

העברה מפיתוח לייצור

כפיר כהן, מהנדס מרכז מערכות ייצור ורובוטיקה

טלפון: 04-829-2911

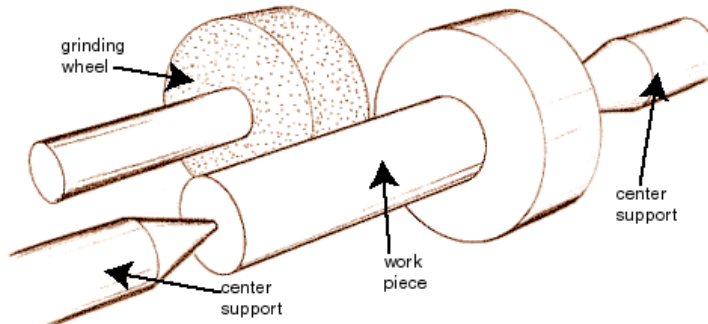
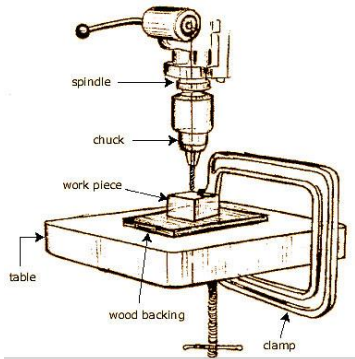
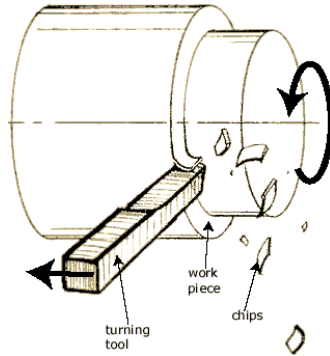
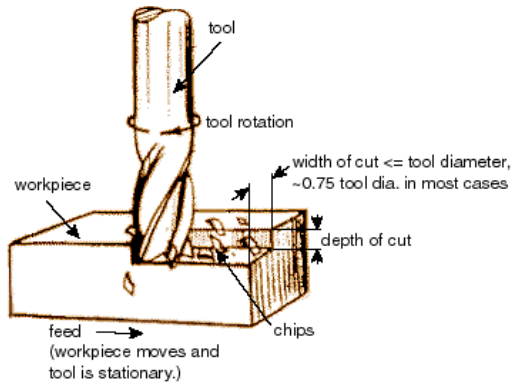
אתר: <http://kc.net.technion.ac.il>

דוא"ל: kc@technion.ac.il

מרצה במעבדת תכן וייצור מס' 034413

תאריך: 12-12-2013

תוכן עניינים



➤ שרטוט הנדסי

○ דרישות לשרטוט הנדסי

○ מתן מידות הנדסיות

➤ תכן לייצוריות (DFM)

