פרופיל נמוך למרווח.
- מערכים ממוקדים למזעור פיזור הקרן הרוחבית (ומכאן הערכת גודל פגם גדול מהמציאות).
- לסרוק מספר תכונות שימושיות:
- התאמה לקטרים מ-21 מ"מ עד 115 מ"מ.
- אפשרות לסריקה כאשר קיימת גישה חד-צדדית.

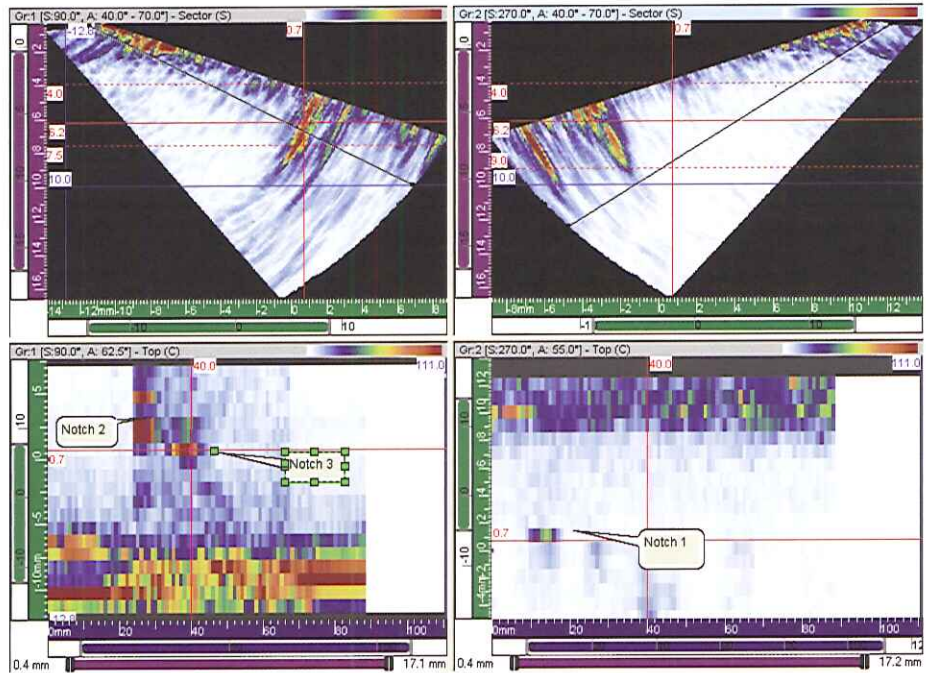
• יכולת עבודה על חומרים מגנטיים ולא מגנטיים.

התוצאות הניסיוניות מאשרות ששימוש בסרוק ובמערכים ממוקדים הפיק מידות טובות באופן משמעותי של אורך הפגם.

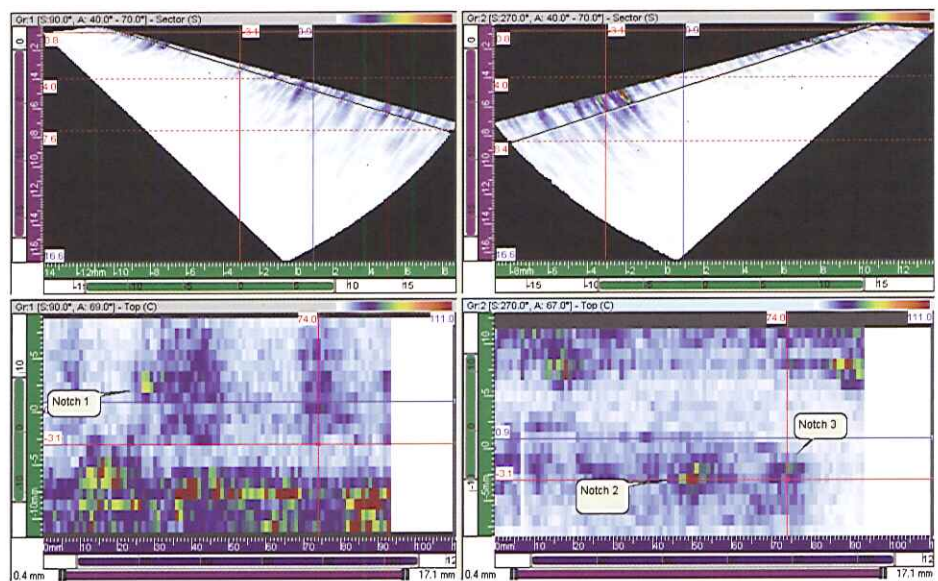
הקורלציה בין רדיוגרפיה ו-AUT היתה טובה בכל המקרים שנבדקו.

אזכורים

Olympus NDT, "מבוא ליישומי טכנולוגיית אולטרסוניקה במערך מופע", פורסם על ידי Olympus NDT, אוגוסט 2004.



תרשים 8 א': סקירת קוברה של פלדת פחמן, קוטר 25 מ"מ, המציגה חריצים.

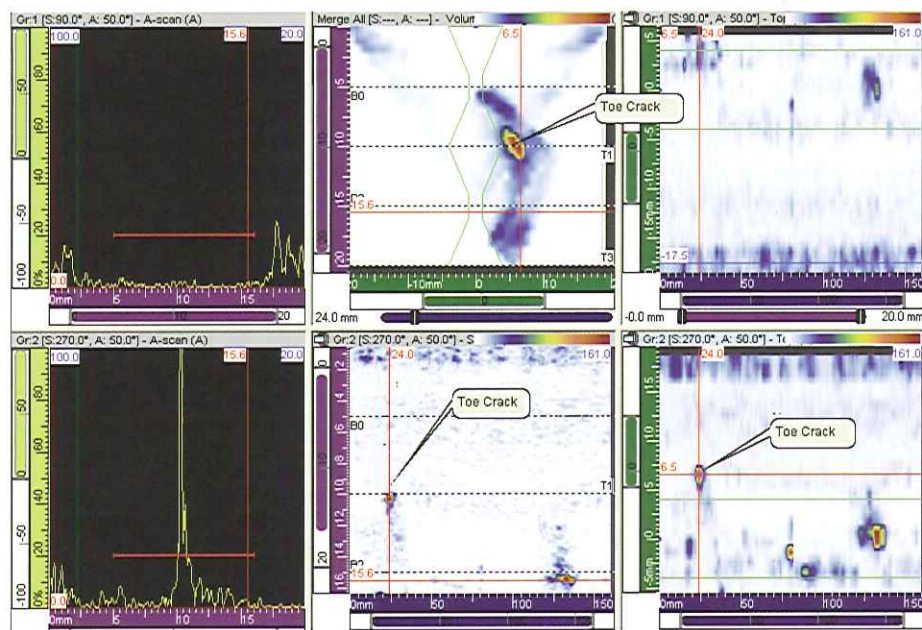


תרשים 8 ב': סריקת קוברה של פלדת אל-חלד, צינור בקוטר 25 מ"מ, המציגה חריצים.



תרשים 9: רדיוגרפיה של ריתוך עם סדק בעקב הריתוך וחוסר חדירה מסומנים.

אולטרסוניקה במקום רדיוגרפיה של B31.3 של חומרים עם עובי קיר ע או פחות", 28 ביוני, 2006.
 ASME B31.3 CC 181, "שימוש קבלה חלופיים של בדיקת אוס ב-ASME B31.3", 23 בינואר 2007 ג'ינצ'י צ'אנג, סימון לאבה ומייקל מ רוחבי משופר בריתוכים מקיפים גו עם קירות דקים באמצעות מע פרוטוקול של הוועידה הבינלאומית IPC 2006, 25-29 בספטמבר, 2006, אלברטה, קנדה, מאמר מס' 10238 לפרטים על מתאמים וגשש www.olympusdt.com/en/probes/ לפרטים על קובר, ראה - www.olympus.com/en/scanners/cobra/



תרשים 10: תמונת קובר של סדק בעקב הריתוך (באדיבות Blue Star, הודו).

תודות

Blue Star, הודו, סיפקה סריקות תמונות הרדיוגרפיה.

במזה"ת על NDT, בחריין, דצמבר 2007. ASME B31.3 CC 179, "שימוש בבדיקת

ק' צ'יז'ין ומ' מולס, "מערך מופע לבדיקות צנרת באמצעות ASME B31.3", הוועידה הרביעית

חברת לביא הינה חברה בינלאומית מובילה המתמקדת בשיווק טכנולוגיות ייחודיות בתחומי המכשור הרפואי, דיאגנוסטיקה, מערכות הדמיה, מוצרים תעשייתיים ותחום המחקר הקדם ק בתחום התעשייה לביא מציעה טכנולוגיות חדשניות עבור יישומי קרינה תעשייתיים ופתרונות מגוונים הקשורים בטיחות העובד, המוצר (כגון: ציוד רדיוגרפיה ומאיצים).

שילוב אידיאלי לעבודה עם Ir-192 או Se-75, באקט של עד 120 Ci. המצלמה אידיאלית עבור עובי של 25mm או יותר

מצלמת הגמאמט ההיברידית מביאה חיזוש בתחום מצלמות הגמא, שלא כמו המצלמות האחרות בשוק, המצלמה ההיברידית מאפשרת

מצלמת הגמאמט ההיברידית החדשה מבית חברת "BEST"



רדיוגרפיה ממוחשבת מבית VMI

Blade CR סורק ה-Blade CR הינו סטוח מתקדם המותאם ספציפי לאפליקציות תע

VMI היא יצרנית של מערכות DR, CR, טכנולוגיות לבדיקה של מערכות זמן אמת, מערכות מגבר תמונה CMOS,





חברת אחים איזנברג בע"מ הינה הנציגה הבלעדית של חברת Olympus בתחום ציוד בדיקות אל-הרס (NDT)

חברת אחים איזנברג בע"מ משווקת זה יותר מחמישים שנה ציוד אופטי, אלקטרו-אופטי, ביו-טכנולוגי, אנליטי ורפואי בישראל.

פעילותנו מושתתת על מתן תמיכה מיקצועית ושירות תיקונים ואחזקה לכל המיכשור שאנו משווקים. בהתאם, כשליש מעובדי החברה, הינם מהנדסי שירות, טכנאים ומומחי אפליקציה.

מספר הלקוחות הרב בארץ ובעולם כולו, במגוון רחב של תחומים - בטחון, תעופה, תעשייה, הנדסה וייצור, מדעי החיים, מחקר, רפואה ועוד, מעיד יותר מכל על אמינות החברות, טיב המוצרים ואיכות השירות של חברת Olympus וחברת אחים איזנברג בע"מ.

UltraSonic & Eddy Current Products



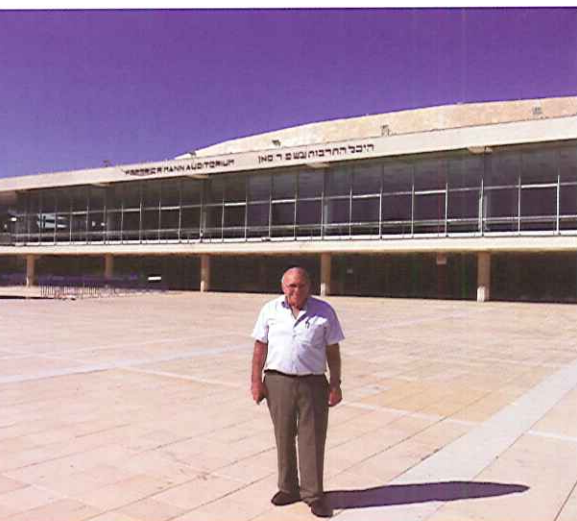
Remote Visual Inspection Products



אחים איזנברג בע"מ, טלפון: 03-9777000, פקס: 03-9777001, www.olympus-ims.com, www.eisenbros.co.il

שיפוץ וניטור היכל התרבות בתל אביב

גבריאל שואף - גבי שואף בע"מ



מר גבי שואף על רקע היכל התרבות

אחד מכל צד של כל עמוד. על כלונסאות אלו יונחו מגבהים אשר יחוברו לעמודים הקיימים. העמודים יחוזקו באמצעות ציפוי פלדה כדי לחזק את החיבור עם המגבהים.

הכלונסאות והמגבהים יישאו בעומס של העמודים. לפי המומחים אחד מגורמי הסיבוך של הפרויקט יכול להיות שקיעות או שינויי

גובה קריטיים של העמודים. נקבעו רמות סף שעליהן יש לבצע ניטור תמידי ובזמן אמת. לפי רמות אלו יש להתריע על שקיעות של 0.2 מ"מ, כשלמערכת דיוק כללי נדרש של 0.1 מ"מ. הדיווח על תוצאות הניטור חייב להיות נגיש דרך האינטרנט ובמדיה סלולרית וכל גורם אשר יקבל סיסמא מתאימה יוכל להיכנס למחשב מכל מקום בארץ ובעולם ולעקוב אחר מצב העמודים. בשלבים מסוימים העמודים יורמו באופן מבוקר על ידי המגבהים אשר יישאו את העומס של המבנה כולו. הרמה זו תישאר עד אשר יסתיימו העבודות מתחת לעמודים. בשלב זה יותקנו קורות פלדה מתחת לעמודי המבנה ואז יועבר העומס מהמגבהים כלפי מטה.

ההרמה, ההגבה וההורדה יעשו באמצעות כ-500 מגבהים מיוחדים של חברת בטון דרוך למזרח התיכון בראשות ד"ר עוזי שריד. המערכת שחברת גבי

היכל התרבות בתל אביב המוכר כאחד מאתרי התרבות העיקריים במדינה, עובר בימים אלו שיפוץ. ההחלטה לשפץ את היכל התרבות התקבלה בחודש ספטמבר 2009 והיקף העבודות נאמד בכ-110 מיליון ₪.

במסגרת השיפוץ יעבור הבניין חידוש כללי, אך ישמר אופיו המקורי ויבוצע בו מספר רב של תיקוני בטון, החלפת חלונות, ריהוט פנים ועוד. להיכל יתווספו עוד כ-3000 מטר של שטחים תת קרקעיים ובהם אולם חזרות גדול, מחסנים, חניונים ועוד.

בתוכנית השיפוץ זכה המשרד ההנדסי היוקרתי ירון שמעוני שחם אשר מצא פתרון הנדסי לעבודות שיבוצעו מתחת להיכל העומד על 58 עמודים המגיעים בבסיסם לשלושה גבהים שונים, משרד מהנדסי הקרקע בלנק לרר המוכרים בניסיונם הרב ובמעורבותם בפרויקטים מורכבים ומיוחדים.



מגבהים של חברת בטון דרוך ומעליהם מערכת הניטור של חברת גבי שואף

חברת גבי שואף בדקה לפני מספר שנים עמודים אלה וקבעה שהם יושבים על פלטות יסוד ולא על כלונסאות. קביעה זו הובילה לכך שהמשרד ההנדסי תכנן עבורם תוכנית מיוחדת להארכה וביסוס.

חברת גבי שואף שסיימה בהצלחה את ניטור הפיר בתחנת הרכבת בבניי האומה בירושלים,

at Circuit





ר.ב.מ. בע"מ

בקררה ומיכון

R.B.M. Ltd. CONTROL & MECHANIZATION

ציוד נוסף:

- מכשירים לבדיקת פחמן, גפרית, חמצן, חנקן ומימן
- מכשירי TGA
- אנאלייזרים למדידת חמצן בריתוכי ארגון
- ציוד לבדיקות מטלוגרפיות
- ציוד למדידת לחיצה, מתיחה, מומנט ונגיפה
- ציוד לכיול מברגות ומפתחות מומנט
- מיכשור וחומרים להכנת דוגמאות מטלוגרפיות ופטרוגרפיות
- מדי קשיות ניידים ומעבדתיים בכל השיטות ועוד.

פרטים מלאים על כלל הציוד שאנו משווקים, כולל דפי מידע, נמצאים באתרי האינטרנט שלנו

ציוד NDT:

- כל מגוון החומרים והמכשירים לאיתור סדקים: צבעים חודרים, חלקיקים מגנטיים, Yoke מגנטי, Flaw detectors
- מנורות ופנסי UV מכל הסוגים
- מדי עומק סדקים
- ג'ל וחומרי צימוד לבדיקות US
- מדי עובי דופן
- מדי עובי ציפוי
- בורוסקופים ואנדוסקופים, כולל צילום ושמירת נתונים
- מיכשור נייד לבדיקות אל-הרס בבטון באתר (פטישי Schmidt, איתור קורות זיון, קורוזיה, לחות ועוד)
- מכשירי XRF ניידים לבדיקת הרכב כימי, זיהוי סגסוגות ועובי ציפוי
- מכשירי XRD ניידים

מדי קשיות ניידים ומעבדתיים

מעבדתי

בשיטת Brinell

בשיטת Shore

ציוד אל הרס לבדיקות בטון באתר

פטישי Schmidt

Profometer

לאיתור ומדידת קורות זיון

פנסי UV

אנאלייזרים בשיטת XRF של חברת NITON

מכשירי XL2, XL3

מסך לאחר בדיקה

Element	%	Std
Mo	0.504	0.037
Cu*	0.134	0.025
Fe	97.61	0.15
Mn	0.418	0.048
Cr	1.17	0.04

מדי כח, מומנט ואביריזי כיול

מדי עובי דופן, עובי צבע ומדי סדקים

2.4 mm



החזר פולסים אקוסטיים בבדיקת צינורות רחבים

ד"ר נעם אמיר, CTO, אקוסטיקאיי בע"מ

מתמיד של יכולות גילוי התקלות ושימוש בו. המכשיר כוון בעיקר לחום, המורכב מצינורות בעלי קוטר בטווח של 0.5" עד 1.5". במהלך הפעמים רבות לגבי אפשרות השימוש זה לצינורות רחבים יותר, ועל כן בשלב שני לפיתוח מכשור המותאם בעלי קוטר של עד 4".

שימוש בשיטת APR לצינור

שוק מחליפי החום העולמי מוערך עשר מיליארד צינורות. אולם, שוק דומה הקיים בצינור, הוא שוק הבוילר כוח תרמית למשל, הבוילר משמש מים לקיטור, בעוד שהמעבה, סו



תרשים 2: גש דולפין G3 לצינור

חום, הופך את הקיטור חזרה למתאפיינים בדרך כלל בצינורות מאלה של מחליפים חום, לעיתים יותר, ולעיתים מכופפים. כל אלה ביצוע בל"ה בצינורות אלה בשיטות על החדרת גששים. גם כאשר ניהו רשיונות אלה גששים EC ו-IRIS

התנפחות של הצינור; ואף חור בדופן הצינור, היוצר שינוי משמעותי מאוד בשטח החתך האפקטיבי.

לטכניקת APR כמה יתרונות מובנים הקוסמים מאוד לתעשיית הבל"ה: הגל האקוסטי הוא מעין גשש וירטואלי הנשלח במעלה הצינור, והגלים המוחזרים מתפקדים כשליחים החוזרים למקור הקול ומדווחים באילו תקלות הם נתקלו. הקלטת ההחזרות באמצעות מיקרופון המוטבע בדופן הצינור מאפשרת לבחון אותן ולנתחן. יש בכך יתרון גדול מאוד ביחס לשיטות אחרות המחייבות השחלת גשש פיזי לאורך הצינור, מבפנים או מבחוץ, עם הקשיים הכרוכים בכך, המהירות האיטית, השחיקה, והפוטנציאל לתקלות. מעבר לכך, מכיון שהגל מתפשט באוויר בתוך הצינור, הרי שהוא אדיש לחומר ממנו הצינור עשוי, ועל כן ניתן לבדוק כך צינורות מכל חומר שהוא. רוב השיטות הנהוגות כיום תלויות מאוד בחומר המרכיב את הצינור - חלקן אינן מתאימות לחומרים מסויימים, ובכל מקרה הן מחייבות דגמי כיוול יקרים.

היישום ההנדסי של עקרון פיזיקלי, פשוט ככל שיהיה, הוא מורכב ודורש מאמצי פיתוח רבים. אתגרי הפיתוח העיקריים בשלב הראשון היו מגוונים:

- בניית מערכת APR ניידת ובפרט יחידה ידנית קטנה וקלה.
- תכנון מערכת לעירור גלים אקוסטיים והקלטת ההחזרים, יחד עם מתודולוגיית כיוול שתיתן אות רחב סרט ככל האפשר, עם הפרדה של גלים המתפשטים לכיוונים שונים.

בדיקת צנרת באמצעות APR

שוק הבל"ה לבדיקת צינורות מחליפי חום מציג היום מספר אלטרנטיבות מוכרות. השיטות הנפוצות ביותר הינן שיטת זרמי הערבולת (Eddy Current -EC) והשיטה האולטראסונית (IRIS). שתי השיטות הנ"ל מחייבות השחלה של גששים מסוגים שונים לכל אורך הצינור, עובדה המגבילה באופן משמעותי את מהירות המדידה: עד כ-500 צינורות למשמרת לכל היותר בשיטה הראשונה, וכמאה צינורות למשמרת בשיטה השנייה.

כחלוצה בתחום בדיקות צנרת בשיטות בלתי פולשניות, חברת אקוסטיקאיי יצאה לשוק עם דור שני של מכשור לבדיקת צנרת מחליפי חום, כמודגם בתרשים 1. מכשור זה מבוסס על טכניקת (Acoustic Pulse Reflectometry) APR). הרעיון הבסיסי מאחורי APR הוא פשוט: אות אקוסטי הנשלח במורד הצינור יתקדם ללא הפרעה מלבד ניחות הדרגתי הנובע מחיכוך עם דופן הצינור, וזאת כל עוד אין שינויים בשטח החתך של הצינור. ברגע שהגל פוגע בשינוי כלשהו בשטח החתך, הוא מתפצל



תרשים 1: גש דולפין G3 לצינור

בבדיקת EC על אותם צינורות, הגשש נתקע בשפתי הקרע ללא אפשרות להתקדם, ולכן דווח על חסימה במקום קרע, טעות שהיתה יכולה לגרום לנזק רב אילו לא נתגלתה התקלה האמיתית.

Tubular Air Heater: חברה קבלנית העוסקת בשיפוץ מתקנים מסוג זה ערכה ניסוי פיילוט במפעל בעל 960 צינורות בקוטר "1.96. כל הצינורות נבדקו בפחות ממשמרת אחת, ונמצאו 32 חורים, שרובם לא נמצאו בבדיקה ויזואלית, שהיתה האלטרנטיבה היחידה עד עתה. צילום מעבודה זו מובא בתרשים 3. בעקבות פיילוט זה, החברה אימצה את הטכנולוגיה, ולאחרונה השתמשה בה בשיפוץ מתקן בן כ-65,000 צינורות מסוג זה, בו הופעלו שלוש מכונות במקביל.

לסיכום, טכנולוגיית APR הולכת ומתבררת כמתאימה מאוד לשוק הבולרים ודומיהם, עם הצלחות מוכחות באתרים שונים בעולם.



תרשים 3: בדיקת Tubular Air Heater בעיצומה

בולרים במפעל כימי בארה"ב, בעלי 454 צינורות כ"א, בקוטר "1.78. זמן הבדיקה ארך כחצי משמרת, בעוד שבדיקה באמצעות EC ארכה שלוש משמרות. נמצאו מספר רב של פגמי ארוזיה, וכן שני צינורות בעלי קרעים גדולים.

