מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

יישום מערכת מדידה עם קרן ליזר לבדיקות להבים משופצות

אאורל לזר , אברהם לביא

נובמבר 2005

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

אמצעי טכנולוגי לשיפור יכולת החיזוי של תרומת להב בודדת לביצוע המנוע (אווירודינמיים,משך שהייה)

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

תוכן המצגת:

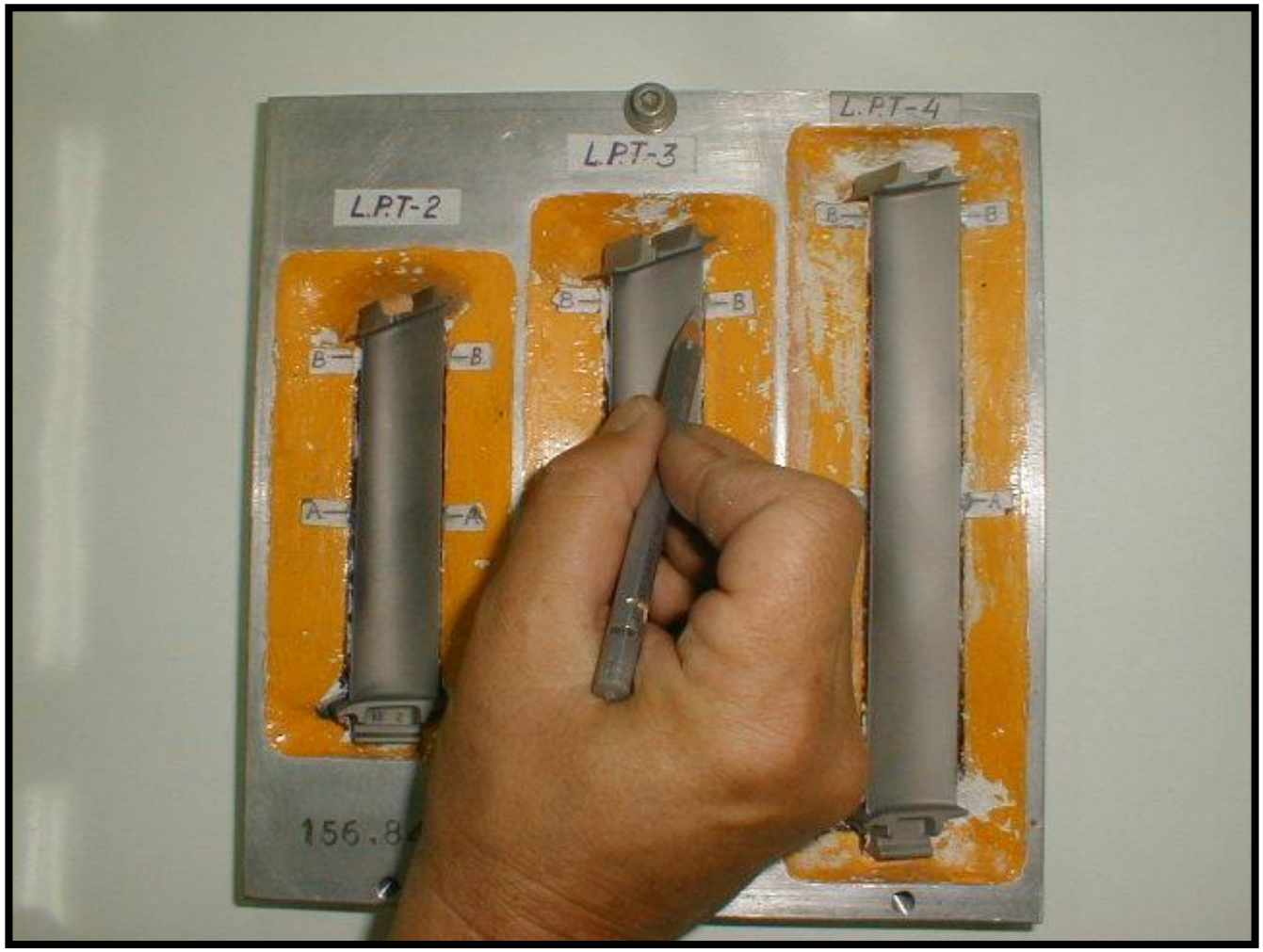
1. המצב העכשוי.
2. הצגת הטכנולוגיה.
3. תהליך הבדיקה על להב טורבינה.
4. סטטוס הפעילות במפעל המנועים.
5. שיפור יכולות, מענה על צרכים נוספים.

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

בחינה ממדית:

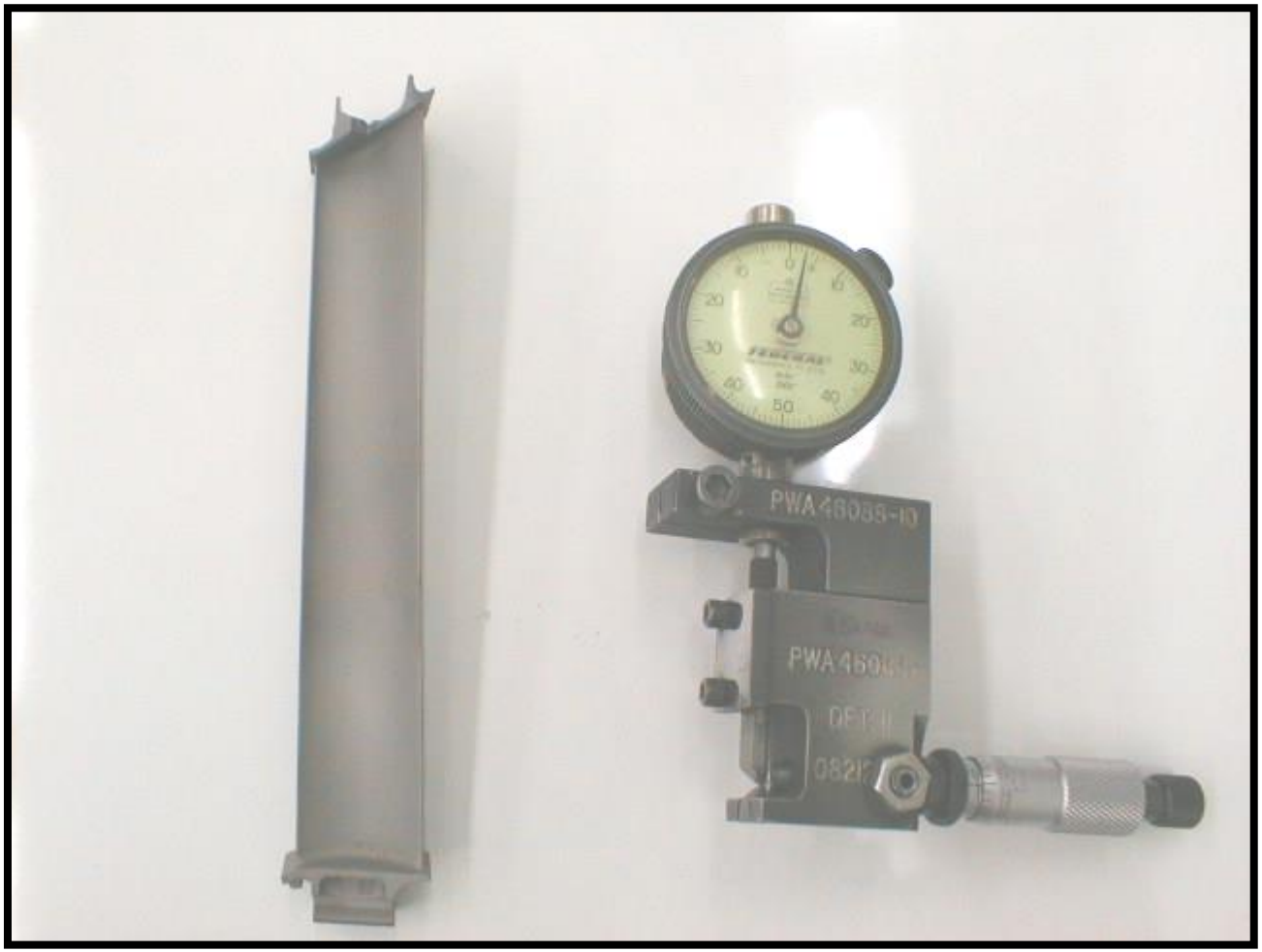
1. מדידה ישירה (קליבר, מיקרומטר).
2. TEMPLATE / GO ,NO GO.
3. כלים ספציפיים (OEM).
4. מערכת מדידה בקואורדינטות (X,Y,Z) , עם גשש מכני.