○ חריטה

○ כרסום

○ קדיחה

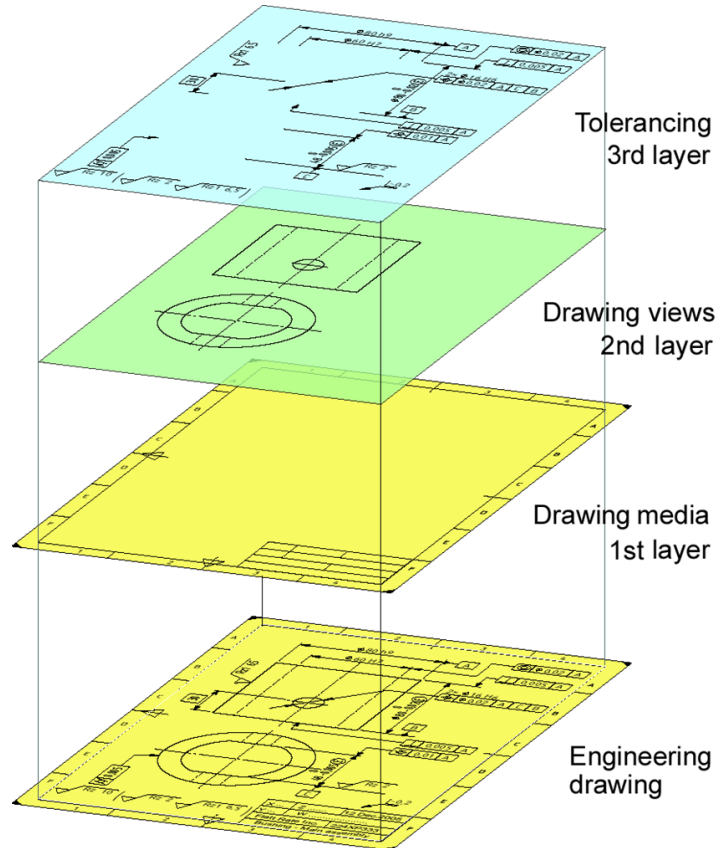
○ כיפופי פח

○ DFMPress

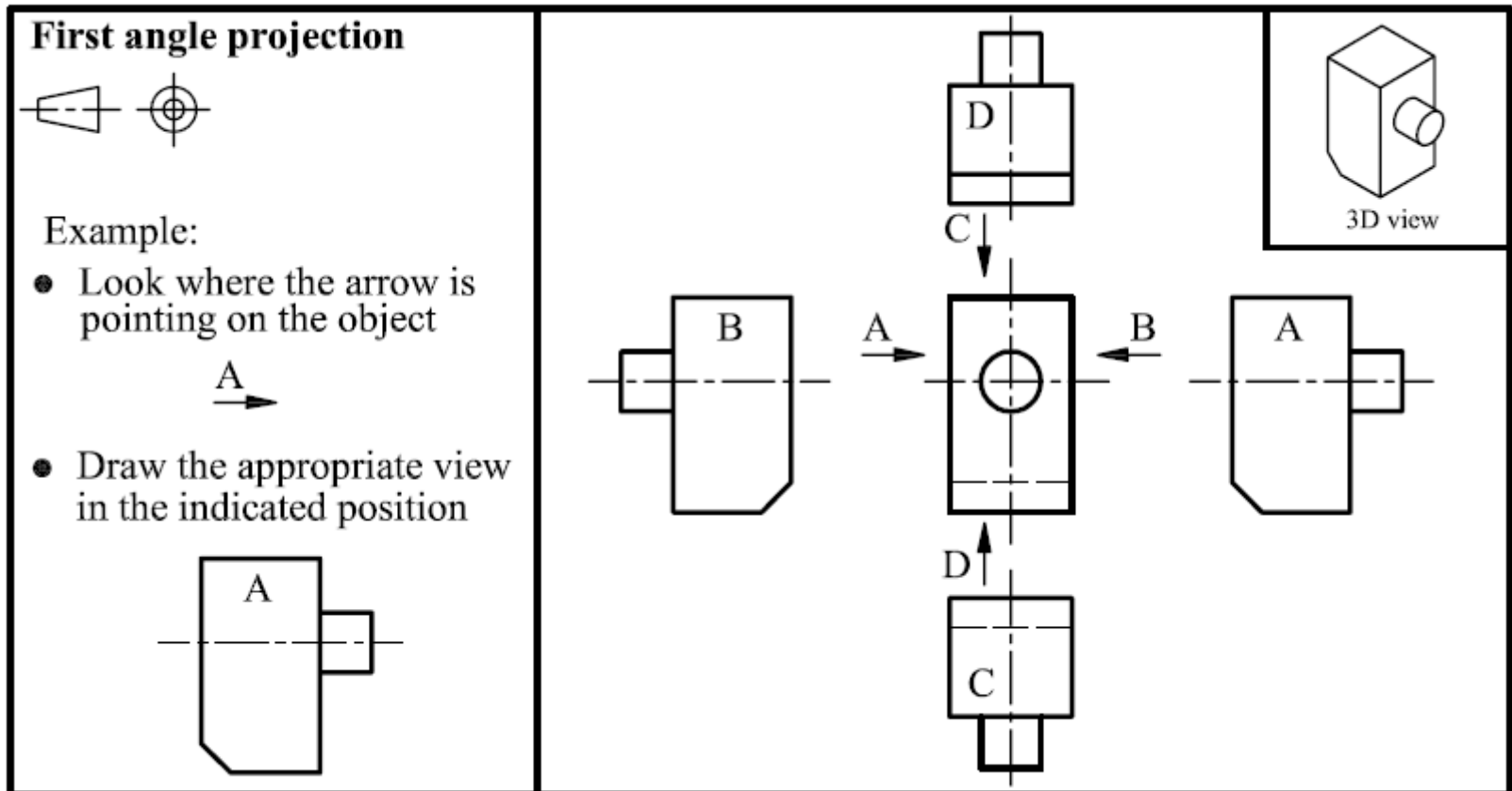
➤ תהליך הוצאה לייצור

➤ סיבולות כלליות

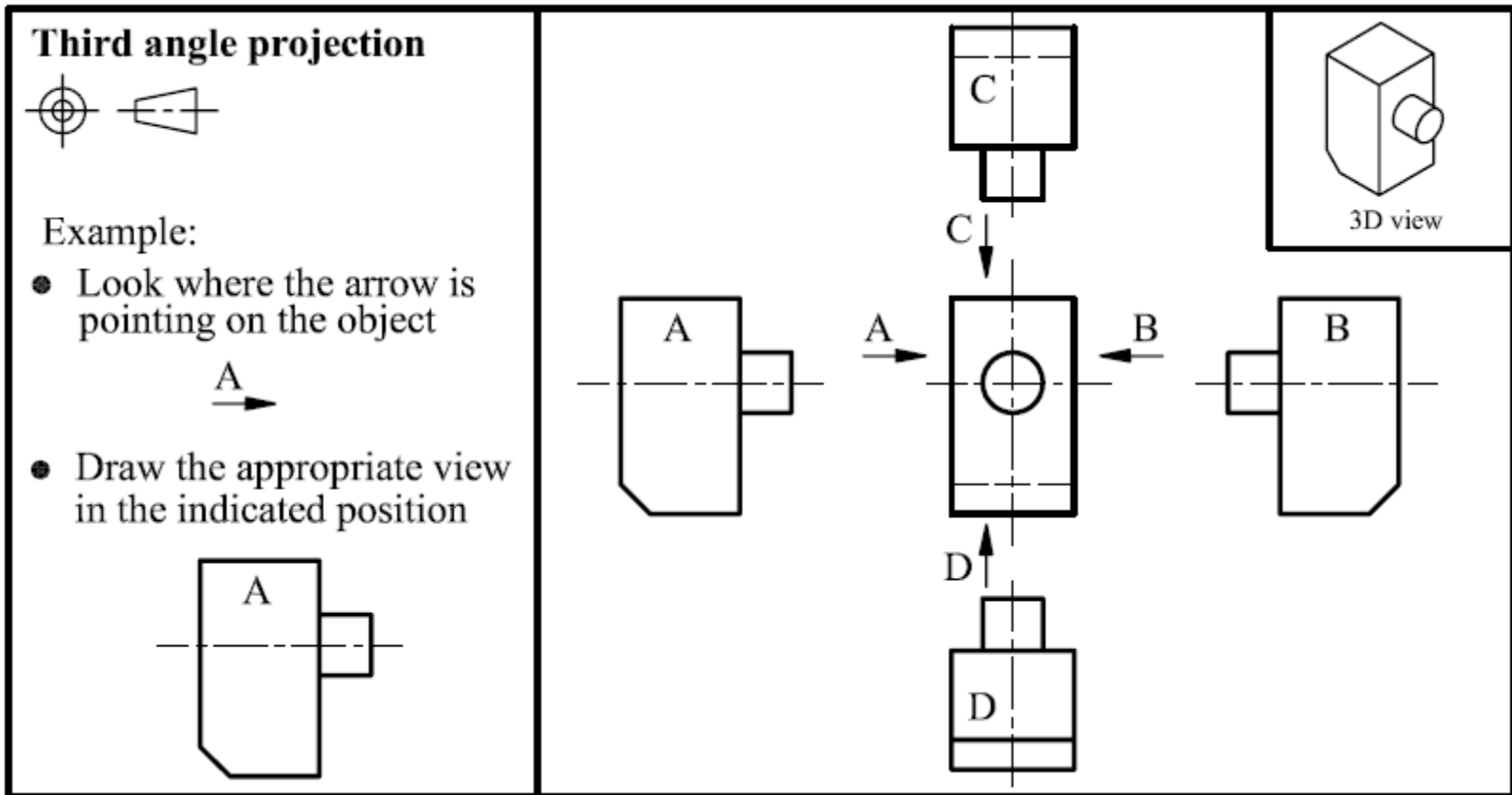
שרטוט הנדסי



כיוון מבטים ISO

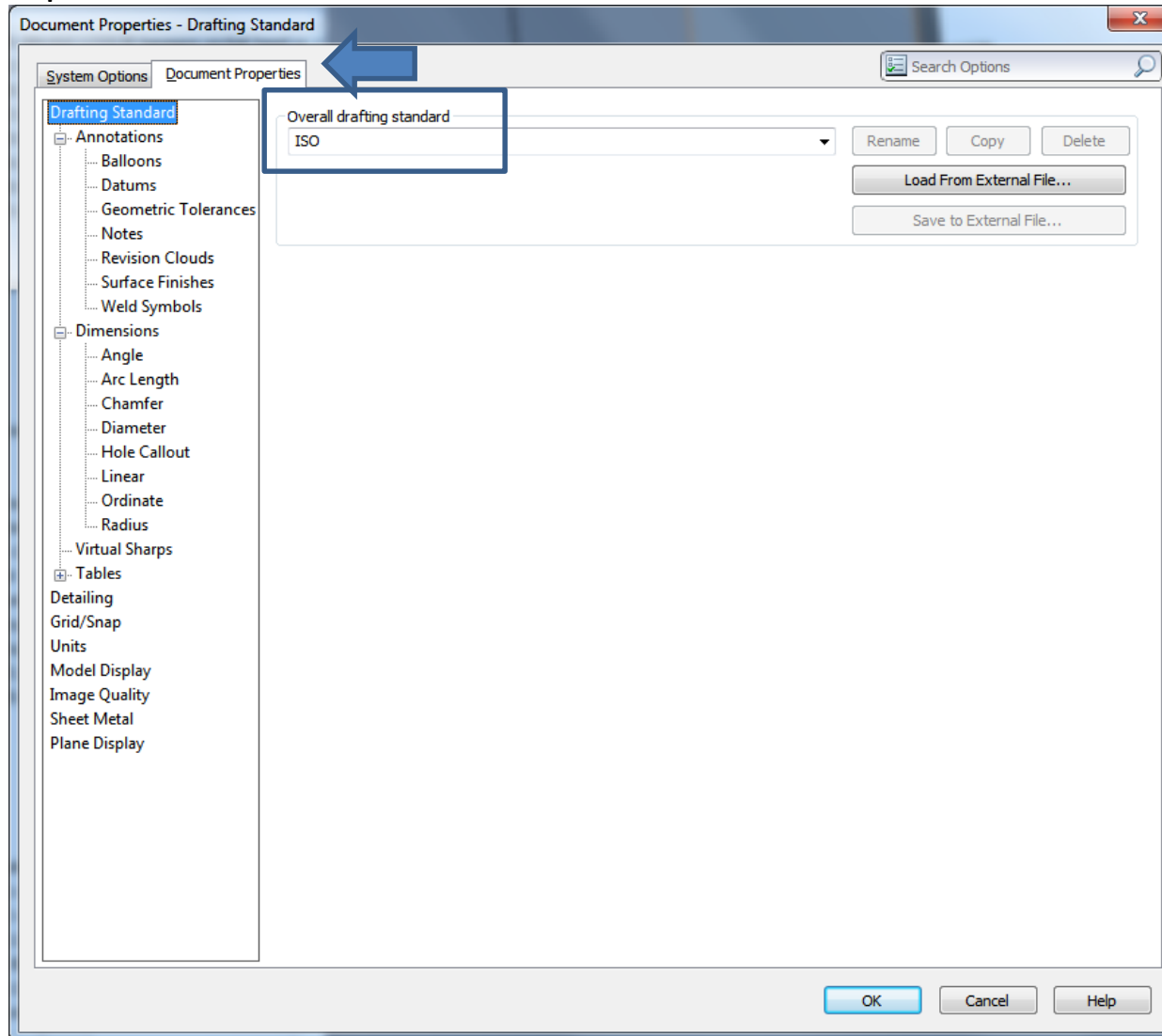


כיוון מבטים ASME

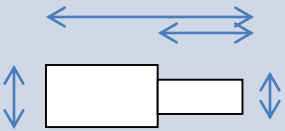
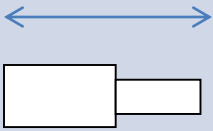
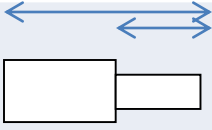
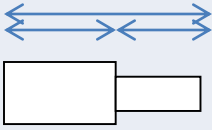
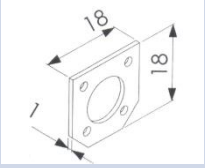
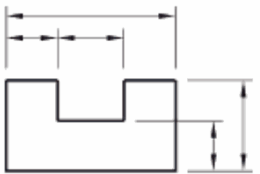
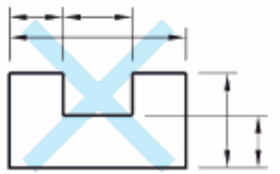