כוח. מתקן זה נקרא Tubular Air Heater, ועשוי להכיל עשרות אלפי צינורות, בהם זורם אוויר חם מבפנים ואוויר קר מבחוץ. המיוחד למתקן מסוג זה, בניגוד לבולר, הוא שצינורות תקולים עוברים תיקון באמצעות שרוול פנימי או חיצוני, במקום החלפה. שרוולים מעין אלה, יחד עם החספוס הרב של פני השטח, אינם מאפשרים שימוש כלל באמצעים פולשניים. כיום נבדקים צינורות מסוג זה באמצעות תצפית ויזואלית בעזרת פנס, ולא ניתן לראות תקלות הנמצאות יותר מכחצי מטר מפתחי הצינורות.

לפני מספר חודשים הכריזה חברת אקוסטיקאיי על יחידה ידנית חדשה המותאמת לבדיקת צינורות רחבים, כמוגדם בתרשים 2. יחידה זו כוללת גם שינויים מבניים חשובים, וניתן לחבר לה מתאמים שונים לבדיקת צינורות עד קוטר של "4. יחידה זו הופעלה בהצלחה במספרי ניסויי שדה ביניהם:

צמד בולרים בתעשייה כימית: נבדקו שני

DISCOVERY COMPACT

INSPECTION CAMERA WITH RECORDABLE MONITOR



וידיוסקופ עם מסך צבעוני והקלטה

- תכונות המכשיר:**
- מאפשר בדיקה קלה של אזורים עם גישה קשה
 - כבל גמיש באורך 1 מטר (קיימים אורכים נוספים)
 - קוטר הכבלים הקיימים 4.5 מ"מ, 5.5 מ"מ, 9 מ"מ ו-17 מ"מ
 - המצלמה עמידה במים לפי תקן IP67
 - צג 2.7" TFT-LCD צבע
 - הגברת הראייה עלידי זום 3 X
 - הקלטת וידאו על כרטיס SD עד לנפח 32 GB
 - כוון בהירות התמונה על ידי תאורת LED על העדשה
 - אביזרים שימושיים כללים: וו, מראה ומגנט
 - הפעלה על ידי 4 סוללות AA
 - זווית צפייה אופקית 36 מעלות

יש באפשרותינו לספק דגמים נוספים



SD Card Up to 32 GB	REC Recording Real-time	DIGITAL ZOOM Digital ZOOM	2.4" TFT LCD screen	Waterproof Camera Shaft	Color Hi-Quality
------------------------	----------------------------	------------------------------	------------------------	----------------------------	---------------------

www.mneng.co.il 03-9798334 פקס: 03-9798333 טל: **מ.נ. הנדסה**



שיטות למדידת עובי ציפוי באמצעות קרינה מייננת

Thermo Niton Analyzers, LLC STANISLAW PIOREK

באדיבות RBM

הקדמה

הציפוי ממלא תפקיד בעל חשיבות הולכת וגדלה בתחומי תעשייה רבים. יש עניין הולך וגובר בשיטות בדיקות לא הרסניות לבדיקת עובי ציפוי. התפתחויות אחרונות בטכנולוגיות כמו חומרים מרוכבים, מסננים אופטיים, סופר-מוליכים, אלקטרוניקה תעשייתית ולצריכה, כמו גם ייצור אביזרים מוליכים למחצה, מאיצים את המחקר והתכנון גם של הציפויים וגם של השיטות ליישומם. כפועל יוצר מזה זה גרם לעליה בצורך בשיטות לא-הרסניות ומהירות למדידת עובי ציפוי והרכבו.

מהו ציפוי?

ציפוי יכול להיות מוגדר כשכבה של חומר אחד או יותר, המיושם על-פני שטח של חומר אחר, בדרך כזו ששתייהן ידבקו זו לזו בצורה קבועה. בדרי"כ, שכבת הציפוי הינה דקה יותר, לעיתים קרובות דקה הרבה יותר, מזו של חומר הבסיס. ביסודם, ציפויים יושמו בעיקר מסיבות של מניעה ודקורציה (כמו צבע, שהוא הציפוי שנחשב הכי שכיח). תפקיד הציפויים היה לשמר את חומר בסיס מאלמנטים שונים ולהאריך את זמן השימוש באביזר המצופה. ברוב המקרים אנו מתקינים את הציפוי לצורך "הקרבה" לצורך הגנה על חומר בסיס יקר יותר.

עם זאת, לעיתים המצב יכול להיות הפוך. למשל, לעיתים קרובות תכשיטים פחות יקרים מצופים בשכבה דקה מאד של חומר יקר יותר כמו זהב, כדי ליצור מראה של פריט העשוי זהב טהור.

יש היום ציפויים חדשניים רבים, והם משרתים מטרת מוגדרת רבות. דוגמאות: רזל חמצוני

אופטיות- ואלה רק דוגמאות אחדות. צפויים ייחודיים אלה הם לעיתים קרובות דקים מאד בהשוואה לשכבה אופיינית של צבע (מיקרוניס לעומת מילימטר), ולכן מתייחסים אליהם כאל "שכבה דקה".

סקירה קצרה של שיטות לא-הרסניות עיקריות למדידת עובי ציפוי.

שיטות שונות פותחו במיוחד למדידת עובי ציפוי כדי לענות על השונות של צירופים של ציפויים, שכבות ובסיס. המודד ישתמש בשיטות שונות, תלוי בצירוף של עובי הציפוי וחומר הבסיס: השראה מגנטית, Micro resistance, eddy current, Beta-backscatter, X-Ray או Gamma, או XRF.

שיטות המבוססות על קרינת מייננת

באופן בסיסי ישנן שלוש טכניקות לא הרסניות למדידת עובי ציפוי העושות שימוש באינטראקציה של קרינה מייננת עם חומר:

- beta particle back scatter
- gamma X-ray back scatter
- X-ray fluorescence

שיטת ה-beta backscatter מבוססת על תופעה של התפזרות של אלקטרונים (חלקיקי בטא) החוצה מפני השטח.

בדרך כלל נעשה שימוש באיזוטופ פחמן 14 כמקור לפליטת חלקיקי בטא.

לעירור של אנרגיה מסוימת של המקור העוצמה של התפזרות חלקיקי בטא החוצה ממטרה עבה הוא פרופורציוני למספר האטומי, Z של ההתפזרות.

מודדים בדיל המצפה פלדה. אם באיזוטופ פחמן 14 (מקסימום א של 155keV, זמן מחצית חיים של 14.3 שנים) ניתן למדוד ציפוי של 3 מ"ג לס"מ². יש לשים לב שבמבטא במסה חלקי יחידות שטח, בעובי אבסולוטי, ליניארי, זה אופייני המבוססות על קרינה מייננת שכן ההתפזרות או של קרינה פלואורס קודם כל על מה שקרוי "צפיפות או מסה חלקי יחידת שטח של חלקיק של המסה הנמדדת חלקי על ידי צפיפות מסוימת של ציפוי, לעובי ציפוי לנארי.

חסרונות:

יש צורך במקורות רדיו-אקטיביים רישוי מיוחד.

נתן לבצע בדיקת עובי ציפוי של בלבד.

לא נתן לבדוק באמצעות השיטה חד מרכיבים.

מוגבלת לגיאומטרית פני שטח.

Gamma X-ray back scatter

שיטות ה-גמא או X-ray משמש בעוצמת ההקרנה המפוזרת כמדידת של השכבה המפוזרת. עם זאת ה

הגמא או ה-X-Ray המפוזרות היא של הרכב הציפוי. זה פותח את ה

רק למדוד את עובי שכבת הציפוי את המספר האטומי הממוצע (או X-Ray נלכדות הדוגמא יכול עם איבוד אנרגיה (מה שקרוי

0.95. זה כך בגלל שציפויים דקים יותר בדר"כ יוצרים קרן X שהיא חלשה מידי כדי למדוד אותה בצורה מהימנה, בעוד שמעבר ליחס של - 0.95 אות קרן ה-X מאבד את הרגישות לשונות של עובי. לכן, הקריטריונים לעובי מקסימלי/מינימלי הניתן למדידה, m_{max} & m_{min} .

באופן מקרי, ניתן להשתמש באותו הקריטריון לטכניקות של backscatter של גבי קרני גמא או X.

עם רוב הציפויים המתכתיים, ניתן למדוד עוביים מכמה 10^{-5} מ"מ, ועד לכמה 10^{-3} מ"מ, בעוד שציפויים לא-מתכתיים צפופים פחות, העובי הניתן למדידה גדול יותר בלחות פקטור 10.

אם ידועה העוצמה הספציפית של ציפוי פשוט, מאלמנט אחד, אזי ניתן להגיע בקירוב לעובי המקסימלי הניתן למדידה מהעקומה בתרשים 4.4. למשל, אנו יכולים להגדיר את העובי המקסימלי של ציפוי אבץ טהור דרך העוצמה של קו אבץ $K\alpha$ בציפוי. המספק האטומי של אבץ הוא 30, ובנוסף מהנראה בתרשים 4.4. אנו יכולים לקרוא את המקסימום מסה/יחידת

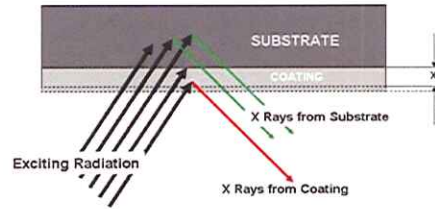
בחירה של מצבי אנאליזה אופטמאליים

לאופטימיזציה של מצבים אנאליטיים יש

בהנחת השכבה המצופה או כנגד שכבה שטוחה של גב-מתכת ולמדוד את עוצמת האלמנט בגב דרך השכבה. שיטה זו מאפשרת למדוד עובי של שכבת פלסטיק או נייר לא מצופים.

בנוסף, אנו דורשים שההרכב כימי של הציפוי או חומר הבסיס יהיו קבועים.

פליטה של קרני X בחומר ציפוי X-Ray excited in coating



תרשים סכמטי - ציפוי יחיד על חומר בסיס וקרניה נפלטת ומוקרנת (exciting and emitted radiation).

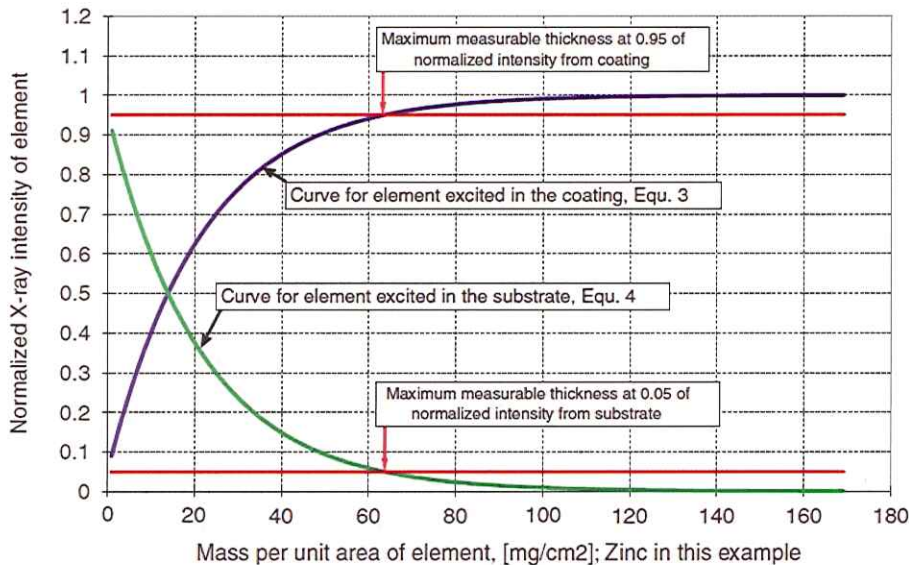
טווח עובי הציפוי הניתן למדידה

באופן מוזר, טווח עובי הציפוי הניתן למדידה מוגדר כטווח הערכים לגביהם היחס של העוצמה המנומרת-ל-4.3 כמו בתרשים - נופל בין 0.05 -

Table 4.1 Properties of radioisotope sources used in portable XRF analyzers.

Radio-isotope	Half-life (years)	X- or γ -ray energy (keV)	Photons per disintegration
^{55}Fe	2.7	Mn K X-rays (5.9, 6.5)	0.28
^{109}Cd	1.3 (464 days)	Ag K X-rays (22.1, 25); γ -rays, at 88.03	1.02; 0.04
^{241}Am	432.7	γ -rays, at 59.54; Np L X-rays (11.9-22.2)	0.36; 0.43

תרשים 4.1



תרשים 4.3

המתכת המוצקה. הריק, המתמלא באוויר ותחמוצות ברזל, משנה את העוצמה של הקרינה המפוזרת. אופייני שבשיטה זו יעדיפו מקורות איזוטופיים שכן הם פולטים monoenergetic X or gamma rays שמיצרים שיאים (פיקים) Compton scattered מוגדרים מאד.

שיטת ה-XRF עושה שימוש בתופעה של יצירת קרני X אופייניים בחומר המוקרן עם קרן מספיק אנרגטית של גמא או X ממקור חיצוני. קרן ה-X האופיינית יכולה להשפיע גם על הציפוי וגם על חומר הבסיס. בכך ניתן להגדיר את עובי הציפוי גם ע"י מדידת עוצמת קרני ה-X המעוררות בציפוי או ע"י מדידת עוצמת קרני ה-X המעוררות בחומר הבסיס, שכן הן מוחלשות ע"י ציפוי בעל עובי עולה. הקרינה המעוררת יכולה להיות מחוללת ע"י שפופרת X-Ray או ע"י איזוטופים מסוימים. ניתן ליישם XRF לציפויים שהם דקים מידי בשביל שיטת beta scattering.

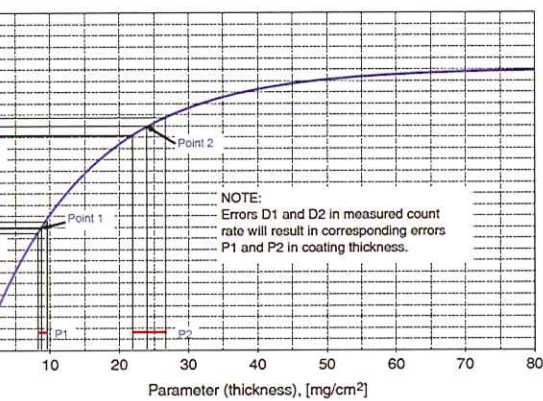
שיטת XRF לעובי ציפוי

תיאוריה

לצורך הבהרה אנו מגבילים את הדיון לשיטת XRF לציפויים לדוגמאות של שכבת ציפוי בודדת על שכבה בודדת של בסיס. למערכות ציפוי מודרניות יכולות להיות שכבות ציפוי רבות ושונות בהרכבים שונים ועוביים שונים. ניתן לעשות אנאליזה של מערכות רב-שכבתיות ומורכבות כאלה ע"י ספקטרומטר XRF ייעודי המשתמש בתוכנה יסודית מבוססת-פרמטרים שיכולה לנהל עד 7 שכבות שונות בעלות הרכבים כימיים שונים. עם זאת, גם מכשירים אלה דורשים שסדר השכבות יהיה ידוע מראש.

כפי שצוין קודם לכן, ניתן להגדיר עובי ציפוי ע"י מדידה גם של עוצמת ה-X-RAY המעוררת (excited) באלמנט הציפוי או העוצמה של ה-X-RAY המעוררת באלמנט של חומר הבסיס. במקרה הראשון, עליה בעוצמת ה-X-RAY תואמת לעליה בעובי הציפוי. כמה שהציפוי יהיה עבה יותר, כך יהיו ה-X-RAY אלומתיות יותר. במקרה השני, עליה בעובי הציפוי גורם לירידה בעוצמת ה-X-RAY מחומר הבסיס שכן הם מוחלשות ע"י שכבת הציפוי. ההגדרה לגבי השיטה העדיפה תלויה ביישום הספציפי.

לא משנה באיזה שיטה נשתמש, חייבים לענות על הדרישה החשובה ביותר המבטיחה יישום של המדידה: **האלמנט הנבדק יכול להיות קיים או בציפוי או בחומר הבסיס, אבל לעולם לא בשניהם.** לעיתים קרובות, כאשר מודדים עובי ציפוי על שכבות פלסטיק דקות, יש יתרון



תרשים 4.7

שיצרני פלדות מצפים לעיתים קרובות את הסגסוגת למנוע קורוזיה.

טווח הציפוי ומקור העירור

קל לראות שלמדוד טווח רחב של עובי ציפויי בדיל, יש צורך מעוררות בדיל בציפוי. לכן, כדי לעורר קרני X אלה, אנו צריכים מקור בעל אנרגיה גבוהה מספיק, כמו Am241 או שפופרת קנתמתח גבוה (HV) של לפחות 35kV. עם זאת, אם נתרכז במד של בדיל, אנו יכולים לשקול למדוד דרך קרני X מעוררות בפלדה כחומר בסיס, שגם מאפשר להשתמש מקור פחות אקדמיים 109 או שפופרת קרני X העובדת ב-HV נמוך יותר ע"י לימוד תרשים 4.5. אפשר לבצע התבוננות אחרת בעלת כאשר אנו עושים אנאליזה של ציפוי של מתכת אחת שלקראת יש אנרגיה דומה לאלמנט של החומר, יש הבדל קטן בלבד בציפוי או בחומר הבסיס. זה ידוע ע"י דוגמא של זהב על עסק העקומות מאפשרות פחות או יותר את טווח עובי. הם אם נתחשב במקרה של כסף על גבי ניקל. כאן $K\alpha$ של קרני הכסף ב-22.1 ו-25keV הם הרבה יותר אנרגטיות מאשר $K\alpha$ קרני X של ניקל.

כתוצאה מזה, מדידה עם קווי כסף מציעה סדר חשיבות שהיה גדול (רחב) יתר של עובי הניתן למדידה ומאשר ניקל מציע של קרני X שלו.

הדיוק והרגישות של בדיקה

רגישות S-

רגישות של שיטה אנאליטית מוגדרת בצורה לא פורמאלית שנוי האות הוממד. לשונוי של ריכוזי האלמנט שגורם לו

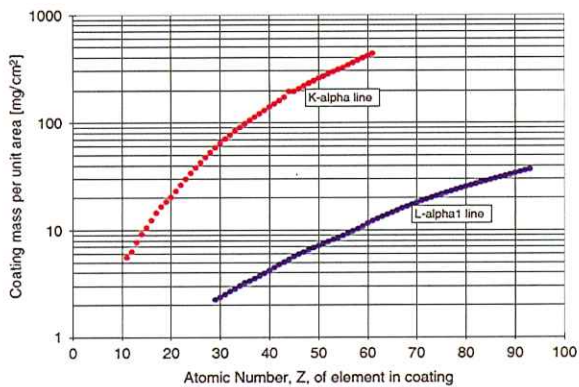


Figure 4.4 Maximum coating thickness measurable by K_{α} or $L_{\alpha 1}$ X-rays excited in coating as a function of atomic number, Z , of an element.

תרשים 4.4

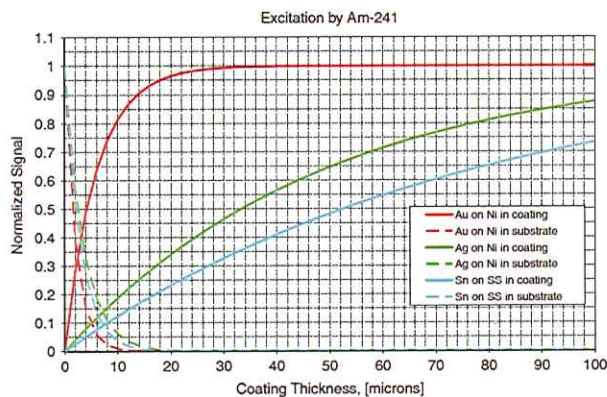
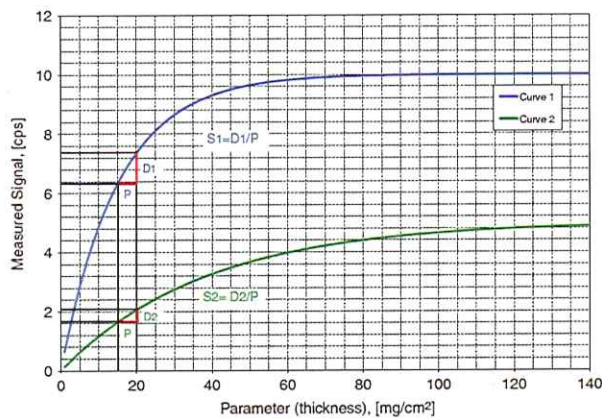


Figure 4.5 "Calibration" curves for gold or silver on nickel and for tin on stainless steel.

תרשים 4.5



תרשים 4.6

השפעה ישירה על איכות התוצאות. למשל, סוג עובי הציפוי והטווח הנדרשים למדידה יכתבו את בחירת אנרגיית העירור (סוג האיזוטופ או המתח הגבוה של שפופרת ה-X-ray). באופן דומה. לבחירה להשתמש

ע"י אלקטרוליזיס. כל הציפויים הללו ניתנים למדידה בקלות ע"י XRF.

לסוגים רבים של ציפוי ניתן להתייחס כאל שכבה דקה - thin film, המאפשרים כיוול ואנאליזה בצורה פשוטה. דוגמא ראשית לשיטה של שכבה דקה היא איסוף חלקיקי אוויר על תווך מסנן. למעשה, שיטה של שכבה דקה נותנת כ"כ הרבה יתרונות על פני הגישה של דוגמא בצבר - bulk-, שהרבה אנליסטים מעדיפים להמיר את הדוגמא מצורה של צבר לצורה של שכבה דקה ואח"כ לעשות לה אנאליזה. זה נכון במיוחד ל-trace analysis.

הטווח של יישומי ציפוי ש-XRF נייד יכול לענות עליהם היא גדולה במפתיע - מתעשייה, דרך איכות סביבה, לאמנות וארכיאומטריה, וממש לאחרונה אפילו לשטח של בריאות הציבור. יש גם צורך נרחב לציפויים ביוצידיים על פריטים הנמצאים בשימוש יום-יומי במקומות ציבוריים כמו בתי"ח, בתי"ס, מתקנים צבאיים, מעונות מגורים ועוד. הביוצידיים המשפיעים ביותר הם אלה המכילים יונים של כסף או יוד. הם מיושמים בצורה של צבעים או כמרכיבים של סוג אחר של ציפויים שניתנים למדידה בקלות עם XRF. האפקטיביות של ציפויים אנטי-מיקרוביאליים תלויה בכמות הכסף או היוד, ולכן יש צורך לשלוט בריכוז שלהם (מסה חלקי יחידת שטח) בציפוי בזמן תהליך היישום, כמו גם לאחר שימוש ממושך. בהתחשב בריבוי המצבים האפשריים והחפצים שידרשו להיבדק, זה רק טבעי שנענה על צורך זה ע"י XRF נייד.