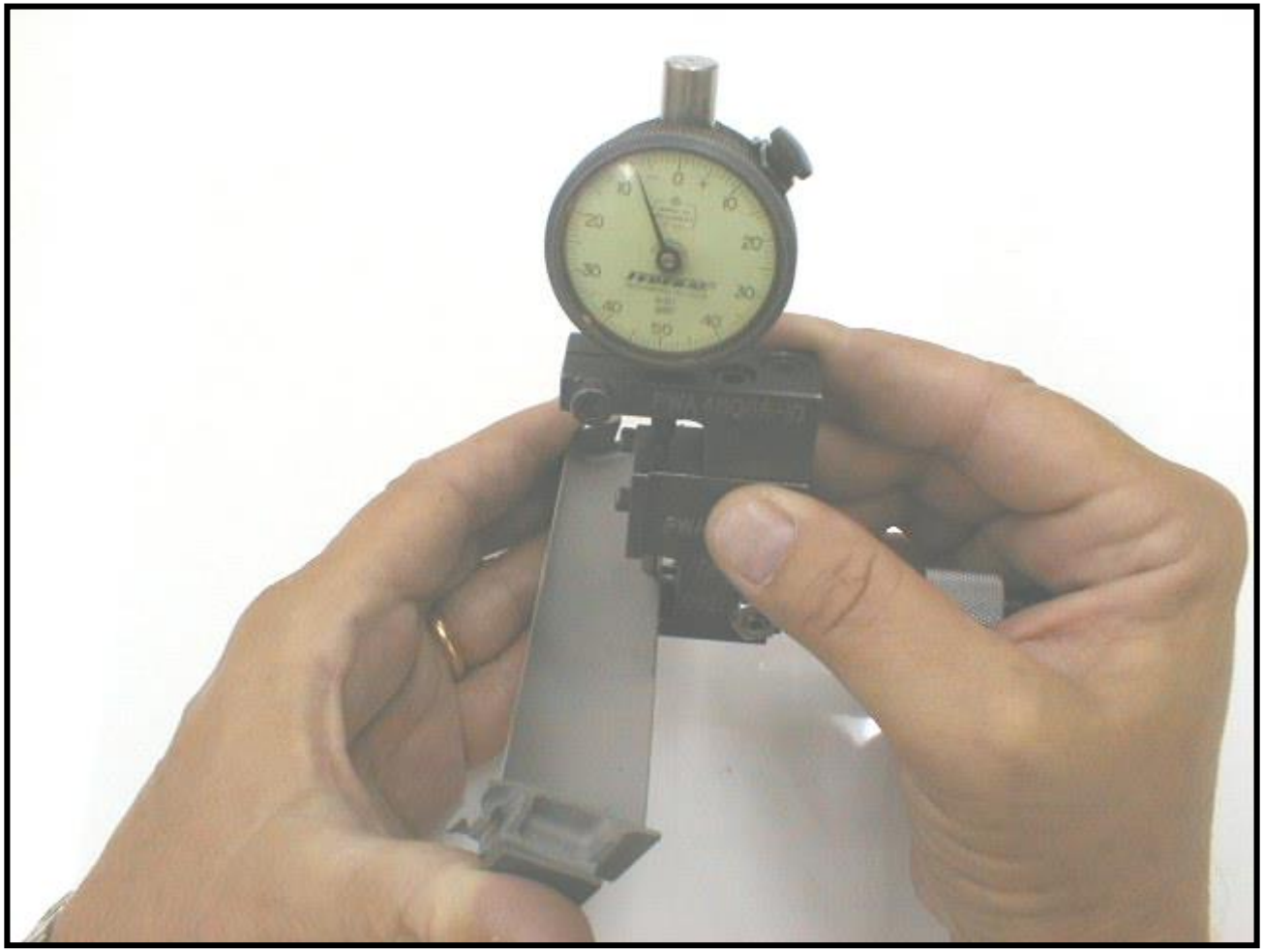
מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ



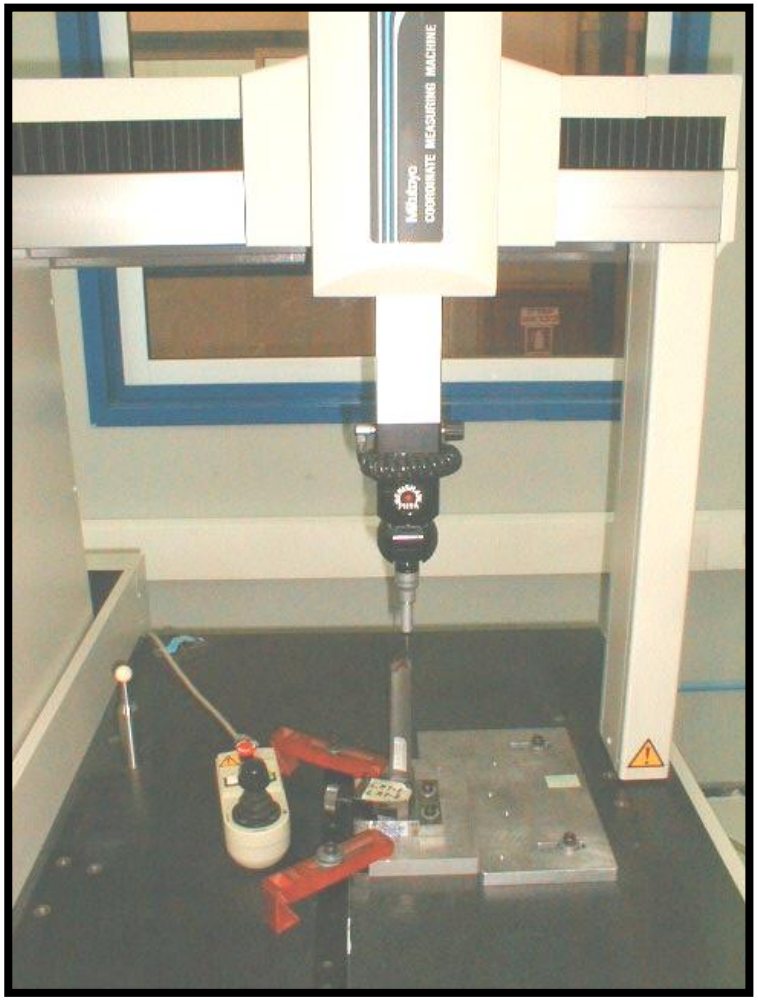
מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ





מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ



מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

מגבלות:

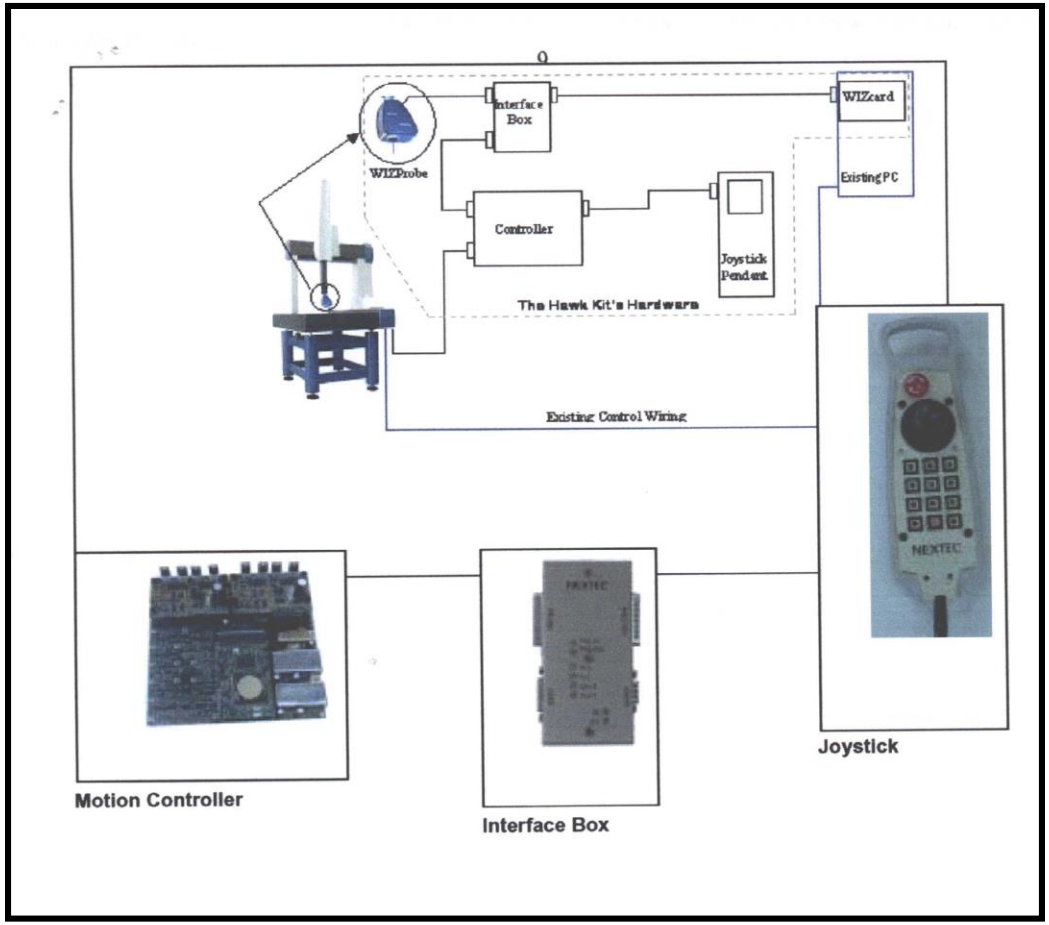
1. תפוקה נמוכה – מדידות בדידות.
2. חוסר במידע על פרופיל הלהב (קונטור, שפת התקפה / שפת זרימה).
3. חוסר יכולת להעריך השפעת הסטיות על ביצועי מנוע. (כדוגמת מרווחים).

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

הטכנולוגיה:

1. מערכת מדידה בקוארדינטות (X,Y,Z) - AVAILABLE PLATFORM
2. AVAILABLE PH-10 MOTORIZED ROTARY HEAD (RENISHAW)
3. NEXTEC – LASER SCANNING PROBE (WIZPROBE)
4. NEXTEC – BLADE INSPECTION SOFTWARE

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ



מפעל מנועים
מטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

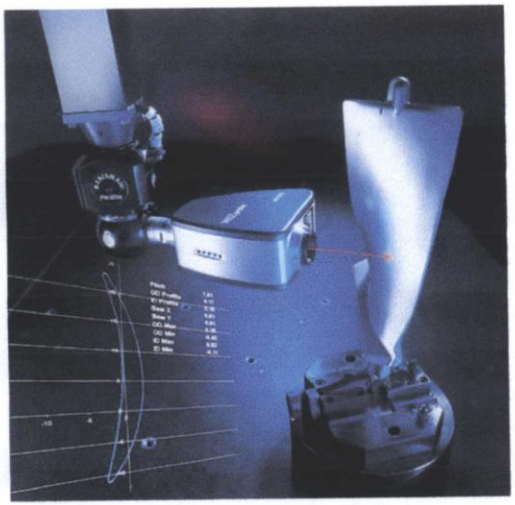
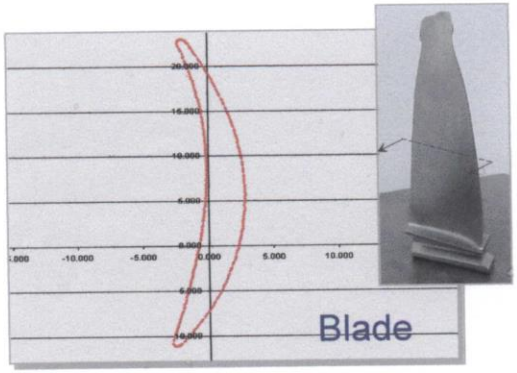