הגדרות בתוכנת Solidworks

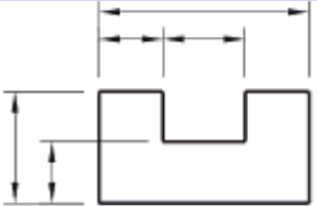
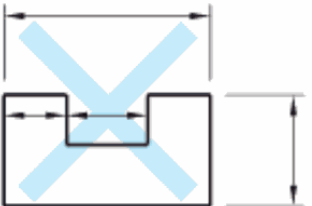
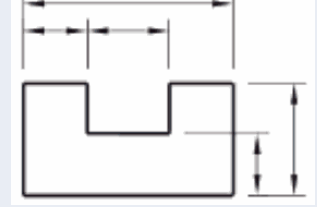
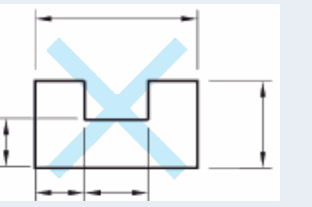
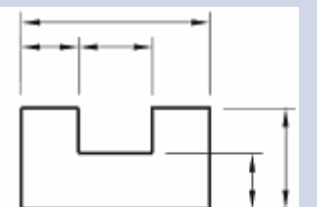
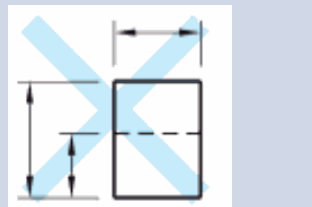
Tools-> Properties



קווים מנחים לשרטוט

נכון	שגוי X	תיאור
		חסרות מידות
		מתן מידה כפולה
<p>אין לתת מידות או הנחיות על מבט איזומטריה</p>		מבט איזומטריה
		קווי מידה נחתכים

קווים מנחים לשרטוט

נכון	שגוי ✗	תיאור
		<p>על המידות להיות מחוץ לקווי החלק.</p>
		<p>יש לרשום את המידות של אותה משפחת עיבוד בסמיכות אחת לשנייה</p>
		<p>אין לתת מידות לקווים נסתרים</p>

דרישות שרטוט

• השדות הבאים בכל שרטוט צריכים להיות מלאים וקריאים:

– שם הפרויקט

– שם החלק

– סוג החומר

– שם המשרטט



– שם הבודק

– גרסה

– טולרסים כללים

דוגמא לשרטוט

שם המתכן טולרסים כללים שם הפרויקט שם השרטוט

DESIGNED	NAME KfirC	SIGN	DATE	TOLERANCES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		PROJECT Double Cranck		
DRAWN				LINEAR	±0.1	NAME Rocker Pin		
CHECKED				ANGULAR	±0.5°			
APPROVED				CHAMFERS	0.5x45°			
 <p>Center for Manufacturing Systems and Robotics Faculty of Mechanical Engineering Technion - Israel Institute of Technology</p>				BETWEEN BORES	±0.1	MATERIAL: AL 6061	←	
				SURFACE QUALITY	√Ra 1.6	FINISH: See note		
				SCALE 2:1	SIZE A4	 NEXT ASSY:		
				DO NOT MEASURE ON DRAWING sheet: 1 of 1		DIMENSION IN: MM	DRAWING No.	REVISION 00

שם המאשר הגדרת החומר מספר השרטוט גרסה

שימוש בסיבולות

- מומלץ לרשום את המידה המורכבת ממידה נומינלית (ערך נקוב) והסבולת עצמה באמצעות שימוש במספרים ולא באותיות.

$\text{Ø}6.5_{-0.020}^{-0.005}$

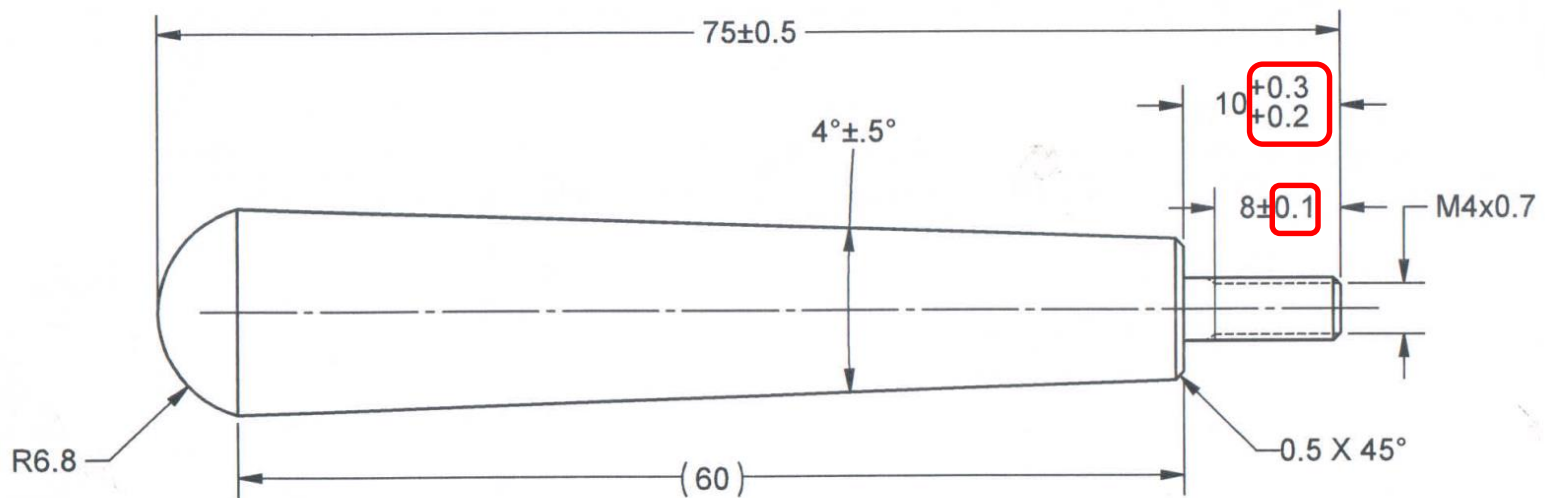
$\text{Ø}6.5 \text{ g}7_{-0.020}^{-0.005}$



מומלץ

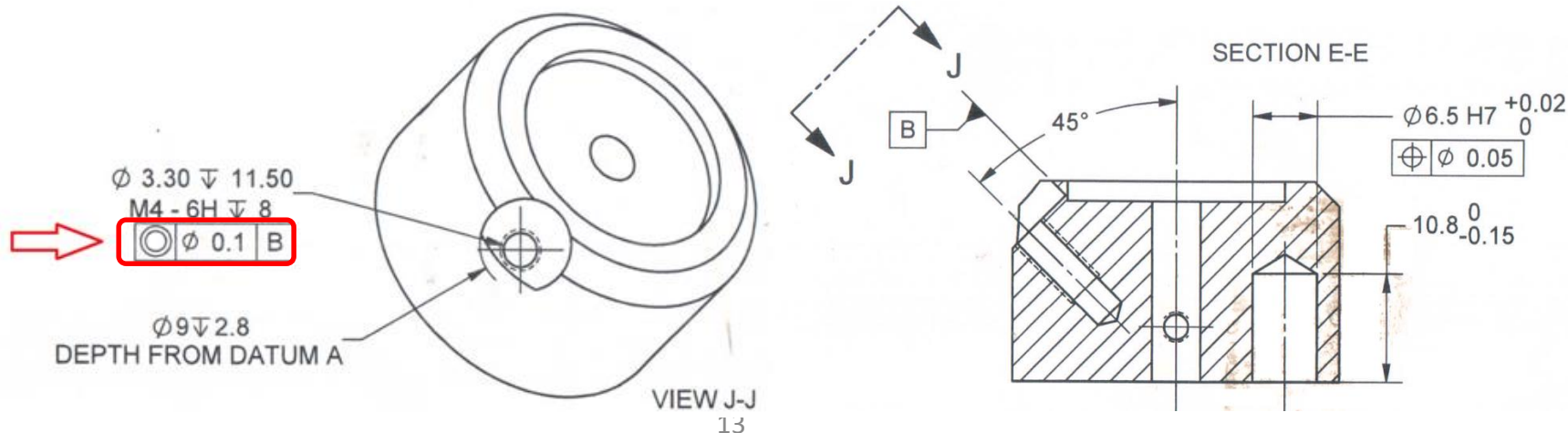
סיבוכיות – טולרנסים הדוקים

- מה היה קורה אם ההברגה היתה קצרה או ארוכה ב 0.5 מ"מ בידיית?
- כפי שניתן להראות מהחלק בעמוד הבא. ניתן לעבוד עם הידיית ואין צורך בטולרנסים הדוקים.



סיבוכיות - סיבולות צורה ומצב

- יש להשתמש בסיבולות בהתאם לתכן
- לדוגמא הגדרת מרכזיות עבור ההברגה של ידית
- מה היה קורה אם היתה מרכזיות של 0.2 בפועל? האם החלק היה תקין פונקציונלית?
- מומלץ לא להוסיף סיבולת ללא צורך פונקציונלי לתפקוד החלק.

