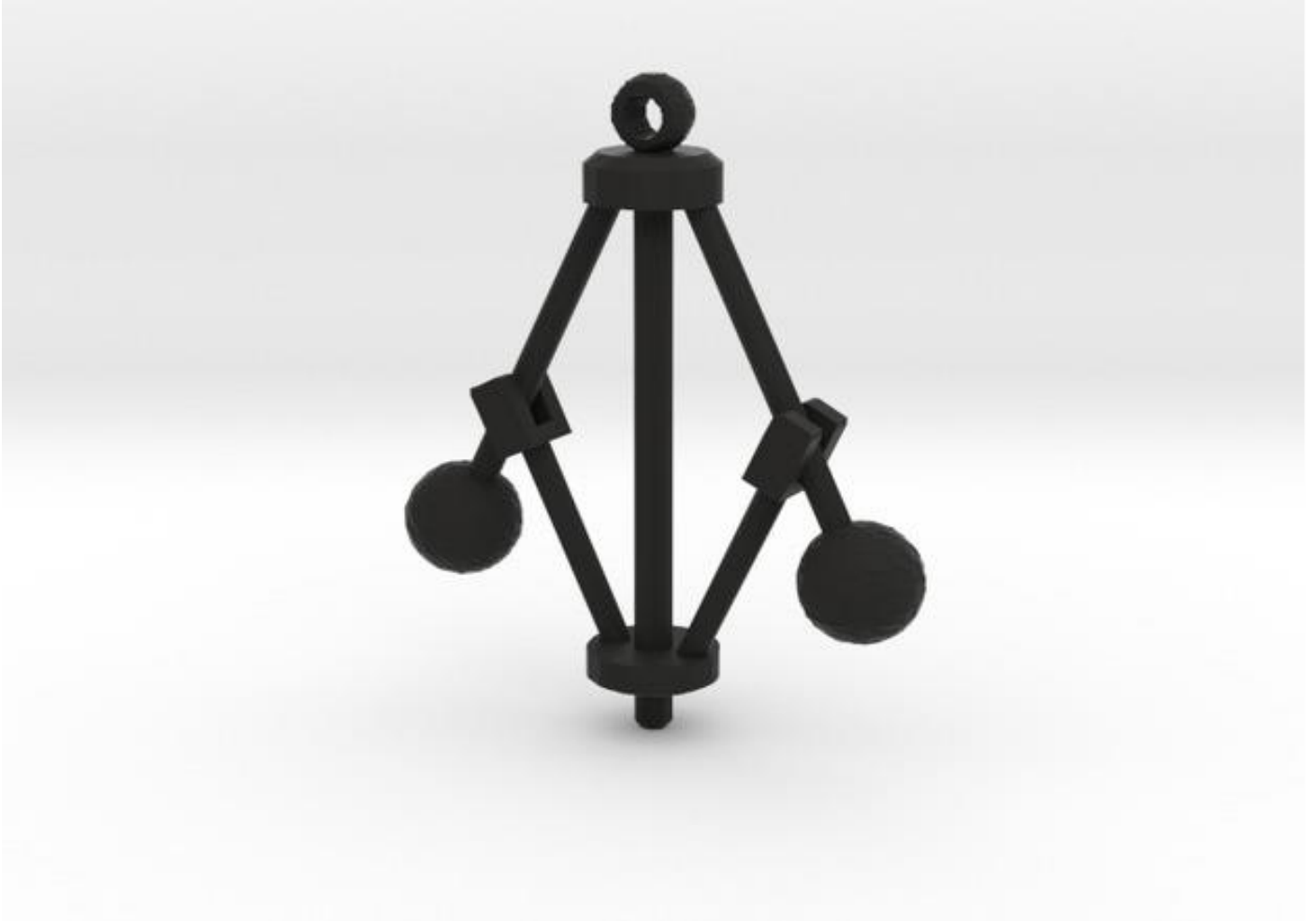


פרויקט גמר 3 יחידות
ווסת צנטריפוגלי



מגישים: דרור ברקן, בית ספר אורט יגאל אלון נצרת עלית
דדי וינוגרדוב, בית ספר הישיבה התיכונית קריית הרצוג בני ברק

תוכן עניינים

מבוא

עלויות ווסתים צנטריפוגליים

המודל המתמטי של הווסת

סרטוט הרכבה

סרטוטים

חישובי חוזק.