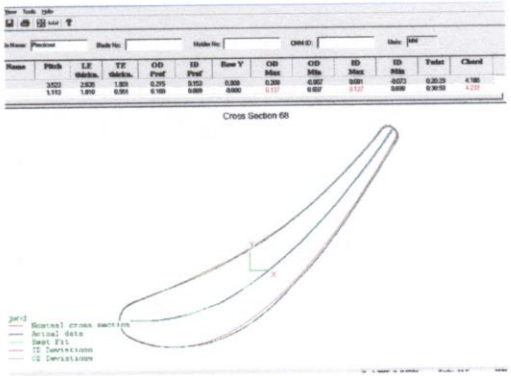
Figure 4
Cross-section sample



Conclusion

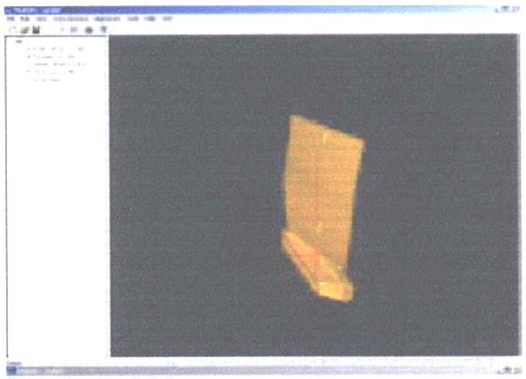
The blade industry is pushing for new measurement solutions to provide an answer for the fast growing demand for speed and accuracy, along with simple alignment utilization, no programming and minimum setup time. The modern technology of 3D laser scanning sensors along with a rapid growth in the PC processing capabilities, motion control capabilities and friendly application software packages enables to offer new solutions to support the modern blade industry needs in the next decade.

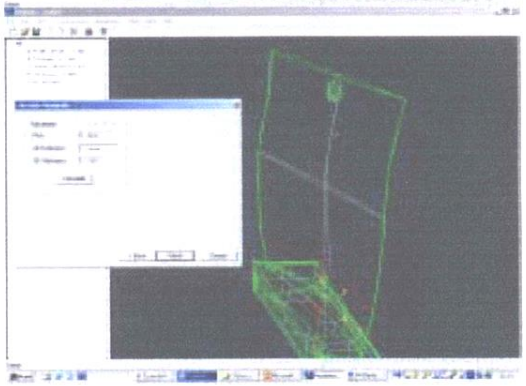
Figure 5
Software dialog box sample



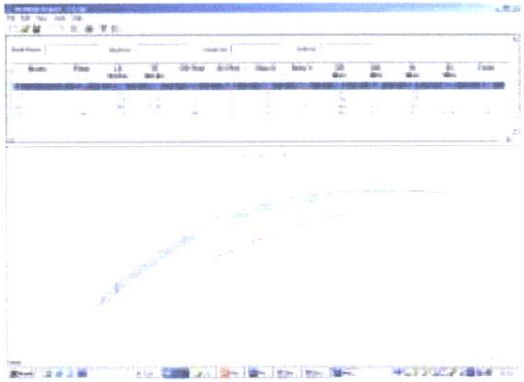
מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

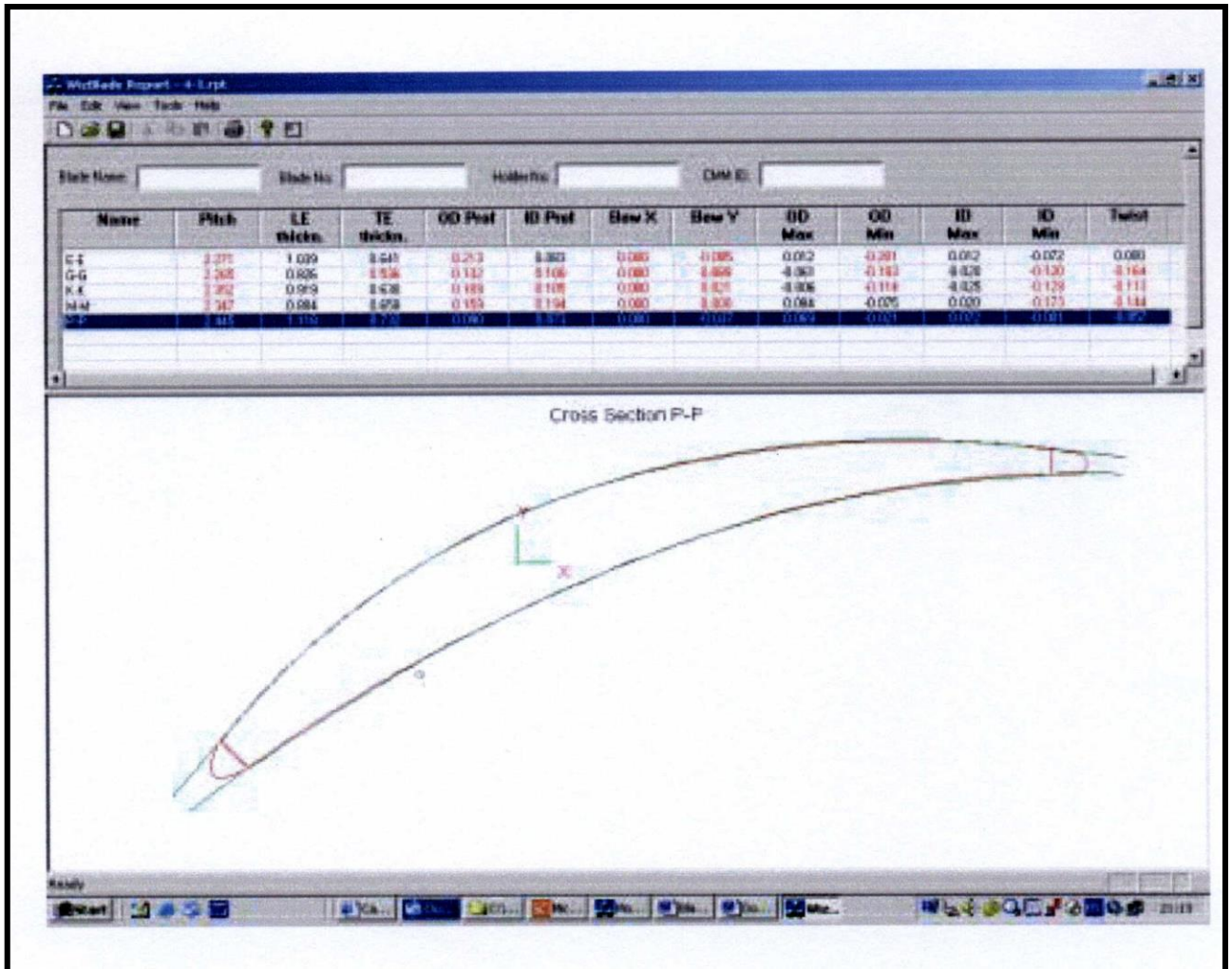
The Blade Inspection Software





- Powerful and user-friendly software, with an easy scanning script set up for any measured shape and size blade
- CAD Model input (IGES)
- High resolution, high density leading and trailing edges measurement
- Advanced part to CAD blade alignment
- Data analysis and automatic comparison to design data and defined tolerances
- Inspection report generation for presentation of relevant turbine blade dimensions (chord, max. thickness, twist, bow, lean, mean chamber, leading and trailing edge radius)
- Multi color display of actual vs. CAD contour profile plots at any defined cross section, along with the actual deviations
- Automatic software alignment of blade position