בערך 11.7% של השגיאה היחסית. אבל אם העוצמה הנמדדת מהציפוי היא כעת 0.8cps, השגיאה שלה תעלה בגלל הסטטיסטיקה הנספרת לבערך $\pm 0.3 \text{cps}$, שבעצמה תומר ל- $24 \pm 2.5 \text{mgcm}^{-2}$ זה תואם לבערך 10.5% שגיאה יחסית. ניתן לראות שבזמן שהשגיאה היחסית ירדה, הערך המוחלט עלה פי 2.5 ולא פי 1.5, רק בגלל העקומה השונה (או הרגישות) של עקומת הכיול בנקודה 2 לעומת נקודה 1. אם זה לא יתקבל, דרך פשוטה אחת להוריד את השגיאה המוחלטת, 2P, היא להגדיל את זמן המדידה שכן זה יגרום לכך שהשגיאה היסודית, 2D, בספירת האותות תהיה קטנה יותר

סיכום ומסקנות

מדידת עובי של ציפויים מתכתיים ואל-מתכתיים מהווה יישום אידיאלי ל-XRF. מתכות אופייניות המשמשות לציפוי, הינן בין היתר טיטניום, אלומיניום, אבץ, זירקוניום, כרוםטיות ופוספאטיות, כלומר: לפלדה לפני טיפול. TiN, למשל, עובדת טוב לחומרים למכונות על בסיס ברזל. CrC, עם התנגדות הגבוהה שלו לחמצון בטמפרטורות גבוהות, נמצא בשימוש ביציקות בעוד שטונגסטן קרביד/פחמן (wc/c) מיועד לצפות ולהגן על מרכיבים מדויקים הנמצאים תחת עומס גבוה, גירים ומנוע-גיר, וחלקי מנועים. רוטניום ורודיום המצפים רשתות טיטניום או ניקל, נמצאים בשימוש לאלקטרודות ביצור של כלורניום

מודגם בתרשים 4.6 שלמעלה. אם נחשב א הרגישות המקומית ב- 15mg cm^{-2} עבור עקומה 1, נקבל:

$$S_1 = 0.21 \text{cps mg}^{-1} \text{cm}^2$$

לעקומה 2, $S_2 = 0.08 \text{cps mg}^{-1} \text{cm}^2$, שהם כמעט פי 3.

אם נביט שוב בתרשים 4.5, נוכל לראות בקלות שעקומת זהב על ניקל מציעה רגישות גבוהה יותר מאשר כסף על ניקל. מה אפשר להרוויח מכך? למשל, יש ציפויים שהם אינם אלמנט יחיד, כמו אבץ-פוספונאט על פלדה. ה-stoichiometry של הציפוי הוא קבוע, ולכן אפשר להשתמש בקרני X גם של זרחן וגם של אבץ לצורך אנאליזה. לסוג זה של ציפוי יש עוביים שהם טובים בתוך היכולות של קרני X של זרחן ואבץ. עם זאת, זרחן מציע רגישות טובה יותר מאשר אבץ, ולכן עובי ציפוי נמדד בדרכי"כ דרך קרני X של זרחן.

דיוק

דיוק מדידה מושפע מכמה פקטורים, אחד מהם הוא שזוהי הבחירה הנכונה של החלק המופעל בעקומת הכיול. זה מודגם בתרשים 4.7.

בואו נשקול 2 נקודות על העקומה המוצגת בתרשים 4.7. בהנחה שהציפוי הנמדד מפיק בזמן מדידה נתון סיגנאל של 4.4 cps, עם שגיאה של $\pm 0.2 \text{cps}$, הוא יראה עצמו ביחס לעקומה המודגמת ב- $8.5 \pm 1.0 \text{mg cm}^{-2}$ של עובי ציפוי (נקודה 1 בתרשים 4.7). זה

ציוד רנטגן תעשייתי

GE - SEIFERT

dectal דקטל

ADVANCED TECHNOLOGIES. טכנולוגיות מתקדמות בע"מ



ת"ד 2410, בני - ברק 51123 (רח' בן גוריון 19), טל' 03-5795001/2 פקס' 03-5795003, E-mail: dectal@netvision.net.il

A new edition of ISO 9712

Dipl.-Ing. Ralf Holstein, Director of training, German Society for NDT, Berlin

countries of the European Union
3 is the main qualification basis
personnel in general industries.
the field of aircraft companies the
s used instead.

come in to market end of the year
started slowly but the use of it was
growing over the years. In parallel
of personnel certification
s introduced and became a basic
mutual recognition.

important step was the introduction
European Pressure Equipment
(PED). It was published that EN
harmonized standard and its use
fully fulfills the requirements for
personnel according PED. For today
less than half a million certificates
EN 473 are on the European

ation in many other parts of
is different. Employer based
on of NDT personnel according
-1A is very common. Additional
level 3 persons are certified by
according CP 189 or ACCP.

g number of companies were
y satisfied with employer based
on and started the use of ISO
05. As an example National
on schemes according ISO 9712
gnificant number of certificates
ble in Canada, Japan and China.
er national NDT societies seem
interested.

d economy changed a lot during

For many years it seemed impossible. But
in 2009 the historical decision was taken to
form a Joint Working Group between ISO/
TC 138 and CEN/TC 135.

Thanks to the clever leadership of the
conveners Prof. Hatano from Japan and
Patrick Fallouey from France it was
possible to lay down a first draft beginning
of 2011. After national discussions more
than 300 remarks had to be taken in to
account. In a two day working session
during the Pan-American Conference
October 2011 in Cancun the impossible
became possible. A final draft was accepted
by both committees. After official vote
beginning 2012 it could be published after
summer 2012. EN 473 will end at this point
and be replaced by ISO 9712:2012.

What is new in ISO 9712:2012? Here some
major changes:

- The responsibilities of the employer are precisely defined. There is mentioned that he may need a written practice, he has to document the experience of the personnel and he has to check addition training requirements.
- More space is open to regulations by the certification body (CB). CB has to publish a training syllabus, a list of accepted training centers, regulations for examinations, sectors and so on.
- Minimum training times are changed. Especially for the direct access to Level 3 you will see a lot of increase.
- The use of computer based training and examination was defined as well as web

performing all tasks of a level 2.

I'm sure that the new ISO 9712 will be
much more used than the edition before.
At least half a million certificates according
EN 473 will be transferred during renewal
and recertification. Countries for South
America and Asia have shown their interest
to offer certification schemes according
ISO 9712.

I would recommend you to read the FDIS
9712 which should be available latest in
March 2012.

Ralf Holstein



Ing. Ralf Holstein

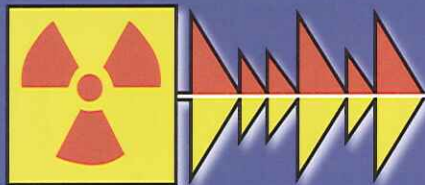
רלף הולשטיין מנכ"ל DGZfP (הכשרה והדרכה
בע"מ)

בעל תואר מהנדס טכנולוגיות מידע מאוניברסיטת
דרזדן

בשנת 1993 החל את פעילותו בעמותה הגרמנית
לבדיקות לא הורסות, במשך מספר שנים שימש כראש
הגוף להכשרת כוח אדם, בו הטמיע את תקן EN 473,
והובל להכרה רשמית הראשונה בארגונו.

בשנת 1977 התמנה לראשות מרכז ההדרכה
והחל משנת 2003 משמש כמנכ"ל החברה החדשה
להדרכה

חדש



MOREX 71 LTD
מורקס 71 בע"מ

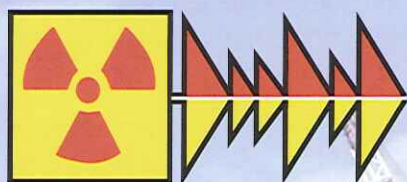


חדש מארקס 71 מערכת Real Time

◆ צילום חלקים ומכלולים
וקבלת שיקוף רנטגן בזמן אמת.

◆ אפשרות תמרון החלק
תוך כדי בדיקה וקבלת כל התיעוד
על DVD או כקובץ במקום

לפרטים ונספים ניתן לפנות לטל: 09-8997660 או בדוא"ל info@morex71.co.il



MOREX 71 LTD
מורקס 71 בע"מ

בדיקות לא הורסות

- בדיקת ריתוכי קונסטרוקציה וצנרת • בדיקות עובי דופן
- מומחים בביצוע בדיקות ע"פ התקן ההולנדי לצנרת גז
- הכנת מפרטים ותהליכי ריתוך • פיקוח ריתוך • הסמכת רתכים
- ייעוץ ואבטחת איכות • קורסים והדרכות

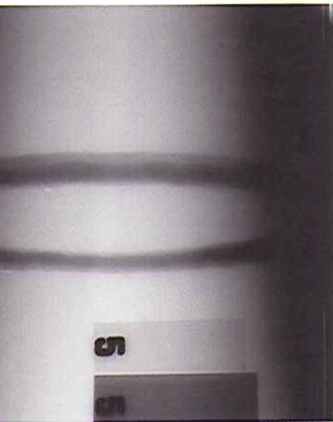
סניף ראשי: טל. 09-8997660 פקס. 09-8998577
סניף צפון: 04-8765663 סניף דרום: 08-6278947

Web Site: www.morex71.co.il

לפרטים ונספים ניתן לפנות: info@morex71.co.il

בדיקות לא הורסות בתחום התעופה הגיע הזמן שהרדיוגרפיה הדיגיטלית תתפוס את מקומה הראוי

מאת רון פינקו ורחל ליברמן



מקטעים חיצוניים של ריתוך מתכת במרכז (באדיבות חברת בואינג)

בשנת 2003, חברת בואינג הגיעה למסקנה שהרדיוגרפיה הדיגיטלית עדיפה על פני בדיקות רנטגן המתבססות על פילם. על אף זאת, בדיקות על בסיס רדיוגרפיה דיגיטלית עדיין לא גובשו בכל הקשור לאורך חייו של המטוס (משלב הייצור ובמשך השימוש השוטף בו).

רדיוגרפיה דיגיטלית וייצור כלי הטייס

חברת בואינג ערכה מחקר בשנת 2003 המשווה בין ביצועי הרדיוגרפיה הדיגיטלית לבין הרנטגן הקונבנציונלי המבוסס על הפילם בעת בדיקת ריתוכים של Inconel Ducting על פי מפרט ביקורת BAC5975. מטרת המחקר הייתה לבדוק נקבוביות מתחת לפני השטח, חוסר התכה, חיבור לקוי בין המפרקים, וסדקים.

- בעקבות המחקר, חברת בואינג מצאה שרנטגן באמצעות פילם לקה בחסרונות הבאים:
- פרק זמן ארוך להיערכות עקב הצורך למקם מחדש את הציוד (צילום "על עיוור" עד

בעשורים האחרונים ניכר גידול מרשים בדרישה לבדיקות NDT בתחום התעופה, שהרי התרסקות של מטוס עלולה לגרום לאובדן חיים בממדים קטסטרופליים. לפיכך, נקבעו סטנדרטים מחמירים על מנת לאתר סדקים ופגמים מזעריים בחלקי מנוע, בלהבים ובמבנה המטוס, הן בשלבי הייצור והן בתחזוקה ובשיפוץ.

רדיוגרפיה דיגיטלית פותחת חלון של הזדמנויות עבור תעשיית הבדיקות הלא הורסות בתחום התעופה, בזכות מספר יתרונות בולטים כמו הפקת צילומים באופן מיידי ובאיכות מעולה, POD (הסתברות זיהוי) גבוה, וידידותיות לסביבה. יצרני OEM כמו חברת בואינג ורולס רוייס כבר החלו לפעול לקידום הרדיוגרפיה הדיגיטלית ופיתחו מספר תקנים בתחום הבדיקות הלא הורסות כגון תקן BSS-7075/7044 המתייחס לשימוש ברדיוגרפיה דיגיטלית.

אך תקנים אלה מתמקדים בשלב הייצור ולא באחזקה השוטפת על אף שהרדיוגרפיה הדיגיטלית הינה אידיאלית למטרה זו. כבר



- לפיתוח הפילם)
- הוצאות גבוהות ונשנות עקב הצורך בסרטי צילום וכימיקלים
- התהליך הכימי מצריך לאחר גיבוש טיפול בהשלכת והטמנתם הכימית
- יכולת אבחון משתנה ולעיתים קבוצת.

- לעומת זאת, חברת בואינג ציינה מספר בולטים של הרדיוגרפיה הדיגיטלית:
- POD גבוה ביותר (94%) לעומת בעת השימוש בסרטי צילום (Wall) לשיקוף צינורות.
- הוצאות נשנות נמוכות באופן ניכר

המבוססות על פאנל שטוח ואשר מופעלות באמצעות סוללות הן חסכוניות ומהירות יותר ואף תופסות שטח מצומצם בהרבה מאשר ציוד צילום קונבנציונלי המבוסס על סרטי צילום (חסכון בנפח בין 65% עד 97%).

פרק הזמן הדרוש לפריסת שטח של מערכת רנטגן דיגיטלית המבוססת על פאנל שטוח הוא כשעה ועשרים, לעומת פריסת ציוד קונבנציונלי המבוסס על סרטי צילום שמצריכה מספר שעות. מההיבט של פרק הזמן הדרוש לביצוע בדיקה, הרדיוגרפיה הדיגיטלית חסכונית יותר ב-43% לעומת הטכנולוגיה המבוססת על סרטים. עובדה מרשימה נוספת היא שבדיקות לא הורסות על בסיס רדיוגרפיה דיגיטלית היו פתרון נייד ויעיל במחירים נמוכים ללא תחרות. חיל האוויר האמריקאי קבע שמההיבט הכלכלי ההחזר על ההשקעה ימומש בתוך תקופה של 3 חודשים בלבד. המסקנה ברורה למדי - רדיוגרפיה דיגיטלית עונה על דרישותיו של חיל האוויר האמריקאי (USAF).

ניתן להבחין ביתרונות אלה באופן מעשי כאשר בוחנים מקרה שהיה: הרוטור האחורי של מסוק אפאצ'י כמעט ונותק מכלי הטייס כאשר נסע על המסלול לקראת ההמראה. על פי הנהלים, צי האפאצ'י קורקע עד שכל אחד מכלי הטייס יעבור בדיקה לא הורסת. ברוב המקומות בו נמצאו מסוקים אלו לא היו קיימים ציוד ותשתית לביצוע צילומי רנטגן. הודות לשימוש במערכת רדיוגרפיה דיגיטלית, תהליך הביקורת כולו ארך מספר ימים. אילו היו משתמשים במערכת המבוססת על פילם לשם ביצוע הביקורת, התהליך היה משתרע ככל הנראה על פני מספר שבועות. נוהל הקרקוע מתבצע גם כשמדובר בכלי טייס אזרחי שמתרסק. גם במקרה כזה, מערכת רדיוגרפיה דיגיטלית ניידת מסוגלת לחסוך שעות עבודה רבות, ובדרך זו לצמצם את ההשלכות הכלכליות עבור חברת התעופה כשעודנה מבטיחה ביקורת קפדנית ושימור בלתי מתפשר של חיי אדם.

פרדיגמת הסטנדרטיזציה

שני מחקרי ההשוואה של חיל האוויר האמריקאי ושל חברת בואינג בין מערכות רנטגן על בסיס רדיוגרפיה דיגיטלית לבין מערכות רנטגן המתבססות על פילם התבצעו לפני כעשור. השאלה המתבקשת היא: אם ציוד רנטגן על בסיס רדיוגרפיה דיגיטלית עולה על ציוד רנטגן על בסיס פילם בכל כך הרבה מובנים, מדוע לא עברה תעשיית התעופות לטכנולוגיה הדיגיטלית?! מה הסיבה שעדיין לא נוסחה ←



חיל האוויר האמריקאי משתמש במערכת ה-Foxray

רדיוגרפיה דיגיטלית ואחזקה שוטפת

חיל האוויר האמריקאי משתמש בבדיקות לא הורסות בעיקר למטרות אחזקה, על מנת לבדוק חלקי מטוסים ולאתר סממנים של עייפות החומר, קורוזיה והזדקנות (כולל חלקי כנף, רוטורים, ועוד). בשנת 2000, חיל האוויר האמריקאי ערך מחקר המשווה בין רדיוגרפיה דיגיטלית לבין רנטגן באמצעות סרטי צילום. עקב העובדה שפריסה לצורך בדיקות לא הורסות כרוכה בהעברת ציוד רב וכלי טייס, חיל האוויר האמריקאי חיפש מנגנון קומפקטי ומשתלם כלכלית כדי לבצע בדיקות לא הורסות בתחום האחזקה.

המחקר קבע כי מערכות רנטגן דיגיטליות



מערכת רדיוגרפיה דיגיטלית ניידת של וידיסקו על המשטח



ציוד קונבנציונלי על בסיס פילם (באדיבות חיל האוויר האמריקאי)

מקום בעיקר בעת שינוע הציוד, לדוגמה עם טייסת בעת פריסת כוחות מעבר לים כנהוג בצבאות זרים. כמו כן אין צורך באחסון סרטי צילום מצולמים לצרכי תיעוד - הכול מאוחסן על מדיה דיגיטלית.

- פוטנציאל לביצוע בדיקות מהימנות יותר הודות ל-POD הגבוה
- סבב בדיקה קצר יותר לעומת תהליכים קיימים (12 דקות עבור רדיוגרפיה דיגיטלית לעומת 3 שעות לפיתוח סרטים, המהווה חסכון של 90-93% בהיבט הזמן).

במהלך המחקר, חברת בואינג אף הגיעה למסקנה שאיכות הצילום המושגת באמצעות רדיוגרפיה דיגיטלית עולה במידה ניכרת על איכות הצילום אשר מושג באמצעות פילם. בעת ניתוח הנתונים, חברת בואינג ייחסה את היכולת להפיק צילומים באיכות כה גבוהה לגורמים הבאים:

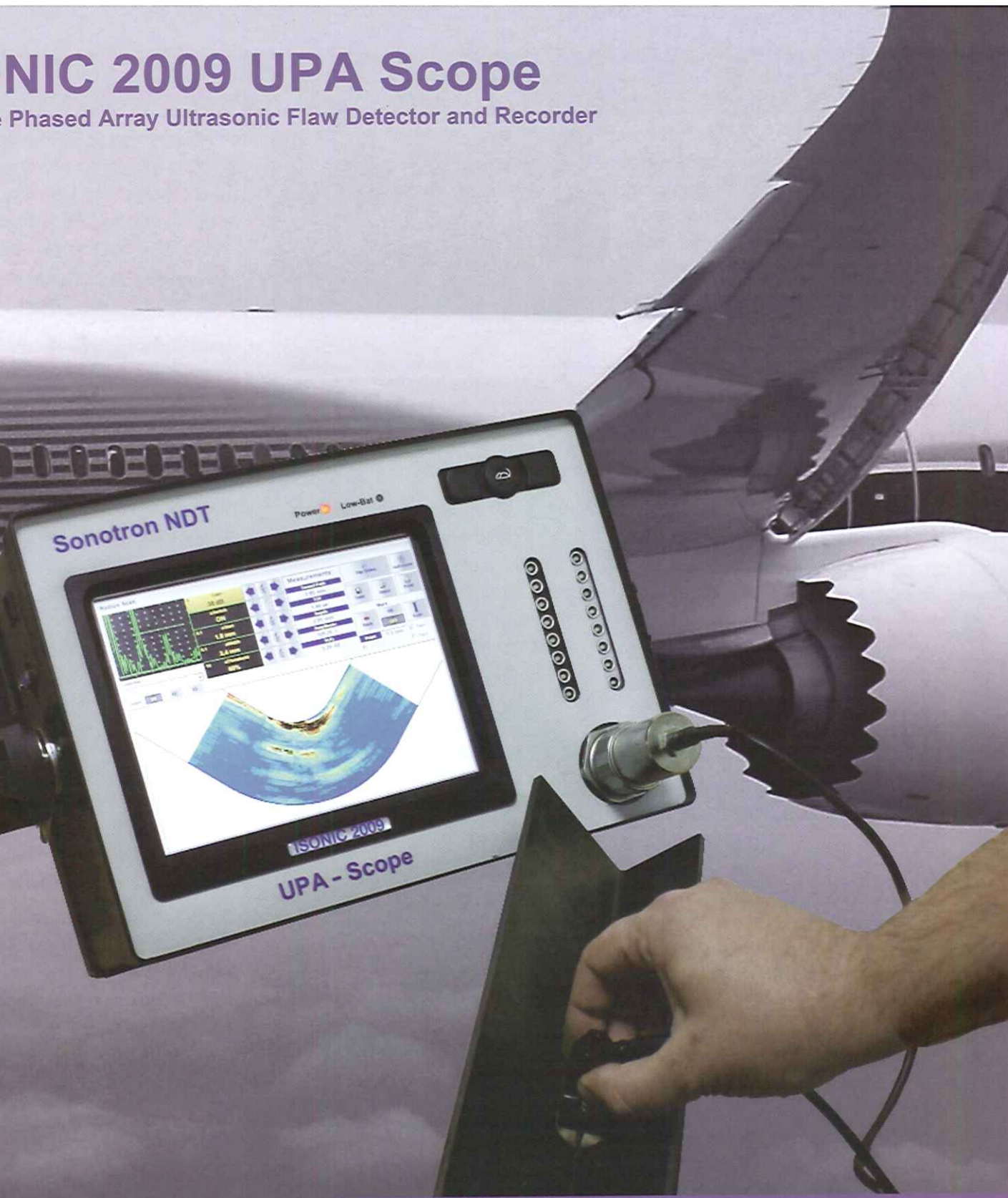
- תנאי צפייה מבוקרים - כל מפעילי הציוד צופים בתוצאות בתנאים זהים
- יכולת הגדלה (ZOOM) מאפשרות למפעיל לאתר סדקים מזעריים
- הזדמנויות נשנות לאתר פגם הודות ליכולת לבצע מספר צילומים בלתי מוגבל
- יכולות לשחזר את מערך הביקורת כולו עקב היכולת להעתיק באופן מדויק את תנאי הצילום הרנטגן הקודמים
- קונטרסט גבוה יחד עם Latitude (מרווח) גבוהה - תופעות אלה ברות השגה בזמנית ברדיוגרפיה דיגיטלית בעוד כשמדובר בפילם, האחת באה על חשבון האחרת
- תוכנה ייחודית מספקת כלים להשבחת צילומים אשר משפרים באופן ניכר את יכולת הזיהוי כגון: הגדלת היחס בין הסיגנל הדיגיטאלי לרעש (SNR).

המסקנה המתבקשת היא שיש ביכולתה של הרדיוגרפיה הדיגיטלית לא רק להחליף ביעילות את הצילום באמצעות סרטי הצילום אלא אף לעלות על ביצועיו עקב ה-POD הגבוה והאיכות הגבוהה של הצילום, תוך חסכון משמעותי בהוצאות הנלוות.

יש לציין שהרדיוגרפיה הדיגיטלית אף השתפרה באופן משמעותי מאז שנת 2003 בעוד צילום הרנטגן באמצעות פילם פחות או יותר "דשדש" במקום. מכאן משתמע שהיום הפערים בין רדיוגרפיה דיגיטלית לבין צילום באמצעות פילם הינם משמעותיים עוד יותר.

ISONIC 2009 UPA Scope

Phased Array Ultrasonic Flaw Detector and Recorder



VERSATILITY ✓ SUPERIOR PERFORMANCE ✓ INTUITIVE OPERATION



ISONIC 2010

Extremely Portable Phased Array
Ultrasonic Flaw Detector and Recorder

VERSATILITY ✓ SUPERIOR PERFORMANCE ✓ INTUITIVE OPERATION

- ▶ Lightest weight / smallest size ever Phased Array / TOFD instrument
- ▶ **32:32 – parallel, no multiplexing** / 1 or 2 channels – conventional and TOFD
- ▶ **8192** independently adjustable focal laws
- ▶ Bi-polar square wave initial pulse: up **300 Vpp** – PA / **400 Vpp** – conventional and TOFD
- ▶ **100 dB** analogue gain / **32 taps** digital filter
- ▶ Equalized cross sectional coverage sensitivity for Sector- and B-Scan
- ▶ Built-in comprehensive beam tracer and scan plan designer

- ▶ True to geometry imaging for simple and complex shapes
- ▶ Built-in coupling monitor / lamination tester for wedged PA probes
- ▶ Encoded and time-based multi-group single and dual side scanning – Top (C-Scan), Side, End, and 3D viewing
- ▶ **100%** raw data A-Scans recording for every modality
- ▶ Automatic generating of editable defects list
- ▶ Advanced defects sizing and pattern recognition
- ▶ Powerful postprocessing and data reporting toolkit



www.sonotronndt.com

עומדים להרוויח מההשקעה הגדולה למטרה זו. המרוויחים הגדולים הם שמאזקות את כלי הטייס כמו חברי המסחריות וחילות האוויר. לפיכך, של גופים אלה - העומדים להרוויח - להפעיל לחץ על היצרנים על מנת המעבר לרדיוגרפיה דיגיטלית בתחום בתעופה.