תהליך טכנולוגי

ביבליוגרפיה

נספחים.

תודות.

מבוא

הכוח הצנטריפוגלי

בפיזיקה, כוח צנטריפוגלי (מלטינית, "בורח מהמרכז": *centrum* - מרכז, *fugere* - לברוח) הוא כוח מדומה המושך גוף הנתון בתנועה מעגלית לאורך רדיוס הסיבוב בכיוון הפונה החוצה ממרכז המעגל.

כוח צנטריפוגלי

נניח שיש לנו גוף בעל מסה m שמבצע תנועה מעגלית קבועה ברדיוס r . על אף שגודל המהירות לא משתנה, גוף שמבצע תנועה כזו נמצא בתאוצה, כיוון שכיוון המהירות משתנה. בכל רגע נתון יש לגוף מהירות קווית בכיוון המשיק למעגל הסיבוב, וכיוון זה משתנה. על פי עקרון ההתמדה, הקובע שהגוף שואף להתמיד בתנועה ישרה בכיוון המשיק, ולכן הגוף "נמשך" כלפי חוץ הסיבוב. משיכה זו היא הכוח הצנטריפוגלי, והיא למעשה מקרה פרטי של כוח ד'לאמבר.

כדי לקיים תנועה מעגלית חייב להיות כוח המושך את הגוף כלפי מרכז הסיבוב. כוח זה נקרא הכוח צנטריפטלי. בניגוד לכוח הצנטריפוגלי, הכוח הצנטריפטלי אינו כוח מדומה. מכיוון שהכוח הצנטריפטלי ניצב למהירות, הוא משנה את כיוונה, אך לא את גודלה.

מתמטית, הכוח הצנטריפטלי ניתן לביטוי באופן הבא:

$$F = ma_r = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$$

כאשר m היא מסת הגוף, a_r היא התאוצה הרדיאלית, v היא המהירות r , הוא רדיוס הסיבוב ו- ω היא המהירות הזוויתית.

• מתקיים $v = r\omega$

דוגמה לכוח הצנטריפוגלי מחיי היום יום היא המשיכה כלפי חוץ שאנו חשים בקרוסלה מסתובבת, או כלפי קירות המכונית כאשר היא מבצעת סיבוב. כפי שרואים בנוסחה, ככל שהקרוסלה מסתובבת במהירות גבוהה יותר, כך הכוח הצנטריפוגלי חזק יותר, וקשה יותר שלא לעוף מהקרוסלה.

וסת צנטריפוגלי

וסת צנטריפוגלי (centrifugal governor), הידוע גם כ"וסת של ואט ("הוא מנגנון בקרה מכני, השומר על מהירות קצובה של מכונה. ראשית השימוש בו הייתה במנועי קיטור בוכנאיים. כיום הוא נפוץ בעיקר במנועי דיזל, ותפקידו לשמור על מהירות קבועה של המנוע על ידי התאמת כמות הדלק המוזרקת לתנאי העומס המשתנים להם הוא נתון.

היסטוריה

הווסת הצנטריפוגלי הומצא על ידי ג'יימס ואט בשנת 1788, כדי לשמור על מהירות קצובה של מנוע הקיטור הבוכנאי בתנאי עומס משתנים. הווסת שלט על מידת הפתיחה של שסתום ויסות, דרכו סופק הקיטור לצילינדר המנוע. בשל צורתו נקרא Fly-ball governor כלומר "וסת משקולות". לימים נעשה שימוש בווסת הצנטריפוגלי במכשירים המונעים בתנועה סיבובית על ידי קפיץ לולייני דרוך, כמו גרמופון, פונוגרף, תיבת נגינה, בובה מכנית, חוגת טלפון ועוד. הווסת במכשירים אלה נועד לשמור על מהירות סיבוב קבועה ויציבה של המנגנון בכל מצב מתיחות של קפיץ ההנעה. בגרמופון, לדוגמה, הווסת הצנטריפוגלי הונע ישירות על ידי תמסורת ההנעה של צלחת התקליט. כאשר קפיץ ההנעה היה דרוך במלואו והתקליט שאף להסתובב במהירות גבוהה, נפתחו משקולות הווסת והפעילו בלם חיכוך עשוי עור. הבלם התחכך בצד התחתון של צלחת התקליט, ועל ידי כך שמר על מהירות יציבה (פחות או יותר) של 78 סיבובים לדקה. כשהלך קפיץ ההנעה ונחלש, נסגרו המשקולות והרחיקו את הבלם מן הצלחת יותר ויותר.