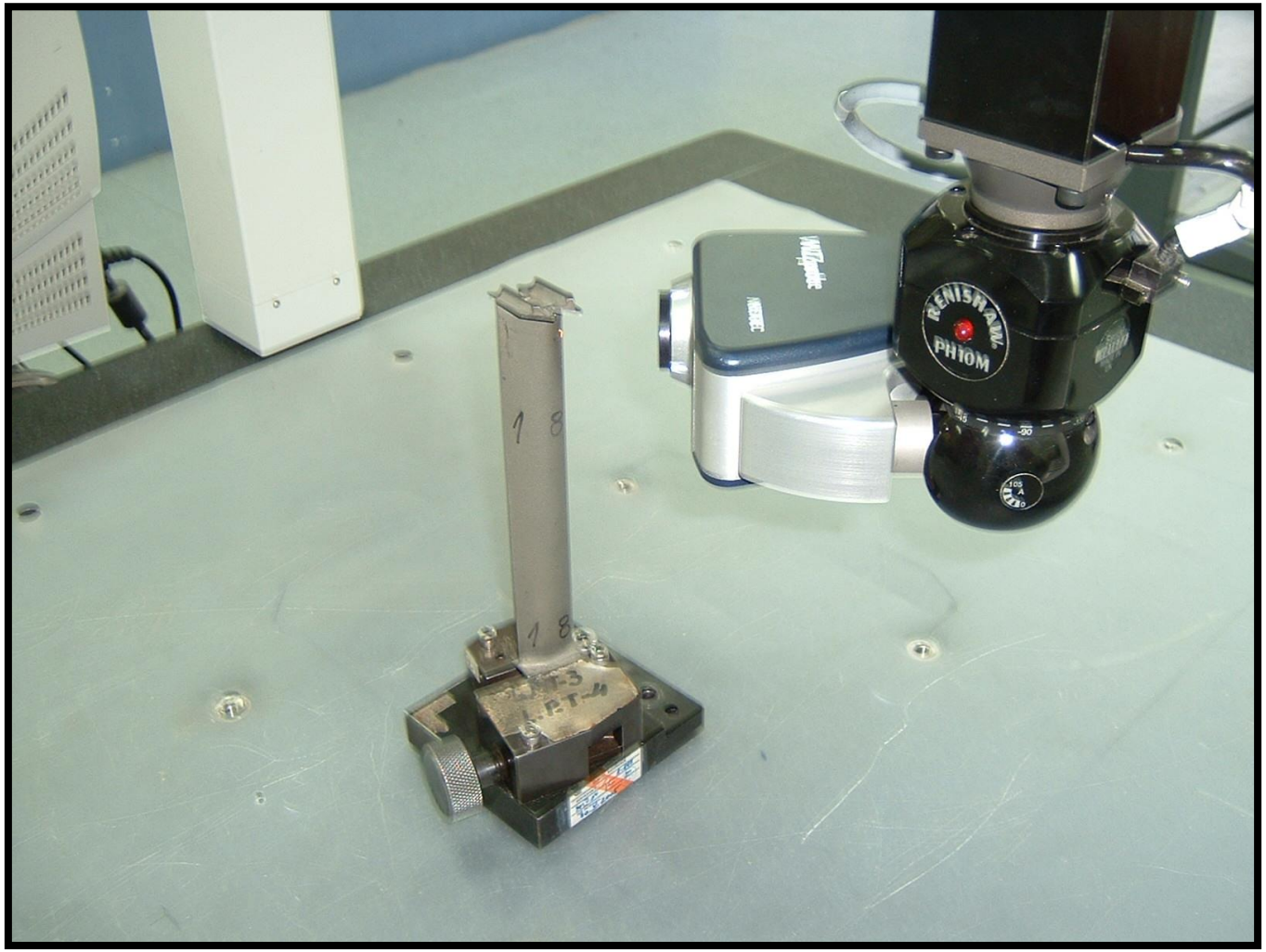

File Edit View Tools Help
Blade Name
Blade No
Holder No
CMM ID
Name
Pitch
LE thickn.
TE thickn.
OD Prof
ID Prof
Bow X
Bow Y
OD Max
OD Min
ID Max
ID Min
Twist
Cross Section P-P
Ready

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

בדיקה על להב טורבינה:

1. LPT BLADE, 4TH. STAGE, CFM56-3 ENGINE
2. השוואה בין מדידות שנעשו באמצעים מכניים למדידות באמצעות סורק הליזר.
3. זמן בדיקה באמצעים מכניים – 4.5 דקות, זמן בדיקה באמצעות סורק הליזר- 2 דקות.
4. אשור מינהל תעופה אזרחית אמריקאית לאמצעי ולתהליך.

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ



מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

28.12.2003
5 fig.s

TURBINE BLADE 4th. STGE
P/N 301-330-439

TWIST INSPECTION

PERFORM TWIST INSPECTION BY MEANS I.A.I TOOL. 156-8442
REQUIRED TO CHECK "ANGLE DELTA" BETWEEN SURFACE "A"
AND LEADING EDGE SHROUD. (SEE FIG. 1)
THE VALUE OF THIS ANGLE MUST BE:
NOMINAL VALUE 76:33:00
UPPER TOL. 0:15:00
LOWER TOL. 0:15:00

(מדידה ב-CMM)

WIZ BLADE : 76°27'38"
CMM : 76°22'51"
Δ : 0° 4' 47"

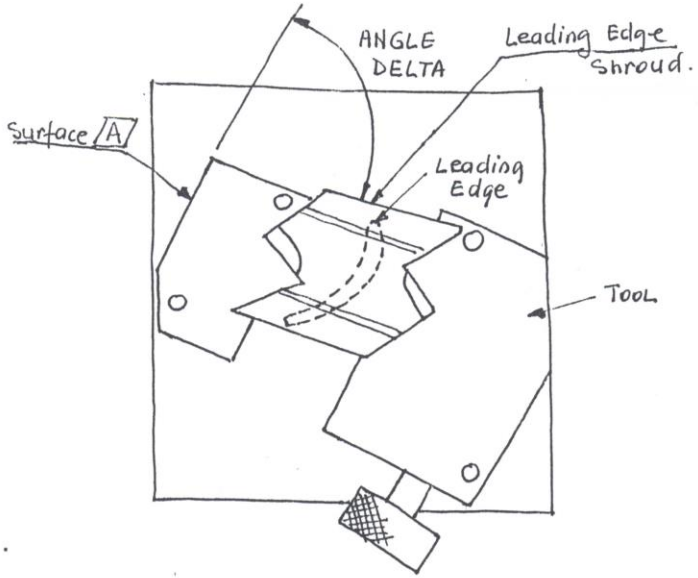


Fig. 1

המפרט בוטל על ידי אאול לצר - מהנדס משק להבים.

