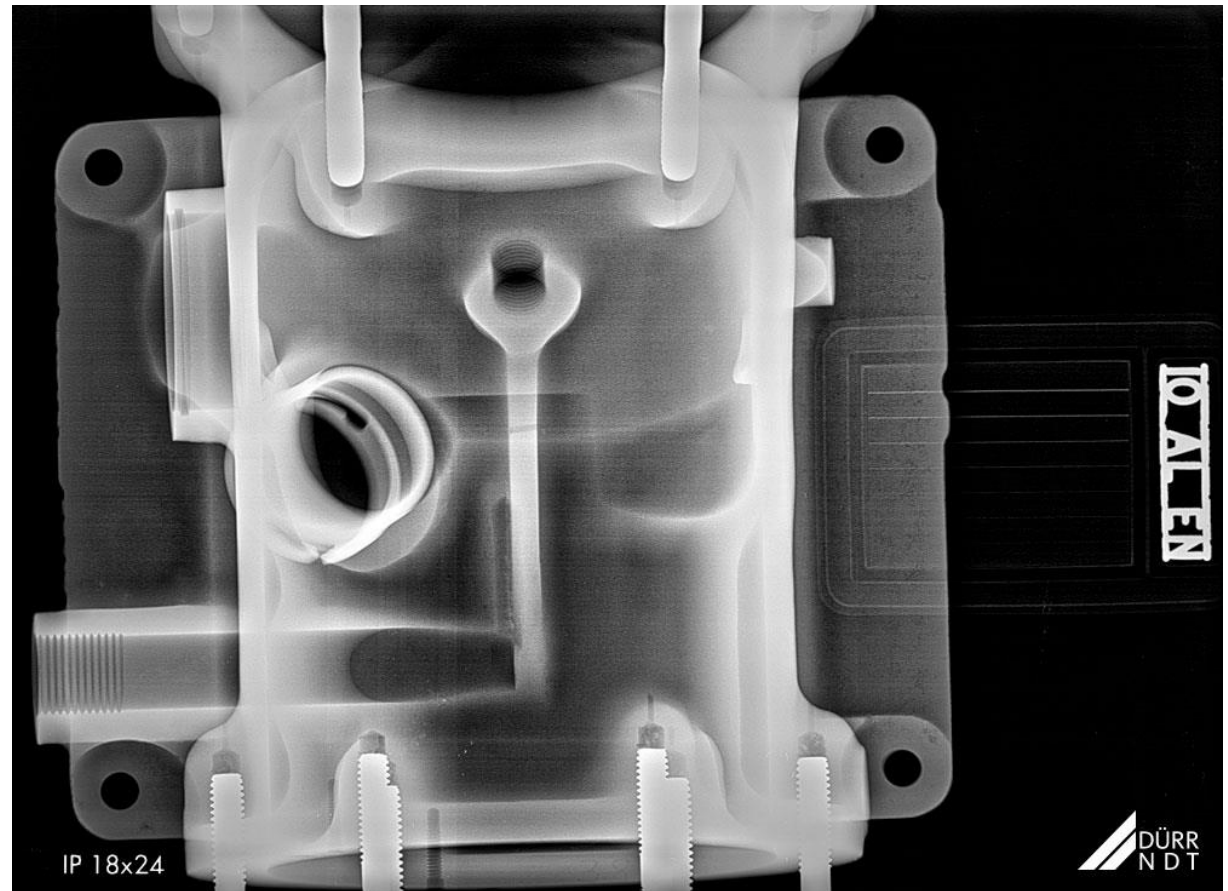


בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

# בקרת איכות הצילום הדיגיטלי בשיטת ה DDA

כנס העמותה  
הישראלית  
הלאומית  
לבדיקות לא  
הורסות  
2024



בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## הקדמה:

### שיטות הצילום הקיימות – הצגה והשוואה

- צילום על גבי סרט צילום – השיטה הקונבנציונאלית
- צילום REAL TIME - צילום בזמן אמת, תצוגת התמונה על גבי מסך. (מגבר דמות)
- צילום דיגיטאלי – DDA (DR)
- צילום ממוחשב – CR
- טומוגרפיה ממוחשבת - CT

## צילום על גבי סרט צילום – השיטה הקונבנציונאלית

בשיטה זו ישנו שימוש בסרט צילום המוחזק בתוך מעטפה  
אטומה לאור.

הסרט מונח מהצד האחורי של החלק הנבדק, הקרינה העוברת  
דרך החלק ומשחירה את הסרט. ככל שהסרט נחשף לקרינה רבה  
יותר כך ההשחרה גבוהה יותר.

לאחר הצילום הסרט מפותח במכונת פיתוח .

ניתן לבחור את מהירות הסרט בהתאם לאיכות הרצויה – ככל  
שמהירות הסרט נמוכה יותר – איכות הצילום טובה יותר  
(משמעות: זמן חשיפה)

**בשיטה זו ניתן להגיע לאיכות צילום הטובה ביותר.???**

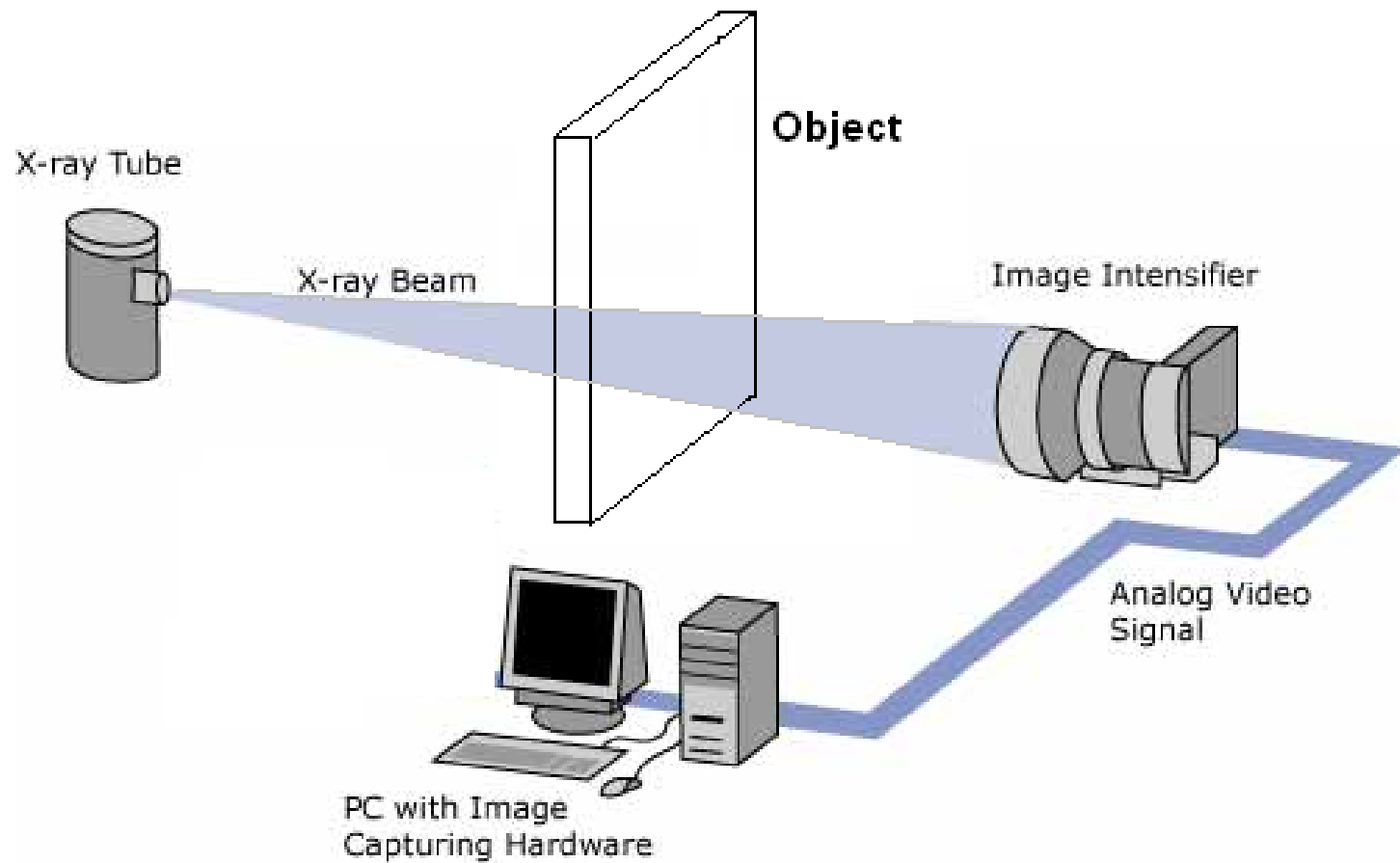
בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## צילום ריתוך של מיכל דלק



בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## צילום REAL TIME



בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## צילום REAL TIME

מסך קולט את הקרינה וגורם לנצנוץ האות מוגבר על ידי מגבר דמות.  
ככל שהמסך מקבל קרינה רבה יותר עוצמת האור גבוהה יותר.  
התמונה מוגברת ומועברת על ידי מצלמה למוניטור או למסך מחשב.  
התמונה מתקבלת באופן מידי ובזמן אמת .  
התמונה הינה פוזיטיבית: הפוכה לתמונה המתקבלת בסרט צילום.  
**יתרונות: תמונה מיידית, ניתן לסרוק חלק בתנועה.**  
**חסרונות: איכות נמוכה.**  
השיטה מתאימה בעיקר לזיהוי מבנה, קווי הדבקה, גופים זרים  
וכדומה.

בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

**Digital Radiography**

**צילום דיגיטאלי – DDA**

## Digital Detector Array



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## צילום דיגיטאלי – DDA

The screenshot displays the Logos NDT Application interface. The main window shows an X-ray image of a pipe with a defect. The interface includes a menu bar (File, Edit, Tools, Image, X-Ray, View, Help) and a toolbar on the left with various tools. The main image area shows the X-ray with a defect highlighted. The bottom status bar displays coordinates (X: 2058, Y: 723), Pixel Value: 38635, GV: 25055, and a zoom level of 77%. The right panel contains the Image Correction window, which includes Image Statistics, Image Correction, Levels, and Filters sections. The Levels section shows a histogram and a slider for adjusting the image's contrast and brightness. The Filters section includes ORATOS Image Correction, Enhance, Adaptive Histogram, and Emboss options.

Logos NDT Application

File Edit Tools Image X-Ray View Help

Database Manager test3.xml

Image Correction

Image Statistics Image Correction

77%

Levels

Polarity:  Positive  Negative

Left 15568 Center 36697 Right 57825

Reset Auto

Filters

ORATOS Image Correction Enhance

Adaptive Histogram Emboss

X: 2058 Y: 723 Pixel Value: 38635 GV: 25055 77%

19:15 29/12/2018 ENG

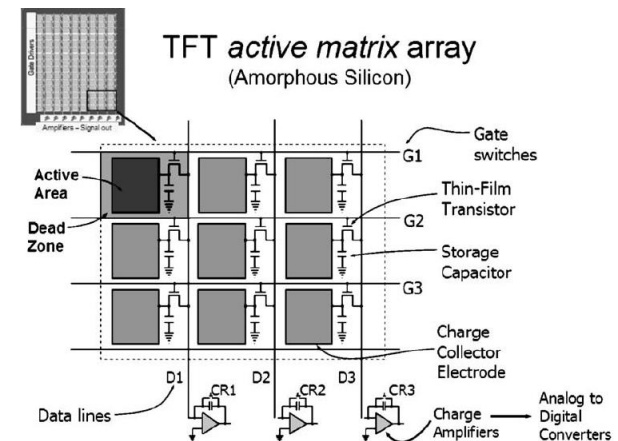
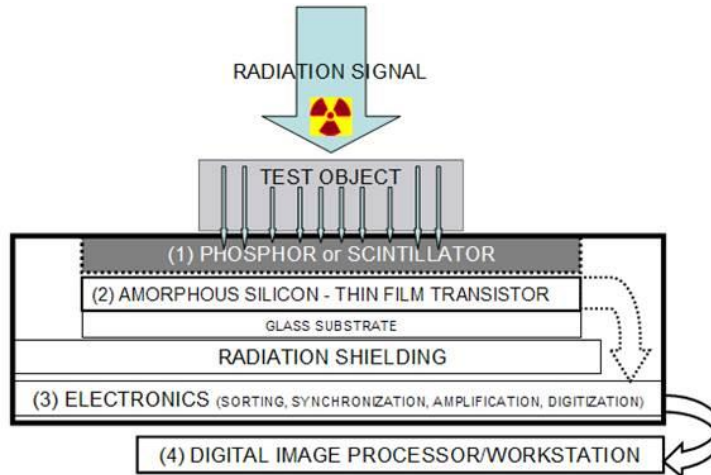


## צילום דיגיטאלי – DDA

- מסך דיגיטאלי מחווט אל מערכת העיבוד קולט את הקרינה וגורם לנצנוץ.
- שחרור האור גורם למוליכים למחצה לשחרר מטען חשמלי המתורגם לאותות דיגיטאליים ובונה את התמונה.
- תמונה סטאטית (Stills) מתקבלת על המסך לאחר זמן עיבוד קצר של מספר שניות. (אפשרות ל REAL TIME)

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

**DDA – Digital Detector Array** – is an electronic device that converts ionising radiation into a discrete array of analogue signals, which are subsequently digitised and transferred to a computer for display as a digital image corresponding to the radiation energy pattern imparted upon the device. It offers an alternative to the use of radiographic film and involves one less process step than CR in that it does not produce an intermediate image that is subsequently digitised. With careful selection of parameters and calibration, DDAs can produce an image that is comparable or even better than that produced by film. As it is a digital image it can be manipulated with software to assist the operator in the analysis.