הגיע הזמן שבדיקות לא הורסו התעופה תעבורנה לשיטות בדיקה וחסכניות. הגיע הזמן שהרדיוגרפיה תתפוס את מקומה הראוי בתעשייה

מאמר זה מבוסס על שני מחקרים בין רנטגן קונבנציונלי (המבוסס לבין רנטגן המתבסס על רנטגן דיגיטלי אחד נערך על ידי מעבדת חיל האוויר האמריקאי בשנת 2000. המחקר השני ידי חברת בואינג בשנת 2003.

ביבליוגרפיה:

Quality and Cost Study of Digital Radiography, Film and Radioscopy ASNT Imaging Topical VI. By Bill Meade, Clay and Greg Warren, Boeing Commercial

003
-ray Initiative after Initiative Report, for U.S. Air Force and
ditionary Force Battlelab by William S., Jr., Concurrent Technologies
on,
000

ויושמה הסטנדרטיזציה של הליכי ביקורת על בסיס רדיוגרפיה דיגיטלית!!

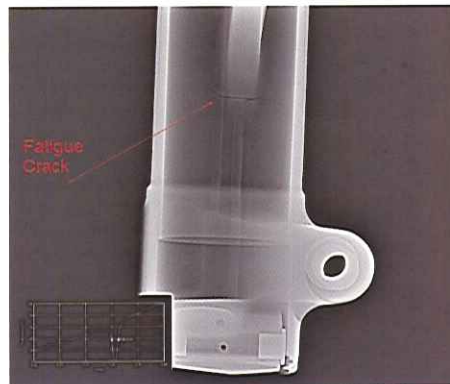
התשובה לשאלה זו טמונה בקונפליקט מובנה: אף אחד אינו מתווכח עם העובדה שרדיוגרפיה דיגיטלית מניבה תוצאות מצוינות ומביאה גם לחסכון רב מההיבטים של זמן וכסף. אך השאלה היא - עבור מי? חשוב להבין שהישויות האחראיות לחיבור הסטנדרטים בתחום הרדיוגרפיה הדיגיטלית הן יצרני חלקי המטוסים. לגופים אלה אין כל מוטיבציה כספית לנסח את הסטנדרטים כיון שהם אינם



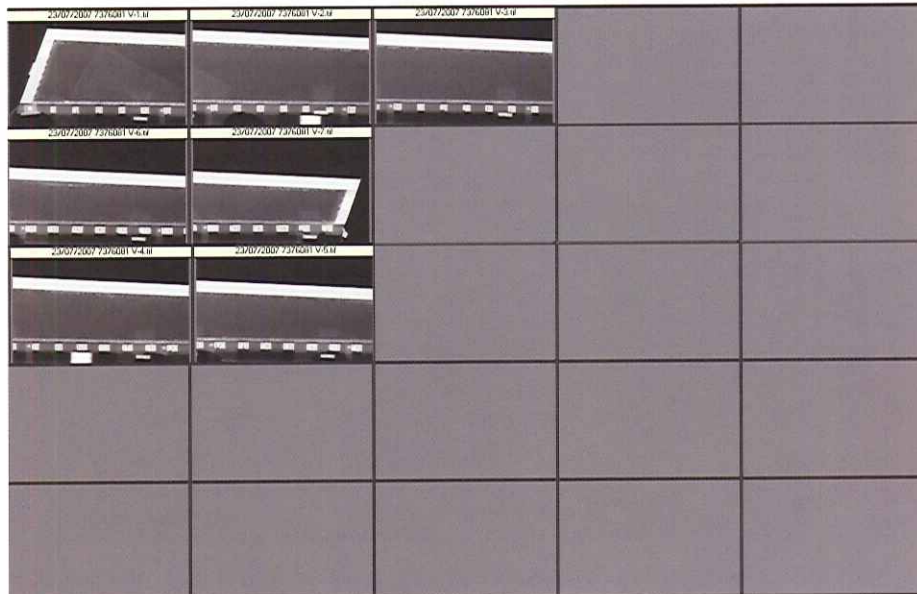
פאנל מסוג Flat Fox-17 של וידיסקו משמש לבדיקת מטוס קרב F-15 על ידי חיל האוויר האמריקאי



מערך רדיוגרפיה דיגיטלית בשדה המצוייד בפאנל שטוח מסוג RayzorXPro של וידיסקו משמש לבדיקת להבים של מסוק אפאצ'י - לידו צילום הרנטגן המקביל



חקירת התרסקות מטוס בעזרת הפאנל השטוח RayzorXPro של וידיסקו ומקור רנטגן נייד מסוג גולדן XRS-3



פיתוח בל"ה ב-YOKE EXTENSION להב ראשי במסוק "צפע" (COBRA)

רנ"ג מאיר מיארה - חיל האוויר

רקע

בחיל האוויר, מערך הבדיקות הלא הורסות הינו מערך מרכזי לשמירה על רמת תחזוקה ובטיחות טיסה גבוהים.

מחלקת אל הרס ביחידת אחזקה אווירית בשיתוף מדור בל"ה במטה, מתמודדים עם בדיקות שוטפות אך גם עם אתרים מקצועיים.

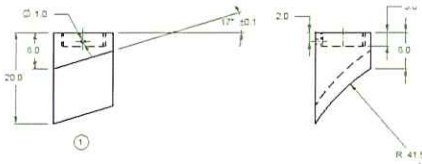
במחצית הראשונה של שנת 2008 נדרשנו לפתח בדיקה ב-YOKE EXTENSION בנקודת חיבור הלהבים הראשיים במסוק צפע.

מסוק ה"צפע" הינו מסוק תקיפה בעל חשיבות עליונה לביטחון השוטף של מדינת ישראל ולמשימות תקיפה.

שימוש בגל גזירה (שידור בזווית).

לאחר חישוב זווית השידור, יוצר דגם כיול מאוזן מקורית של YOKE EXTENSION המכיל סדק מלאכותי, יוצר מתאם פרספקס מיוחד ששימש כ-DELAY בעל קונטור נגדי לאוזן כך שזווית השבירה יוצרת זווית של 90 מעלות עם הסדק הצפוי.

שידור האלומה הינו מצדי האוזן ליצירת רפלקציה מקסימלית.



מתאם הפרספקס שתוכנן ויוצר

הבדיקה שפותחה, הוכחה כטובה והצלחה לאתר את הסדקים בדגם הכיול אך בביצוע אב טיפוס על המסוק התגלו 2 קשיים עיקריים:

1. גיאומטריית המסוק כאשר הלהבים מורכבים (גם לאחר ביצוע צידוד), אינם מאפשרים גישה וסריקה של הגיזרה המועמסת.

2. התגלה שוני ב"תפר" היציקה בין אוזן אחת לשנייה, דבר שאינו מאפשר הצמדה מלאה של הגשיש האולטרסוני.

לכן אלטרנטיבה זו נכשלה!

גם היצרן "BELL" פיתח בדיקה בקונספט דומה תוך שימוש בגשש סטנדרטי, ללא דגם כיול וללא אפשרות יישום הבדיקה בלהבים מורכבות.

לכן אלטרנטיבה זו נכשלה!

מציאת פתרון

הוחלט "לתקוף" את הבעיה מהדופן העליונה והתחנתונה באזורים ה"חשופים", אזורים שבהם ישנה גישה פיזית במסוק.

כמו כן הוחלט להשתמש בגשש קטן מידות בתדר 5MHz, ובזווית 45 מעלות, תוכננה



מסוק ה"צפע"

תאור הבעיה

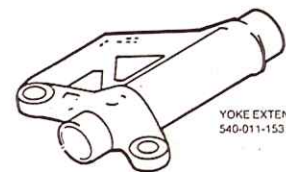
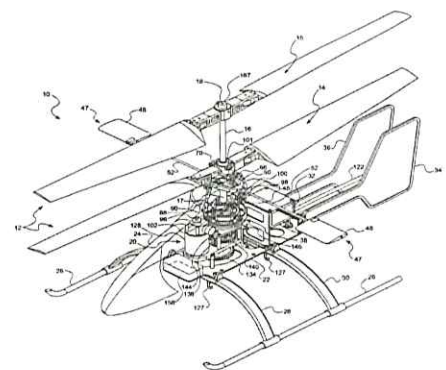
אנליזות מראות שסדק שמקורו בשיתוך ב-YOKE EXTENSION, מאריך הנמצא בטבור ומחבר כל אחת משני להבי המסוק הראשיים.

ראשית הסדק בשפת קדח באחת משתי האוזניים, מאמצים רבים פועלים על אוזן זו, דבר שיכול לזרז משמעותית את התפתחות הסדק עד לשבר מוחלט.

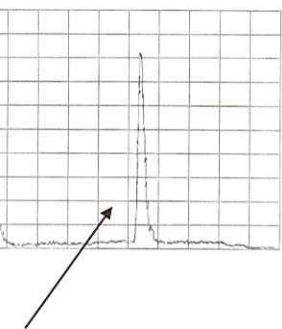
מורכבות האזור הנדרש לבדיקה אל מול הצורך המבצעי יצרה אתגר גדול בפנינו.

"לא קלה, לא קלה דרכנו..."

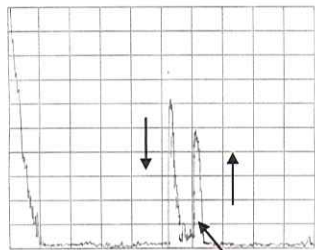
השיטה שנבחרה ליישום הינה השיטה האולטרסונית, השיטה מבוססת על שידור גלי קול בתדר גבוה וקליטת החזר האנרגיה תוך



YOKE EXTENSION



החזר מהסדק
בנק' 5



"הילוף פולס" - ההחזר מהפאזה
יורד וההחזר מהסדק עולה

קבלת אות אולטרסוני מסדק בדגם הכיול

הצורך המבצעי

בשבת 27.12.08 החל מבצע "עופרת" מבצע שבו חיל האוויר נטל חל במלחמתו בארגוני הטרור בעזה.

הצורך המבצעי חייב פעילות מאומצת מהיר של מסוקי ה"צפע" ובדיקתם בכל 5 שעות טיסה, 24 שעות ביממה מסוק זה השיג הישגים מרשימים במהלך והיה חוליה חשובה בהצלחתו. כיום מבוצעת באופן שוטף.

פתרון זה נתן הן מענה לצורך באיחוס הסדק, הן למורכבות הגיאומטרית לכל נתנה מענה לזמינות מסוק קרב זמן קריטית וע"י כך אפשר הטסה ע"י ה"צפע" הן בלחימה והן לאחריה.

יעילות הבדיקה הוכחה על דגמי כיול בהם הושטלו סדקים מלאכותיים, גם בביצוע אב טיפוס על מסוקים, הבדיקה נתנה מענה גם לבעיות הגיאומטריה ומאפשרת איתור סדקים באזור הקריטי בו התפתח הסדק.

בדיקה זו הוצגה ליצרן המסוק "BELL" ולבקשתו תורגמה הפרוצדורה לאנגלית ונשלחה אליהם.

במקביל הבדיקה נבחנה ואושרה על ידי טובי המומחים בארץ לאור הפוטנציאל הבטיחותי הגבוה.

משך הבדיקה הקצר בן העשרים דקות על המסוק ללא הכנות וללא צורך בפירוק מצמצם משמעותית את זמן הקרקוע.

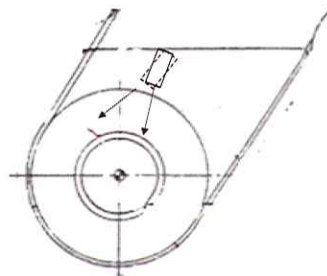
חיסרון השיטה הוא העדר יכולת איתור סדקים פנימיים בחלק, קרי סדקים שאינם מגיעים לשפת הקדח, חיל האוויר בוחר סוגיה זו מול גופים נוספים.

ויוצרה "אצבע הובלה" בכדי לאפשר גישה הגשש משדר בחצי SKIP מהדופן העליונה ומאתר סדק בגיזרה של כ-180 מעלות בשפת הקדח.

סריקה מהדופן התחתונה של האוזן תאפשר איתור סדקים בשפת הקדח בדופן העליונה, ולהפך, סריקה במשטח העליון של האוזן תאפשר איתור סדקים בשפת הקדח התחתונה.

פעולת הסריקה מבוצעת על ידי שידור וקבלת החזר משפת הקדח, וביצוע פעולת "מניפה" - בפעולה זו מתקבלת אמפליטודה מקסימלית משפת הקדח, וקבלת אמפליטודה מינימלית כתוצאה מדעיכת האנרגיה עקב חוסר רפלקציה.

אמפליטודה מסדק תופיע מעט רחוק יותר מהאות של שפת הקדח, בתצוגת המכשיר יראה חילוף בין אות משפת הקדח לאות מהסדק כמוראה באיור.



שידור האלומה האולטרסונית



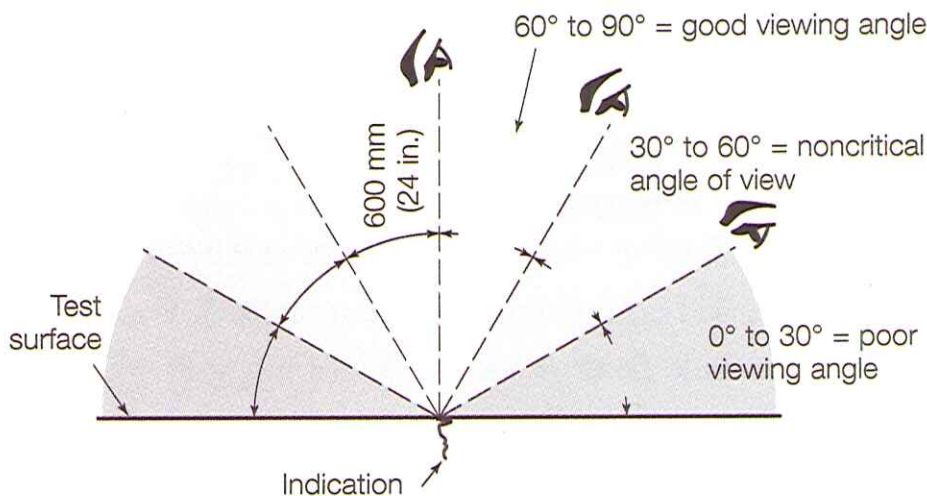
"אצבע הובלה"

ציוד אולטרסוני
GE - KRAUTKRAEMER



זווית צפייה בבדיקה ויזואלית

מאת : Michael W. Allgaier and Gregory C. Saylor
מתוך : the NDT Technician, תרגום : פלג ויגודני



איור 2: זוויות ראות טובות ולקויות.

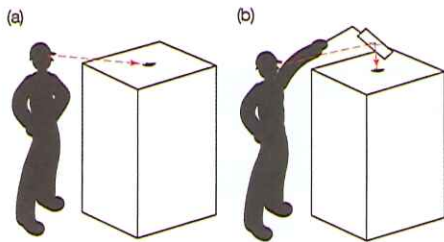


Figure 3. Angle of view: (a) poor; (b) good with mirror.

איור 3: זווית ראות (a) לקויה (b) טובה, באמצעות מראה.

צריך לנקוט בכמה אמצעי זהירות כאשר מפרשים את התמונה המתקבלת במראה. מראות מעוקלות מעוותות את הצורה ואת גודל האובייקט הנראה בהן. התמונה המתקבלת במראה מהופכת, כך שאובייקט אשר ממוקם בצד ימין ייראה בצד שמאל ולהפך. מרחק הבדיקה שווה למרחק האובייקט מן המראה ועוד מרחק המראה מן העיניים. גורמים אלה עשויים להטעות בודקים.

זווית האור

חשוב לקחת בחשבון את השפעת כוון האור כאשר מחפשים ובוחנים אינדיקציות. היכולת לגלות אי רציפיות מושפעת מאוד מזווית התאורה.

באופן אידיאלי, זווית הראות צריכה להיות לא יותר מ-45 מעלות. המרחק והזווית המומלצים עבור בדיקה ויזואלית הם 600 מ"מ (24") ולא פחות מ-30 מעלות לשטח הבדיקה, כפי שניתן לראות באיור 2.

אותו עיקרון מיושם גם כאשר מסתכלים דרך מראה או דרך בורוסקופ. שדה הראיה אמור להישמר כמות שהוא כאשר מסתכלים ישירות. אם שטח הבדיקה לא נגלה לעין בזווית מתאימה, יש להיעזר בכלי עזר, כמו מראה.

בראייה היקפית, אתה יכול להבחין במשהו "בזווית עינך" בלי להתמקד בו. זווית הראיה ההיקפית אינה קריטית כאשר מבצעים בדיקות ויזואליות מפורטות. יש בה שימוש תחת תנאי בדיקה מסוימים כגון בדיקת שטח נרחב עבור אינדיקציות לאי רציפיות עם ניגודיות גבוהה לצבע הרקע. תשומת לב הבודק תימשך לאזור הזה, וניתן לבחון אותו בעזרת מיקוד העיניים.

מראות

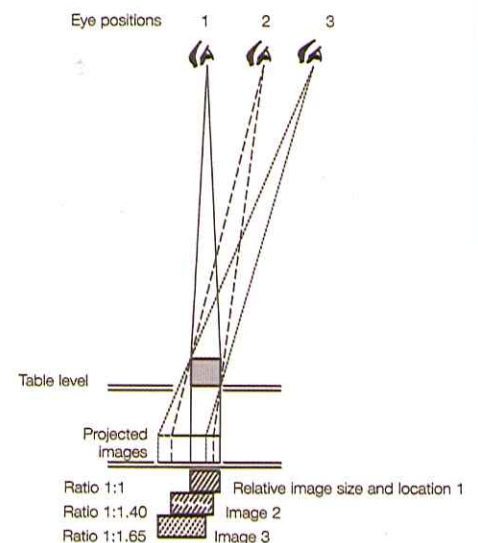
מראות הן כלי עזר נפוץ בבדיקות. מראות נוחות לשימוש ומאפשרות בדיקה בתוך צינורות, מפתחים ובתוך או מאחורי חפצים. מראות גם יכולות לספק לבודק זווית ראות טובה (איור 3).

בדיקה ויזואלית ישירה היא אחת הטכניקות של שיטת הבדיקה הויזואלית המשמשת לבדיקות לא הורסות. בבדיקה הויזואלית הישירה, בשונה מבדיקות ויזואליות לא ישירות - אשר נקראות גם בדיקות מרוחקות - הבודק נמצא מול החלק הנבדק ויש לו גישה לשטח הנבדק ללא גורמים מתווכים, גם אם הבדיקה מתבצעת דרך מכשיר כמו זכוכית מגדלת או מצלמה. בבדיקת לא ישירות משתמש הבודק בבורוסקופ או במצלמה נשלטת מרחוק כדי לבחון שטחים אשר לא נגלים לעין.

זווית הצפייה

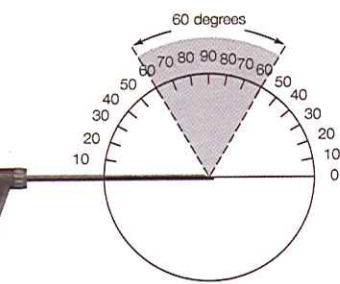
שרירי העין מסוגלים לגרום לעין לסדר את התמונה בהתאם לציר העדשה. זווית הראות עלולה לשנות את איכות וכמות האור המגיע לרשתית. אפילו שינוי בצבע ובניגודיות משפיע על תפיסת המרחב.

זווית הראות משמעותית מאוד בבדיקות ויזואליות. הבודק צריך לשאוף להסתכל הישר על השטח הנבדק, בהתאם לציר המרכזי של העין. איור 1 מתאר כיצד חפץ מסוים נתפס על ידי העין מזוויות שונות וכיצד זה נראה כאילו החפץ משנה גודל וזו עם שינוי הזווית.



איור 1: מיקום העין משפיע על הגודל והמיקום כביכול של העצם, למראית העין.

שדה הראייה. איור 5 מתאר את שדה בורוסקופ לא גמיש סטנדרטי. יש שדה ראייה עם טווח של 60 מעלות



איור 5: שדה ראות של בורוסקופ

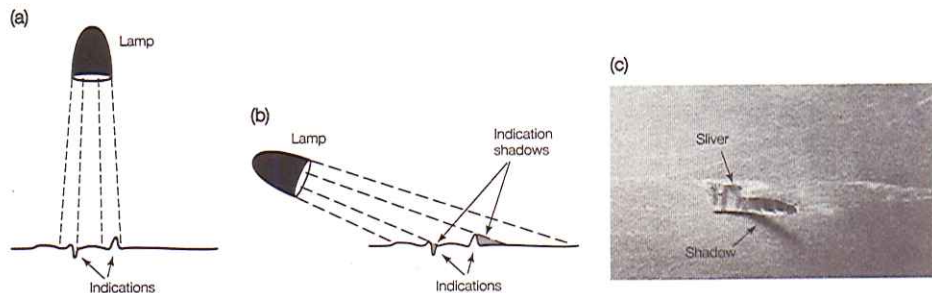
לעדשות שונות מאפייני תמונה שונים פוקוס קרוב והגדלה; או פוקוס ראייה רחבה והגדלה.

גורמים המשפיעים על הבדיקה עם עלולים לבוא אחד על חשבון השני, צורך לבצע ויתורים מסוימים על לאיכות הבדיקה אופטימאלית. לראיה רחבה פוגעת ביכולת ההגדלה בשימוש בתקריב, ניתן להשיג הגדלה, הנראה הוא קטן יותר.

כאשר קובעים את ההגדרה האופטימלית לגילוי ובחינת אי רציפויות בשטח חייבים לקחת בחשבון את יחסי האפקטים השונים.

עומק המשטח משפיע על הפוקוס שטחים אשר חלקים מהם נמצאים שונים, יש צורך בבורוסקופ בעל פוקוס ובעל עומק שדה ראייה מתאימה קובע את מיקום הבורוסקופ הצורך בפוקוס על מנת לקבל תמונה קריטי עבור מכשירים אופטיים כגון בורוסקופ ומצלמות, אך אינו נכלל בדיוק להיום. ברוב הבדיקות היוזואוליות את ראשו, את גופו, את מכשירי המראה, את המכשיר האופטי או הנבדק עצמו על מנת להגיע לזווית

הנדרשת. זוויות ראייה אופטימליות נבחרות על בסיס המראה הרצוי של התמונה. זוויות ראייה אופטימליות נבחרות על בסיס המראה הרצוי של התמונה.



איור 4: זווית האילומינציה (a) ללא צלליות אינדיקציה (b) עם צלליות אינדיקציה (c) תמונה של כסף עם צללית.

האילומינציה, כך שהתמונות עשויות להתקבל כהות. עבור בחינה ישירה בשטח או בבית מלאכה, יש צורך במקור אור מלאכותי, אף מקור כמו פנס פשוט יספיק.