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

TURBINE BLADE 4th. STGE
P/N 301-330-439

SEAL KNIVES HEIGHT INSPECTION

PERFORM HEIGHT OF THE SEAL KNIVES BY MEANS I.A.I TOOL. 156-8442 REQUIRED TO CHECK "DIM. A" AND "DIM. B" FROM PLANE "Z" (SEE FIG. 2)

	WIZBLADE	CMM	Δ
DIM. A Min.= 7.0768 Max. =7.0965	7,089	7,088	0.001
DIM. B Min=7.0728 Max= 7.0925	7,086	7,086	0.000

NOTE

ON EACH KNIFE MUST BE CHOOSED THE HIGHEST POINT. THE SEAL KNIFE HEIGHT IS THE DISTANCE FROM THIS POINT TO PLANE "Z"

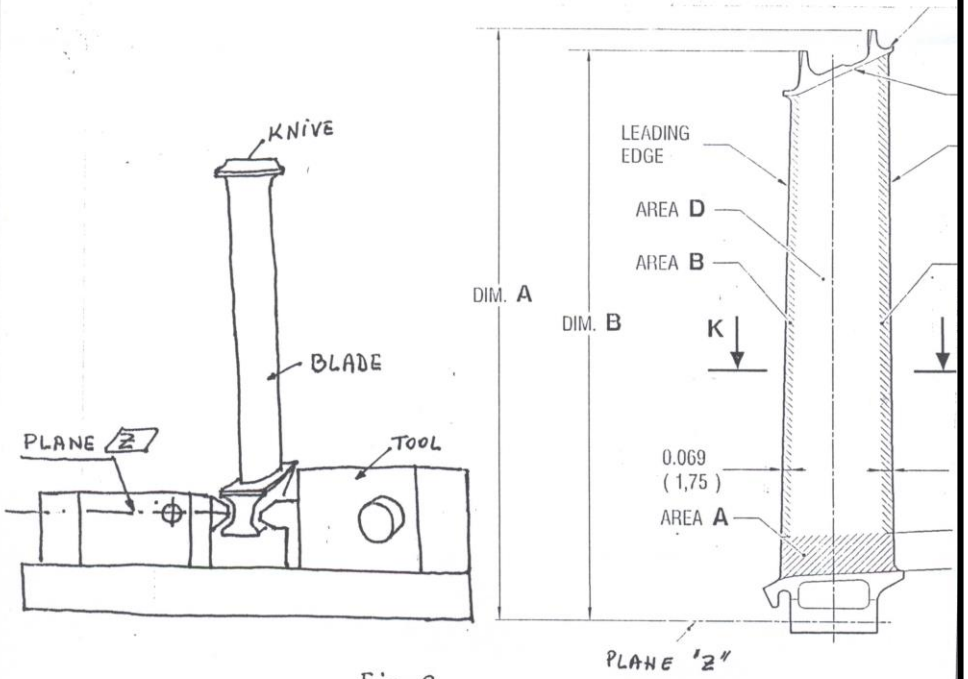


Fig. 2

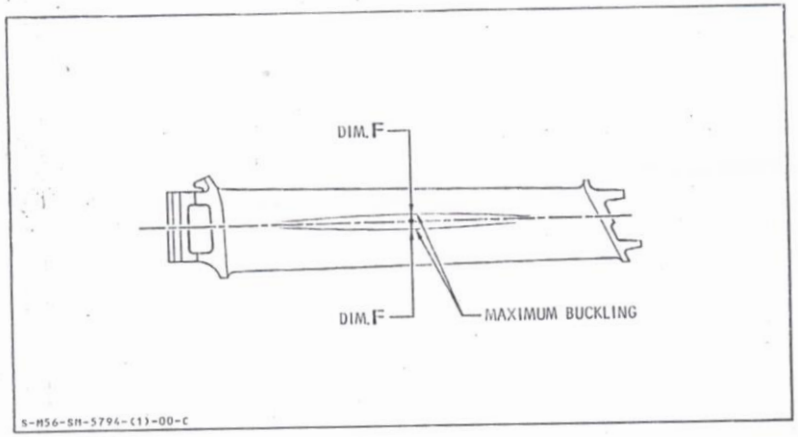
מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

TURBINE BLADE 4th. STGE
P/N 301-330-439

BUCKLING (BOW) INSPECTION

VALUE OF THE BOW MUST BE DIM. "F"= [redacted] Maximum 0.0165
(SEE FIG. 3)

Tool No. 856A5562 לא
C-026/4 filler gage +



Stages 2-4 Low Pressure Turbine Blades - Buckling Check
~~Figure 803~~

	Δ	WIZBLADE	TOOL+FILLER
Fig. 3	0.0003	0.0013	0.0010

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

TURBINE BLADE 4th. STGE
P/N 301-330-439

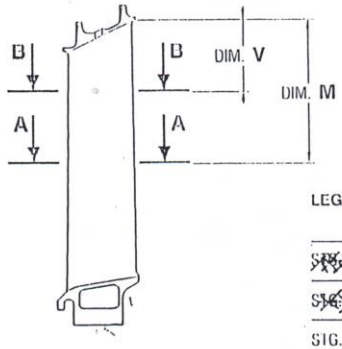
LEADING/ TRAILING EDGE AND CHORD LENGTH INSPECTION

REQUIRED TO CHECK LEADING/ TRAILING EDGE THICKNESS AND CHORD LENGTH IN TWO SECTIONS "A-A" AND "B-B". (SEE FIG. 4)

	W/2BLADE	TOOL	Δ
SEC.A-A			
DIM. E= 0.031 Min.	0,045	0,045	0,000
DIM. T= 0.015 Min.	0,027	0,028	0,001
DIM. LA= 0.917 Min.	0,946	0,945	0,001
SEC. B-B			
DIM.E= 0.032 Min.	0,047	0,047	0,000
DIM. T= 0.015 Min.	0,029	0,029	0,000
DIM LB= 0.902 Min.	0,922	0,922	0,000

SEC. A-A
R.L.E ?
R.T.E ?