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## צילום דיגיטאלי – DDA

יתרונות :

קבלת התמונה תוך זמן קצר ישירות למחשב.  
חשיפות קצרות של מספר שניות. (לעיתים נדרשות מספר  
חשיפות לקבלת האיכות הרצויה – מיצוע)  
איכות קרובה לאיכות סרט צילום איטי (יש הטוענים טובה יותר)  
לוח רב פעמי.

חסרונות:

מחיר גבוה של הפנל  
מגבלות גודל  
גמישות



גדלים קיימים:

22x22

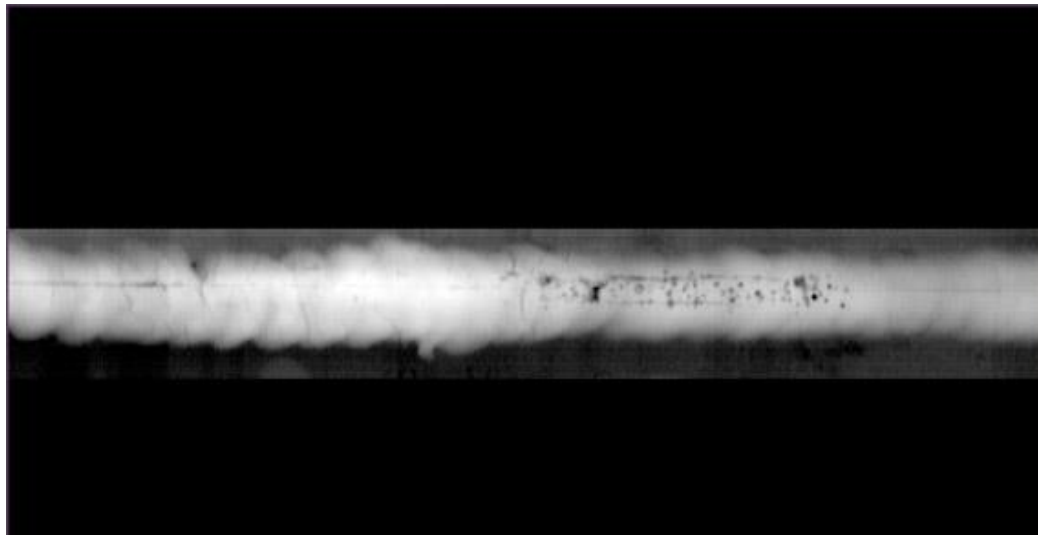
41x28

35x43

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## מערכות CR (Computerized Radiography)

- סרט פוספור קולט את הקרינה ואוגר אותה.
- אור לבן או אינפרה אדום גורם להוצאת התמונה הלטנטית האגורה אל ממירים דיגיטליים.
- תמונה סטאטית (Stills) מתקבלת על המסך לאחר זמן עיבוד של כ 90 שניות
- סרט הפוספור נמחק ומוכן לשימוש חוזר (שימוש חוזר אך מוגבל במספר הפעמים)

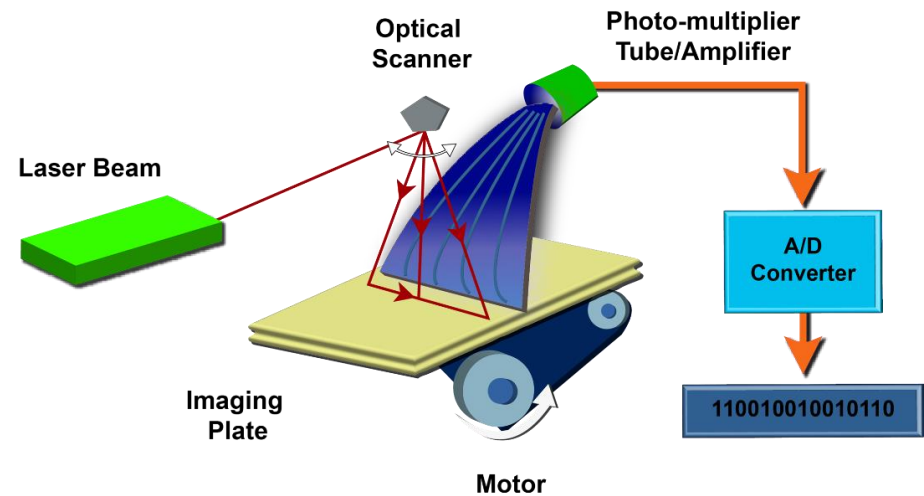


# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ



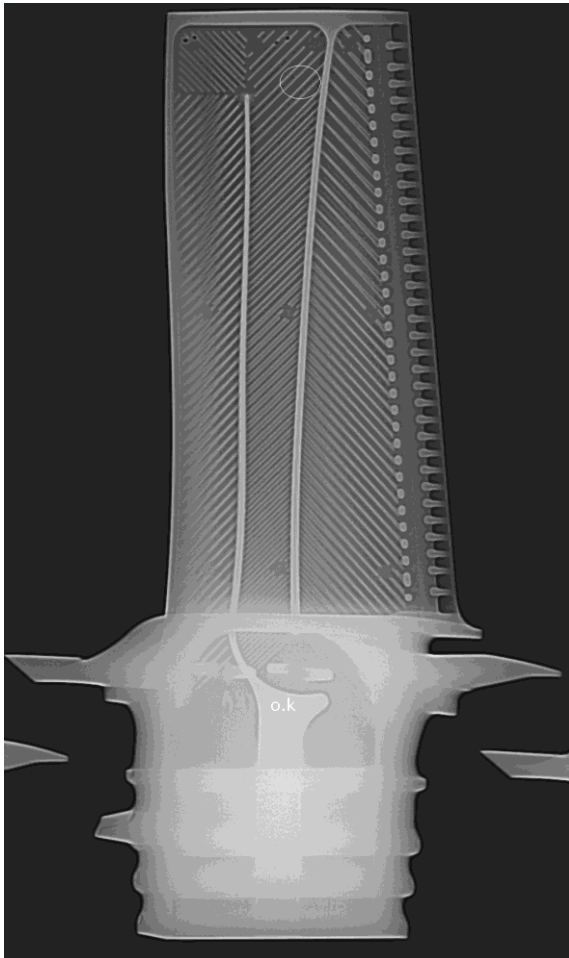
**CR – Computed Radiography** – is the term given to the application of radiography where the radiographic film is replaced by a re-usable imaging plate.

The CR imaging plate contains photo-stimulable storage phosphors. When radiation impinges on the plate, the phosphor crystals become trapped in a semi-stable higher energy state and the image is retained. The CR cassette is then removed from the inspection site and the plate placed in a CR reader. The CR reader scans a laser over the image, releasing the trapped electrons in the phosphor crystals and emitting visible light. This light is captured, digitised and stored as the radiographic image. The plate is then wiped clean for re-use.



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## CR( Computerized Radiography)



יתרונות :

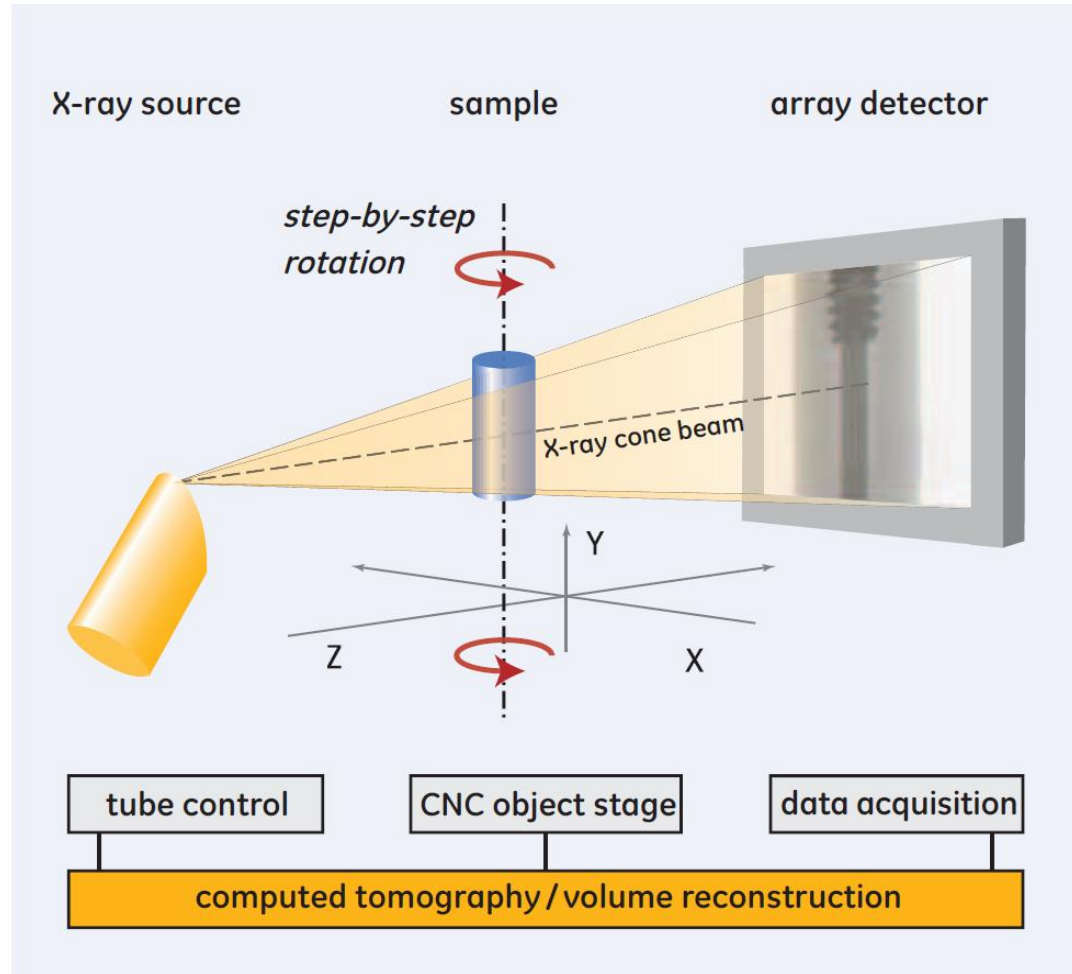
איכות קרובה לאיכות סרט צילום איטי  
לוח רב פעמי, כ 1000 חשיפות .  
דומה יותר לשימוש בסרט  
מחיר נמוך יותר ממערכות DDA

חסרונות:

גמישות עבודה ביחס לסרט (כמות סרטים, קסטות)  
איכות מוגבלת  
בהשוואה ל DDA זמני חשיפה ועיבוד ארוכים יותר

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## CT

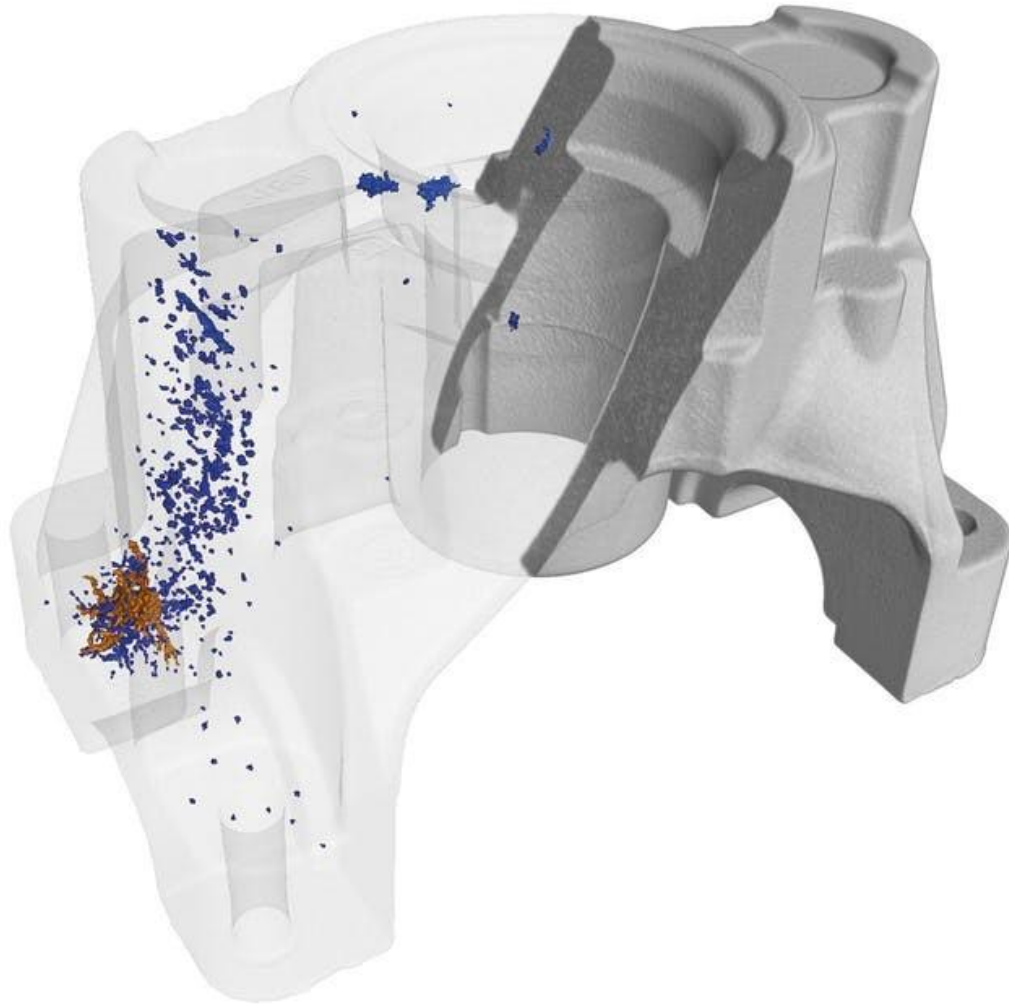


# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## CT

יצירת תמונה תלת  
ממדית ואפשרות ליצירת  
חתכים במקומות שונים  
ובכיוונים שונים

שיטה איטית ויקרה :  
בדרך כלל לא זמינה  
בתעשייה





# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ



**CT – Computed Tomography – is the name given to the process of generating 2-D and 3-D cross-sectional images of an object from flat X-ray images. CT works by taking digital radiographic images at a large number of positions around 180° of the circumference of a component. By a process similar to triangulation, the features generating the density changes on the radiographs can be positioned within the cross-section of the component. To generate a 3-D image, a number of such cross-sections are produced and stacked on top of each other.**