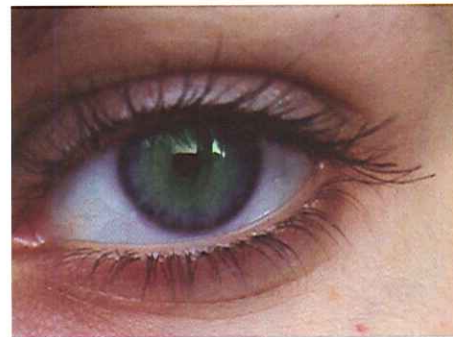
מנורה ניידת חזקה או פלאש של מצלמה יכול לפתור את בעיית התאורה המעומעמת עבור בדיקה, אבל אור חזק מדי עשוי לגרום למאמץ בעיני הבודק. אור זוהר עשוי להשתקף אל תוך עיני הבודק ולגרום לעייפות בעיניו או לבוהק והבהובים אשר מקשים על גילוי אינדיקציות. תאורה לא ישירה או אילומינציה ממנורות פלואורסנט עוזרות למזער את הבעיה.

זוויות ראות במכשירי בורוסקופ

זווית הראות במערכות אופטיות כמו בורוסקופ מוגבלת על ידי שדה הראייה של המכשיר. שדה הראייה הוא התחום אשר יכול להיראות דרך מערכת אופטית כאשר נקלט אור מהתחום הקוֹנִי המכוסה על ידי המערכת. שדה הראיה של טלסקופ אסטרונומי הוא תחום השמיים הנראה באמצעות עינית מסוימת. תיאורטית, שדה ראייה אינו דו מימדי כמו קיר, אלא תלת מימדי - כמו חדר, אולם תחום העניין בשדה הראייה הוא לרוב משטח.

ניתן להשתמש בעדשות שונות כדי לשנות את

כאשר אור פוגע בשטח הבדיקה מזווית אלכסונית, שינויים קלים בחספוס ובמתאר השטח יוצרים צלליות קטנות אשר יכולות לעזור בזיהוי העומק והצורה. תאורה מגדילה את רמת האילומינציה, כך שהניגודיות של הצל גדלה ויותר קל לגלות אינדיקציות. במקרים מסוימים, יכול הבודק להזיז את המנורות או את האובייקט הנבדק כדי לגרום לצלליות האינדיקציה להופיע ולהיעלם (איור 4).



התאורה הכללית באזור הבדיקה מספקת אילומינציה אחידה למשטח הבדיקה, וניתן לכוון מנורות כדי ליצור אילומינציה אופטימאלית אם הבדיקה נעשית באזור יחיד. אולם במהלך בדיקה ויזואלית בשטח קשה להשיג תנאי תאורה מספקים. מצלמות דיגיטליות מכוונות אוטומטית לעמעם את

(a)

(b)



ביצוע בדיקות לא הורסות להערכת מיקרו-מבנה בפלדות P91

ד"ר שי מאיר המכון הישראלי לסיליקטים

שימוש למדידת שינוי המיקרומבנה של פלדות מסוג 91 הינה מדידת רעש ברקהאוזן. תופעת רעש ברקהאוזן נוצרת כאשר שדה מגנטי חלופי בכיוונו מופעל על חומר פרומגנטי. שינוי בכיוון השדה המגנטי גורם לאתרים המגנטיים המיקרוסקופיים בחומר (דומיינים מגנטיים, Domains) בחומר לשנות את כיוונם בהתאם לכיוון שדה המגנטי, ושינוי הכיוון של הדומיינים המגנטיים גורם לעירור אות חשמלי הניתן למדידה על ידי חיישן. גודל וכמות הדומיינים המגנטיים מושפעים ישירות מהמיקרומבנה של החומר. מכיוון שישנם כמות רבה של דומיינים מגנטיים בחומר, החיישן קולט כמות רבה של אותות, אשר מוגברים ומסוננים ומתבצע ניתוח סטטיסטי (RMS) של האותות, ניתן לקבל תמונה של מצב מטלורגית החומר. כיום, שיטת ברקהאוזן מיושמת בעיקר עבור בדיקת עומס שיורי בחלקים שונים, כמו למשל כני נסע (כפי שפורסם במגזין זה ב-2008). למרות הפוטנציאל הרב של השיטה ליישומי בדיקות מטלורגיות אין כמעט ספרות בנושא.

בתמונה 2 ניתן לראות התאמה של התוצאות הבל"ה בשיטת הזרם המושרה בתדירות נמוכה לקשיות של דגמים בעלי מיקרומבנה שונה של פלדת P91. ההתאמה היא כמעט מושלמת ונותנת אינדיקציה ליכולת של השיטה הנ"ל לבצע הערכה טובה של המיקרומבנה. כאשר הותאם חיישן למדידת היסטורסיס מגנטי של החלקים הנ"ל, נמצאה התאמה טובה למדידות שמוצגות בתמונה מס. 2.

לאחר שהוכח שניתן לראות את ההבדלים במיקרומבנה בשיטה פשוטה כמו זרם מושרה בתדירות נמוכה, דרושה שיטה המספקת מידע רב יותר על ההיסטוריה ועל המבנה הנוכחי של חלק העשוי מפלדה 91, אם מתברר על ידי השיטות הראשוניות שקיימת בעיה במיקרומבנה. פה נכנסת לשימוש שיטת הברקהאוזן. בתמונה 3 ניתן לראות אותות ברקהאוזן לאחר עיבוד סטטיסטי של 100 מחזורי שינוי כיוון מגנטי (100Hz) ושימוש ב-RMS. לאחר שמשוים שלושה דגמים שעברו טיפולים תרמיים שונים ניתן לראות שנבחרו

אשר תיתן מענה מידי ואיכותי לבעיית הערכת מצב המיקרומבנה של חלק העשוי מ-P91, ותהיה תוספת חשובה לתפעול של כל תחנת כוח מודרנית. כדי לממש שיטה זו נעשה שימוש במדידת התכונות החשמליות והמגנטיות של הנתך.

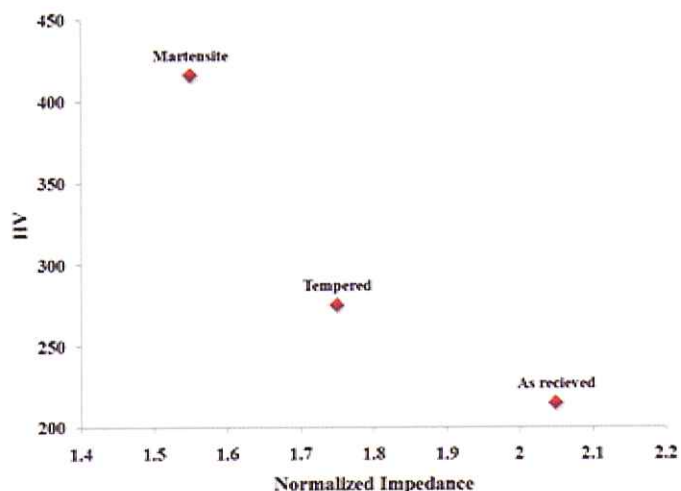
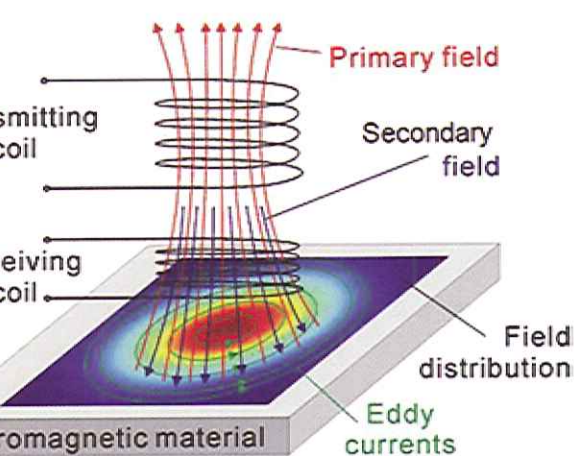
שימוש בזרם מושרה בבדיקות ללא הרס (בל"ה), נעשה כבר שנים רבות על מנת לזהות סדקים בחומר, כאשר נעשה שימוש בתדירות גבוהה של הזרם המושרה ועומק הבדיקה הינו על פני השטח. שימוש בזרם מושרה בתדירויות נמוכות יחסית, מאפשר קבלה של אות אשר נותן אינדיקציה למצבו המטלורגי מכיוון שהאות המתקבל מתקבל מעומק החלק הנמדד ולא מפני השטח. היסטורסיס (בעברית חשל), הינה תופעה של עיכוב בתגובה לעירור של המערכת. ההיסטרסיס אשר נעשה בו שימוש כאן הינו היסטורסיס מגנטי המאפשר מדידת שינויים מטלורגיים בחלק הנמדד. השיטה המקובלת בה נמדד היסטורסיס מגנטי הינה שיטה מעבדתית טהורה, ועלה הצורך בפיתוח שיטה חדשנית למדידת ההיסטרסיס המגנטי בשטח, וכמו כן, דרך שכבת החמצון שעל החלק. שתי השיטות המצוינות לעיל, יכולות להתבצע במהירות רבה ותוך שימוש בחיישן יחיד. שיטות אלו נותנות אינדיקציה ראשונית למצב המיקרומבנה, ומשמשות כאינדיקטורים לצורך בשימוש שיטות בל"ה מתקדמות יותר הדורשות מומחיות רבה יותר.

השיטה המתקדמת המרכזית אשר נעשה בה

תפעול מיטבי של תחנות כוח מודרניות דורש תפעול בטמפרטורות אשר נעשות גבוהות יותר. לפי עקרון קרנו, ככל שהטמפרטורה בה אנו משתמשים גבוהה יותר, כך ניצולת האנרגיה טובה יותר, כך שהתמריץ להעלאת הטמפרטורות הינו מובן. אך עם העלאת הטמפרטורה מופיעות תופעות של זחילה וזיקון יתר של החומר, אשר עלולות לגרום לכשל קטסטרופלי פתאומי ולסגירה בלתי מתוכננת של יחידות כוח. אחת הפלדות בהם גובר השימוש כיום בחלקים נרחבים של תחנות הכוח הינה פלדה הנקראת P91, אשר מסגסגיה העיקריים הינם כ-9% כרומום וכ-1% של מוליבדניום באחוזים משקליים. פלדה זו גם נושאת כמות קטנה של וונדיום וניוביום אשר להם יש תפקיד חשוב בעמידותה לטמפרטורות גבוהות. פלדה זו עמידה בזחילה בטמפרטורות שימוש גבוהות וגם חזקה יותר מקודמתה, כך שניתן להוריד את עובי החלקים ועל ידי כך לחסוך במשקל החלקים אשר מהווה בעיה. אחד החסרונות העיקריים בשימוש בפלדה הנ"ל ביחידות כוח, הינו רגישות גדולה מאד לשינויים במיקרומבנה, אם בתחילת השימוש ואם בזמן השימוש. לשם שימוש ביחידות כוח, נתך פלדה זה עובר טיפולים תרמיים מורכבים, תוך שליטה קפדנית בהרכבו, על מנת לקבל מוצר המתאים לשימוש בטמפרטורות גבוהות. כיום השיטות לזיהוי שינויים במיקרו מבנה בפלדות נעשה על ידי שיטות כמו בדיקות קושיות בשטח וביצוע רפליקות של המיקרומבנה ובחינתו במיקרוסקופ. הצורך בשיטה לא הורסת ומהירה

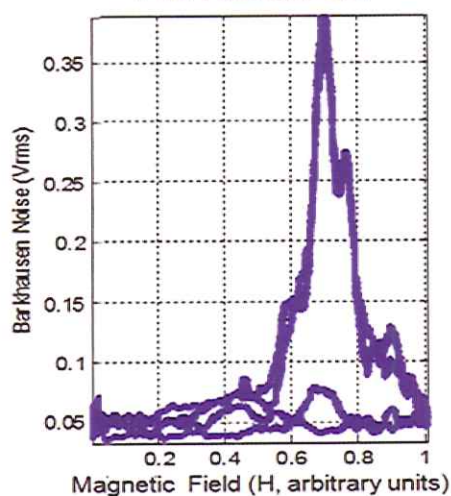


תמונה 1 - דוגמא לסדק (תמונה מימין) ופריצה (תמונה משמאל), שנגרמו בנתך P91 עקב טיפול תרמי לא הולם



תמונה 2 - ימין - גרף המראה את התאמת מדידת הזרם המושרה לבדיקת קושיות. שמאל - סכמה של הבדיקה בזרם מושרה.

As received



	Vrms peak value	Vrms peak position, on X axis
Martensite	0.25	0.9
Tempered	0.35	0.8
As received	0.4	0.7

תמונה 3 - ימין, טבלה המפרטת את הפרמטרים שנמדדו בשיטת ברקהאוזן. שמאל, דוגמה לאות ברקהאוזן לאחר עיבוד סטטיסטי.

שלו הוא הגבוה מכולם אך השיא נמוך יחסית לאחרים. עושר המידע והפרמטרים השונים שניתן לנתח בשיטה זו מקבעים את שיטת הברקהאוזן למדידה מטלורגית של דגמים

שמיקרומבנה שמורכב רובו ככולו ממרטנזיט נותן שיא נמוך אבל הפיק נימצא במיקום קרוב יותר לשיא המיוגנוט. מהצד השני של הסקלה נימצא הדגם שהיה בעל הגרעינים הגדולים ביותר מהשלושה וקרבידים מפוזרים היטב. שיא האות

שני פרמטרים שונים לקביעת המצב המטלורגי. ראשית השיא אליו מגיע האות והפרמטר שני הוא המיקום על התהליך המגנוט (ציר X) בוא השיא נימצא. שני הפרמטרים נותנים אינדיקציה למצב המטלורגי כתלות בטיפול התרמי. ניתן לראות

מחומרי גלם לצינור הולכה - יום סיור במפעל צינורות

הבדיקה הרדיוגרפית, עם הרצאות עיוניות. הראשונה פיקוח על הכנת גלגל נוסף



חברת מפעם (מערכת מרכזי הדרכה ופיתוח בשלטון המקומי) רשיון חרבת מקורות משרד

ביטול מגנטיות (דמגנטיזציה)

מאת: Roderic K. Stanley מתוך the NDT Technician

תרגום: פלג ויגודני

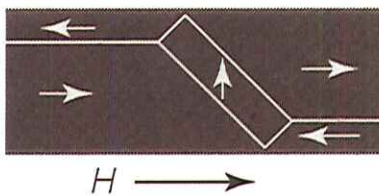
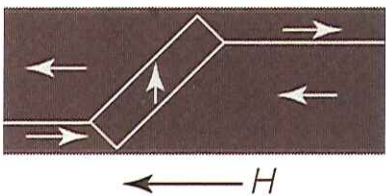
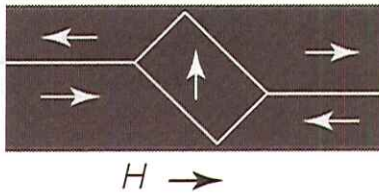
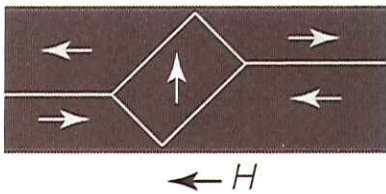
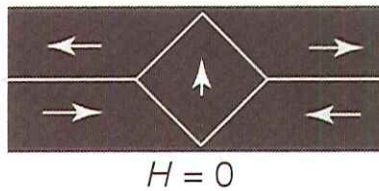
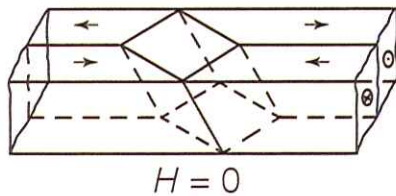
- מניעת הצמדות של חלקים קטנים אחד לשני במהלך תהליכי ניקוי
- מניעת השפעה פוטנציאלית על מכשירים אחרים.

דוגמות טובות למקרים בהם דרושה דמגנטיזציה - קצוות של צינורות לפני ריתוך ותבריגים של צינורות שעברו בדיקה פלואורסנטית רטובה בחלקיקים מגנטיים. אולם לא תמיד יש צורך בדמגנטיזציה לאחר בדיקות מגנטיות - כאשר

פרומגנטיות בהם נתקלים בחיי היומיום תראה שרבים מהם ממוגנטים חלקית.

תכלית הדמגנטיזציה

דמגנטיזציה נדרשת לעתים תכופות על ידי יצרנים ועל ידי תקנים רבים.² הכרך העוסק בבדיקות המגנטיות של מדריך הבדיקות הלא הורסות עוסק נרחבות בנושא הדמגנטיזציה.³ מטרות הדמגנטיזציה:



איור מספר 1 : איור 1. תחומים בגביש ברזל משתנים בהתאם לשינוי השדה המגנטי החיצוני H. התחום האנכי נעלם בסופו של דבר כאשר כוח השדה החיצוני גדל.

מגנטיות היא הכוון של תחומים גבישיים בחומרים מגנטיים, אשר בעצמם תמיד מתמגנטים. באיור 1 ניתן לראות תמונות מיקרוסקופיות של 5 תחומים בברזל אשר משנים את גודלם בהתאם לשינוי השדה המגנטי H. התחומים אשר ממוקמים בכיוון של השדה המגנטי החיצוני יגדלו, בעוד שהתחומים אשר ממוקמים בכיוון ההפוך לשדה החיצוני יתכווצו, כך שהגבול בין התחומים זו (גידול תחום). כאשר H מתחזק ומגיע לנקודה גבוהה מאוד בעקומת המגנט הראשונית (עקומה המתארת את צפיפות השטף המגנטי B בציר ה-Y ביחס לרמת המגנט H בציר ה-X כאשר ממגנטים מתכת ברזלית ללא שרידי מגנט - ידועה גם בתור 'עקומה בתולית'), התחומים אשר לא ממוקמים בכיוון השדה המגנטי החיצוני בסופו של דבר ישנו כיוון לכיוון השדה (סיבוב תחום). באיור 1 רואים כי התחום האנכי קטן ככל שמגדילים את השדה המגנטי, ובסופו של דבר הוא הופך כיוון. בתהליך המגנט, התחומים שהם גבישים אשר מסתיימים בקצה האובייקט או באי רציפות כלשהי במתכת נוטים, בעזרת השדה המגנטי החיצוני המיושם, לכיוונו או שגדלים על חשבון תחומים אחרים. לקראת רוויה מגנטית של החומר מספר התחומים קטן כתוצאה מכך שגבולות בין תחומים נעלמים. דמגנטיזציה היא פעולת ערבול מחדש של התחומים הממוגנטים כך שהתוצאה הסופית, כפי שתיראה ממחוץ לאובייקט, היא כאילו אין שדה מגנטי חיצוני. אולם בתוך החומר, התחומים נותרים ממוגנטים. ניתן לראות את גבולות התחומים תחת מיקרוסקופ בעזרת חלקים מגנטיים מאוד עדינים, מאחר שקיימת בהם דליפת שטף מגנטי (MFL - magnetic flux leakage).

אין השפעה על תהליכים עתידיים. לרוב לוחות ברצפות של מיכלים אשר נבדקים בדליפת שטף מגנטי לא עוברים דמגנטיזציה. במקרים מסוימים, כמו למשל בבדיקת צינורות בשדות נפט בדליפת שטף מגנטי, הפיכת אינדוקציה שרידית אורכית למעגלית על ידי שימוש במוליך מרכזי, כך שיהיו קטבים מעטים מחוץ לצינור, מספיקה.

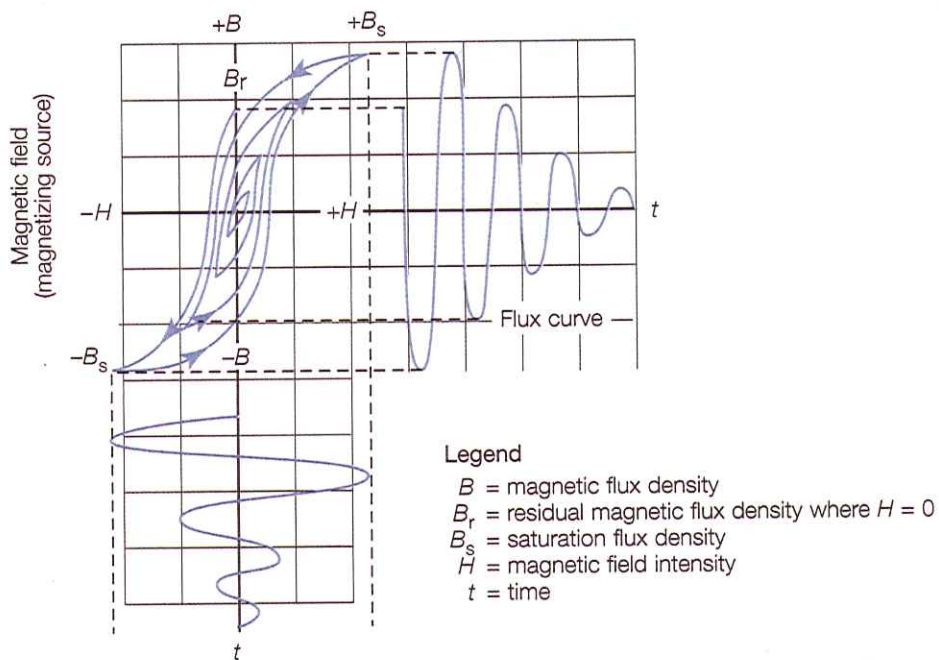
שיטות דמגנטיזציה

שיטת הדמגנטיזציה נבחרת לרוב על פי גודל החלק, ובמקרים רבים לא עובר החלק

- מניעת תקלות בתהליכים ממוכנים עתידיים, כאשר חלקים ממוגנטים עשויים להיצמד לכלי החיתוך ולגרום לשריטות
- מניעת הפרעה לפלזמה מיוננת, כאשר חלקים ממוגנטים עשויים להדוף אותה במהלך תהליך ריתוך
- מניעת תקלות בחלקים ניידים הנובעות מחלקיקים אשר נצמדים אליהם
- מניעת הקושי לנקות חלקים אשר צמודים אליהם חלקיקים
- מניעת השפעה במהלך מגנט עתידי של החלקים

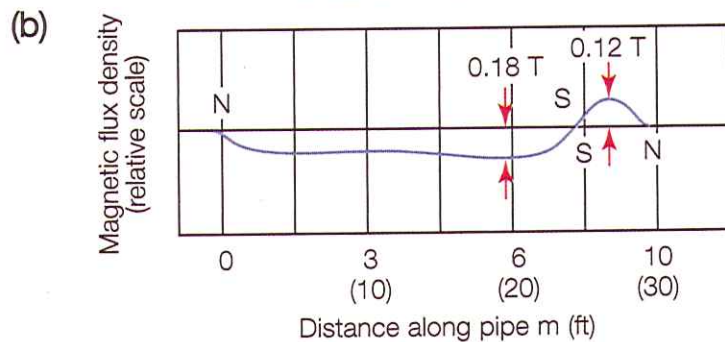
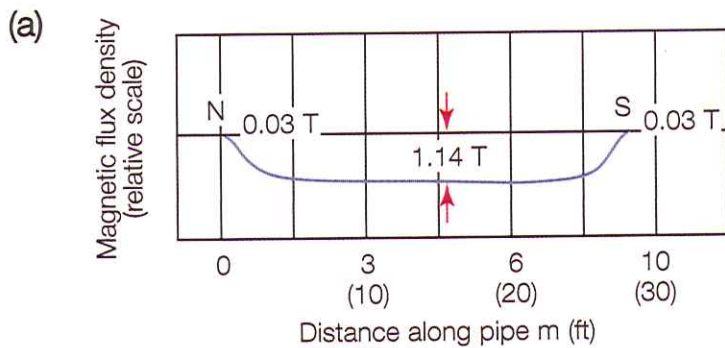
לפלדות מסוימות רמות מגנט גבוהות - 1-1.5 T (10-15 kG) - בעוד שלאחרות רמות נמוכות בהרבה - 0.2-0.3 T (2-3 kG).¹ דבר זה מוכר בתור שאירות (B_r) מגנטיות שיורית, והוא משתנה בהתאם למבנה הכימי של הפלדה, לטיפול בחום שעברה ולשרידי לחצים. בדיקה באמצעות מד טסלה (מד גאוס) של רכיבי פלדה

לסדר מחדש את המבנה התחומי של לשדה המגנטי המיושם של כדור הא המגנטי שנוצר אחרי הפעולה יכו באמצעות מד טסלה בקצה המוט. ני את המוט תהליך דמגנטיזציה, או א של מבנו התחומי, על ידי הנחתו אשר מופעל עליו זרם חילופין בתדר Hz, והרחקתו לאט עד לנקודה בה ה רחוק מהסולנואיד. במהלך התהליך המוט שדה מגנטי אשר כל הזמן מ ונחלש עם הזמן. (איור 2)



איור מספר 2: שינויים ב-B וב-H במהלך הזמן (t) כאשר מעבירים חלק בשדה מגנטי אשר כל הזמן מחליף כיוונו וכוחו H הולך וקטן.