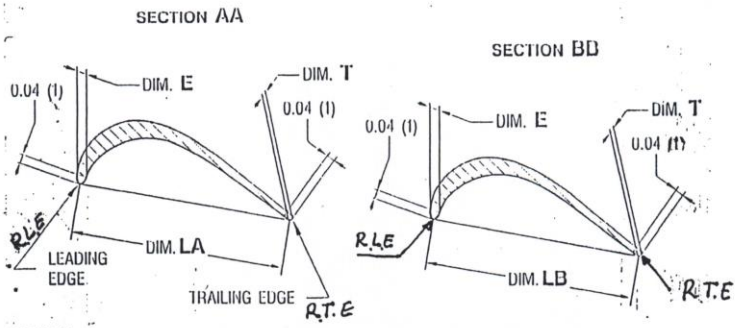
SEC B-B
R.L.E ?
R.T.E ?



- עקומה על פי סימון על הלהב
- עובי שפה הקפה/צרימה על פי כלי
מיושם מיכאן מעט גדר.
- מיתר, מגיבה ישירה.

LEGEND:

	DIM. M	DIM. V
~~SEC. A~~	~~3.45 (87)~~	~~0.03 (1)~~
~~SEC. B~~	~~3.00 (76)~~	~~0.03 (1)~~
SIG. 4	3.30 (84)	0.32 (8)



NOTE:
DIMENSIONS ARE IN INCHES WITH MILLIMETERS IN PARENTHESES.

Fig. 4

Leading/Trailing Edge and Chord Length Measurement

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

TURBINE BLADE 4th STAGE
P/N 301-330-439

CROSS-NOTCH INSPECTION

CROSS-NOTCH INSPECTION IS CHECKED FROM SURFACE "C" TO POINT "U". (SEE FIG.5)
NOMINAL VALUE : 0.262"
UPPER TOL. 0.002"
LOWER TOL. 0.002

WIZBLADE	CMM	Δ
0.264	0.263	0.001

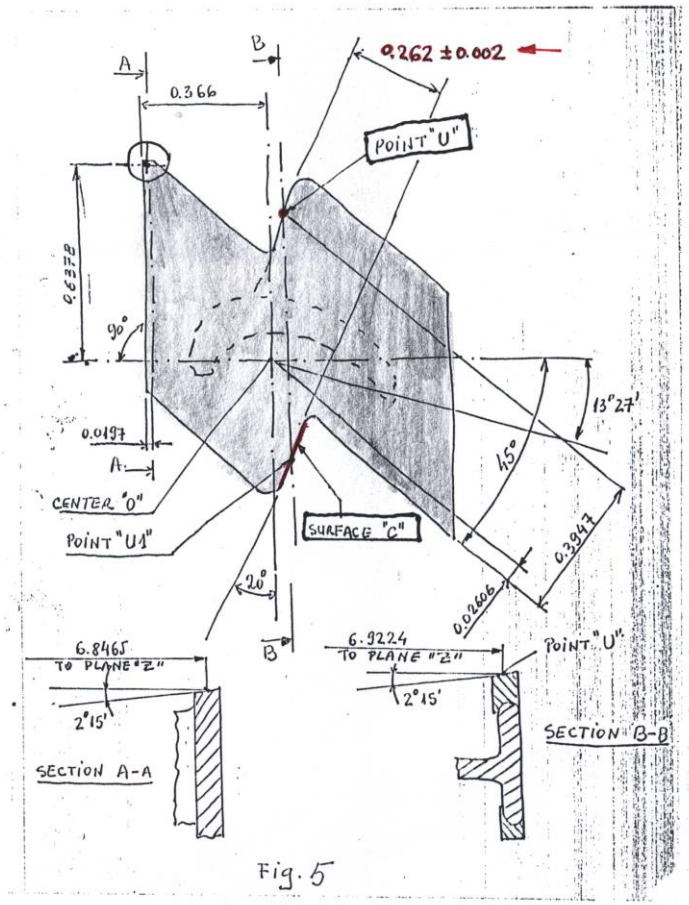
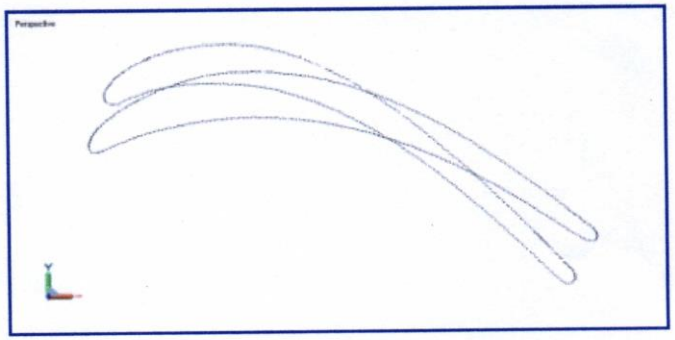
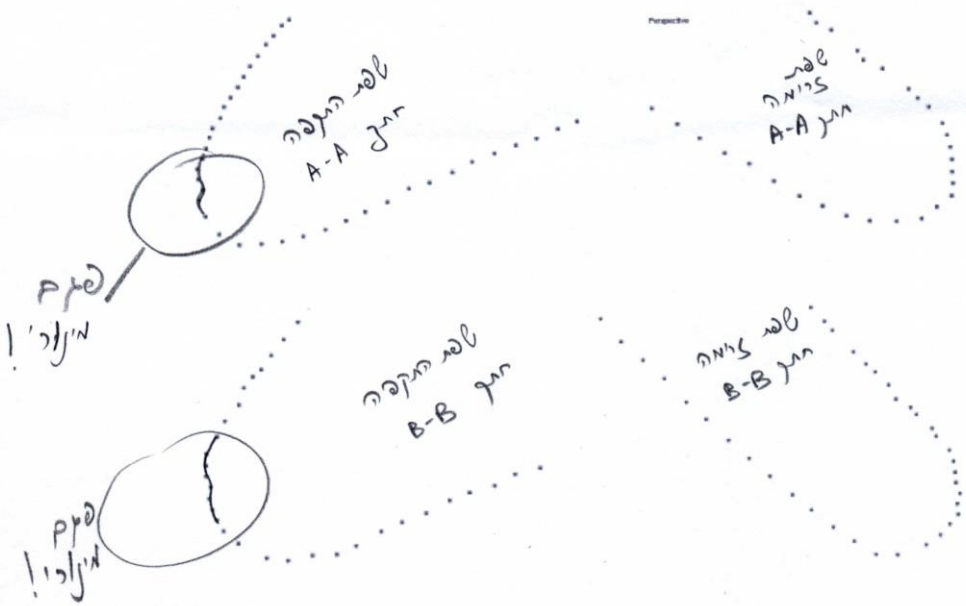


Fig. 5

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ





לכן ניתן למדידה באמצעים מכניים בלבד.