**CT can generate 3-D images of cracks within the component under inspection and can be a better alternative to destructive examination. However, the component under test must be small enough to be accommodated by the particular CT equipment and be fully penetrated by the X-ray energies used by that CT system.**

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## יתרונות המערכות הדיגיטליות

- ✓ בדרך כלל זמני חשיפה קצרים יותר בעיקר ב DDA
- ✓ טווח גווני אפור רחב באופן משמעותי המאפשר צילום של טווח עוביים גדול
- ✓ אין צורך בתהליך הפיתוח (עלות חומרים, זיהום הסביבה)
- ✓ פענוח נח יותר (הגדלה, מדידת גודל אי רציפויות)
- ✓ החזר השקעה מהיר (בעיקר ב CR)
- ✓ ארכיון קומפקטי ויעיל (מקום וארגון)
- ✓ יכולת שיתוף מידע – העברת קבצים
- ✓ אפשרויות לעיבוד דיגיטלי של התמונה

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

אלו שיטות מחליפות את סרטי הצילום ?

FILM

כן

CR

DDA

CT

REAL TIME

לא

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

spatial resolution חדות

CR



DDA

ניגודיות \ SNR

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## תקנים לרדיוגרפיה דיגיטלית בטכניקת DDA

**ASTM E2698 : Standard Practice for Radiographic Examination Using Digital Detector Arrays**

**ASTM E2737 : Standard Practice for Radiographic Examination Using Digital Detector Arrays**

**Boeing - BSS7044: RADIOLOGIC INSPECTION, DIGITAL DETECTOR ARRAY**

**Hamilton- PN44.01 Digital Detector Array Radiologic Inspection (DDA)**

**P&W - Digital Radiography Method (DRM) Master**

**Honeywell: HGS1005 DIDITAL RADIOGRAPHIC INSPECTION**

השניים  
האחרונים  
גם ל CR

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## ASTM E2698 : Standard Practice for Radiographic Examination Using Digital Detector Arrays

- תקן ASTM לבדיקות רדיוגרפיות בשיטת DDA מקביל לתקן ASTM E1742 המשמש לצילום בסרט.
- בתקן זה מופיעות כל הדרישות הכלליות הנדרשות ברדיוגרפיה – רמות איכות, מדי טיב תמונה, הסמכת כ"א.
- בנוסף דרישות המתייחסות לצידוד, כלים ובקרת איכות של התהליך הדיגיטלי.
- חלק מדרישות בקרת האיכות הם בהפניה לתקן ASTM E2737
- בקרת פיקסלים לפי תקן ASTM E2597
- הפניות נוספות לתקנים אחרים לדוגמה ASTM E2002, עבור DUPLEX WIRE







# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

*contrast-to-noise ratio (CNR)*—quotient of the difference in the mean values of the intensity (signal) in an area in the object subtracted from the mean value of the intensity of the background, and standard deviation of the intensity (noise). The CNR depends on the radiation dose and quality, thickness/attenuation of the object and the DDA system properties.

אופן הביצוע של בדיקה זו שונה מתקן לתקן, אך בכל התקנים דרישת המינימום היא 2.5 .  
מימין אופן הבדיקה לפי תקן ASTM E2698 .  
השיטה המתוארת בתמונה התחתונה היא המועדפת.

ערך ממוצע בקדח 2T פחות ערך ממוצע ליד חלקי סטיית תקן בערך מחוץ לקדח .

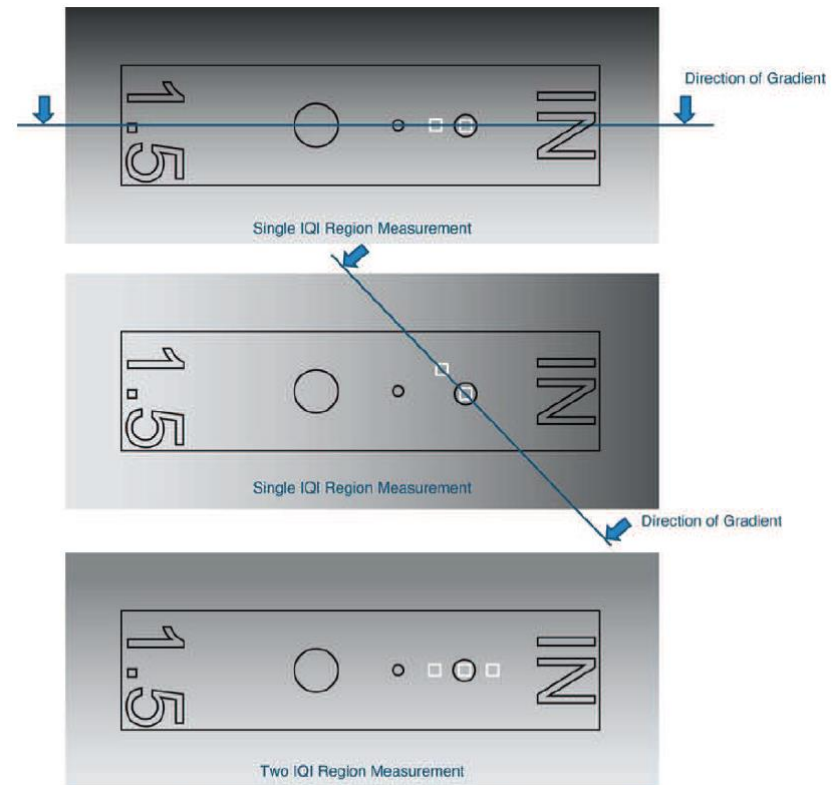
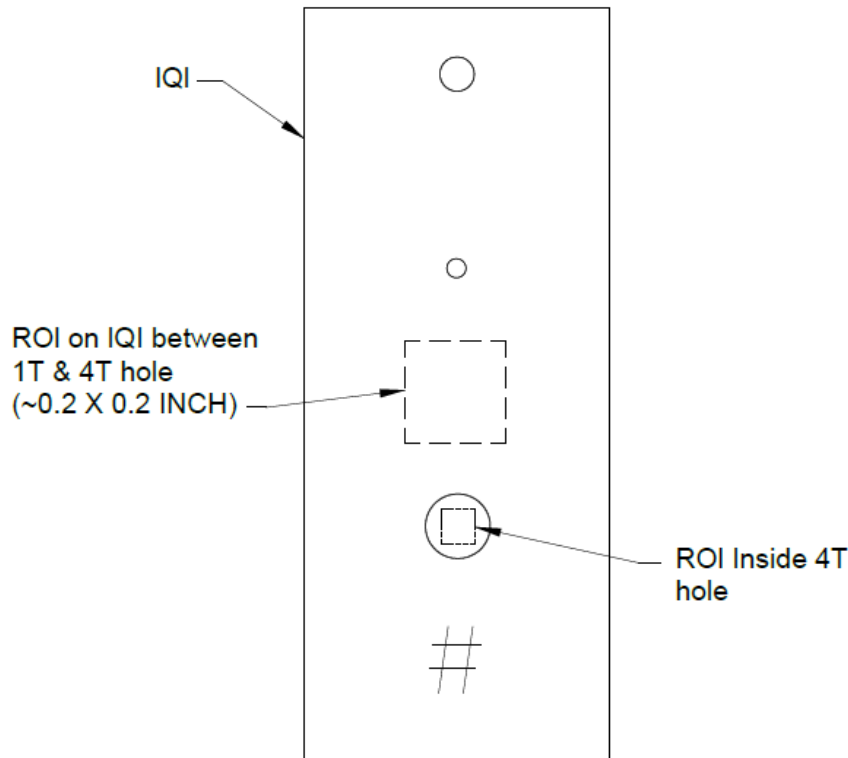


FIG. 2 Preferred Placement of IQI Regions When Measuring CNR

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ



בדיקת CNR לפי תקן  
BSS7044 של חברת  
בואינג

$$CNR = \frac{\text{Mean value of ROI inside IQI hole} - \text{mean value of ROI on IQI}}{\text{standard deviation of IQI}}$$

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

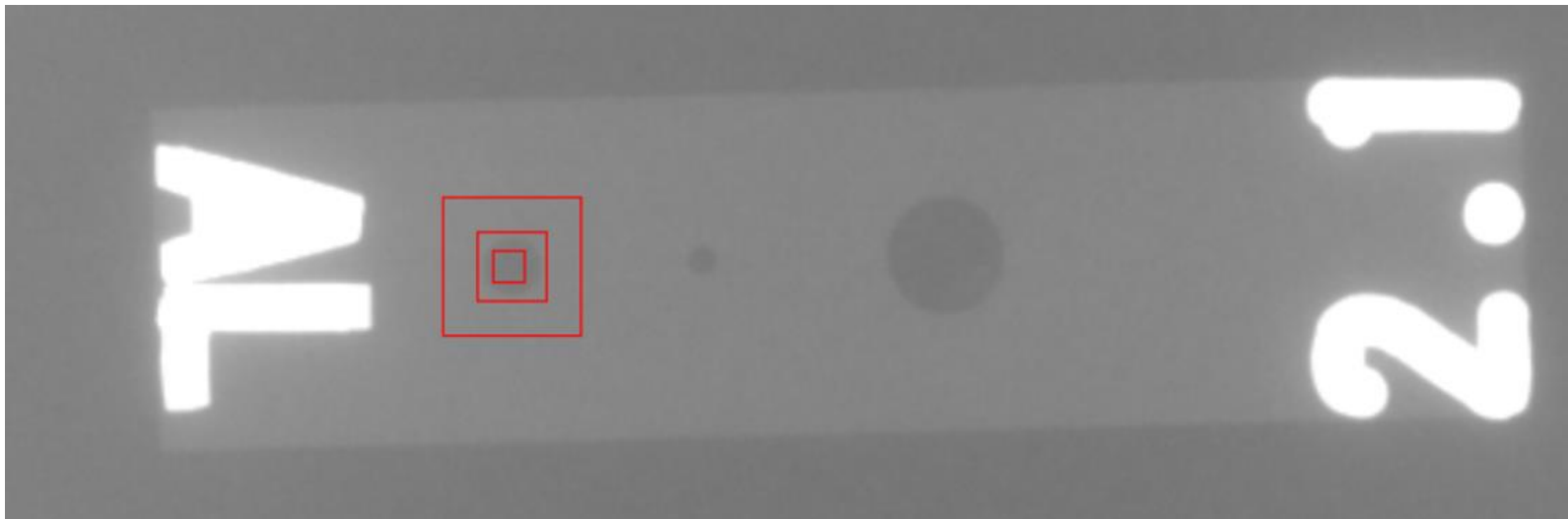
$CNR = \frac{GV_{\text{median}}(\text{hole}) - GV_{\text{mean}}(\text{beside squares})}{\text{Sigma}(\text{beside squares})}$ .

ההשווה, בין הקדח לבין השטח שבין שני הריבועים החיצוניים, כאשר אורך הצלע הריבוע החיצוני כפולה מאורך הצלע של הריבוע המרכזי

בדיקת CNR לפי תקן  
PN44.1 של חברת המילטון  
(ואחרים)

מבוצע על גבי קדח 2T

חלק מהתקנים משתמשים בערכי החציון וחלק בממוצע



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

*digital driving level (DDL)*—for computer graphics display boards, the digital value that corresponds to a particular monochrome grayscale level. A particular DDL “drives out” a particular visible shade of gray. For example, in an 8-bit display, a DDL assumes 256 values from 0 to 255.

ישנן מערכות המשתמשות בביטוי להגדרת ערך זה PIXEL VALUE

בתקן זה, ערך האפור של הפנל מוגדר כך: *grayscale*— $2_N$  signal levels for N-bit system

להלן הגדרה מתוך תקן בואינג BSS7044 – ישנן מערכות המשתמשות בביטוי GRAY VALUE להגדרת ערך זה.

DDR - The digital value stored in the computer corresponding to a particular exposure level. For a system with a bit depth of 10, DDR assumes 1024 values from 0 to 1023. For a system with a bit depth of 12, DDR may assume 4096 values from 0 to 4095, for a system with a bit depth of 16, DDR may assume 65536 values from 0 to 65535.

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

*ghosting*—residual signal or image from a prior exposure in a current image. Signal or image can be negative or positive and may affect interpretation of the image.