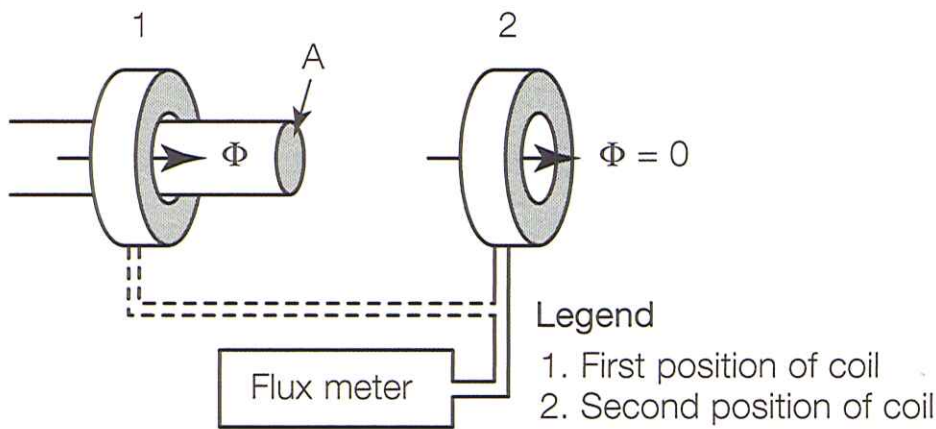
החלק מתחיל ב B_r , עובר לרווית צפוי $(-B_s)$, אח"כ ל $+B_s$, ובהמשך עובר מקסימום הולכים וקטנים של B במ אחרי ערך B נמוך מאוד. עבור חל יותר התהליך בעייתי. על פי תיא ערבולת שדה החילופין חודר בערך עור" (עומק חדירה אפקטיבי), אשר העומק הוא 1.5-3 מ"מ (0.06-0.12) סטנדרטי של 50/60 Hz, כך שה נמצא עמוק בתוך החלק לא יושפע על ולא יעבור תהליך ערבול המבנה הת ביטול בזרם ישר, כגון לקחת א ולהעבירו דרך סליל אשר מעביר זרם שדה הפוך, בעיתיות מפני שבמקרה בהם החלק מפגין מגנטיות (כפי שני על ידי פיזור חלקיקים מגנטיים), קטבים. קטבים אלה יוצרים שדה ד בתוך החלק כך שהשטף המגנטי ב לא נשאר קבוע. כתוצאה מכך הש אשר מתקבל מהסליל חווה שדות בתוך החלק בהתאם למבנה החלק. את כוח השדה המגנטי שנוצר ע"י שיווצר שדה מגנטי חיצוני חלש ככ אך עדיין יישאר בתוך החלק שטף ידוע (אשר מושפע ממבנה החלק). ני את גודל השטף, כפי שנראה בהמשך. לשדה הפנימי להופיע בפני השטח, למדוד אותו, באמצעות כמה שיטות. של החלק או חבטה בו תגרום למגנ לסדר מחדש את המבנה התחומי הקרובים לפני שטח החלק וכך ל



Legend
N = north
S = south
T = tesla

איור מספר 3: מדידת שטף מגנטי אורכי וצינור באורך 10 מטר (30 ft).

דמגנטיזציה מלאה מפני שהדבר כמעט בלתי מופנים לכיוון צפון/דרום יתמגנטו חלקית על



איור מספר 4: מדידת שטף מגנטי (Φ) באמצעות סליל עוטף.

בעזרת סליל המעביר זרם ישיר הפוך (איור 3b) יצרו דו קוטביות כפולה בעוצמות מקסימאליות של $0.18T$ ($1.8kG$) ו- $0.12T$ ($1.2kG$).

בכמה מקרים, כמו במקרה של חלקים צינוריים, המרת השדה האורכי המזיק לשדה היקפי מספיקה - זאת באמצעות הצבת מוליך מרכזי בחלק החלק וחשמול החלק בזרם גבוה פעם אחת או מספר פעמים (טכניקת מוליך מרכזי), כאשר מקור הזרם הוא מסוג זרם ישיר, כמו יחידת פריקת קבל. מן הסתם החלק נמצא כרגע ב- B_z בכיוון המעגלי, והשטף המגנטי מחוץ לחלק חלש, ביחס לעובי החלק.

לפני תהליך דמגנטיזציה באמצעות סליל עם שדה מגנטי הפוך

אחרי תהליך דמגנטיזציה באמצעות סליל עם שדה מגנטי הפוך

בדיקת מגנט בחלק

כדי לבדוק כמה תהליך הדמגנטיזציה שחלק מסוים עבר היה מוצלח, מעבירים את החלק דרך סליל חישה (כ-100 עד 500 סיבובים) אשר מחובר למד שטף (איור 4).⁴ חישוב קריאת מד השטף אל מול אורך החלק ייתן את השטף המגנטי הכולל (Φ) העובר דרך הסליל (איורים 3 ו-4). אם החלק הוא אחיד, כמו במקרה של צינור או מוט, כפי שמוצג באיור 4, $\Phi = B \times A$, כאשר וקטור B הוא צפיפות השטף במקביל לציר הסליל ו-A הוא שטח חתך הרחב של החלק. כאשר A ידוע לנו, ניתן בקלות לחשב

and Service, revised edition. Boca Raton, FL: CRC Press (1996): p 215-365

"Demagnetization." TO33B-1-1 (NAVAIR 01-1A-16) TM1-1500-335-23, *Nondestructive Inspection Methods, Basic Theory*. Washington, DC: Department of Defense (January 2005): p 3-56 to 3-63

Nondestructive Testing Handbook, third edition: Volume 3, *Magnetic Testing*. Columbus, OH: American Society for Nondestructive Testing. (2008): p 277-296

Stanley, R.K. "Simple Explanation of the Theory of the Total Magnetic Flux Method for the Measurement of Ferromagnetic Cross Sections." *Materials Evaluation*. Vol. 53, No. 1, Columbus, OH: American Society for Nondestructive Testing (January 1995): p 72-75.

את B. בבדיקת חלק שעבר דמגנטיזציה מלאה לחלוטין ערך B יהיה 0. אולם, כפי שניתן לראות באיור 3b, כאשר מנסים לאפס את השדה החיצוני עדיין נותר שטף מגנטי בתוך החלק. בדוגמה הזאת של הצינור באורך 10 מטר (30 ft) שעבר תהליך דמגנטיזציה באמצעות שדה מגנטי הפוך נוצרו שני מגנטים דו קוטביים S/N ו N/S. איור 4 מראה כיצד כאשר מרחיקים את החלק מסליל החישה, רמת השטף המגנטי הנמדדת בו עוברת מ- Φ ל-0, כך שיש לנו ביקורת למדידת השטף המגנטי בחלק.

הפניות

Bray, D.E. and R.K. Stanley. *Nondestructive Evaluation: A Tool in Design, Manufacturing,*

שיקוף בזמן אמת Real Time Radiography

חדשות

על מנת להבין את היתרונות בשיקוף בזמן אמת מוצגות תמונות של ממסר חשמלי אשר כשל והיה צורך לאתר ולהבין את כל פעולתו מבלי לפרקו. המנגנון הוכנס לצילום בתא, ובאמצעות מקור מיקרופוקוס באנרגיה של 160KV בוצעה בדיקה סיבובית וניתן היה לנתח את המבנה ולהבין את מקום הכשל.

הלקוח העביר את הסרט לשמאי הביטוח ועל סמך הממצאים הוחלט להמשיך ולטפל בארוע.



האובייקט בזמן שהתמונה מוצגת על המסך. עד כה נרכשו מערכות אלו על ידי מפעלים לשימוש פנים מפעלי בלבד. חברת מורקס 71 בע"מ, מעבדה מוסמכת על ידי הרשות הלאומית להסמכת מעבדות, רכשה את המערכת על מנת לענות על הצורך של לקוחות חיצוניים בכל תחום ולכל מטרה.

היתרונות של העיקריים של השימוש ב-Real Time:

- קבלת תמונה מהירה ללא צורך בפיתוח
- הזזת החלק תוך כדי צילום
- חסכון רב בפילמים ובזמן
- אפשרות תיעוד כל מהלך הבדיקה על DVD
- אפשרות ניתוח וצפייה בכל מחשב.

לאחרונה הותקנה בחברת מורקס 71 בע"מ מערכת שיקוף בזמן אמת (Real Time Radiography). המערכת מתוצרת חברת Philips הותקנה בסוף שנת 2011 ובאה להשלים את מגוון השירותים הניתנים לתעשייה.

למה הכוונה?

מערכות שיקוף בזמן אמת עושות שימוש במקור קרינה מצד אחד, בדרך כלל מקור X-Ray ומצד שני הפיכת האנרגיה לתמונה המוצגת בזמן אמת על ידי שימוש ב-Image Intensifier או Flat Panels. האובייקט הנבדק מונח בטווח על מניפולטור המאפשר הזזת וסיבוב



על הטכניקות שבמסגרת השיטה (של בדיקה לא הורסת)

מתוך ndtnews כתב: Con Murren

תרגום: פלג ויגודני



קורנליוס (מימין) באחד מביקוריו הרבים בישראל (טק ג'ט)

ליפופילי והידרופילי; מפתחים יב
בסיס מים, ללא מים ועל בסיס ממ
הצבע החודר יכול להיות ידני עם
על ידי טבילה, על ידי ריסוס ועל ידי
אוטומטיות. ישנם חומרים מותאמי
חומרי טמפרטורה נמוכה, רגילה א
ומערכות להפרדת הצבע. אנו יכולים
בשיטת פלואורסנטיות מהופכת או
מדללים. אופן! ואני אפילו לא יכול ל
טכניקות ניקוי צבע, ייחודיות לכל לק
קיימות. את טכניקות הבדיקה ניתן
ריתוכים, יציקות, חיטולים, חלקים
חלקים מרותכים, חומרים מרוכבים,
גומי וקרמיקה, לכל אחד מאלה שיי
צבע שונה, שיטת ניקוי צבע שונה ושי
שונה.

אני לא מאמין כי מטרת EN4179-1 NAS410 היא להשאיר את אחריות הקביעה של מה היא טכניקה במסגרת השיטה ומה לא, בידי המעסיקים או NADTB, אלא לתעד באילו שיטות וטכניקות משתמשים המעסיקים ולציין אילו שיטות וטכניקות יש ל-NADTB להציע במסגרת שירות ההכשרות והבחינות.

ניקה לדוגמה את הבדיקה בצבע חודר. ישנן הסמכות של בודקים אשר מונפקות על ידי ספקים ומעסיקים אשר מצהירות בפשטות 'בדיקה בצבע חודר'. כאשר תשאל "אילו טכניקות זה כולל?", הם עשויים לענות "כולן". אולם כאשר מתעמקים יותר בנושא, הלקוח, לדוגמה, עשוי להציע טכניקה אחת בלבד, נגיד 'צבע חודר שטיפי במים', והדבר משתקף בתיעודי ההכשרה והבחינה. ישנם בודקים אחרים בעלי הסמכות מפורטות ביותר אשר מנויות מספר

EN 4179-1 NAS 410 הם המסמכים - (אחד האמריקאי והשני האירופי) - המשמשים להכשרה, לבחינה ולהסמכה של עובדי NDT לתעשייה התעופתית. שני המסמכים זהים ושניהם מתייחסים כמה פעמים ל'טכניקות שבמסגרת השיטה'. אולם אין התאמה בין המסמכים האלה לבין תקני הסמכת כ"א למגזר התעשייתי, וחבל. קון מורן מסביר...

טכניקות שבמסגרת השיטה (של בדיקה לא הורסת)

שני המסמכים הזהים האלה, האחד אמריקאי והשני אירופי, מונים 7 שיטות של בדיקות לא הורסות. המסמכים גם מגדירים את המושג 'שיטת בדיקה' ואת המושג 'טכניקה', אבל הם לא נותנים מידע בנוגע לאילו טכניקות הן טכניקות מוכרות במסגרת כל שיטת בדיקה. את ההחלטה הזאת הם מותירים בידיהם של המעסיקים או בידה של NADTB (National Aerospace NDT Board)

EN4179-1 NAS410

4.1.2 טכניקות NDT. הנוהל הכתוב יכלול את הטכניקה/טכניקות הספציפיות במסגרת כל שיטת בדיקה, כפי שמוגדר על ידי המעסיקים או על ידי NADTB.

בעיה אחת היא שהמעסיקים, NADTB, וגורמים אחרים כגון יצרנים ראשיים, גופים מבקרים ורמה 3 חיצוניים, אשר נעזרים במקומה העלה כדי לחייב ולקיים מערכת

לעשות זאת. לכמה מהבודקים אשר טוענים שהם מוסמכים ל'כל הטכניקות' אכן יש תיעוד של הכשרה וניסיון בכל התנאים הללו? למעט מאוד, לעניות דעתך.

למרבה הצער, אין התאמה בין NAS410 ו-EN4179 לבין תקני ההכשרה בתעשייה בנוגע לסוגיה מה היא שיטת בדיקה ומה היא טכניקת בדיקה. מסמכי התעשייה המוכרים - ASTM ו-AMS, כאשר מונים את המערכות ואת השיטות השונות של הבדיקה בצבע חודר, אפילו לא מזכירים 'טכניקות במסגרת שיטת הבדיקה'.

דרישות EN 4179-1 NAS 410

שני מסמכים אלה מטילים בידי המעסיק את האחריות לתעד את דרישות ההכשרה, הבחינה וההסמכה לבדיקות לא הורסות במסמך ספציפי, אשר מכונה בתעשייה 'הנוהל הכתוב'. הנוהל הכתוב כפוף לדרישות ההכשרה שב/AS EN9100 Aerospace Quality Management Systems (QMS).

AS/EN9100 מונה דרישות הכשרה כלליות וספציפיות.

פסקה 6.2.2 הכשרת יכולת ומודעות

פסקה הזאת מטילה בידי המעסיק את האחריות להעריך צורכי הכשרה, לתעד דרישות הכשרה, לספק הכשרה ולספק הערכות בנוגע ליעילות התהליך באופן מתמשך על מנת להגיע לרמת היכולת הנחוצה של כוח האדם. במקרים בהם המעסיק מבצע פעולות מיוחדות, כמו הבדיקות הלא הורסות, נדרשת הכשרה ספציפית נוספת כפי שמצוין בפסקה הבאה:

7.5.2 מתן תוקף לתהליכים עבור ייצור ומתן שירות (תהליכים מיוחדים)

(b) אישור ציוד והסמכת כוח אדם

הפסקה הזאת עוסקת במתן תוקף ל'תהליכים מיוחדים' והתעשייה התעופתית לא רק שהכירה בבדיקות הלא הורסות בתור אחד מהתהליכים הללו אלא גם הכירה במסמכים NAS 410 ו-EN 4179 בתור המסמכים האחראים לבקרת ההכשרה וההסמכה.

EN 4179 ו-EN 4179 מונים נכון להיום 7 שיטות בדיקה מוכרות בתעשייה ומגדירים מה היא שיטת בדיקה ומה היא טכניקה. עם זאת, המסמכים לא מסבירים מהן הטכניקות

המוכרות בתעשייה במסגרת כל שיטת בדיקה. את זה הן מותירות בידי המעסיקים או בידי NANDTB. לא בכל מדינה קיימת NANDTB, לכן למעסיקים אין ברירה אלא להותיר את ההגדרה של טכניקות הבדיקה בידי הרמה 3 שלהם.

3.17 שיטת בדיקה: אחת מזרכי הפעולה של ביצוע בדיקה לא הורסת (לדוגמה אולטרסוניק, רדיוגרפיה וכו'), במסגרתה קיימות טכניקות שונות.

3.30 טכניקה: קטגוריה במסגרת שיטה מסוימת; לדוגמה בדיקה אולטרסונית בטבילה או בדיקה אולטרסונית של חומר מרוכב. טכניקות ספציפיות מוגדרות על ידי המעסיק או על ידי הועדה הארצית לבדיקות לא הורסות בתעשייה התעופתית

4.1.2 טכניקות NDT. הנוהל הכתוב יכלול את הטכניקות הספציפיות במסגרת כל שיטה, כפי שמוגדרות על ידי המעסיק או על ידי NANDTB

8.2 תיעוד: תיעודי המעסיק יכללו לכל הפחות:

b. את הרמה, השיטה והטכניקה/ות שלהן מוסמך העובד.

אם כך, מעסיקים נדרשים לתעד בנוהל הכתוב את שיטות ואת טכניקות הבדיקה בהן הם משתמשים ואת ההכשרה, הניסיון והבחינה הנדרשים על מנת לוודא שהסגל אכן מסוגל לבצע כראוי את העבודה. מסגרת שעות ההכשרה והניסיון ותוכן הבחינות חייבים לכסות את כל טכניקות הבדיקה הרלוונטיות. ישנם מקרים בהם דרישות ההכשרה, הניסיון והבחינה המינימאליות של NAS 410 ו-EN 4179 לא מספיקות בכדי לענות על צורך זה. אם המעסיק פונה למקורות חיצוניים כמו NANDTB או רמה שלוש חיצוני לשירותי הכשרה ובחינה, אז הנוהל הכתוב יפרט גם את היקף ההכשרה והבחינות האלה.

במקרה של עובד NDT שיש לו מסמכים המאשרים שעבר את ההכשרה ואת הבחינות הנדרשות וכי יש לו את הניסיון הנדרש, המעסיק נדרש להנפיק לו הסמכה לעסוק ב-NDT. על ההסמכה לציין את הרמה לה מוסמך העובד, את השיטה ואת הטכניקות בהן מוסמך לעסוק, כולל כל הגבלה, ואת תאריך ההסמכה.

בתיק האישי של העובד יש לכלול הכשרה כללית, הכשרה ספציפית וכל הכשרה נוספת הנדרשת

עבור כל טכניקה ולציין כי העובד נבחן על ידי דגם אחד לכל טכניקה, כאשר המינימום הוא שני דגמים לכל שיטת בדיקה. בנוסף יש לתעד את ציוני כל שיטה וטכניקה ואת הציון הסופי. דפי הבחינות עצמם יישמרו על ידי המעסיק, או על ידי NANDTB, במקרה שהבחינות נעשו על ידה. כל התיעוד שבידי המעסיק חייב להיות זמין לבקורת או לסקירה על ידי לקוחות, על ידי סוכניהם או על ידי גופים מפקחים.

דרישות ASTM I-AMS

ניקח לדוגמה, שוב, את הבדיקה בעזרת צבע חודר. המפרטים המנטרים הם: AMS 2644, ASTM E165 ו-ASTM 1417. אלה תקני תעשיית הבדיקות הלא הורסות המשמשים מסמכי הפניה. אף על פי כן, אין בהם שום אזכור ל'טכניקות' במסגרת שיטות בדיקה. הדבר מקשה על קוראים אשר מחפשים הסבר שיעזור להם להגדיר טכניקות בדיקה.

שלושת המסמכים הללו מתואמים בנושא סיווג צבעים חודרים ושיטות בדיקה.

הסיווגים בכל המסמכים מבוססים על המסמך AMS 2644E.

בפסקה 1.4 - סיווג (של מערכות צבע חודר) - מצוין כי בדיקות בצבע חודר יעשו על ידי סוגי הצבע, השיטות ורמות הרגישות הבאים:

ראשית, ישנם שני סוגי צבע חודר:

Type 1 - פלואורסנטי

Type 2 - נראה לעין

שנית, ישנן 4 שיטות:

Method A - צבע חודר שטיף במים

Method B - צבע חודר המוסר על ידי מתחלב ליפופילי

Method C - צבע חודר המוסר על ידי ממיס

Method D - צבע חודר המוסר על ידי מתחלב הידרופילי

ובנוסף ישנן 5 רמות רגישות לצבע חודר פלואורסנטי ו 6 צורות של מפתחים

לסיכום

EN 4179 ו-NAS 410 הם מסמכים העומדים בפני עצמם והדוגמה הזאת של דרישות הבדיקה בצבע חודר מראה שבמקרה זה, ובמקרים נוספים רבים, הם אינם תואמים את מערכת בקרת האיכות (QMS) ותקני תעשייה מוכרים - ואפילו סותרים אותם במקרים

מסמכים מאזכרים

100 Aerospace Series: Quality Management Systems

EN 4179: Certification and Accreditation of Non-Destructive Test

165: Liquid Penetrant Testing for Industry

1417: Standard Practice for Liquid Penetrant Testing

E: Aerospace Material Specification: Material Penetrant

קורנליוס מורן מתפקד בתור סוקר מיוחדים בתעשייה התעופתית וממוחה לבדיקות לא הורסות ולתהליכי של מרכיבי מנועים ומבנה מטוסים. מכוונת במקצועו והוא הוכשר כרמה ה-NDT לפני יותר מ-40 שנה. האיכות מוסמך (CQP) וחבר במוסד לאיכות, במוסד הבריטי לבדיקות וב-ASNT. ניתן ליצור עמו קשר הדוא"ל on.murren@gmail.com

מסוימים. מערכות בקרה משולבות (IMS) הן דבר ראשי בתעשייה של היום - בהן משתלבים כל המסמכים ומערכות התפעול והבקרה בהם משתמש המעסיק. אם הגורמים האלה לא משתלבים יחדיו, אין בעצם בקרה.

בכדי לפתור את הבלבול, NAS 410 ו-EN 4179 חייבים להכיר בתקני התעשייה כאשר משתמשים במינוח לציון דרישות תקנים כמו AMS 2644, כפי שרואים בדוגמה של מערכת הבדיקות בצבע חודר. יצרנים ראשיים גם לא פותרים את הבעיה; חלקם הולכים לפי הנחיות AMS וחלקם קובעים בעצמם את סיווג שיטות וטכניקות הבדיקה בצבע חודר.