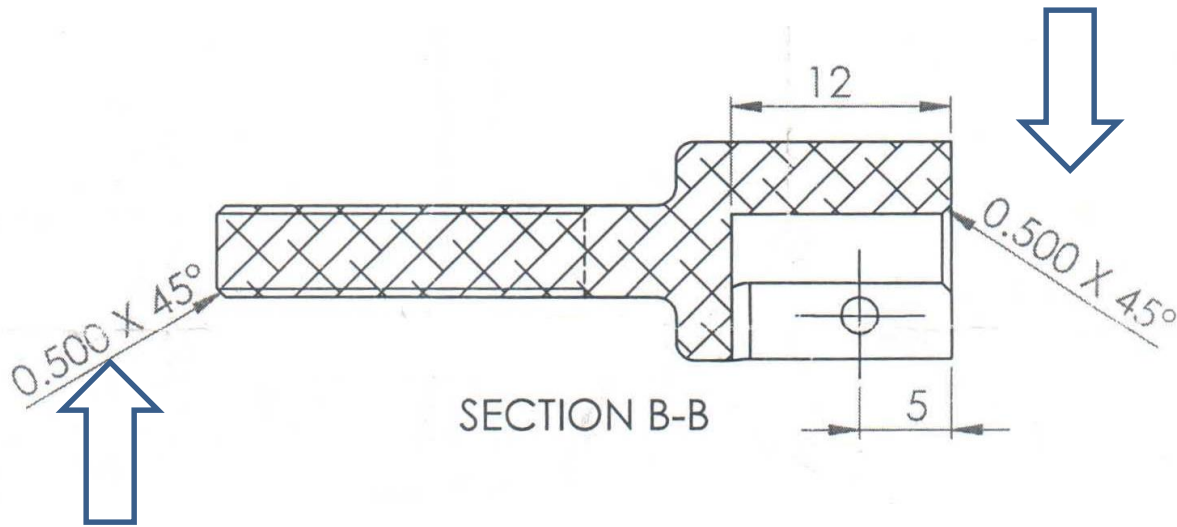


סיבוכיות – מתן מידות

• מומלץ לעגל מידות בהתאם לתכן לדוגמא :

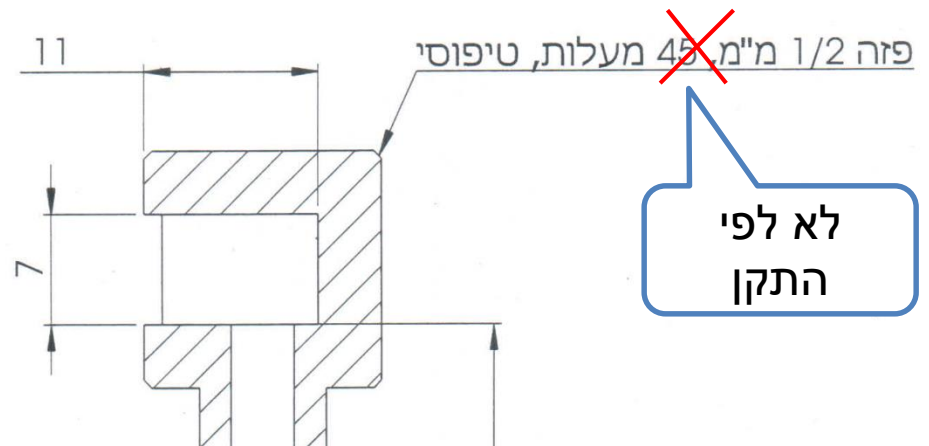
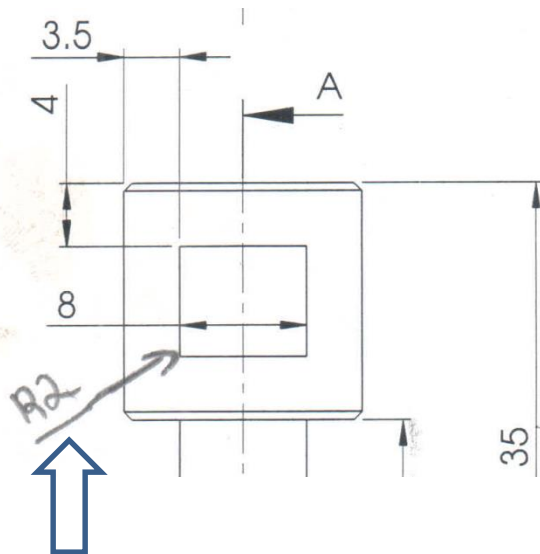
9.0 ← 8.87

• הוספת אפסים למידות ללא צורך, מקשה על קריאת השרטוט.



סיבוכיות-רדיוסים

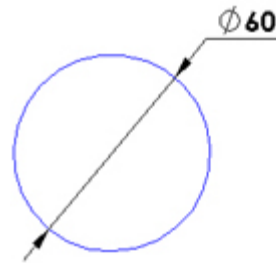
- חוסר במתן מידת רדיוס המקלה על ייצור החלק – האם נדרשת פינה חדה מבחינת התכן או אפשר לבצע את הקדח עם רדיוס?
- ייצור קדח עם רדיוס פינה ולא פינה חדה, מוזיל את ייצור החלק.



לא לפי התקן

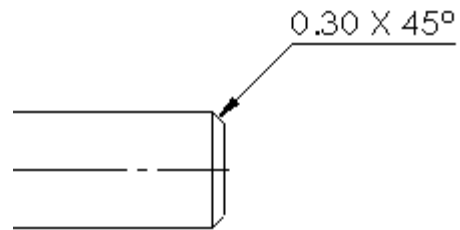
סיבוכיות-קדחים

- מומלץ לתת מידות הקדח במידת קוטר.
- מומלץ לסמן ב 2 חיצים פנימיים או חיצוניים את מידת הקדח



סיבוכיות-פאזה

•מידת פאזה יש לתת באופן הבא

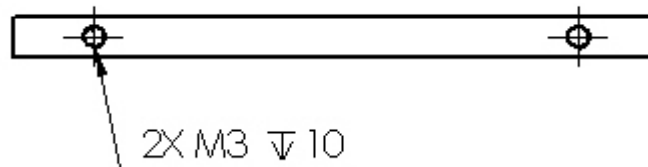


הברגות

- מומלץ לעבוד עם הברגות מטריות M.
- בבית מלאכה הציוד הקיים הוא מטרי.
- קדחים מסוג UNC (אינצ'י גס) או BSF ידרשו רכש מברזים במיוחד מתקציב הפרויקט, ועיכוב בייצור החלק.

קווים מנחים לשרטוט - חזרה על צורה 8X

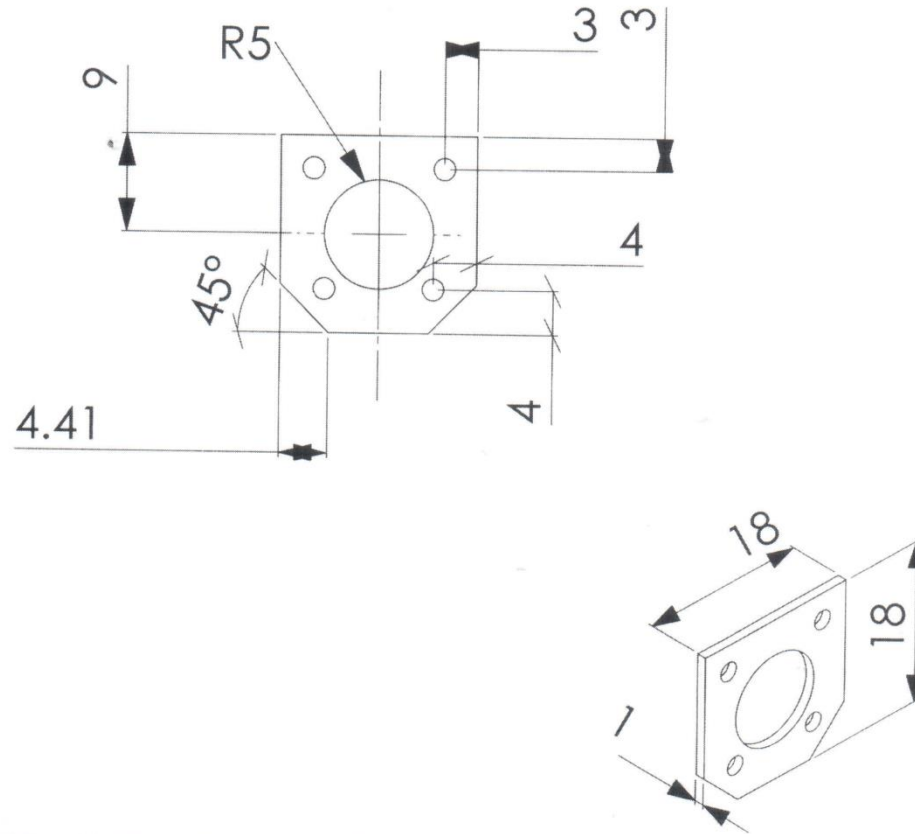
- משתמשים כאשר יש צורה אשר חוזרת על עצמה בחלק כגון קדחים, הברגות או רדיוסים.
- לדוגמא כאשר קיימות 2 הברגות בחלק:
 - מסמנים את המידה בהברגה אחת.
 - לפני מידת ההברגה רושמים את מספר הפעמים שמופיע ההברגה ולאחרי X. לדוגמא :