בתמונה מימין הצללה במערכת CR  
ההצללה נגרמת מכך שהחלקים  
ממוקמים במקומות קבועים, ולוח  
נחשף ברוויה במקומות שלא  
ממוקמים חלקים.

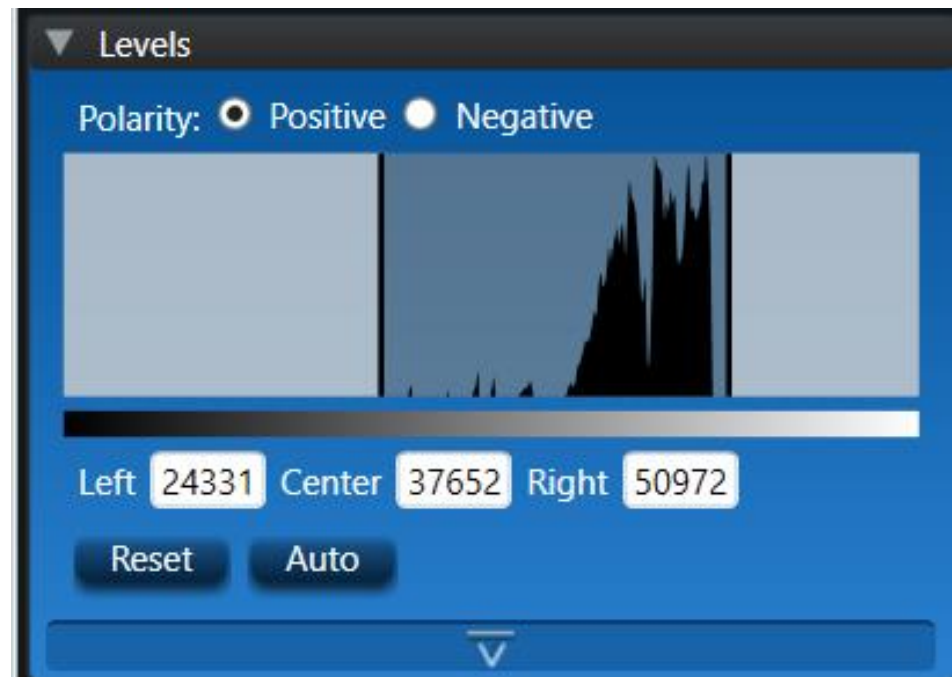


# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

*window width and level*—contrast (window width) and brightness (window level) adjustment of a digital image by changing how the Gray levels translate into displayed brightness levels.

מגדיר את תחום הגוונים לצפייה, ישנן מערכות המציגות ערכי DDR כמו בתמונה מימין וישנן מערכות המציגות ערכי DDL.

מיקום החלון = בהירות  
רוחב החלון = ניגודיות



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## הסמכת כ"א

*Personnel Qualification*—Personnel performing examinations to this practice shall be qualified in accordance with NAS410, EN 4179, ANSI/ASNT CP 189, ISO 9712, or SNT-TC-1A and certified by the employer or certifying agency as applicable. Other equivalent.....

NAS410, EN 4179



### שעות ניסיון

TABLE II – MINIMUM EXPERIENCE REQUIREMENTS FOR LEVEL 1 & LEVEL 2

	Experience time in hours		
	Level 1 (Trainee experience)	Level 2 with previous Level 1 certification	Level 2 without previous Level 1 certification
PT	130	270	400
MT	130	400	530
IRT	200	400	600
ET	200	600	800
UT	200	600	800
RT Film or Non-Film	200	600	800
RT Film & Non- Film	220	780	1000

TABLE IIA – RT EXPERIENCE REQUIREMENTS FOR TRANSITION TO FILM AND NON-FILM

Additional Minimum Experience Time in Hours		
Current Level 1	Current Level 2	Current Level 1 to Level 2 Film & Non-Film
20	200	800

### שעות הדרכה

TABLE I – MINIMUM FORMAL TRAINING HOURS FOR LEVEL 1 & LEVEL 2

	Level 1	Level 2 with previous Level 1 certification	Level 2 without previous Level 1 certification
PT	16	16	32
MT	16	16	32
IRT	20	40	60
ET	40	40	80
UT	40	40	80
RT Film or Non-Film	40	40	80
RT Film & Non- Film	60	60	120

TABLE IA – RT FORMAL TRAINING HOURS FOR TRANSITION TO FILM AND NON-FILM

Additional Formal Training Hours		
Current Level 1	Current Level 2	Current Level 1 to Level 2 Film & Non-Film
20	40	80

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ



## SNT-TC-1A

Examination Method	NDT Level	Technique	Training Hours	Experience	
				Minimum Hours in Method or Technique	Total Hours in NDT
Radiographic Testing	I	Radiography	40	210	400
	II		40	630	1200
	I	Computed Radiography	40	210	400
	II		40	630	1200
	I	Computed Tomography	40	210	400
	II		40	630	1200
	I	Digital Radiography	40	210	400
	II		40	630	1200

If an individual is currently certified in an RT technique and a full-course format was used to meet the initial qualifications in that technique, the minimum additional training hours to qualify in another technique at the same level should **be 24 hours** (of which at least 16 hours should be equipment familiarization). The training outline should be as defined in the employer's written practice. If an individual is certified in a technique, the minimum additional experience required to qualify for another technique at the same level may be **reduced by up to 50%**, as defined in the employer's written practice.



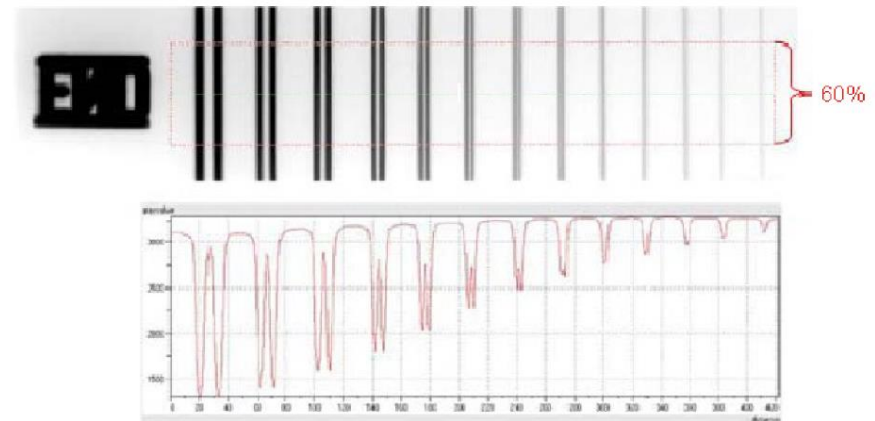
# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## פרק 7 – ציוד

בפרק זה מוגדרות דרישות הציוד והכלים (תוכנה) הנדרשים עבור מערכות DDA, דרישות אלו כוללות בין היתר:

*Line Profile*—A line profile function capable of displaying the pixel values (PVs) along a user defined line as a graph. The line profile tool should also be capable of adjusting the line width where the values of the line profile are averaged from multiple parallel lines of equivalent length.

בדיקת הפרדה לקביעת רזולוציה מרחבית



לכלי זה שימושים רבים, בין היתר משמש ליצירת הגרף המשמש לבדיקת רזולוציה מרחבית, ולביצוע מדידות .

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

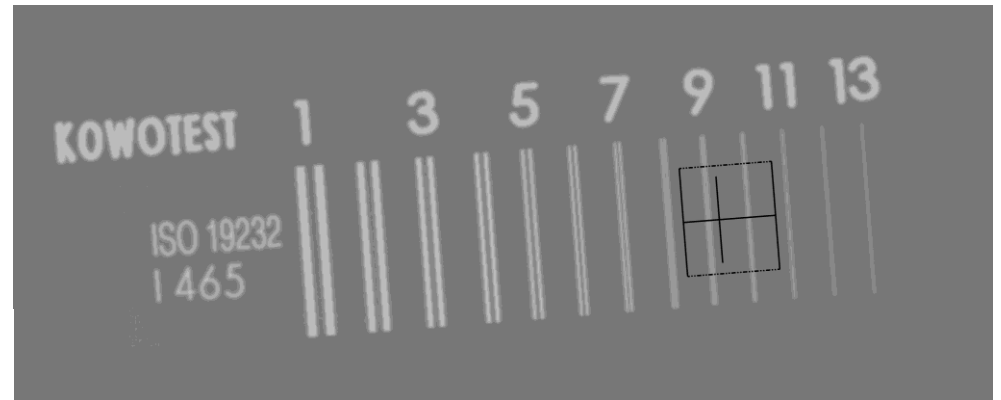


TABLE 1 Element Number, Corresponding Unsharpness and Wire Diameter<sup>A</sup>

	Element Number	Corresponding Unsharpness (mm)	Wire Diameter and Spacing, <i>d</i> (mm)	Tolerance of Wire Diameter and Wire Spacing (mm)
Pt <sup>B</sup>	13	0.10	0.05	
Pt	12	0.13	0.063	
Pt	11	0.16	0.08	±0.005
Pt	10	0.20	0.10	
Pt	9	0.26	0.13	
Pt	8	0.32	0.16	
Pt	7	0.40	0.20	
Pt	6	0.50	0.25	±0.01
Pt	5	0.64	0.32	
Pt	4	0.80	0.40	
W <sup>C</sup>	3	1.00	0.50	
W	2	1.26	0.63	±0.02
W	1	1.60	0.80	

<sup>A</sup> This table is based on data provided in EN 462-5.

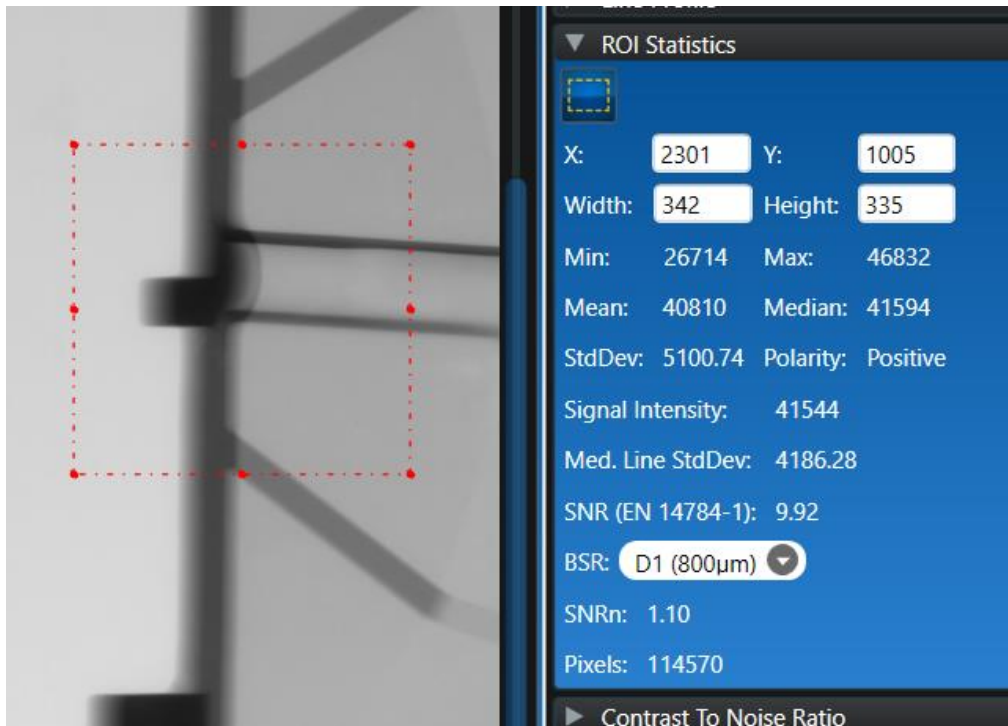
<sup>B</sup> Pt = Platinum.

<sup>C</sup> W = Tungsten.

ישנן מערכות בהם הבדיקה מבוצעת על כל זוגות החוטים, כמתואר בשקף הקודם, וישנן מערכות בהן בוחרים שתי זוגות, אחד בהפרדה של יותר מ 20 אחוז ושני בהפרדה של פחות מ 20 אחוז.

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

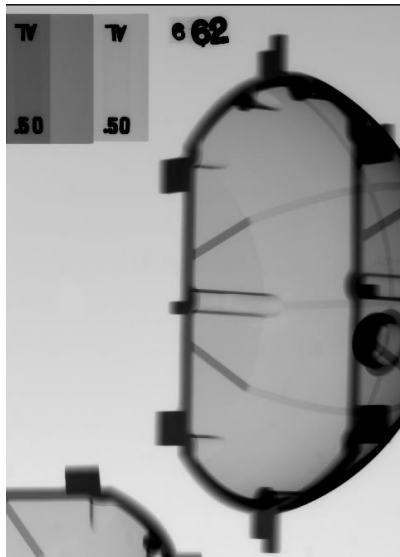
*Region of Interest Tool*—A histogram type tool capable of displaying the PVs of a user defined Region of Interest (ROI) as a graph. The ROI tool shall also display the size of the ROI (in other words, x pixels by y pixels), and as a minimum, the statistical mean and standard deviation of the ROI PVs



בעמודה מימין קיים  
המידע הסטטיסטי  
שמתייחס לריבוע שסומן  
באדום : מיקומו, גודלו  
(בפיקסלים) ומידע  
סטטיסטי.