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION
FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION

STATEMENT OF COMPLIANCE WITH THE FEDERAL AVIATION REGULATIONS

DATE: 28 June 2005

AIRCRAFT OR AIRCRAFT COMPONENT IDENTIFICATION

MAKE	MODEL NO.	TYPE (Airplane, Radio, Helicopter, etc.)	NAME OF APPLICANT
CFM International	CFM56-2/-3 series	Engine	Bedek Aviation Div., Israel Aircraft Ind. Rpr. Sta. MKIY325K

LIST OF DATA

IDENTIFICATION	TITLE
E.R. 56-00219	Inspection of the Low Pressure Turbine Blades 4th St. LPT-4, by means of the Coordinate Measuring Machine (C.M.M) and a Laser Scanning Probe Supplemental Data: Reference: Turbo-Tec Inc. IAIA05179.1, dated 28 June 2005 Reference Data: 1. CFM56-3 Engine Manual, Chapter 72-54-02, Insp-001, Rep-005, Rep-006 2. Master blade drawing. LPT Stage-4, P/N 856A5504

PURPOSE OF DATA

Part Inspection

APPLICABLE REQUIREMENTS *(List specific sections)*

CFR 14, PART 33, Paragraph 33.4

CERTIFICATION - Under authority vested by direction of the Administrator and in accordance with conditions and limitations of appointment under Part 183 of the Federal Aviation Regulations, data listed above and on attached sheets numbered ___ have been examined in accordance with established procedures and found to comply with applicable requirements of the Federal Aviation Regulations.

☐ Recommend approval of these data

I (We) Therefore ☒ Approve these data

SIGNATURE(S) OF DESIGNATED ENGINEERING REPRESENTATIVE(S)	DESIGNATION NUMBERS(S)	CLASSIFICATION(S)
Alden W. Wilcox	DERT-800082-NE	Powerplant DER Engine Engineering
Alden W. Wilcox		

FAA Form 8110-3 (11-70) Supersedes Previous Edition / Electronic Format (4-99)

DRI05179.1

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

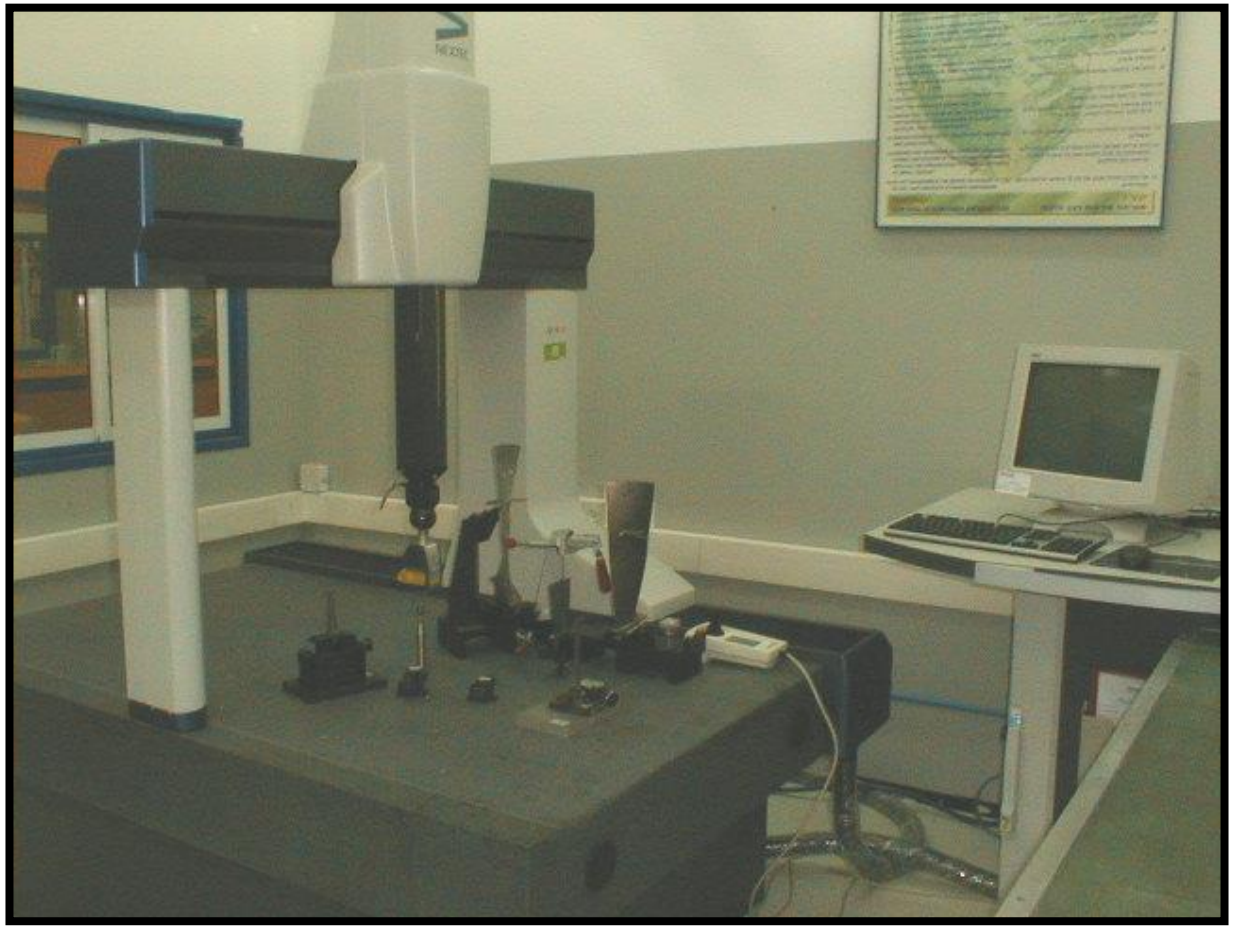
פעילות במפעל מנועים:

1. מערכת חדשה הותקנה וכויילה, משולבת באולם בקורת להבים.
2. ATP למערכת יבוצע במהלך החודשים נובמבר ודצמבר :

   א. השלמת SCRIPT עבור סך כל 4 דרגות להבי LPT, CFM56-3.

   ב. כתיבת SCRIPT עבור להבי מדחס למנוע JT9D.
3. פעילות שוטפת מתוכננת מתחילת ינואר 2006.

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ



מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

מפעל מנועים
חטיבת בדק מטוסים
התעשייה האווירית לישראל בע"מ

מענה על צרכים נוספים:

1. תפוקה גבוהה, הניתנת להגדלה באמצעות מטריצת אוחזים.
2. מדידה והצגת קונטורים של פרופיל הלהב, שפת זרימה, שפת התקפה.
3. הגברת האחידות בהרכבת זר להבים (גם על פי קונטור פרופיל).
4. פתוח עתידי לקלסיפיקציה של הסטיות הממדיות מלהב נומינלית.