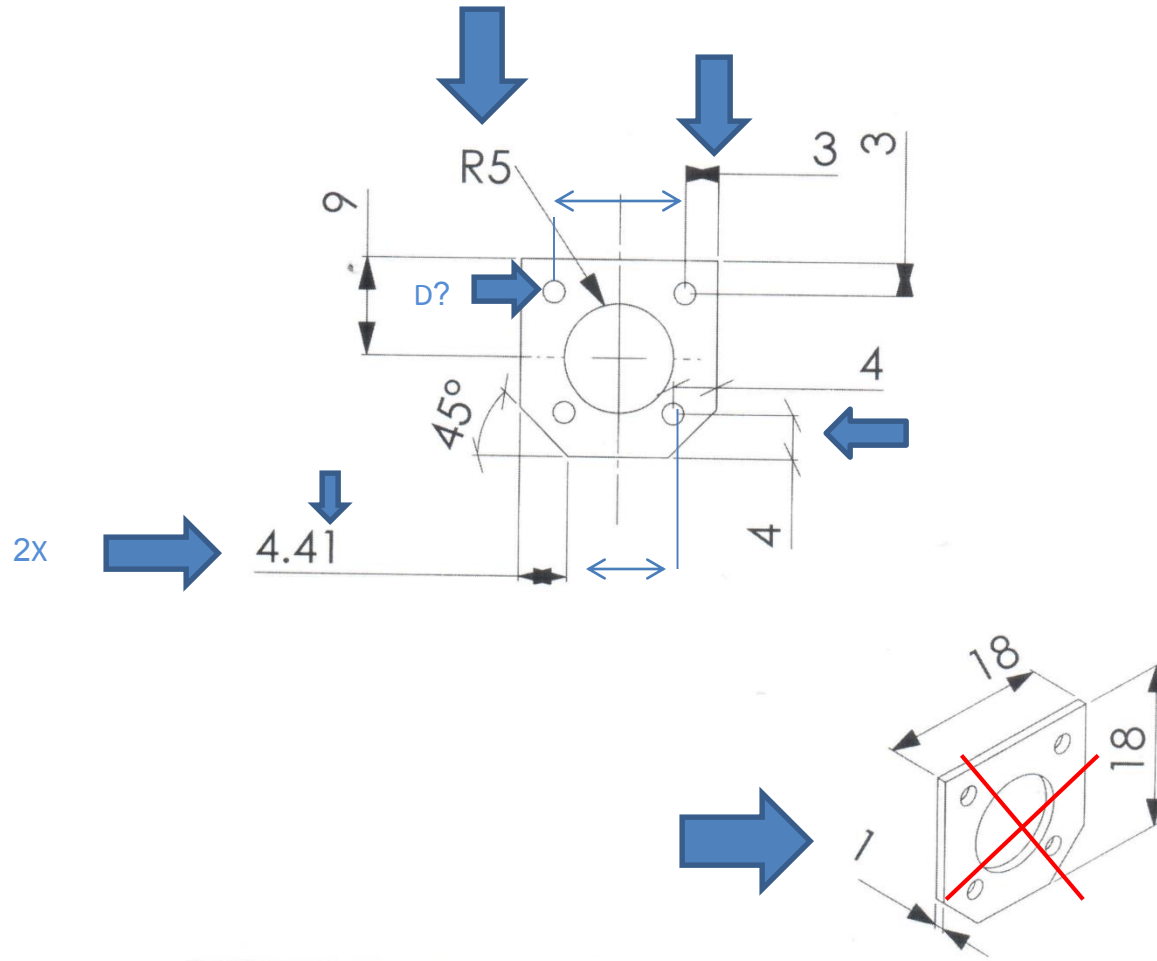
מספר הפעמים של הופעת הצורה בחלק

לא לפי תקן ISO ← ~~TYP~~


דוגמא לשרטוט ייצור שגוי שהגיע לבית מלאכה




דוגמא לשרטוט ייצור שגוי שהגיע לבית מלאכה

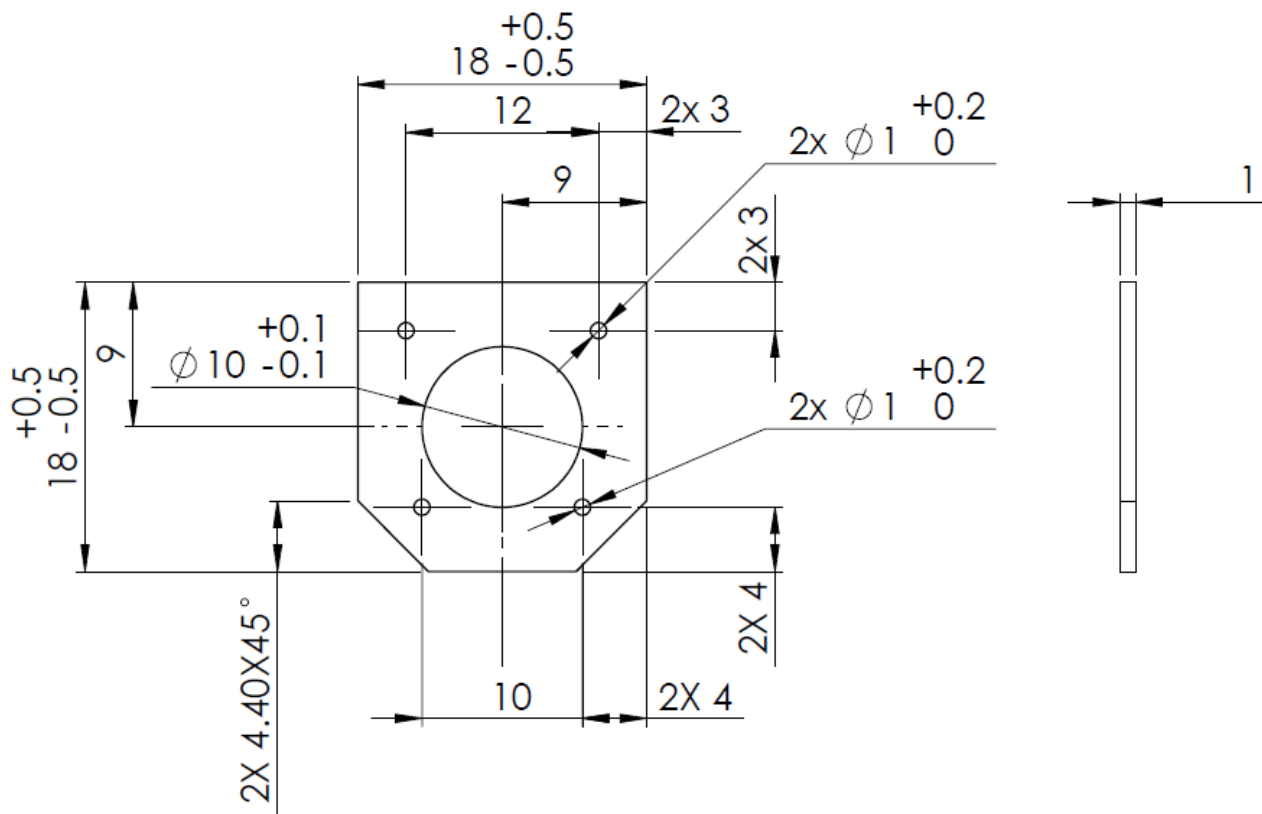


דוגמא לשרטוט ייצור שגוי שהגיע לבית מלאכה



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE: XXXXXXXXXX	
DRAWN						
CHK'D						
APP'VD						
MFG						
Q.A				MATERIAL: DELRIN	DWG NO. Bearing Cover	A4
				WEIGHT:	SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1


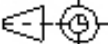
דוגמא לשרטוט תקין



דוגמא לשרטוט תקין

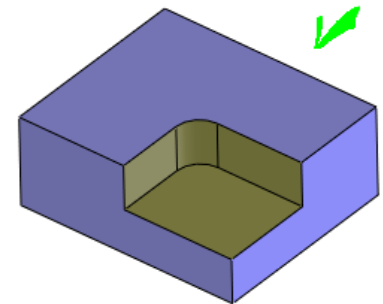
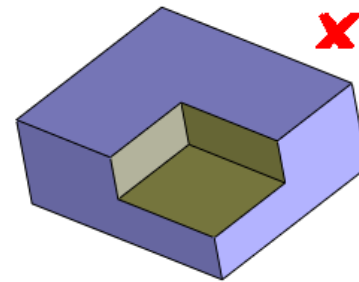
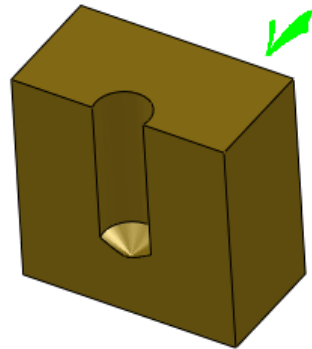
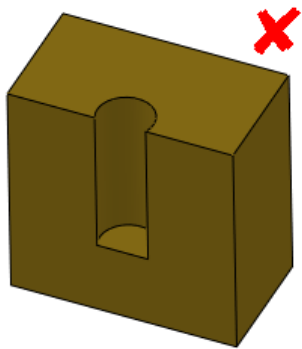
NOTES:

1. REMOVE BURRS AND SHARP EDGES.

DESIGNED	NAME KfirC	SIGN	DATE 20/12/12	TOLERANCES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	PROJECT Lab
DRAWN				LINEAR ± 0.1	NAME Bearing Cover
CHECKED				ANGULAR $\pm 0.5^\circ$	
APPROVED				CHAMFERS 0.5x45°	
 Center for Manufacturing Systems and Robotics Faculty of Mechanical Engineering Technion - Israel Institute of Technology				BETWEEN BORES ± 0.1	MATERIAL: Delrin 507 + UV
				SURFACE QUALITY $\sqrt{Ra 1.6}$	FINISH: See note
				SCALE 5:1	 NEXT ASSY:
				SIZE A4	DIMENSION IN: MM
DO NOT MEASURE ON DRAWING sheet: 1 of 1				DRAWING No.	00

תכן לייצוריות

Design for manufacturing (DFM)



תכן לייצוריות- חריטה


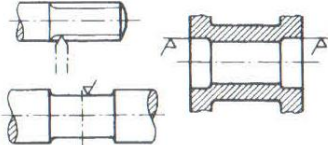
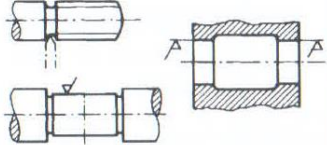
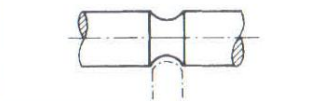
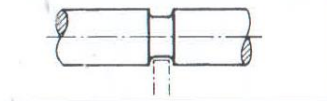
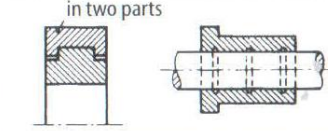
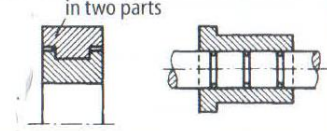


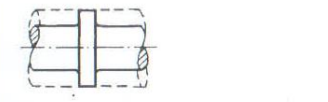
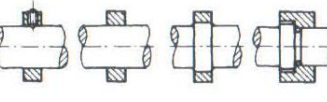

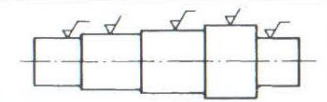
PS	Guidelines	Objectives	 Wrong	Right
To	Provide adequate tool runout.	Q		
To	Aim for simple tool shapes.	C		
To	Avoid grooves and tight tolerances on inner surfaces.	C Q		
To	Provide for adequate clamping.	Q		
Ma	Avoid excessive machining, e.g. replace high collars by separate parts.	C		
Ma	Adapt working length and surface finish to the required function.	C		

Figure 7.115. Design guidelines with examples for components machined by turning, after [7.180, 7.230]

תכן לייצוריות- קדיחה


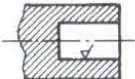
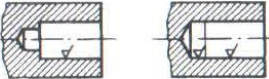
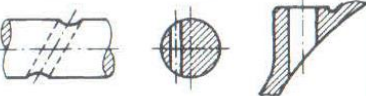
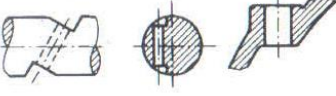
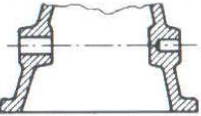
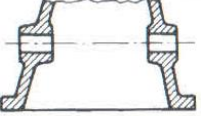
PS	Guidelines	Objectives	 Wrong	Right
To Ma	Where possible, use boring tools on blind holes.	C Q		
To Ma	Provide starting and finishing flats for holes breaking through angled surfaces.	Q		
To	Aim for continuous holes, avoiding blind holes.	C		

Figure 7.116. Design guidelines with examples for components machined by boring, after [7.180, 7.198, 7.230]

תכן ליצוריות - כרסום


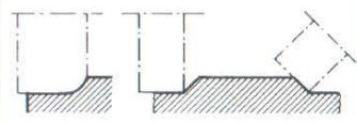
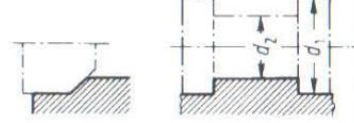
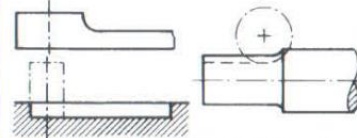
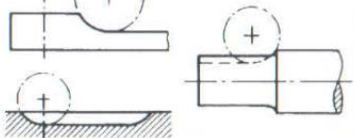
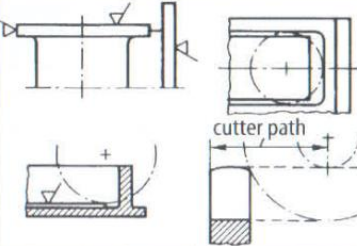
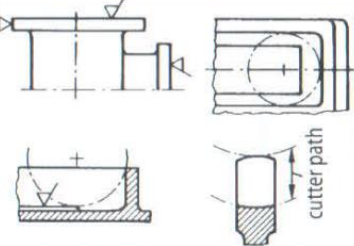
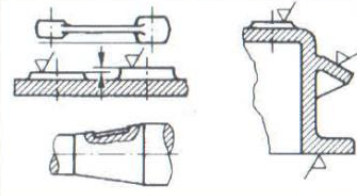
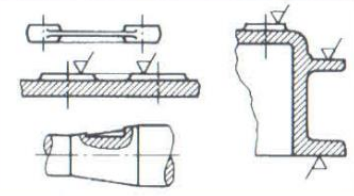

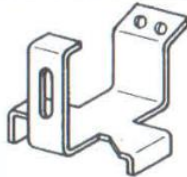
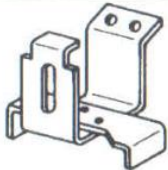
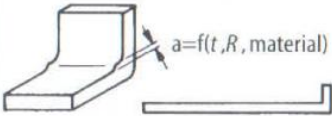
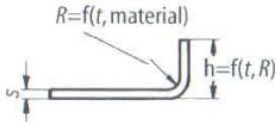
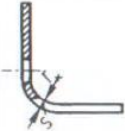
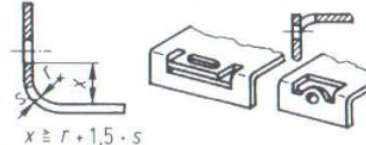


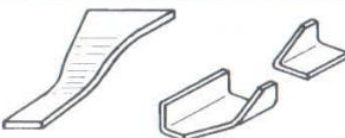
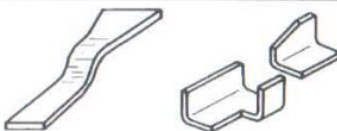
PS	Guidelines	Objectives	 Wrong	Right
To	Aim for straight milling surfaces (form tools are expensive); select dimension for gang milling.	C		
To	Provide runouts for edge mills (edge milling is cheaper than end milling).	C Q		
To	Adapt runout to milling tool diameter. Avoid long milling cuts by selecting curved surfaces (e.g. slots).	C		
Ma	Arrange surfaces on one level and parallel to the clamping.	C Q		

Figure 7.117. Design guidelines with examples for components machined by milling, after [7.180, 7.230]

תכן ליצוריות- כיפופי פח

PS	Guidelines	Objectives	 Wrong	Right
Be	Avoid complex bent parts (material waste); rather split and join.	C		
Be	Allow for minimum values of bending radii (bulging in the compression area and overstretching in tension area) flange height and tolerances.	Q		
Be	Provide sufficient distance between pre-pierced holes and bend.	Q		
Be	Aim at holes and notches to cross the bend when it is not possible to provide the minimum gap.	Q		
Be	Avoid sloping edges and tapers in the region of the bend.	Q		

תכן לייצוריות- כיפופי פח (2)


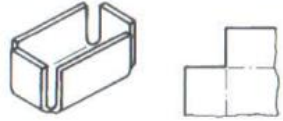
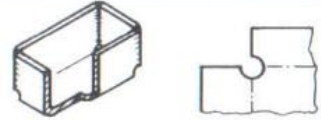
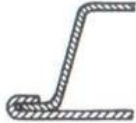
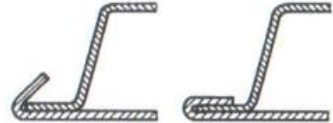
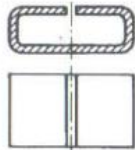
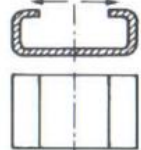