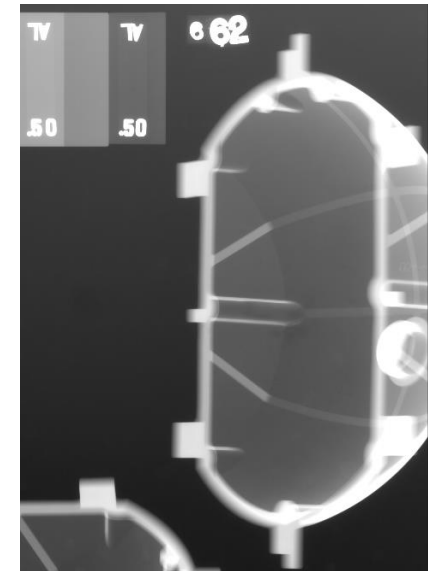
# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

*Negative/Positive Image Display*—Display images in either negative or positive gray scale (negative or inverse).



מימין תמונה נגטיבית  
(כמו סרט צילום, משמאל  
תמונה פוזיטיבית).

Polarity:  Positive  Negative



התמונה הדיגיטלית היא תמונה פוזיטיבית להבדיל מסרט הצילום שהוא נגטיבי, בתמונה דיגיטלית ערך האפור של הפנל DDR מציין את כמות הקרינה שקיבל פיקסל ספציפי, ככל שהקרינה גבוהה יותר הערך גבוה יותר והפיסל בהיר יותר. 0 – ללא קרינה, המספר הגבוה ביותר – רמת חשיפה גבוהה. מכיוון שרבים מאנשי הרדיוגרפיה רגילים לתמונה הפוכה, מקובל להפוך את הגוונים ולהציג תמונה נגטיבית.

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

*Linearized Pixel Values*—The software shall be capable of performing calculations using linearized pixel values as a function of dose

צילום של מיכל לחץ ולידו  
שני פחים בעובי שונה.



כלי זה יכול לשמש אותנו לבדיקת עובי דופן של מוצרים (להעריך ירידות עובי בתחזוקה) או למדוד גודל של פגם במישור בו לא ניתן למדוד ברדיוגרפיה רגילה. הדבר מבוצע על ידי צילום של עוביים שונים של חומר זהה לאובייקט הנבדק ו"לימוד" התוכנה את הקשר בין ערך האפור לעובי .

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

*Digital Image Magnification (Zoom)*—Adjust and display the digital magnification level, as well as display the image at 1:1 pixel mapping (in other words, each pixel of the image is mapped to an image display monitor pixel).

גודל 1:1 לא מתייחס לגודל האמיתי של החלק לעומת גודל התצוגה, גודל 1:1 הוא פיקסל של לוח הצילום מול פיקסל מול פיקסל של צד המחשב.

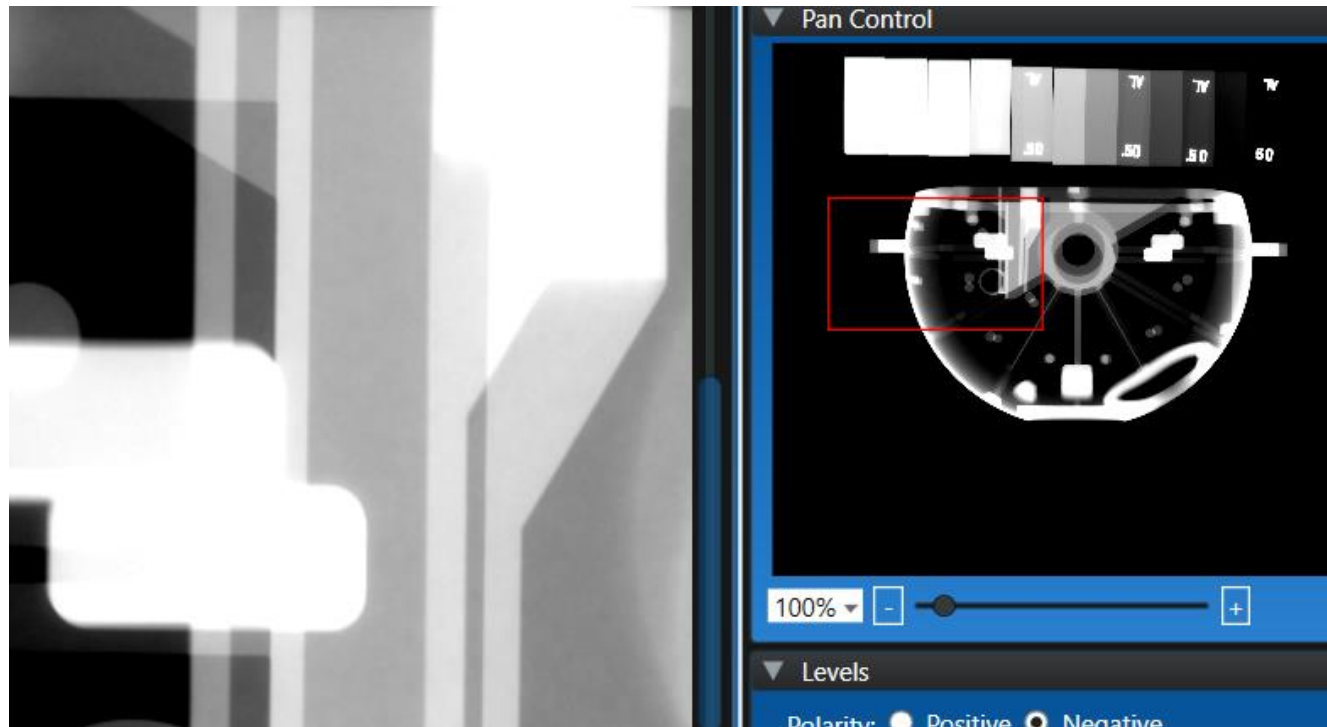
ככל שהפנל מכיל יותר פיקסלים, כך התמונה תיראה קטנה יותר על מסך נתון.



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

*Image Pan*—Capability to pan the image.

במערכות  
מסוימות ניתן  
גם לנווט  
לאזורים  
שונים בחלק  
על ידי הזזת  
הריבוע  
האדום



תמונה מוקטנת של התמונה הקיימת על הפנל כאשר הריבוע האדום מכין את האזור הנצפה בתוכנה. מאפשר לבדוק לדעת על איזה אזור בחלק הוא צופה, או במידה שיש הרבה חלקים בצילום, על איזה חלק הוא צופה.

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

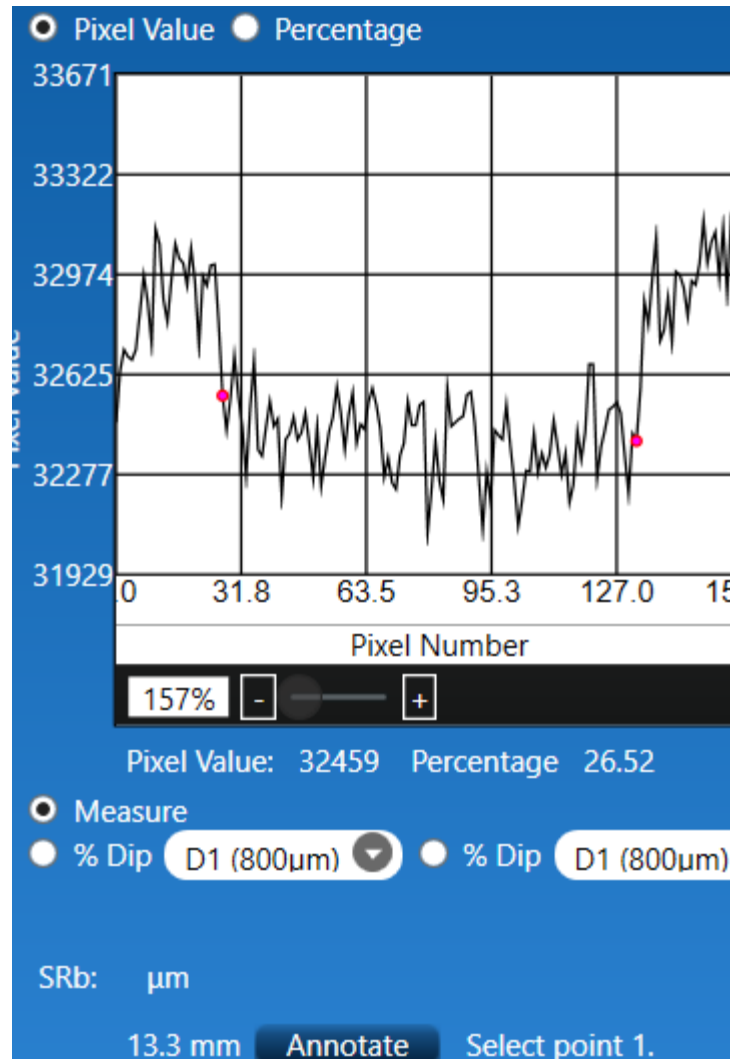
*Size Measurement Tool*—Perform measurements for distance or sizing of discontinuities. The software shall be capable of calibrating the measuring tool to a reference standard.



דוגמה לכלי מדידה ואפשרויות תצוגה (צבע, חיצים, יחידות). בתמונה המדידה מציינת כי רוחב ה IQ הוא 13.3 מ"מ, המידה האמיתית היא 12.7 (חצי אינטש), הסיבה לסטייה היא ההגדלה הגיאומטרית – קיים כלי לתיקון סטייה זו.



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ



אפשרות מדידה נוספת  
היא באמצעות LINE  
PROFILE, העברת קו  
וזיהוי השינוי בערך  
האפור (מיקום הנקודות  
האדומות)

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

*Image Format*—Lossy compression shall not be allowed for images that are used for final product disposition. For systems that are not DICONDE compliant, TIFF images are recommended.

רוב יצרני המטוסים דורשים את פורמט DICONDE ולא מסתפקים ב TIFF

## DICONDE

Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation  
(DICONDE) ASTM E 2339

**משמש בכל תחומי שמירת תמונות המופקות בשיטות NDT כולל  
רדיוגרפיה דיגיטלית, הדמיה אולטרסונית ובדיקות ויזואליות.  
מאפשר העברת קבצים למערכות שונות  
הבדל גם בתגים (מתאימים ל NDT)**

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## פורמט של תמונות / תמונות דיגיטלית :

ישנם הרבה סוגי פורמטים אשר מתחלקים לשתי קבוצות:

**Proprietary:** פורמט הניתן לפתיחה רק לבעלי רישיון

**Open file format :** פורמט פתוח לכל בדרך כלל מקורו בארגון תקני .

TIFF: **tagged** image file format

High quality: bit depth from 24 bits:  $10^{10}$

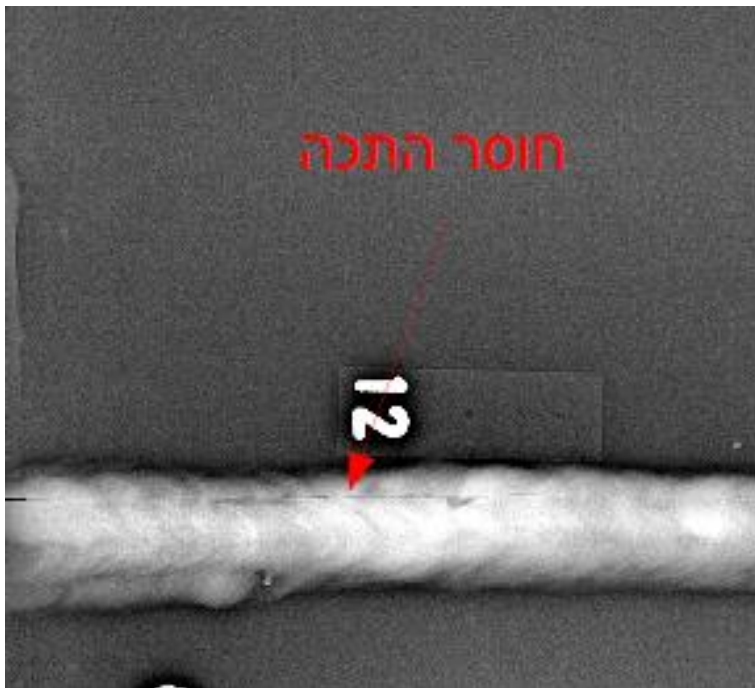
Owned by Adobe and under ISO 12234-2 and ISO 12693

**TIFF : no standardization tags**

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

The software shall be capable of saving a copy of the radiographic image with image processing applied.