לדוגמה, בודק אשר ישתמש בצבע חודר שטיף במים פלואורסנטי עם רגישות גבוהה ובמפתח יבש יסווג את הטכניקה כך:

טכניקת צבע חודר: Type 1, Method: A, Sensitivity 3, form a סיווג זה נהיר למדי וכל בן אדם העוסק בבדיקות בצבע חודר יבינו.

הרחבת הפעילות בתחום הבדיקות האולטרסוניות בתחום ה-PA

חברת סאיקלון (Elbit Systems-Cyclone) הרחיבה את יכולותיה בתחום הבדיקות האולטרסוניות בשיטת ה-PHASED ARRAY. החברה רכשה והסמיכה מערכת בדיקה בטבילה מתוצרת התעשייה האווירית, ולאחרונה רכשה מערכת דומה של חברת SCANMASTER, בשתי המערכות נעשה שימוש במכשיר האולטרסוני של חברת אולימפוס.

במקביל הכשירה החברה כעשרה טכנאים אשר הוסמכו לרמה 2 בבדיקות אולטרסוניות ועברו הכשרה ספציפית בהפעלת ציוד זה וציוד אחר אשר ברשות החברה.



TomoScan FOCUS LT – OLYMPUS

ROUGH, TOUGH AND RUGGED



US-454A EddyView.
Bringing the best innovative multi-frequency eddy current technology to the market!



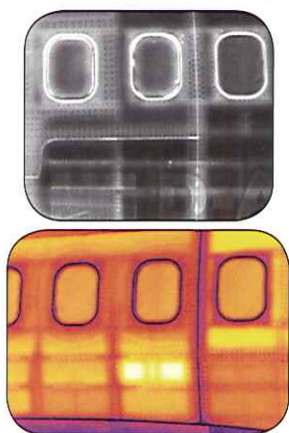
אינפרה אדום בשירות בדיקות אל הרס

מוטי דותן, חברת ASIO Vision LTD

- אפשרויות לחיבור המערכת לעולם החיצון, קוי בדיקה, בקרים וכדומה.
- אפשרות לשמירה של נקודות עבודה שונות עבור חומרים שונים על מנת שלא יהיה צורך לבצע אבולוציה מחדש בכל פעם עבור כל חומר.
- להלן שתי דוגמאות לשימוש בטכניקה זו בבדיקות אל הרס.

1. מערכת לבדיקת מטוסים על ידי מערכת Jetcheck Inspection System

מדובר במערכת המשמשת לאבטחת איכות במטוסים. מערכת זו משמשת לבדיקת ריתוכים, הדבקות וחיבורים שונים של חומרים מרוכבים במטוסים. למערכת יש אישור ה-FAA וכן אישור של יצרני מטוסים רבים והנדוע שבהם בואינג. המערכת משמשת את חיל האוויר הגרמני לבדיקת כל המטוסים והמסוקים בצי האוויר שלהם. המאפיין העיקרי של המערכת הוא האפשרות לבדוק שטח גדול בבת אחת, ולכן הוא כלי מצוין העוזר לפקחים להחליט על בטיחות כלי הטיס. התמונה הבאה מתארת את האפליקציה:

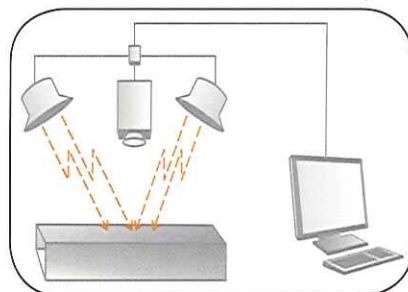


סריקת שטח גדול לבדיקת המבנה הפנימי

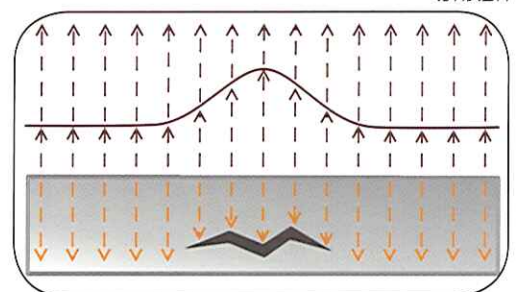
2. מערכת לבדיקת תאים סולאריים על ידי מערכת SolarCheck Inspection Systems

מדובר על מערכת לבדיקת תאים סולאריים שפותחה על ידי חברת Automatiom Technology כמו גם המערכת הקודמת שפותחה על ידה. המערכת מנצלת את העובדה

1. בדיקה של חומרים מרוכבים.
 2. בדיקה של כיסי אוויר במוצרים עשויים בהקצפה של חומרים שונים (כגון "דשבורד" ברכבים)
 3. אנליזות של מאמצים תרמואלסטיים.
 4. בדיקה של פגמים נסתרים כמו שברים, סדקים, הדבקות לא תקינות במתכות ו/או חומרים פלסטיים.
 5. בדיקה של תאים פוטו-וולטאים להימצאות קצרים, שברים, ומגעים לא תקינים הנובעים מהלחמות גרועות.
- מערכות לבדיקות אל הרס יכללו תמיד את המרכיבים הבסיסיים הבאים:
- מצלמה תרמית רגישה במיוחד.
 - מקורות לאנרגיה תרמית לצורך עירור החומר הנבדק.
 - מערכת סנכרון בין המצלמה למקורות החום.
 - תוכנה לשליטה ובקרה על כל ה"ל" וכן לאיסוף וניתוח התוצאות.



מימין התפלגות האנרגיה מדגם נבדק במערכת אל הרס תרמית משמאל מבנה כללי של מערכת אל הרס תרמית



- המאפיינים העיקריים של כל המערכות הללו הם:
- מערכות בדיקה המותאמות למספר חומרים שונים בהתאמות קלות.
 - ארכיטקטורה מודולארית המאפשרת לשדרג אותן ככל שמספר החומרים הולך ועולה.
 - אלגוריתמים גמישים לצורך אבולוציה של החומר הנבדק והתהליך לבדיקתו.
 - רצוי תמיד לבחור בתוכנה בעלת ממשק גרפי למיתקן מהיר של המערכת.
 - אפשרות לבניית מקרו לתהליכי בדיקה ספציפיים.

שימוש באינפרה אדום מהווה שיטה יעילה ומדויקת לבדיקות אל הרס עבור חומרים שונים.

בכתבה זו נסביר את עקרונות השיטה ונביא מספר דוגמאות ליישום הבדיקות לא הורסות בשיטת האינפרה אדום למוצרים שונים.

מהו עיקרון הפעולה?

בשיטה זו, משתמשים במקור חום על מנת לעורר את החומר הנבדק עירור תרמי. השיטה מבוססת על העובדה שלזרימת אנרגיה תרמית דרך החומר, יש תמיד השפעה על התפתחות הטמפרטורה על פני השטח של האובייקט הנבדק.

לאחר שמבצעים את העירור התרמי, בודקים במשך זמן מסוים באמצעות מצלמה תרמית את פני השטח ורושמים את השינויים בטמפרטורה על פני השטח. התמונה המתקבלת מספקת לנו מידע על המבנה הפנימי של החומר או על פגמים אפשריים שבתוכו.

תיאור כללי של התהליך ניתן לראות בתמונות הבאות:

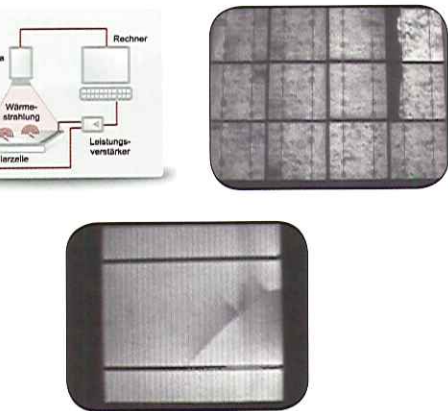
התמונה השמאלית מראה את מבנה הכללי של המערכת והתמונה הימנית מראה את המתרחש בחומר הנבדק עצמו.

בדיקות אל הרס באמצעות אינפרה אדום ידוע גם בשמות הבאים:

- Lock-In thermography
- Pulse thermography
- Transient thermography
- Vibro thermography
- Thermal stress analysis (TSA)

שימוש בטכנולוגיה זו לבדיקות אל הרס משמש אותנו בעיקר בחמשת התחומים הבאים:

הבסיסית שתאים סולאריים מתפקדים בתנאי שמאפשר לבדוק את תגובתם במצב אמיתי. המעבדה בצורה מודולארית כדי להבטיח שתוכל לבדוק את התאים הסולאריים. המערכת מגלה בעיקר קצרים אך גם פגמים אחרים בייצור התאים הסולאריים התמונות הבאות מתארת את האפליקציה:



מימין תמונת פגמים במגעים וקצרים בלחות עירור אלקטרוני משמאל מבנה כללי של מערכת תרמית מאופננת ומסונכרנת למטה תמונת פגמים סולאריים - עירור פוטוני

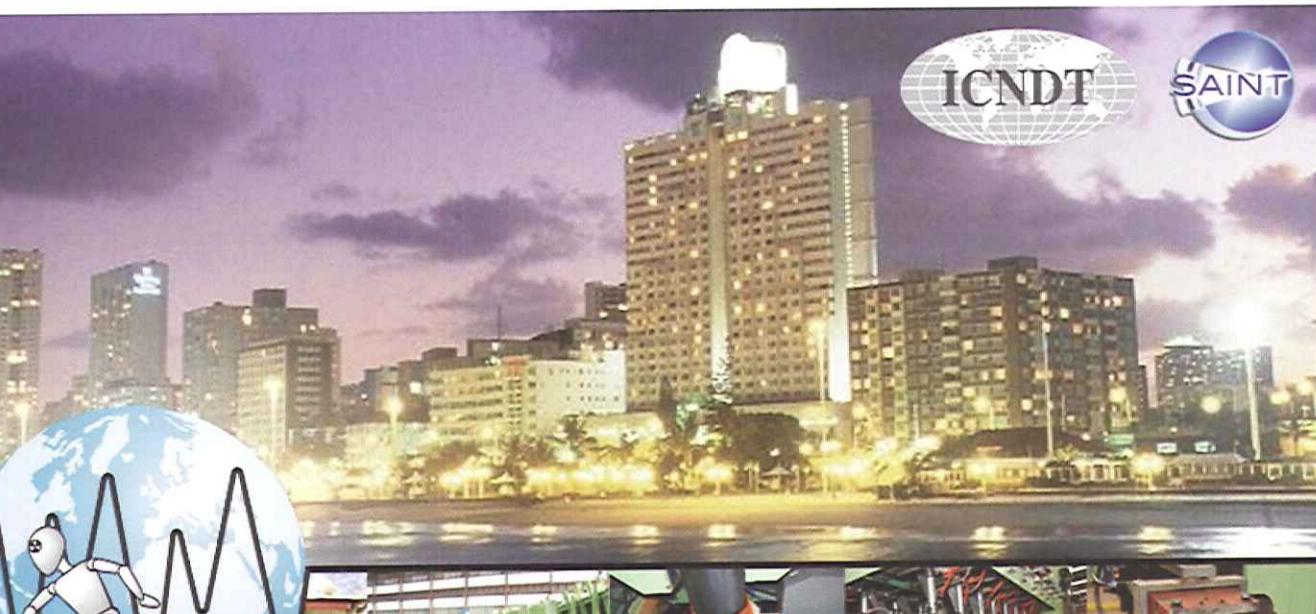


איכות בעידן הגלובליזציה
Quality in an Era of Globalization

הכינוס הבינלאומי ה-19
של האיגוד הישראלי לאיכות
24-22 באוקטובר 2012
מלון רמדה, ירושלים



סדכירות הכינוס:
איסס ארגון כנסים
ת.ד. 34001, ירושלים 91340
טל: 02-6520574, פקס: 02-6520558
דוא"ר: confer@isas.co.il
www.isas.co.il/quality2012





Ricky Morgan סיים את כהונתו כנשיא והפך להיות יו"ר ASNT ואילו Mr. Bob Potter התמנה להיות הנשיא החדש. האירוע נחגג בארוחה מסורתית, בשתייה ובריקודים.

חדשות ASNT

ASNT Fall Conference & Quality Show at the Renaissance Palm Springs Hotel in Palm Springs, California.

בכנס בן 5 ימים שנערך בפאלם ספרינגס בחודש אוקטובר 2011, השתתפו כ-2000 משתתפים רובם חברי ASNT.



Mr. Ricky Morgan הנשיא היוצא

כנס הסתיו של ה-ASNT הוא אחד משני הכנסים הראשיים שמקיים הארגון בכל

שנה והגדול ביניהם.

הכנס התקיים בעיר המקסימה Palm Springs בקליפורניה הנמצאת בין הרים במדבר, מוקפת בקטוסים ענקיים ובעיירות אינדיאניות לשעבר. מזג האוויר שם דומה לזה שבארץ, חמים ושמש ומהווה איזור לבתי קיץ של עשירי ארה"ב, ובהחלט האווירה מתאימה לכנס לבדיקות לא הורסות.

ביום הראשון של הכנס התקיימה ישיבת מליאת החברים בה ניתן דיווח על פעילות האגודה האמריקאית, הרכב חברה ונכסיה. באגודה כיום כ-12,000 חברים ושליש מהם הינם מחוץ לארה"ב. במליאה זו השתתפו כ-100 איש חברי ה-ASNT

הרצאת הפתיחה ניתנה ע"י Mr. John Nyhoit מ-Brilish Petroleum על הקשר המתחזק שבין טכנולוגיית NDE ופעילות הפיקוח, קשר שאנו חשים בו גם אצלנו.

הרצאת הפתיחה של היום השני ניתנה ע"י Mr. Joe Mclein, נשיא האגודה לשעבר והתמקדה על השינויים שבתקן SNT-TC-IA.

בכנס הציגו מדענים ואנשי מקצוע הרצאות בתחומים שונים ב-3 מסלולים מקבילים וביניהם חומרים מרוכבים, אולטרסוניקה, בדיקות מגנטיות וצבע חודר, גשרים, Phased Array, אמיונות, צנרת, רדיוגרפיה דיגיטלית ועוד.

גם השנה נוהל הכנס על ידי Ms. Clandia V.Kropas.

בתערוכה הציגו 115 חברות את מיטב הפיתוחים הטכנולוגיים בתחום הבדיקות לא הורסות, ניתן היה להתרשם מפריצת הטכנולוגיה בתחום

הרדיוגרפיה דיגיטלית, התפתחות טכניקת ה-Phased Array וממגוון גדול של ספקי מכשירים וחומרים המשמשים לבדיקות.

בין המציגות היו 2 חברות ישראליות "וידיסקו" ו-"אקוסטיק איי" ועוד חברה שנולדה כאן "Scan Master".

בערב הגאלה התחלפו נשיאי העמותה Mr.

הנשיא הנכנס של ה-ASNT



נשיא ASNT הנכנס Mr. Robert J. Potter

Robert J. Potter - President of ASNT, is entering his thirteenth year of involvement with ASNT at the national level. He first became involved with ASNT in 1976 where he served as secretary of the Oklahoma Section. He credits his

Community College and for the National Institute for Aviation Research - National Center for Aviation Training. Potter was awarded the ASNT Fellow award in 2002 and was the recipient of the Engineering Service Award in 2010 by the Wichita Council of Engineering Societies.

As an ASNT Level III in eight (8) NDT methods, Potter has served on the ASNT Certification Management Council as Chair Elect and is past chair of the Eddy Current and Neutron Radiography committees. He is also an active member of the ASNT Section Operations Council where he has served as Region 9 Director since 2000. Potter is employed in the aerospace sector where he works for a company that specializes in nondestructive testing and metal finishing of aerospace parts. He has 15 years of nuclear power experience and 20 years of aerospace experience. Potter has a Bachelor of Science in Business Management, is an avid pilot, and enjoys doing research when it is too cold to hunt or fish.

involvement with ASNT to his employer who encouraged participation in professional organizations as a blueprint to professional growth. Potter took this conviction to heart by involvement with the American Society for Quality where he earned certifications as a Certified Quality Engineer, Certified Quality Auditor and Certified Mechanical Inspector; and, with the American Welding Society where he earned a Certified Weld Inspector certification. His commitment to both community and professional involvement has continued. He serves on the NDT advisory board for Cowley County

ASNT Meetings 2012

19-23 MAR	ASNT 21st Annual Research Symposium and Spring Conference, Sheraton Dallas Hotel, Dallas, Texas. Contact: ASNT
4-5 JUN	Nondestructive Evaluation of Aerospace Materials and Structures III, Crowne Plaza St. Louis Airport St. Louis, Missouri. Contact: ASNT
16-18 JUL	Digital Imaging XV, Foxwoods Resort, Mashantucket, Connecticut. Contact: ASNT
21-24 AUG	NDT/NDE for Highways and Bridges: Structural Materials Technology (SMT), New York LaGuardia Airport Marriott, New York, New York. Contact: ASNT
29 OCT-1 NOV	ASNT Fall Conference, Rosen Shingle Creek, Orlando, Florida. Contact: ASNT

2013

4-8 NOV	Fall Conference and Quality Testing Show, Rio Hotel, Las Vegas, Nevada. Contact: ASNT
---------	---

שימוש בספקטרומטר לאבחוני מבנים מרוכבים בבואינג 787

מתוך ndtnews תרגום: פלג ויגודני



אגילנט טכנולוגיס (Agilent Technologies) הודיעו כי הספקטרומטר האינפרא אדום הנישא (מכשיר נייד) אשר מבוסס על התמרת פורייה - Agilent 4100 ExoScan - הוסף למדריך שירותי התיקון של המטוס החדש של חברת בואינג 787-, ה'דרמילינר' - בזכות יכולתו לאמוד את החשיפה התרמית של רכיבי המטוס הבנויים מחומרים מרוכבים.

כנפיו, גופו ועוד מרכיבים חשובים רבים של הבואינג 787, שרבים חיכו בכיליון עיניים לשיווק, עשויים מחומר מרוכב מתקדם עשוי סיבי פחמן, אשר מצריך שיטות חדשות של בדיקות לא הורסות לזקקים פוטנציאלים. לאחר מחקר של מספר שנים, נמצא כי ה-Agilent ExoScan 4100 הוא המכשיר האידיאלי למדידת חשיפה תרמית בגוף המטוס ובמרכיבים נוספים העשויים סיבי-פחמן.

מרוצים כי מערכת ספקטרוסקופיית פורייה של ה-ExoScan מצליחה לתרום באופן משמעותי ליעילות הייצור והתחזוקה בתעשייה.

מערכת ספקטרוסקופיית פורייה של ה-ExoScan, אשר מסוגלת לנתח חומרים מרוכבים מסיבי פחמן בהצלחה, הינה דוגמה אחת להתרבות השימוש במכשירים אנליטיים בתנאי שטח. בכדי לאשר את יישום המכשיר לבדיקות במטוסים, נעשו השוואות רבות על ידי מהנדסים בין טכנולוגיית ספקטרוסקופיית פורייה הנישאת ביד לבין שיטות בדיקה מסורתיות יותר, אשר נעשות בתנאי מעבדה - כמו בדיקות הורסות, בדיקות תרמיות ובדיקות מכניות.

נעשים שימושים רבים נוספים ב-ExoScan מחוץ למעבדה, כמו ניתוח חומרים, שימור יצירות אמנות ובמדעי כדור הארץ. עבור משתמשים אשר צריכים מערכת מעבדתית קטנה, ויצטרכו מערכת נישאת ניידת לעתים או בעתיד, ה-ExoScan יכול להתחבר למעגן ולהוות מערכת ספקטרוסקופיית פורייה מאוד יעילה ומתאימה לשימוש מעבדתי.

www.chem.agilent.com

חברת גבי שואף השלימה קורס להכשרת מפקחי צנרת API 570.

הקורס נערך בשיתוף עם המכון
הישראלי לאנרגיה וסביבה
API הינו הארגון האמריקאי לנפט.



יוסי שואף בשיתוף עם חברת West הינה ספק מאושר של API להדרכת בקורס זה השתתפו 25 איש מתחום הפטרוכימית, יצור החשמל, ומפקחי הוא נמשך 10 פגישות של יום שלב ידי 7 מרצים המתמחים בהוראת הר מרצים אלו היו ד"ר יוסי שואף, אינג' ג'קי בן דיין, שמואל צוריאל, מוסי יהושע ויגודני ופרופ' רוני שנק. ההדרכה במרכז ההדרכה של המכון ברמת מרווח המאובר באמצעי הוראה.



לאחר שבוצע מבחן ההסמכה בעברית בניהולו של המכון הישראלי לאנרגיה והוגשו המעוניינים בכך למבחן חיצוני אשר הגיעו לארץ במיוחד. בימים תוצאות המבחן לנבחנים ומצביעו הצלחה. הסטטיסטיקה של הצלחה היא 50% בלבד. הצלחה זו גורמת אצל מארגני הקורס בדבר יעילות כבוד ליכולות של אנשי המקצוע חוות הדעת של המשתתפים היו טוב וחלקם הביעו את רצונם להשתתף דומים.

בעתיד הקרוב מתוכננים קורס נוספים בתחום זה ואחרים לפי התעשייה.

SigmaCheck

ETer NDE גאים להציג את מד מולקולרית בשיתוף זרמי הערבולת SigmaCheck המכשיר מיועד לספק למשתמש מדידה מהירה ומדויקת במחיר סביר. SigmaCheck הוא קל ביותר לש

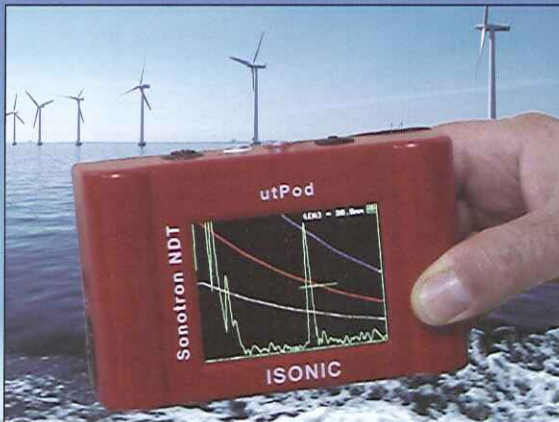
Sonotron NDT seals several tens ISONIC utPod instruments deal with Siemens Wind Power

תצוגה RF, PRF עד ל-2KHz, DAC ו-DGS בעלי מספר עקומות, TCG, שני שערים עצמאיים, הערכה אוטומטית כולל, API, AWS, פונקציות טריגונומטריות, קורלצית עובי ועקמומיות, מסך מגע LCD 81.3 מ"מ (3.2 אינץ') עם רזולוציית צבעים גבוהה ו-qVGA active matrix עם בקר גרפיקה Picaso-GFX2 מובנה, אזהרה קולית מובנת ונורות וירטואליות על המסך המתריעות על אינדיקציה של אי רציפות, ושתי סוללות ליתיום-יון נטענות ועמידות.

ה-ISONIC utPod מיוצר בשתי קונפיגורציות. הקונפיגורציה הסטנדרטית מציעה טווח תדר בין 0.2-25 MHz, וגבולות בין 50 ל-600 ננו שניות למשך פולס השידור. הקונפיגורציה נמוכת התדר של המכשיר, ISONIC utPod LF, מציעה טווח תדר בין 0.03-15 MHz, וגבולות בין 50 ל-10000 ננו שניות למשך של פולס השידור, ההופכים את המכשיר למתאים לבדיקה של בטון, GFRP, וחומרים מנחיתים נוספים.