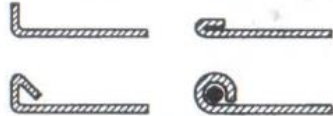
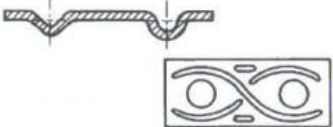
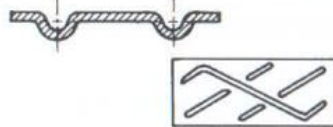
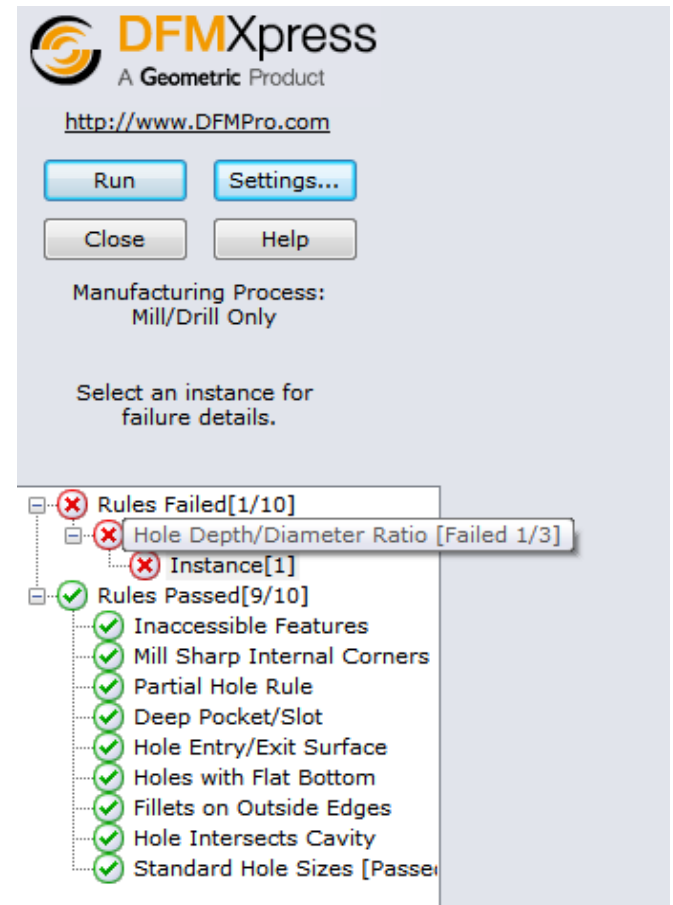
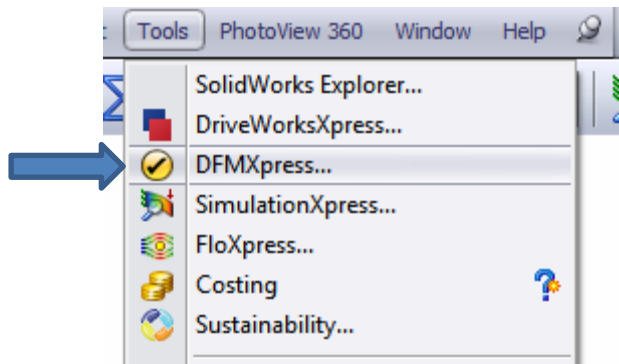
PS	Guidelines	Objectives	 Wrong	Right
Be	Provide clearances at the corners when all sides are to be bent up.	Q		
Be	Provide folded seam of sufficient width.	Q		
Be	Aim at large access openings for hollow shapes and undercut bends.	Q C		
Be	Provide stiffening at sheet edges.	A		
Be	Aim at indentation forms.	A		

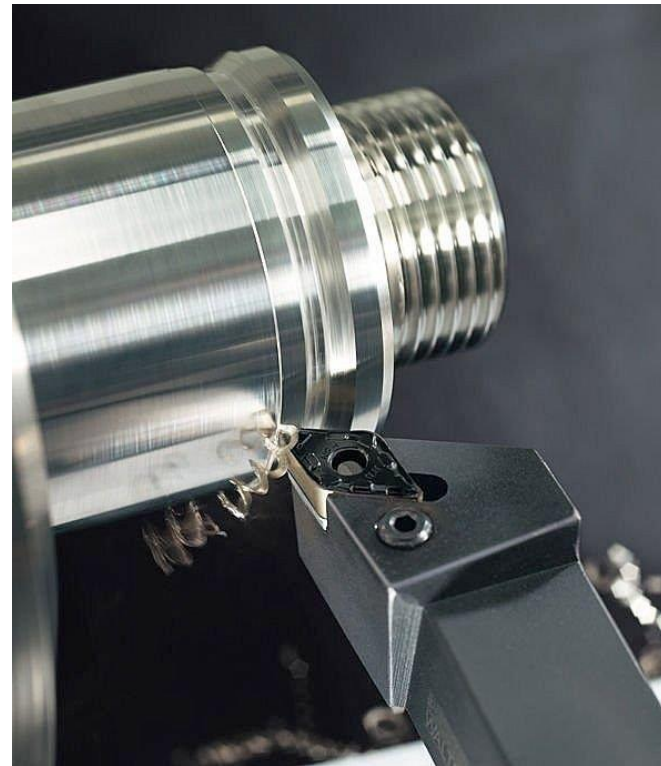
Figure 7.114. Design guidelines with examples for bent parts, after [7.1, 7.19]

Design for Manufacturability (DFM)

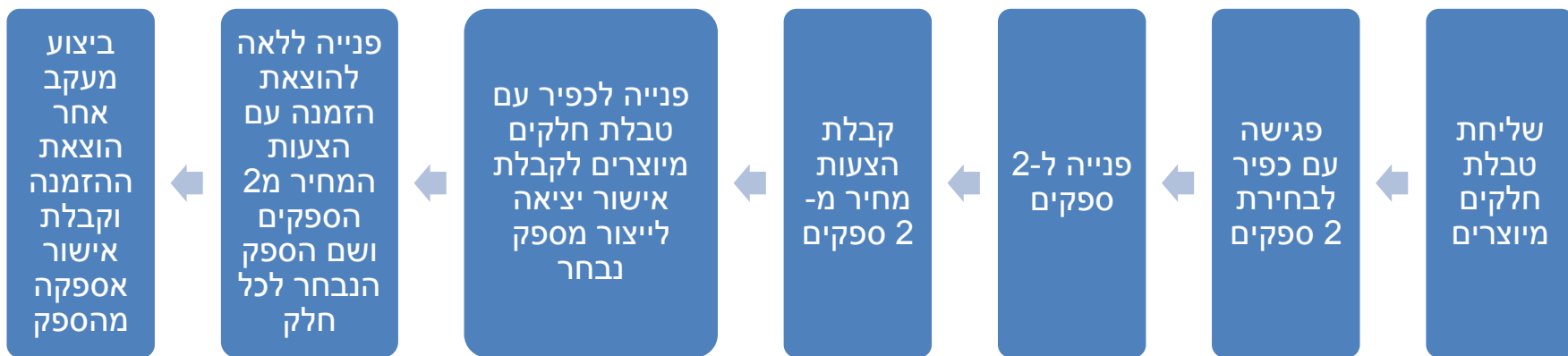
- מומלץ לבדוק את החלקים בעזרת כלי בדיקה הנמצא בתוכנת Solidworks
- להרחבה על כללי הבדיקה [לחץ כאן](#).



תהליך הוצאה ליצור



תהליך הוצאת ייצור החלקים



תאריך יציאת הספקה בפועל	תאריך יציאת הספקה משוער	תאריך יציאת הזמנה בפועל מהטכניון	יצרן מאושר לייצור	הצעת מחיר לחלק		כמות נדרשת	מס' שרטוט	שם החלק	תמונה מוקטנת של החלק	סודר
				שם יצרן ב'	שם יצרן א'					
										1
										2
										3
										4
										5
										6

תכולת תיק ייצור – בית מלאכה

- תכולת תיק ייצור
 - שרטוטי ייצור חתומים ומודפסים בהתאם להגדרת הדף A3,A4
 - שרטוט הרכבה של המכלול כולל רשימת חלקים (BOM).
 - טופס קבלת הזמנה לבית מלאכה מלא ומצורף לתיק (נמצא בתקיית קבצים למתכן או בבית המלאכה).
 - יש לאגד את שרטוטי הייצור וההרכבה בתיק אחד.
 - יש לצרף לתיק קבצי תלת מימד גרסת **2013** Solidworks (מסוכרן עם בית המלאכה).
 - טפסים וקבצי תבניות שרטוט ניתן להוריד מאתר :
- <http://kc.net.technion.ac.il>



ברוכים הבאים

האתר מכיל חומרי עזר לסטודנטים המכינים פרויקטי תכן לייצור בבית המלאכה במרכז למערכות ייצור ורובוטיקה.

טפסים ומצגות עבור עבודה עם בית המלאכה **לחץ כאן** (ניתן להיכנס רק מרשת הטכניון).

נוסף לכך, האתר מכיל סקירה של פרויקטי תכן מוצר חדש ורובוטיקה משנים קודמות.



- דף הבית
- בית המלאכה
- סטודנט לתואר ראשון
- סטודנט מחקר
- עבודת חוץ
- אתרים למתכן
- ספקים למתכן
- פרויקטי רובוטיקה
- פרויקטי תכן מוצר חדש
- פרויקטי שנת 2013
- פרויקטי שנת 2012
- פרויקטי שנת 2011

קישורים

קבצי עזר למתכן

המרכז למערכות ייצור ורובוטיקה



מתוחזק על ידי: כפיר כהן,
מהנדס המרכז טל: 2911

טופס קבלת עבודה לבית מלאכה

יש להגיש הזמנת עבודה באופן הבא:

- טופס קבלת הזמנה לבית מלאכה.
- יש לרשום את שם המזמין + שם פרויקט על כל שרטוט.
- לחלקי CNC יש לצרף קבצי תלת מימד לתיק הזמנה או לשלוח למייל לכתובת : svetlana@tx.technion.ac.il

פרטי העבודה:

שם הקורס: _____ שם הפרויקט: _____

שם המנחה: _____ פקולטה: _____

מסגרת תקציב:

ללא חיוב: סטודנט תואר ראשון, סטודנט תואר שני ושלישי של מנחה חבר מרכז.