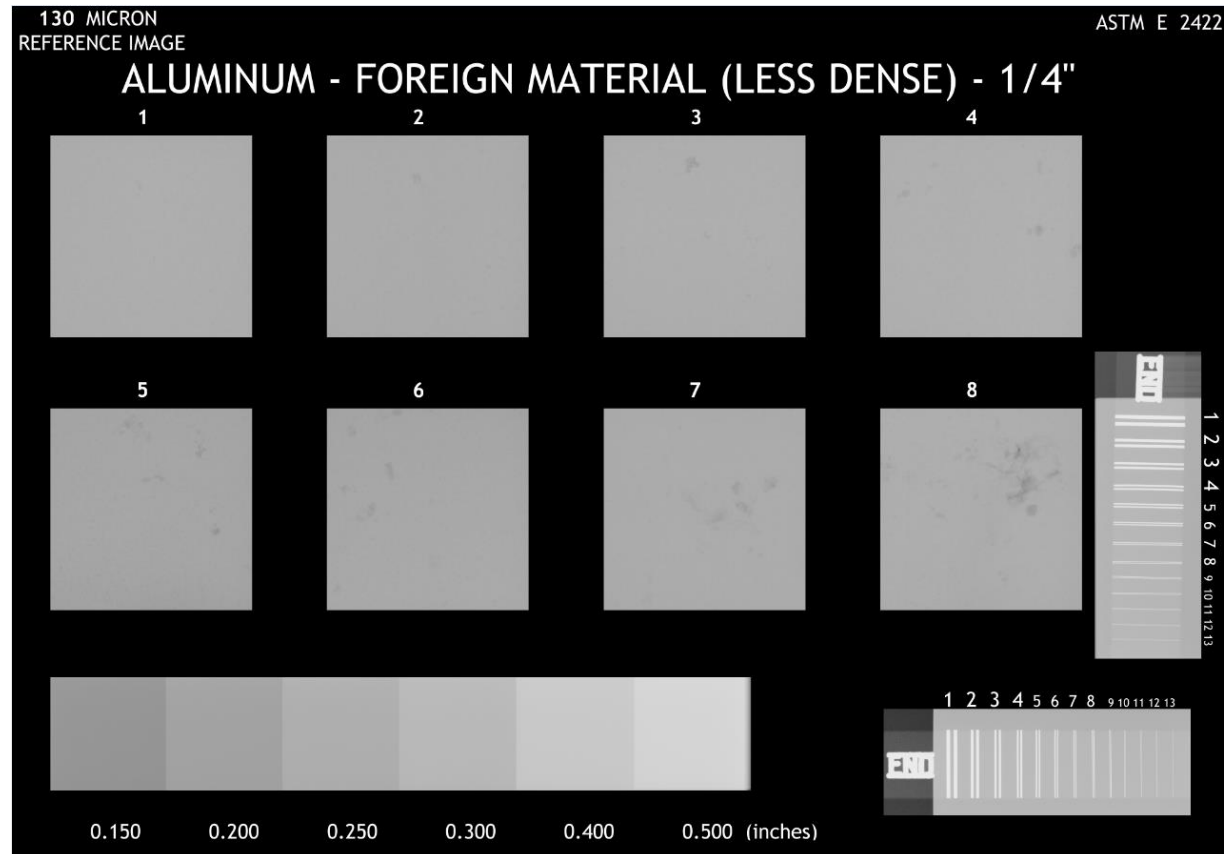
יש צורך שתהיה אפשרות לשמירה של התמונה לאחר הפענוח, כולל הפילטרים, רוחב וגובה החלון וכיתוב על גבי התמונה



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## REFERENCE RADIOGRAPHS

For systems used in the examination of castings, as well as other examinations where reference radiographs are used, the software shall have the ability to direct the viewing properties of the production image and a reference radiograph image in accordance with the applicable ASTM or other digital reference radiograph standard or specification.



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

Only DDAs shall be used in practice as established in Guide [E2736](#).

דרישות ממסך הצפייה:

The minimum brightness as measured off the image display monitor screen at maximum Digital Driving Level (DDL) shall be 250 cd/m<sub>2</sub>.

The minimum contrast as determined by the ratio of the image display monitor screen brightness at the maximum DDL compared to the screen brightness at the minimum DDL shall be 250:1.

The image display monitor shall be capable of displaying linear patterns of alternating pixels at full contrast in both the horizontal and vertical directions without aliasing.

The image display monitor shall be free of discernable geometric distortion.

The image display monitor shall be free of screen flicker, characterized by high frequency fluctuation of high contrast image details.

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

The image display monitor shall be capable of displaying a 5 % DDL block against a 0 % DDL background and simultaneously displaying a 95 % DDL block against a 100 % background in a manner clearly perceptible to the user.

The image display monitor shall be capable of discriminating the horizontal and vertical low contrast (1 %) modulation patterns at the display center and each of the four corner locations.

The image display monitor shall be capable of displaying no less than 256 unique shades of gray.

רזולוציית צג

כיוון צג

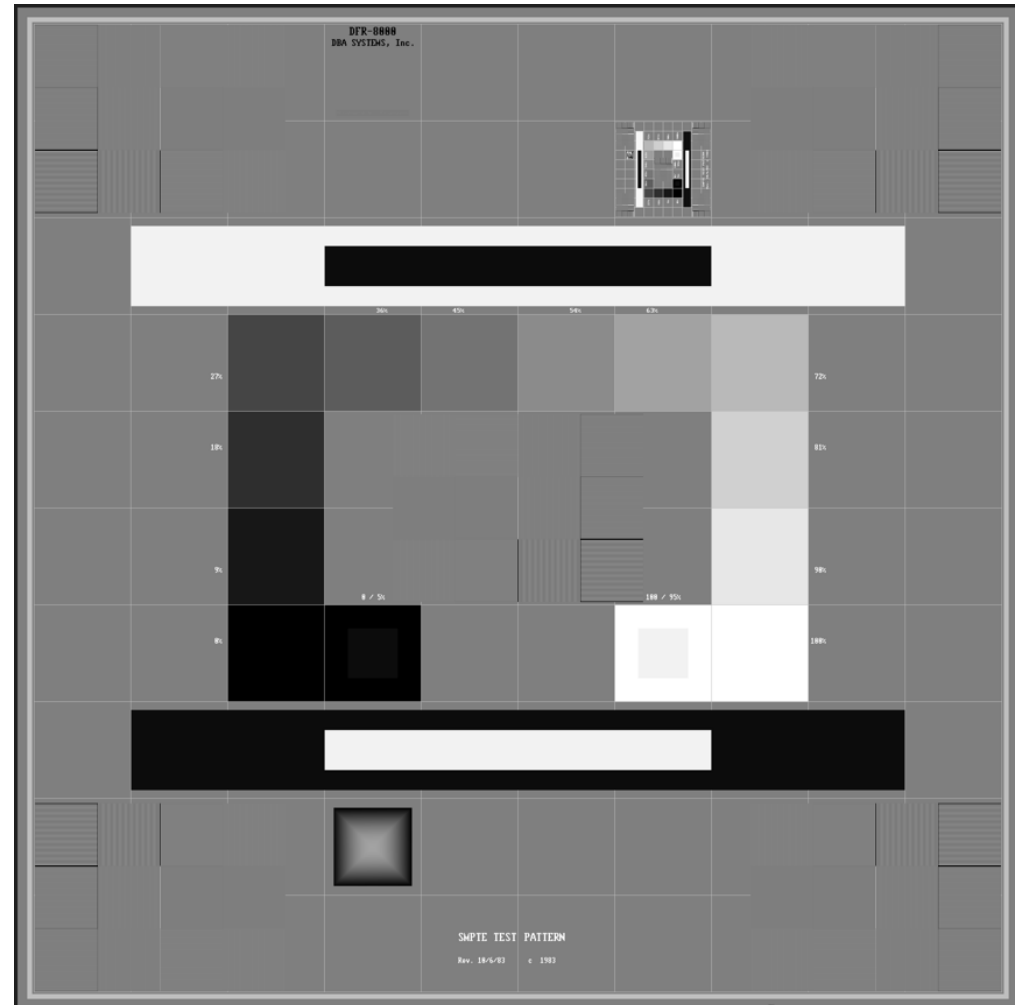
מסך של כ 2 מיליון פיקסלים ( 2M ),  
בדרך כלל לא מספק

לא קיימת בתקן זה הגדרה לרזולוציה הנדרשת  
מהמסך (גודל הפיקסל או מספר הפיקסלים).

A physical size and resolution that enables a detector pixel-to-display pixel mapping ratio of no greater than 4:1 when displaying the image from the full active detector area within the default window allocated by the viewing software without digital magnification. - **BOEING – BSS 7044**

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## **SMPTE RP 133 -** Specifications for Medical Diagnostic Imaging Test Pattern for Television Monitors and Hard-Copy Recording Cameras





# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

The image display monitor shall be checked in accordance with **Appendix X1**.

## APPENDIX

(Nonmandatory Information)

### X1. MINIMUM PERIODIC PERFORMANCE EVALUATIONS

Reference Qualification STD	Paragraph Reference	Frequency (Minimum)
Photometer/Light Meter	7.8	Annually
Image Display Evaluation	7.5.3 – 7.5.7	Daily
Image Display Brightness	7.5.1	Once per month
Image Display Contrast	7.5.2	Once per month
Bad Pixel, Gain, and Offset Maps	8.4 – 8.5	In accordance with manufacturers' recommendations or CEO
IQI Evaluation for Application	10.5	Each examination

*Image Viewing Stations*—Image viewing stations shall be arranged to exclude any objectionable illuminance that could cause a reflective glare from the display monitor and shall have light controls to achieve ambient (background) lighting levels of no greater than 30 lux

Ambient light shall be measured at the viewing surface with the display monitor off.

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

Radiographic images shall be free of visible bad pixels or other artifacts which may interfere with image interpretation (see Practices [E2597/E2597M](#) and [E2737](#)).

▼ Bad Pixel Map

Bad Pixel Map

Single Pixel: 362 ■

Bad Clusters: 3 ■

Bad Kernal Clusters: 0 ■

Bad Line: 0 ■

Bad Clusters

- (1602,730) - 1x2 cluster2
- (2956,1478) - 1x2 cluster2
- (1774,2461) - 1x2 cluster2

▼ Bad Pixel Map

Bad Pixel Map

Single Pixel: 362 ■

Bad Clusters: 3 ■

Bad Kernal Clusters: 0 ■

Bad Line: 0 ■

All

- (1865,8) - Single Bad Pixel
- (2189,16) - Single Bad Pixel
- (1714,19) - Single Bad Pixel
- (1353,20) - Single Bad Pixel
- (1442,21) - Single Bad Pixel
- (1587,31) - Single Bad Pixel

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

The user shall adopt the manufacturer's recommendations for DDA gain, offset and bad pixel identification and calibration, methodology and the frequency thereof, and alterations as needed defined by the CEO based on the object under test.

In the event that any non-uniformities or artifacts (other than bad pixels) appear in an image between recommended intervals of gain and offset calibration, the detector is to be recalibrated for gain and offset correction so that these anomalies are removed prior to continuing production imaging. If these anomalies could be found to either mask a relevant discontinuity or be interpreted as a relevant discontinuity, then the effected product shall be re-imaged. When non-uniformities and artifacts occur outside of the area of interest within an image, re-imaging is not required as they do not interfere with interpretation.

בהמשך הנחיות למקרה שתוצאות הבדיקה לא תקינות

## 9. Procedural Requirements

9.1 Digital detector array systems shall be qualified by the CEO prior to the examination of production hardware. The DDA system shall be tested to establish baseline performance as required in Practice **E2737**, as well as its suitability for its intended application. In addition to the Practice **E2737** tests, the following minimum tests shall be conducted:

- a) Required radiographic quality levels shall be demonstrated.
- b) Applicable software tools shall be tested and validated.
- c) Applicable image processing parameters used to obtain the required image quality shall be tested and verified.
- d) Image display monitor(s) shall be tested to ensure the requirements of **7.5** are met.
- e) When systems are intended to be used outside of specified environmental conditions, such as portable systems, system qualification tests shall be performed in the expected conditions for temperature and humidity.

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## Examination techniques:

עבור דף הטכניקה יש רשימה של פרטים שיש לציין בדף הטכניקה, להלן אלו הייעודיים ל DDA

The nominal exposure: voltage, current, exposure time, **frame rate, frames averaged**, beam and/or detector collimation, beam filters used including their locations (tube, part, detector, and so forth)

The make, model, and manufacturer of the DDA used in the examination.  
The detectors iSRb detector shall be addressed on the procedure, technique, or other related documentation along with the detector mode (full resolution, pixel binned, and so forth) and the detector's gain setting (as available).

The nominal exposure: source strength, exposure time, **frame rate, frames averaged**, beam and/or detector collimation, beam filters used including their locations (tube, part, detector, and so forth).

**The make, model, and manufacturer of the DDA used in the examination.  
The detectors iSRb detector shall be addressed on the procedure, technique, or other related documentation along with the detector mode (full resolution, pixel binned, and so forth) and the detector's gain setting (as available).**

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

The geometric magnification factor used, including source to object and object to detector distances and the measured or calculated total image unsharpness

The window width and level used to visualize the image as well as any digital image zoom.

Any image processing parameters used to obtain the required image quality or improve fine detail detection. This would include noise reduction methods, contrast enhancement, or other filtering procedures.

A system of measurement verification shall be documented. If a physical standard is used to verify the accuracy of a measurement, the standard shall be certified annually using standards traceable to NIST (or other recognized standardizing body). The user and the CEO shall agree to the tolerance of this standard.

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

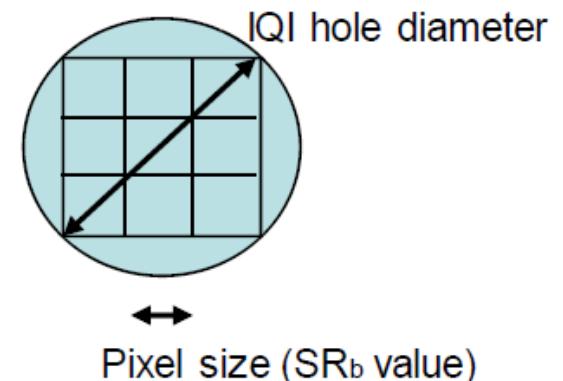
## Geometric magnification

The geometric magnification requirement shall be defined by the CEO and based on requirements of the examination. Guide E2736 provides guidance on establishing appropriate geometric magnification.