Siemens Wind Power בחרה ב-ISONIC utPod כחלק אינטגרלי בערכת הכלים של כל צוות התחזוקה של טורבינות רוח. המשלוח הראשון של מכשירי ה-ISONIC utPod נשלח אליהם בדצמבר 2011. Endety Aps המייצגת את Sonotron NDT בדנמרק קיימה הדרכה לתפעול המכשיר במטה החברה בינואר 2012.

Sonotron NDT, Rehovot, Israel
www.sonotronndt.com



SONOTRON NDT
www.sonotronndt.com

Siemens Wind Power היא הספק המוביל בעולם לטורבינות רוח לאתרים יבשתיים, על קו החוף ובים. בדיקות אולטראסוניות הן אמצעי האבחון העיקרי למחלקת השירות של Siemens Wind Power, הדואגת לתפקודן התקין של אלפי טורבינות רוח לאורך פעולתן. לאחרונה, בדיקות השוואה בין דגמים חדישים של מכשירי בדיקה אולטראסוניים מיצרנים מובילים מצאו שהדגם היעיל ביותר הוא ה-ISONIC utPod מבית Sonotron NDT.

ה-ISONIC utPod הוא מכשיר בדיקה נייד ורב שימושי. באריזה קטנה של 400 גרם הוא מכשיר בדיקה אולטראסוני בעל ביצועים מקסימליים, מד עובי A-scan רב תפקודי, מד קורוזה פשוט ובעל יכולת אגירה של קבצי בדיקה רבים. בנוסף, ניתן לשלוט במכשיר באמצעות חיבור USB. בזכות המימדים הקטנים והמשקל הקל ביותר של ה-ISONIC utPod, מתאפשר לראשונה תפעול של המכשיר באמצעות יד אחת. המפעיל מחזיק את המכשיר, את הגשיש, ומבצע את הסריקה, והכל באמצעות יד אחת, דבר המאפשר ביצוע בדיקות בתנאים קשים למהירות ואמינות הרבה יותר. החדירה האולטראסונית המשופרת מושגת תודות לפולסר ייחודי דו-קוטבי בגלים מרובעים, אשר מגביר את הקצוות של פולס השידור, ושומר על יציבות אמפליטודת הגל הרצויה (עד ל-300 Vpp) לכל אורך הזמן. הרסיבר החדשני מאופיין בהגברה אנלוגית של 100dB, 100MHz בקצב דגימה של 16 ביט, פילטר דיגיטלי 32-tap עם finite impulse response band-pass

גבולות תדר ניתנים לשליטה. בנוסף, ה-ISONIC utPod מציע A-scan מציג בביצוע אנלוגי ללא מגבלה למצב



של מתכות יקרות (בדיקת זיופים) כמו מטילי זהב ומטבעות.

תצוגת ה-SigmaCheck היא על מסך LCD צבעוני וגדול וניתן לראותה בקלות בכל תנאי התאורה.

עיצוב SigmaCheck נוח וקל לאחיזה, וכולל ידית מעוצבת במיוחד להתאים לידך וגודל ומשקל נוחים; רק 350 גרם (3/4 פאונד) ומידות של פחות מ-163 מ"מ גובה, 80 מ"מ רוחב ו-25 מ"מ עובי (1x3.25x6.5 אינץ'). המוצר כולל כיסוי ניתן להסרה מגומי סיליקון לשמירה על המכשיר בתנאים קשים. הגשש הסטנדרטי מעוצב במיוחד להתאים ליד הבודק.



תדירות הפעולה הבסיסית של ה-SigmaCheck היא 60 קילוהרץ ובשעת הצורך ניתן לכוון לתדירות 120, 240, 480 ו-960 קילוהרץ, בכדי לבדוק חומרים דקים באמצעות הגשש הסטנדרטי.

מאפיינים נוספים של ה-ETHer NDE SigmaCheck:

- גששים ניתנים להחלפה בשטח באמצעות SD Card
- חיבור True USB PC Connectivity עבור שליטה מרחוק ותיעוד מידע
- חיבור ה-USB מאפשר הטענה קלה של המכשיר ללא צורך בהחלפת הסוללות
- SigmaCheck כולל נרתיק נשיאה (ניתן גם לרכוש נרתיק ABS (פולימרי סינתטי אמורפי תרמופלסטי דוחה אש), בלוק כיוול כפול (Hi-Low), כבל גשש, מטען, כבל USB, מעמד לשולחן ניתן להסרה ומדריך למשתמש. אופציה לגשש בעל קוטר קטן.

משווק בישראל: מ.נ. הנדסה

IPLEX UltraLite – Remote Visual Inspection

מערכת לבדיקות ויזואליות מבית אולימפוס

תכונות נוספות:

Interchangeable optical tip adaptors with illumination
 Touchscreen menu for instant recognition and navigation



High resolution and accurately articulation
 High maneuverability due to crush- and
 torque-resistant insertion tube
 SD card for still JPEG and MPEG-4

חברת אחים איזנברג גאה להשיק את מערכת הוידאסקופ מסוג UL IPLEX בגודל כף היד. המערכת שוקלת 700 גרם בלבד ומופעלת על ידי סוללות ועל כן מותאמת לעבודה בשטח, בתנאי סביבה קשים ובמרחבים מוגבלים. השימוש במערכת קל, נוח ואינטואיטיבי ומאפשר עבודה ללא מאמץ או התעייפות, גם בבדיקות ארוכות.

לצד העובדה שהמערכת כה קטנה, מערכת ה-IPLEX UL מציעה תכונות רבות שלרוב נמצאות רק במערכות וידאוסקופ מתקדמות. המערכת מאובזרת במעבד תמונות מיוחד ליצירת תמונות ברורות וחדות לצורך זיהוי ודאי של פגמים קטנים מאד.



Epoch 600 – UT flaw detector

חברת אחים איזנברג בע"מ, גאה להציג את Olympus 600 מבית Epoch.

מערכת אולטרא סונית דיגיטלית למציאת פגמים המשלבת יכולות מתקדמות בתחום האולטראסאונד התעשייתי, נוחות שימוש וניידות. נתונים אלה מייעדים ציוד זה לכל רמת משתמש.

המאפיינים העיקריים:

איכות גבוהה

תצוגת scan-A אופקית ברורה.

כפתורים "חמים" לנגישות נוחה לפרמטרים קריטיים במהלך בדיקה.



ניידות המכשיר (משקל 1.68 ק"ג ועבודה עד 12 שעות על סוללה).

ה-Epoch 600 תואם את דרישות EN12668-1 ומאפשר טווח מלא של תכונות סטנדרטיות ואופציונאליות במכשיר.

תכונות מפתח:

- 400V PerfectSquare™ tunable square wave pulser.
- Digital filtering for enhanced signal-to-noise ratio
- Single shot measurements at up to 2000 Hz PRF
- Dynamic DAC/TVG
- Onboard DGS/AVG

קודאק מודיעה על הליך הגנה בפני נזק

ההמצליחות בצפון אמריקה, תחת השם (Team Health Imaging) הדמייה לקיירסטרים 40 סניפים בעולם וכ-100 הנתונים שרות ללקוחות ב-150 מד



ק י י ר ס ר י מ

הינה האחראית הבלעדית לקו המוצרים שרכשה בתחום הרפואי והבדיקות הלא הורסות מידי

חלוצת הצילום העולמית קודאק הכריזה על בקשה להגנה בפני נושים על פי "צ'פטר 11" בשבועות הקרובים, לאחר שלא הצליחה למכור אוסף פטנטים בתחום הצילום, מהלך שהיה אמור לספק לה נזילות.

על הגשת הבקשה להגנה מפני נושים מסרה החברה כי מהלך זה אמור לתרום להגדלת הנזילות שלה ואפשר לה להתמקד בעסקי הליבה שלה. בנוסף, בקודאק הבטיחו כי ימשיכו לשלם משכורות לעובדים, מדובר בכמעט 20 אלף, ולעמוד בהתחייבויות לספקיה

ברכות לרגל היציאה לגמלאות

בימים אלו יצאו לגמלאות שני אנשים שבתפקידם בחברה כמנהלי אבטחת איכות, פעלו רבות בתחום הבדיקות הלא הורסות, ניסים שאלתיאל ומיקי מאיר, העמותה מברכת אותם ומאחלת להם הצלחה בהמשך דרכם.

מיקי (מיכאל) מאיר - טוטנאור

מיקי סיים את עבודתו לאחר 16 שנים כמנהל אבטחת איכות בחברת טוטנאור.

טוטנאור הינו יצרן של אוטוקלבים (מכשיר לעיקור באמצעות קיטור) כאשר המכלול העיקרי הוא מיכל לחץ ומחולל קיטור חשמלי. מכלי הלחץ מפלב"ם, בתצורה גלילית או ריבועית.

מיקי ניהל שתי מערכות איכות בפיקוח אמריקאי, אירופאי וישראלי: ציוד רפואי וציוד לחץ.

מיקי ניהל את מערכת האיכות בתאימות עם תקן ASME האמריקאי, ובמקביל הוביל גם מערכת תואמת ל-AD Merkblatt, TRB, ו-TRD גרמנית בפיקוח TUV Hessen שהתחלף מאוחר יותר בדירקטיבה האירופאית לציוד לחץ.



ב-2007 הוביל את מערכת האיכות לתאימות לרגולציה הסינית ומאו, מייצאת טוטנאור את מוצריה גם לסין.

מיקי הביא את ניסיון רב בתעשייה כמהנדס מוצר, מנהל יצר, מנהל אחזקה במפעל גדול מאד וכבעל חברת שרות בנושא משק חום.

מיקי מכיר היטב את הרגולציה האירופאית, פרשנות והממשק שבין הדירקטיבות השונות. (למשל, תחולת דירקטיבת "מכונות" על דירקטיבת "ציוד לחץ").

מיקי בעל הכשרה רחבה בתחום הבדיקות לא הורסות, בעל הסמכה כמפקח ריתוך מטעם AWS, והכשרות נוספות ממכון התקנים.

מלבד עיסוקים אלו למיקי תחביבים רבים כגון איור ושחייה ולאחרונה הקים נפחיה כתחביב.

ניסים שאלתיאל - כרומאלוי

בוגר הטכניון בהנדסה כימית. היה בצוות ההקמה של מפעל טורבוטורום (לימים כרומאלוי ישראל) שהוקם בשנת 1969 כשותפות בין חברת כרומאלוי העולמית לתעשייה האווירית. המפעל יישם בארץ את הטכנולוגיות של חברת כרומאלוי המתמחה בשיפוץ ושיקום חלקים קריטיים של מנועי סילון. בעיקר להבי הטורבינה (החלקים החמים) ולהבי המדחס (החלקים הקרים).

תהליכי השיקום של חלקים אלה מחייבים שימוש במרבית השיטות השכיחות של בדיקות אל הרס, במטרה לזהות סדקים ופגמים אחרים העלולים להיות מסוכנים לתפעול החלקים במנוע הסלוני. ואכן המפעל מיישם באופן שוטף בדיקות אל הרס בשיטת הצבעים החודרים, בדיקות רדיוגרפיות, בדיקות אולטרסוניות ובדיקות בשיטת זרמי המעברולת. כל הבדיקות מבוצעות על פי התקנים התעופתיים המחמירים כאשר המבקרים עצמם נדרשים להיות מוסמכים לביצוע הבדיקות ועוברים קורסי השלמה וריענון שוטפים.

ב-42 שנות פעילותו במפעל, עד לפרישתו לגמלאות בסוף שנת 2011

היה נסים שאלתיאל האחראי ליישום והטמעת מערך בדיקות האל הרס במפעל. המערך הוכיח את יעילותו ואמינותו בכך שלא היה שום כישלון בזמן הטיסה של חלק ששופץ במפעל, ומדובר במאות אלפי חלקים ששופצו במפעל במהלך השנים.

לאחרונה יושמה במפעל הטכנולוגיה המתקדמת של רדיוגרפיה ממוחשבת, אשר מאפשרת חסכון ניכר בזמן הביצוע, מאפשרת שמירה ואחזור קלים ויעילים של תוצאות הבדיקות, ותורמת לאיכות הסביבה במניעת הצורך בשימוש בכימיקלים רעילים.



ניסים שאלתיאל (במרכז) במסיבת הפרידה מכרומאלוי מימין מוטי כץ - מנהל תפעול והנדסה, משמאל משה גולדשטיין - מנכ"ל המפעל

עם יישום הישג זה פורש נסים לגמלאות כאשר הוא יודע שהשאיפה את המערכת בידיים אמינות ונאמנות שידעו להמשיך במסורת המפוארת של אפס ליקויים.

כנס ה-13 תעניק העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות תעודת כבוד על פעילות בעמותה ופעילות בתחום ה-NDT לשוקי ויגודני

תעודת הכבוד מוענקת לשוקי ויגודני על פעילותו בעמותה ובפרט על עריכת הביטאון "חדשות אל הרס", שוקי עורך את הביטאון החל מהביטאון השלישי, ביטאון זה מלווה את הכנס השנתי של העמותה.

שוקי החל את פעילותו בתחום הבדיקות לא הורסות בחברת גבי שואף בשנת 1986 ועסק בכל תחומי הבדיקות הלא הורסות, במהלך שנים אלו החל לעסוק בהדרכה בשיטות הבדיקה הנפוצות וניהל מאות קורסים בתחום התעשייה והתעופה.



שוקי בתחילת דרכו כבודק בחברת גבי שואף

בשנים האחרונות פועל כעצמאי בתחום ההדרכה ונותן שרותי רמה 3 למפעלים תעופתיים, מוסמך רמה שלוש לפי NAS 410 ומוסמך על ידי: ROLLS ROYCE CORPERATION, ROLLS ROYCE PLC & PRATT and WHITNEY

בדיקת גלאי נזילות בתחנות דלק

מחלקת מיכלים וצנרת שבחברת גבי שואף מבצעת מזה שנים רבות בדיקות אטימות של מיכלי וצנרת דלק תת קרקעיים. לאחרונה החלה לבצע בדיקה של גלאי נזילות בתחנות דלק. תפקיד גלאים אלו לנתק באופן אוטומטי את זרימת הדלק במקרה של קו דולף.

אחת הסכנות לזיהום מי התהום היא מצב שבו הקו בו מוזרם הדלק מהמיכל לנקודת האספקה פרוץ, ובעת הזרמת הדלק יועבר גם דלק רב לאדמה מסביב תוך זיהום הסביבה.

שיטת הגילוי האוטומטית כפי שפועלת כיום בכל תחנה, עובדת כך שבעת הלחיצה על ידית התדלוק, משאבת הסניקה מתחילה לפעול למשך 2 שניות, אך בספיקה נמוכה של כשלושה גלון לשעה.

בשלב זה מתבצעת מדידת הלחץ בקו. אי יכולת בניית לחץ מצביעה על דליפה. במידה ואין נפילה כזו נפתח השסתום הראשי בספיקה גבוהה כ-2 גלון לדקה המזרים את הדלק לנקודת האספקה הידועות בפי המשתמש כ"משאבה".

אם יש נפילה נסגר השסתום והדליפה נפסקת.

חברת גבי שואף בודקת את תקינות המכשור האוטומטי שמותקן בכל מיכל ומכווננת אותו כך שיתאים להגדות הראשוניות של היצרן וכפי שנדרש על ידי המשרד לאיכות הסביבה.

בדיקה זו למערכת הגילוי האוטומטית נדרשת על ידי המשרד כבדיקה שנתית.

משך הבדיקה הינו קצר ואינו משבית את המערכת ליותר ממספר דקות. התוצאות ניתנות במקום. במקרה והציוד אינו תקין מחליף הצוות את הגלאי ביחידה חדשה.

חברת לביא

חברת לביא הינה חברה בינלאומית מובילה המתמקדת בשיווק טכנולוגיות ייחודיות בתחומי המכשור הרפואי, דיאגנוסטיקה, מערכות הדמיה, מוצרים תעשייתיים ותחום המחקר הקדם קליני. בתחום התעשייה לביא מציעה טכנולוגיות חדשניות עבור יישומי קרינה תעשייתיים ופתרונות מגוונים הקשורים בטיחות העובד (כגון: ציוד רדיוגרפיה ומאיצים).

מובאים להלן שני מוצרים ממגוון מוצרי החברה:

מצודת איזוטופים הגמאמאט ההיברידיית החדשה מבית חברת "BEST"

מצודת הגמאמאט ההיברידיית מביאה חידוש בתחום מצודות הגמא, שלא כמו המצודות האחרות בשוק, המצלמה ההיברידיית מאפשרת שילוב אידיאלי לעבודה עם Ir-192 או Se-75, באקטיביות של עד Ci 120.

המצודה אידיאלית עבור יישומים בעובי של 25mm או יותר.

רדיוגרפיה ממוחשבת מבית VMI

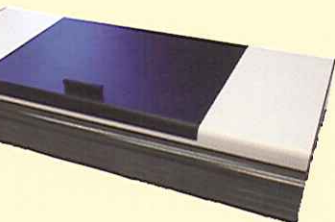
VMI היא יצרנית של מערכות CR, DR, טכנולוגיות לבדיקה של מערכות זמן אמת,



מערכות מגבר תמונה CMOS, ומערך למחשב (Digitizer).

CR Blade

סורק ה-CR Blade הינו סורק שטח המותאם באופן ספציפי לאפליקציות המערכת המבוססת על לייזר דו ראש בכ-65000 גוונים של אפור מאפשר רזולוציה ודיוק מקסימאליים.



נציגי האיגוד הלאומי לאיכות ביום הלאום של צ'כיה

יו"ר הוועדה לקשרים בינלאומיים, **גדעון רוט**, ונציג הוועדה, **ארוין אנגל**, השתתפו (28.11) ביום החג הלאומי של הרפובליקה הצ'כית בשגרירות צ'כיה בתל אביב. במסגרת נפגשו השניים עם השגריר פוג'ר טומס וברכו אותו לרגל החג. גדעון רוט, שנבחר ליו"ר הבינלאומי ה-19 של האיגוד הישראלי לאיכות בנובמבר 2012 הזמין את השגריר וא לכהניוס. רוט ואנגל הוזמנו לארוע על-ידי הנספח הכלכלי של השגרירות, **יעקוב שלוס**. זו היא המשך למערכת היחסים הפורה בין האיגוד הצ'כי לאיגוד הישראלי.



MICROTEK
SCAN THE WORLD

MII-900plus



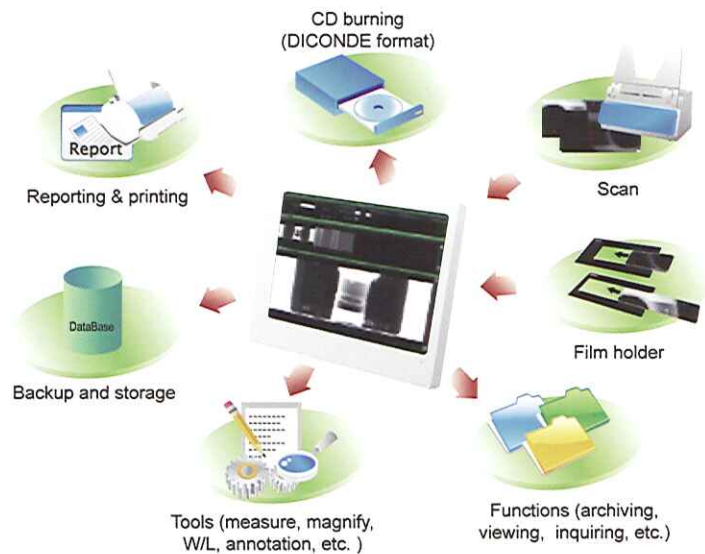
**All-In-One
NDT/RT
Solution**

סורק תעשייתי לסרטי צילום

הפוך את ארכיון סרטי הצילום במפעלך לממוחשב תוך ניהול פרמטרי צילום ייחודיים, יכולת מדידות מרחקים והוספת הערות ויזואליות

מאפיינים:

- זמני חימום קצרים במיוחד וחסכון בחשמל ע"י שימוש במקור תאורת לד.
- קונפיגורציית הזנת סרטים או מגש (FLAT BED).
- רזולוציה של 3200 dpi וצפיפות של עד 4.7 D.
- מתאים לסרטי צילום בגודל מקסימלי של 14" x 52".
- תוכנת ניהול תמונות וארכיון, כלי מדידה, כיתוב, דיווח, צפייה וצריבת CD לפי דרישות DICONDE.
- תומך פורמט JPEG, BMP וגם TIFF.
- תואם לדרישות ה-ASTM.



ציוד מקיף ומתקדם לענף התעשייה, איכות הסביבה ובדיקות לא הורסות מעבדת שירות ותיקונים לכל סוגי מכשירי הרנטגן ומכונות הפיתוח

רחוב הירקון 34 א.ת. יבנה מיקוד: 81227 טלפון: 073-2474516 פקס: 03-9604160 מייל: info@vsr.co.il אתר: www.vsr.co.il



חברת BLATEK שואפת לבצועים הגבוהים ביותר באמצעות פיתוח חומרים מיוחדים עבור המתמרים שלהם

מתמרים אולטרא סוניים לפי הזמנה אישי *Custom Ultrasound Transducers*

*om Piezo-Composite Design
iquely designed for each application*

*em Compatibility
ustom designed to your specifications
r compatible connectors for most UT
ystems*

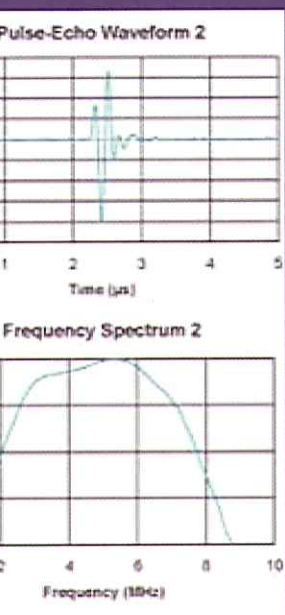
ישומים מיוחדים

ביצועים גבוהים

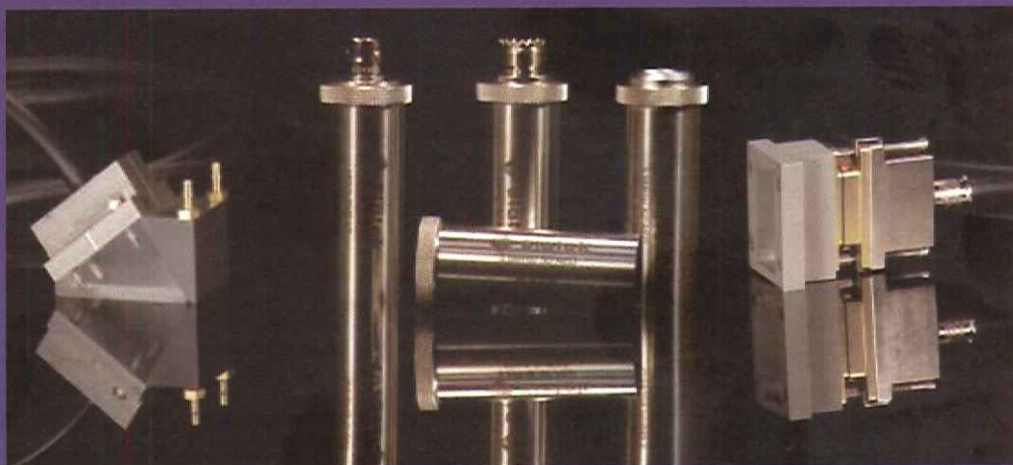
איכות ללא תחרות

רגישות גבוהה

רוחב פס רחב



“Proprietary double matching layer design that produces 80% plus bandwidth and maximized sensitivities”



*ased Array
ngle Beam
ole Element*