עם חיוב*: סטודנט תואר שני ושלישי של מנחה שאינו חבר המרכז, פרויקט מחקר ללא הוראה, עבודה טכניונית מחוץ לפקולטה.

* לקבלת אישור עבור עבודה עם חיוב יש למלא "טופס חיוב בגין שירותי יצור".

* מצ"ב רשימת חברי המרכז

פרטי המזמין:











שם משפחה: _____ שם פרטי: _____

מס' טלפון נייד: _____ דוא"ל: _____

תאריך הגשת עבודה: _____

זמינות חומרים בבית מלאכה-אלומיניום

חומרי גלם מאלומיניום תעופתי/מסחרי הנמצאים במלאי סקופ באופן שוטף:

עמוד 'מס'	פרופילים		צינורות	מוטות				סרטים/ גלילים	פלטות	פחים	פריט
	צורתיים	סטנדרטים		שטוחים	חלולים	משושים/ מרובעים	עגולים				
											
01								•	•	•	1050
01							•				2011
02										•	2014
02									•	•	2017
03	אקסטנזיות תעופתיות			•			•		•	•	2024
04									•		2124
04									•	•	2219
05								•	•	•	5052
06		•	•						•	•	5083
06		•	•				•		•	•	5086
07								•	•	•	5754
07										•	6013
08-09	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6061
10	•	•	•	•		•	•				6063
11									•		7050
11-12	אקסטנזיות תעופתיות			•			•		•	•	7075
12									•		7150

← חומר זמין
בבית
מלאכה

זמינות חומרים בבית מלאכה-פלב"מ

חומרי גלם מפלב"מ (נירוסטה) הנמצאים במלאי סקופ*:

עמוד מס'	פרופילים			מוטות					חוטים בגלילים	גלילים/ סרטים	פחים	פלטות	פריט
	צורתיים	זוויות	מרחבכים מלבנים	חלולים	משושים	מרחבכים	עגולים	שטוחים					
													
סדרת 300 - פלב"מ אוסטיטי													
02											●		301
02										●	●		302
03					●	●	●	●				●	303
04	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	304/304L
05										●	●	●	309/309S
05										●	●	●	310S
06	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	316/316L
07										●	●	●	316TI
07-08					●					●	●	●	321

חומר זמין
בבית
מלאכה



General Tolerances to ISO 2768

ניתן להשתמש בקווים מנחים לקביעת טולרנסים למידות על בסיס הטבלאות
הבאות מתקן ISO 2768:

טולרנסים עבור מידות לינאריות (המידות במ"מ):

Permissible deviations in mm for ranges in nominal lengths	f (fine)	Tolerance class designation (description)		v (very coarse)
		m (medium)	c (coarse)	
0.5 up to 3	±0.05	±0.1	±0.2	-
over 3 up to 6	±0.05	±0.1	±0.3	±0.5
over 6 up to 30	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0
over 30 up to 120	±0.15	±0.3	±0.8	±1.5
over 120 up to 400	±0.2	±0.5	±1.2	±2.5
over 400 up to 1000	±0.3	±0.8	±2.0	±4.0
over 1000 up to 2000	±0.5	±1.2	±3.0	±6.0
over 2000 up to 4000	-	±2.0	±4.0	±8.0

General Tolerances to ISO 2768

טולרנסים עבור מידות של רדיוס חיצוני (External Radii) וקטימה (Chamfer) המידות במ"מ:

Permissible deviations in mm for ranges in nominal lengths	f (fine)	Tolerance class designation (description)		v (very coarse)
		m (middle)	c (coarse)	
0.5 up to 3	±0.2	±0.2	±0.4	±0.4
over 3 up to 6	±0.5	±0.5	±1.0	±1.0
over 6	±1.0	±1.0	±2.0	±2.0

טולרנסים עבור מידות זוויתיות:

Permissible deviations in degrees and minutes for ranges in nominal lengths	f (fine)	Tolerance class designation (description)		v (very coarse)
		m (middle)	c (coarse)	
up to 10	±1°	±1°	±1°30'	±3°
over 10 up to 50	±0°30'	±0°30'	±1°	±2°
over 50 up to 120	±0°20'	±0°20'	±0°30'	±1°
over 120 up to 400	±0°10'	±0°10'	±0°15'	±0°30'
over 400	±0°5'	±0°5'	±0°10'	±0°20'

General Tolerances to ISO 2768

טולרנסים כללים עבור ישרות (STRAIGHTNESS) ומישוריות (FLATNESS)

Ranges in nominal lengths in mm	Tolerance class		
	H	K	L
up to 10	0.02	0.05	0.1
over 10 up to 30	0.05	0.1	0.2
over 30 up to 100	0.1	0.2	0.4
over 100 up to 300	0.2	0.4	0.8
over 300 up to 1000	0.3	0.6	1.2
over 1000 up to 3000	0.4	0.8	1.6

טולרנסים כללים עבור ניצבות (PERPENDICULARITY)

Ranges in nominal lengths in mm	Tolerance class		
	H	K	L
up to 100	0.2	0.4	0.6
over 100 up to 300	0.3	0.6	1
over 300 up to 1000	0.4	0.8	1.5
over 1000 up to 3000	0.5	0.8	2

General Tolerances to ISO 2768

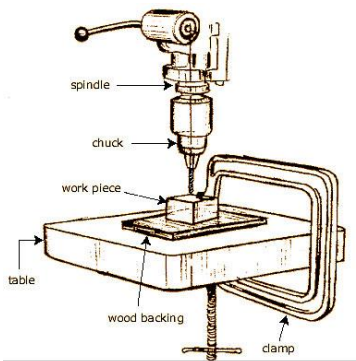
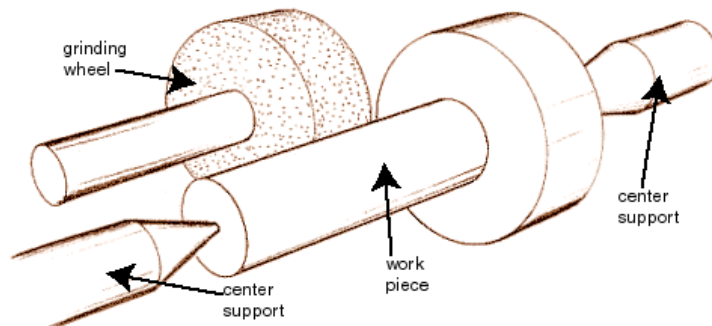
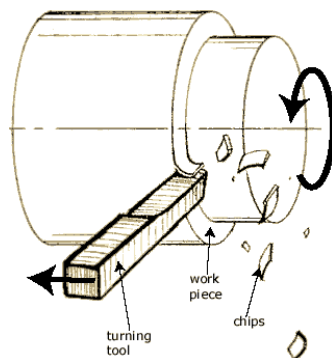
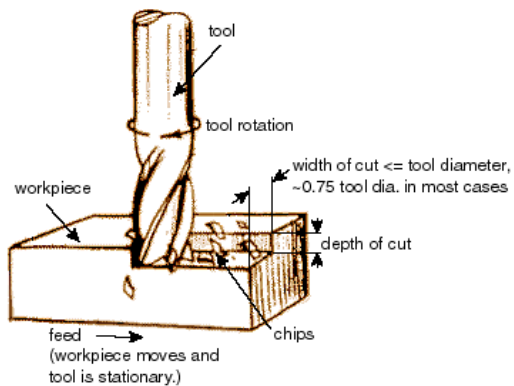
טולרסים כללים עבור סימטריות (SYMMETRY)

Ranges in nominal lengths in mm	Tolerance class		
	H	K	L
up to 100	0.5	0.6	0.6
over 100 up to 300	0.5	0.6	1
over 300 up to 1000	0.5	0.8	1.5
over 1000 up to 3000	0.5	1	2

טולרסים כללים עבור חריגות / זריקה (Run-out)

Tolerance class		
H	K	L
0.1	0.2	0.5

סיכום



➤ שרטוט

○ דרישות לשרטוט

○ מתן מידות הנדסיות

➤ תכן לייצוריות (DFM)

○ חריטה

○ כרסום

○ קדיחה

○ כיפופי פח

○ DFMPress

➤ תהליך הוצאה לייצור

➤ סיבולות כלליות

בבליוגרפיה

- ISO Standards Handbook - Technical drawings (2 volumes)
- G. Pahl, W. Beitz, Ken Wallace , "Engineering Design: A Systematic Approach"
- David A. Madsen, David P. Madsen , "Engineering Drawing and Design"
- James G. Bralla , "Design for Manufacturability Handbook"
- קטלוג חומרי גלם של חברת סקופ.