מכיוון שתקן זה לא מפרט את הדרישות להגדלה, נפנה לתקני יצרני המטוסים :

$$v = \frac{4.25 * (SR_b)}{d}$$

V min	הגדלה מינימלית
4.25	היתר של משולש 3x3
d	קוטר קדח ה IQI
SRb	רזולוציה מרחבית



בתקן בואינג BSS7044 הדרישה בבדיקת ריתוכים היא 4 על 4 פיקסלים ולכן המקדם בנוסחה יהיה 5.65

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

דוגמה 1 : לצילום של חלק בעובי 7 מ"מ ברמת איכות 2-2T נדרש לזהות קדח בקוטר 0.5 מ"מ. במידה והרזולוציה המרחבית היא 150 מיקרון , ההגדלה הנדרשת היא :

$$V = \frac{4.25 \times 0.150}{0.5} = 1.275$$

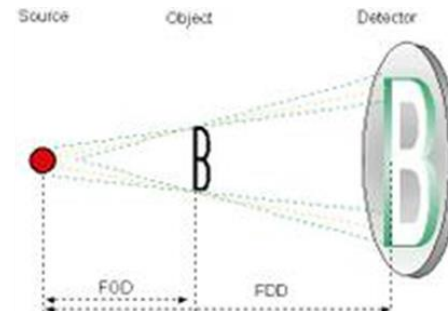
כלומר יש להגדיל ב 27.5 אחוז

דוגמה 2 : לצילום של חלק בעובי 26 מ"מ ברמת איכות 2-2T נדרש לזהות קדח בקוטר 1 מ"מ. במידה והרזולוציה המרחבית היא 150 מיקרון , ההגדלה הנדרשת היא :

$$V = \frac{4.25 \times 0.150}{1} = 0.6375$$

כאשר המספר קטן או שווה ל 1, לא נדרשת הגדלה

$$OFD = FFD \left( 1 - \frac{1}{V} \right)$$

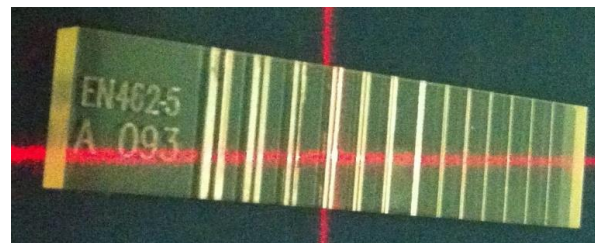
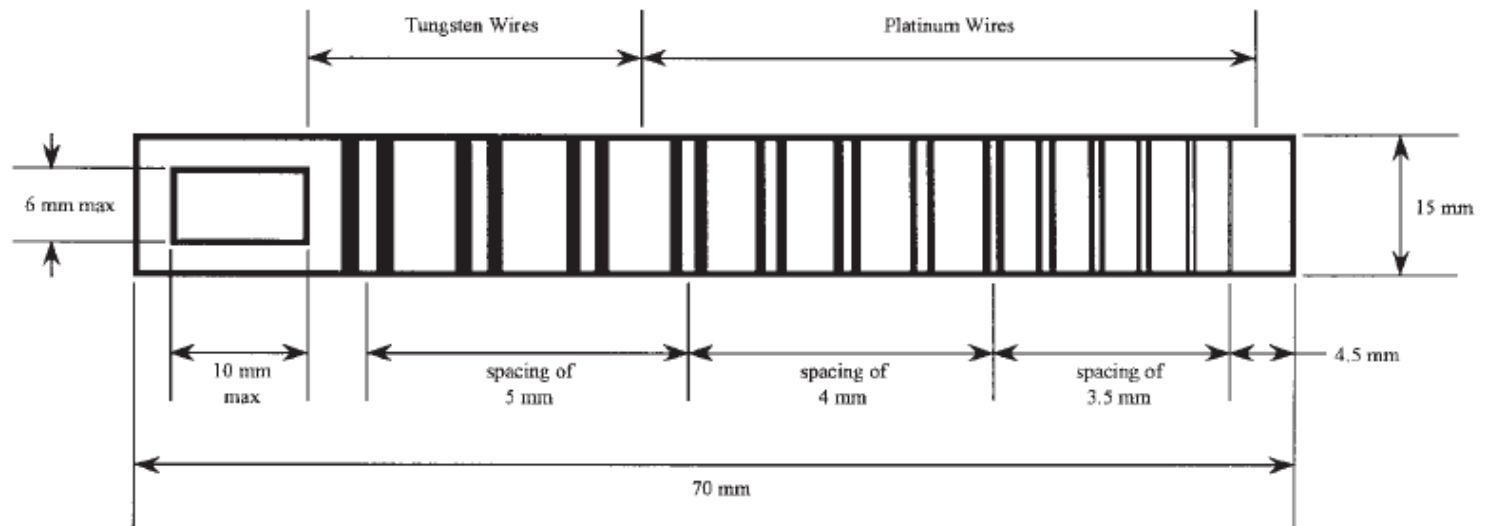




# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

איך קובעים את ערך הרזולוציה המרחבית הבסיסית SRb

פנטרמטר ASTM E2002 או מקבילו בתקן ISO



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

**TABLE 1 Duplex Wire Number, Corresponding Image Unsharpness, Basic Spatial Resolution of the Imaging System, Linepair Readings, and Wire Diameters and Its Tolerances<sup>A</sup>**

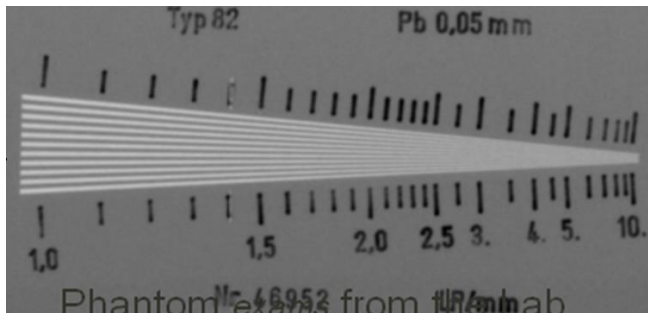
Wire Material	Duplex Wire Number	Corresponding Unsharpness Value $U_{Im}$ (mm)	Corresponding Basic Spatial Resolution $SR_b^{image}$ Value (mm) <sup>D</sup>	Corresponding Linepair Value (lp/mm)	Wire Diameter and Spacing, $d$ (mm)	Tolerance of Wire Diameter and Wire Spacing (mm)
Pt <sup>B</sup>	D13	0.10	0.050	10.0	0.050	
Pt	D12	0.13	0.063	7.94	0.063	
Pt	D11	0.16	0.080	6.25	0.08	±0.005
Pt	D10	0.20	0.100	5.00	0.10	
Pt	D9	0.26	0.130	3.85	0.13	
Pt	D8	0.32	0.160	3.13	0.16	
Pt	D7	0.40	0.200	2.50	0.20	
Pt	D6	0.50	0.250	2.00	0.25	±0.01
Pt	D5	0.64	0.320	1.56	0.32	
Pt	D4	0.80	0.400	1.25	0.40	
W <sup>C</sup>	D3	1.00	0.500	1.00	0.50	
W	D2	1.26	0.630	0.79	0.63	±0.02
W	D1	1.60	0.800	0.63	0.80	

<sup>A</sup> This table is based on data provided in ISO 19232-5:2013. All unsharpness values are rounded to two digits after the dot.

<sup>B</sup> Pt = Platinum.

<sup>C</sup> W = Tungsten.

<sup>D</sup> For conversion of the  $SR_b$ -values to  $\mu\text{m}$ , multiply values which are given in mm by 1000.



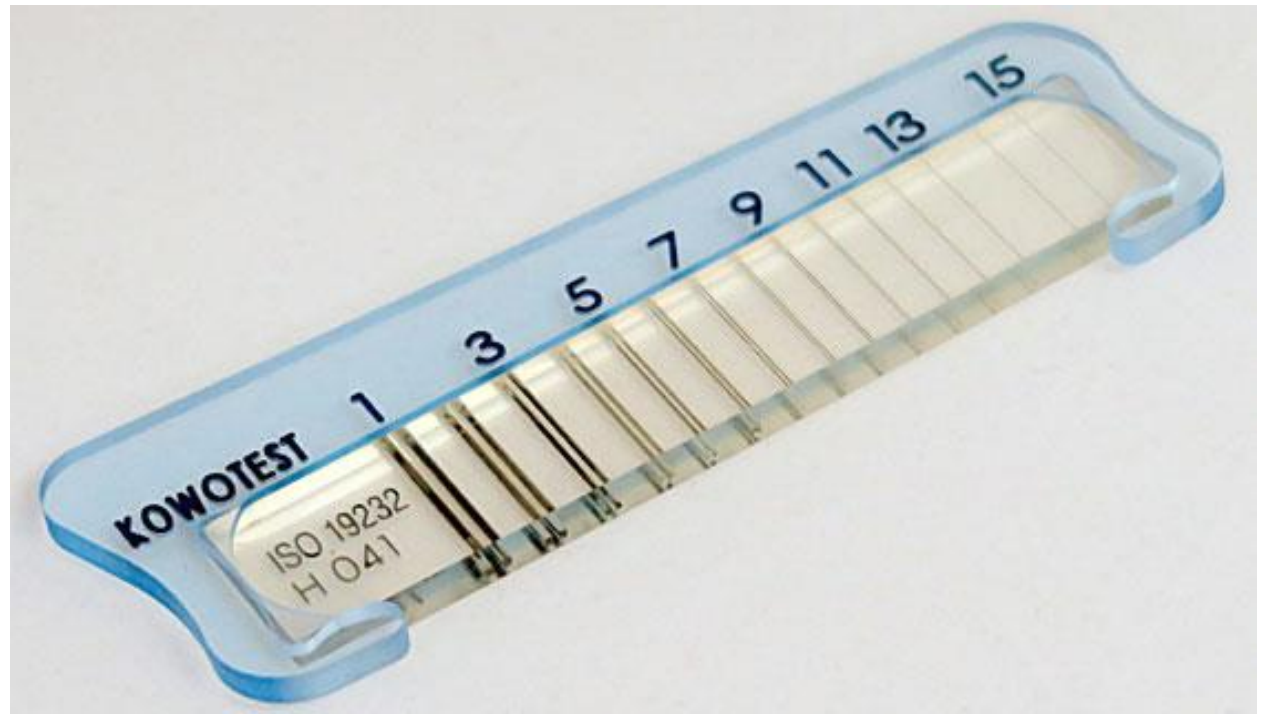
בעבר היה נהוג לקבוע רזולוציה בערכים של linepair lp/mm

$$\frac{1}{2.5 \times 2} = \frac{1}{5} = 0.2$$

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## פנטרמטר עם 15 חוטים – נדרש רק ל CR

1 D	0,800
2 D	0,630
3 D	0,500
4 D	0,400
5 D	0,320
6 D	0,250
7 D	0,200
8 D	0,160
9 D	0,130
10 D	0,100
11 D	0,080
12 D	0,063
13 D	0,050
14 D	0,040
15 D	0,032



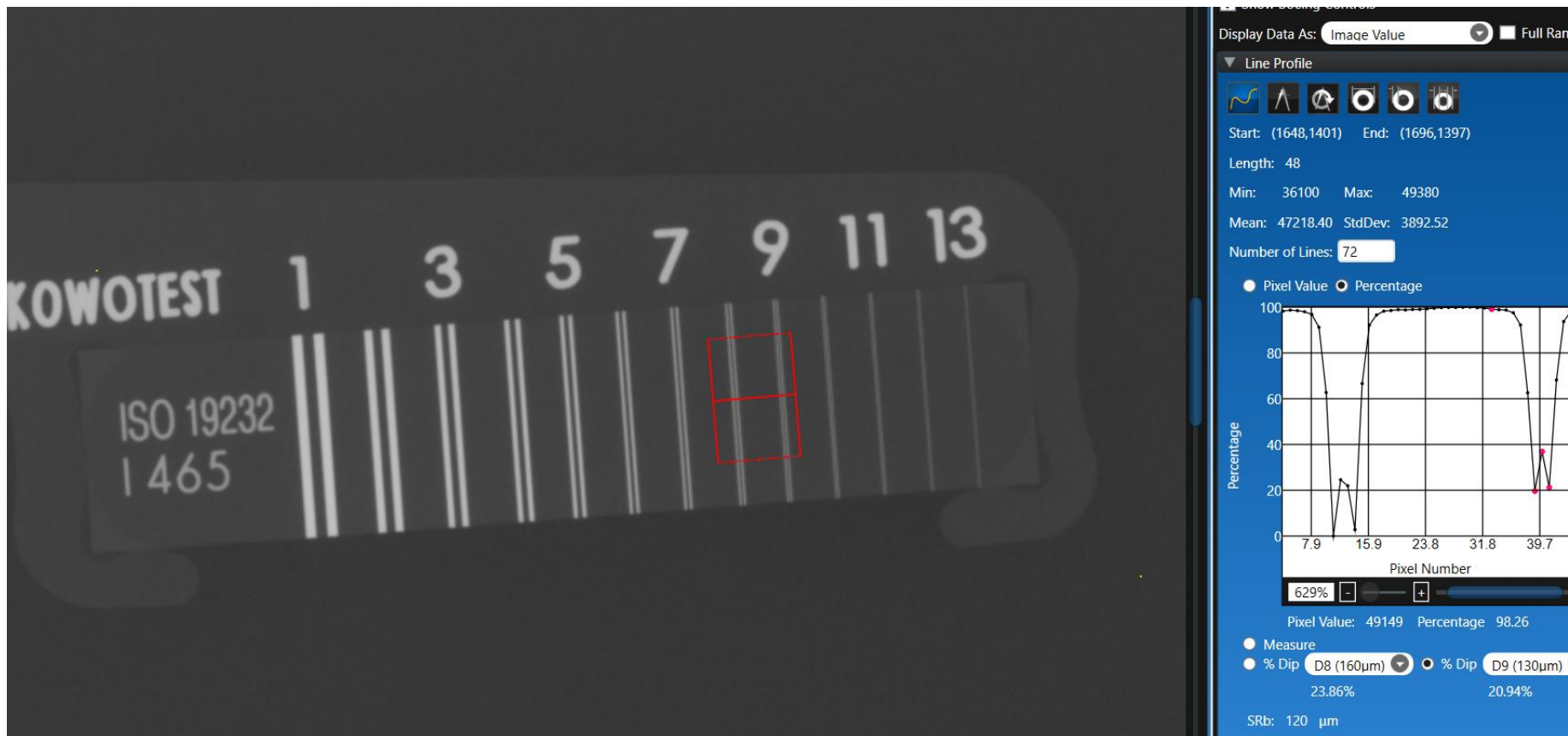
# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

DD	d (μm)	UT (μm)	SRb (μm)	LP (1/mm)
D 1	800	1600	800	0.63
D 2	630	1260	630	0.79
D 3	500	1000	500	1.00
D 4	400	800	400	1.25
D 5	320	640	320	1.56
D 6	250	500	250	2.00
D 7	200	400	200	2.50
D 8	160	320	160	3.13
D 9	130	260	130	3.85
D 10	100	200	100	5.00
D 11	80	160	80	6.25
D 12	63	126	63	7.94
D 13	50	100	50	10.00
D 14	40	80	40	12.50
D 15	32	63	32	15.90
D 16	25	50	25	20.00
D 17	20	40	20	25.00

פנטרמטר 17 זוגות חוטים – ל CR  
ברזולוציה גבוהה

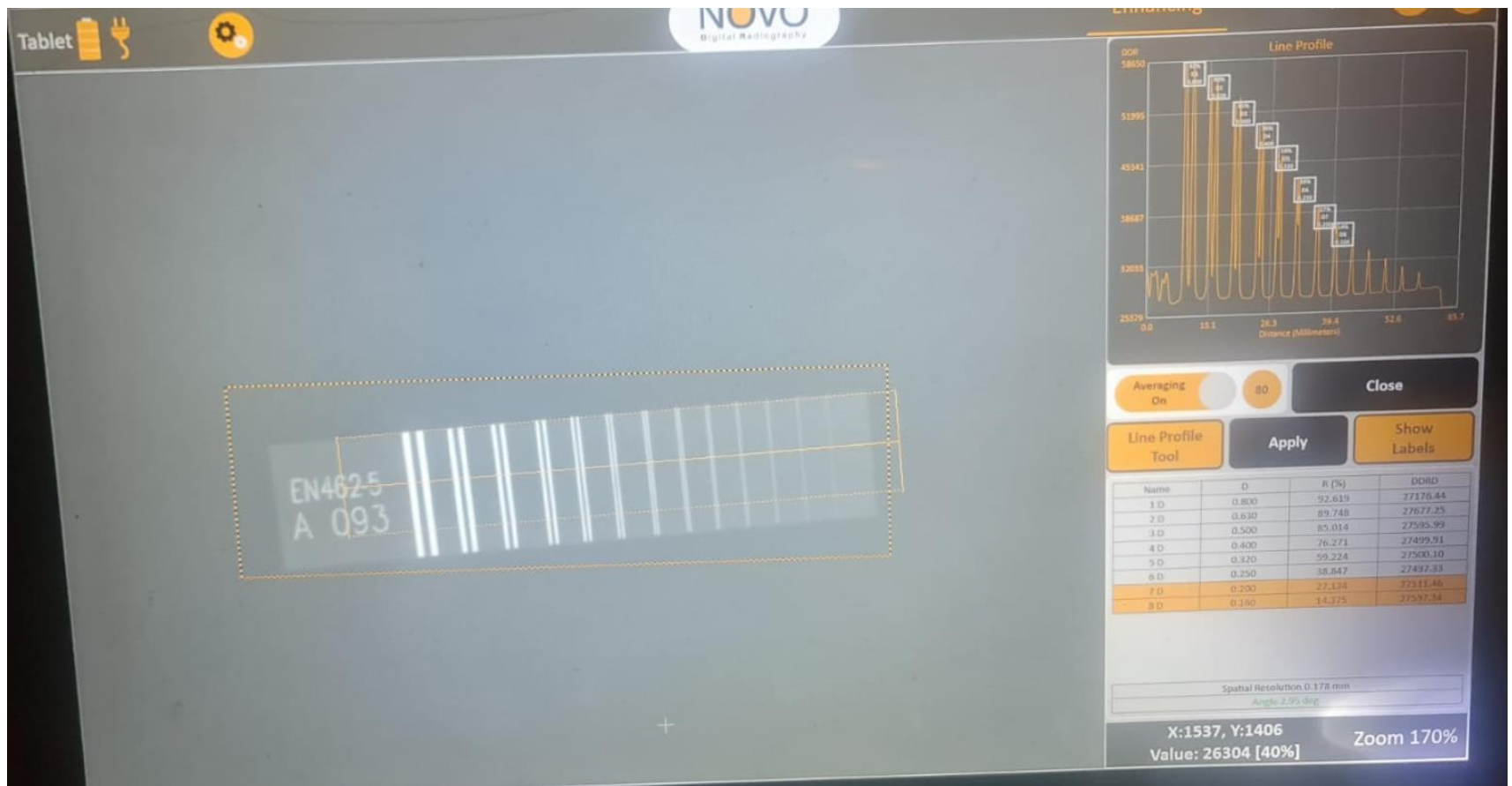
# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

בדיקה על בסיס 2 זוגות חוטים



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

בדיקה על בסיס כל זוגות החוטים



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

## ערכי אי חדות כוללת מותרים

TABLE 2 Maximum Total Image Unsharpness ( $U_{IM}$ )

Material Thickness of Product	Maximum Allowable Total Image Unsharpness ( $U_{IM}$ ) (a)	Corresponding Basic Spatial Resolution (equal to $1/2 U_{IM}$ )
$\leq 0.5$ in. ( $\leq 12.7$ mm)	0.010 in. (0.254 mm)	0.005 in. (0.127 mm)
>0.5 through 1.0 in. (>12.7 through 25.4 mm)	0.015 in. (0.381 mm)	0.0075 in. (0.190 mm)
>1.0 through 2 in. (>25.4 through 50.8 mm)	0.020 in. (0.508 mm)	0.010 in. (0.254 mm)
>2.0 through 4.0 in. (>50.8 through 101.6 mm)	0.030 in. (0.762 mm)	0.015 in. (0.381 mm)
>4.0 in. (>101.6 mm)	0.040 in. (1.016 mm)	0.020 in. (0.508 mm)

(a): If the required total image unsharpness value cannot be achieved with adjustment of the exposure geometry or the focal spot, the compensation principle may be applied if approved by the CEO (see 10.15.2.5).

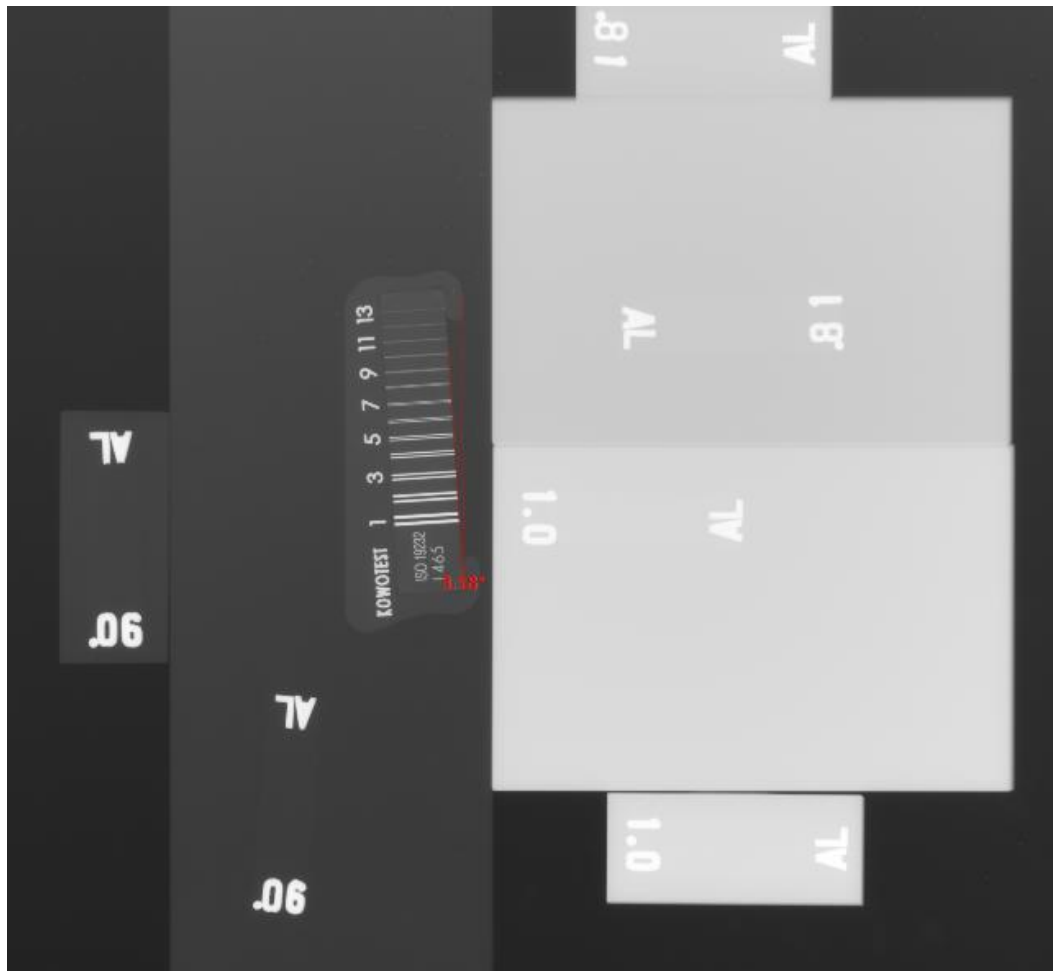
Note: Use of the compensation principle may impact the ability to accurately size small indications.

ניתן לביצוע על ידי יישום הפנטרמטר זוגות חוטים ע"ג בלוק וצילום באותם תנאי צילום כמו החלק, בדומה לשימוש בבלוק עבור מד טיב תמונה רגיל .

אפשרות שנייה היא חישוב .

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

קביעת האי חדות הכוללת על ידי מיקום פנטרמטר זוגות חוטים ע"ג בלוק המייצג את החלק. ערך האי חדות הוא פעמיים ה SRb



Corresponding Unsharpness Value $U_{Im}$ (mm)	Corresponding Basic Spatial Resolution $SR_b^{image}$ Value (mm) <sup>D</sup>
0.10	0.050
0.13	0.063
0.16	0.080
0.20	0.100
0.26	0.130
0.32	0.160
0.40	0.200
0.50	0.250
0.64	0.320
0.80	0.400
1.00	0.500
1.26	0.630
1.60	0.800



# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

שיטת החישוב :

$$U_{Im} = \frac{1}{v} \sqrt[3]{U_g^3 + (2 \times SR_b^{detector})^3} \quad (1)$$

where:

$v$  = the geometric magnification, and  
 $U_g$  = the geometrical unsharpness calculated in accordance with Eq 2.

$$U_g = (v - 1) * \Phi \quad (2)$$

where:

$\Phi$  = the focal spot size.

- Notes:
- 1.) Focal spots shall be measured in accordance with Test Methods E1165 or E2903, as applicable.
  - 2.)  $SR_b^{detector}$  is the interpolated Basic Spatial Resolution (SRb) of the detector measured in accordance with Practice E2597/E2597M.
  - 3.)  $U_{Im}$  is expressed as inches or millimeters/microns.

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

If the measured or calculated total image unsharpness meets the requirements of **Table 2**, the examination shall proceed with the defined geometry after Evaluation of the IQIs Visibility and CNR

If the requirements of Table 2 are not met and the current geometric magnification exceeds the minimum required, the geometry of the setup may be modified until the total image unsharpness requirements are met within the minimum geometric magnification requirements.

אם גם לאחר השיפור, עדיין לא ניתן לעמוד בדרישות טבלה 2, באישור לקוח מותר לרדת בדרגה אחת של אי החדות בתנאי שמזהים פנטרמטר יותר קטן בשלב אחד לפחות. במידה ולא ניתן יש לבצע שינויים משמעותיים כגון שימוש במקור קטן יותר או פעולה אחרת.

# בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

יש לבצע בדיקת CNR כפי שהוסבר בשלבים הקודמים של המצגת

If the contrast to noise ratio is less than the required amount, attempt to increase the value by taking one, or more, of the following corrective actions: increasing X-ray tube current, increasing the number of frames averaged, increasing the single frame exposure time, changing X-ray penetrating energy, or taking measures to reduce scatter radiation. Verify the gain and offset detector corrections are optimal (e.g. number of frames averaged, number of gain corrections and associated pixel values) for the specific image acquisition parameters applied in the examination. (Note: The DDA will approach a limiting contrast to noise ratio value related to the quality of the calibration of the DDA.)

If the CNR is still not acceptable after taking all available corrective actions, the DDA system is not suitable for performing examinations.

בדיקות לא הורסות – גבי שואף בע"מ

# תודה על ההקשבה