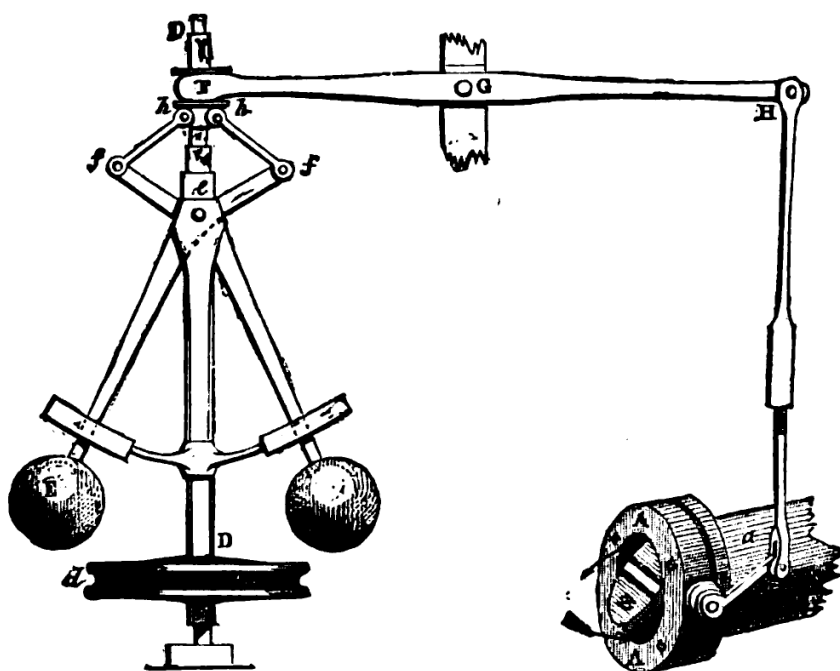


FIG. 4.—Governor and Throttle-Valve.

לסיכום מטרת הווסת היא:

- שמירה על מהירות קבועה של מכונה
- שמירה על תקינות המכונה על ידי כך שהיא לא תגיע למהירויות גבוהות מידי.
- אמצעי בקרה על המערכת.

עלויות ווסתים צנטריפוגליים

העלויות של וסתים צנטריפוגליים נעים ממחירים של 100 דולר עד 5000 דולר תלוי כמובן בסוג החומר ובגודלו של הווסת.
להלן מעט מחירים מתוך האתר e-bay לווסתים בשוק.



Steam Engine Flyball Governor Tractor Hit Miss Boiler Gauge Oiler B Mill

\$4,325.00

Buy It Now

[View Details](#)

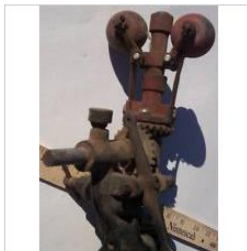
Condition: New

Time left: 9d 21h 1m

Item location: Washington

Sold by: [union_steam_co...](#) (2405★)

Up for sale is my fifth fully machined and assembled mill steam engine from castings. Included: cross slide, flywheel, eccentric, piston and rings, and all moving parts for the engine.



Old One Inch Governor, Steam Engine, Tractor, Hit Miss

\$350.00

Buy It Now or Best Offer

11 watching

I'm selling an old governor that I've had for years. I'm selling all my steam items. It has inch fittings and no name as far as I can see. It is not stuck just a little stiff from sitting for years wi...



Antique Fly Ball governor Pickering Steam Hit Miss Engine Tractor Case IH JD Old

\$800.00

Buy It Now or Best Offer

Free Shipping

Very nice antique 2" Pickering fly ball governor in good useable condition with no serious damage (driven pulley has two chips) and no repairs.



Antique Fly Ball governor Pickering Steam Hit Miss Engine Tractor Case IH JD Old

\$800.00

Buy It Now
or Best Offer

Free Shipping

Very nice antique 2" Pickering fly ball governor in good useable condition with no serious damage (driven pulley has two chips) and no repairs.



vintage steam engine pickering governor hit miss tractor farm tool steampunk

\$165.00

Buy It Now

🔥 12 watching

Here is an old stamped pickering governor over all nice shape and spins all gears have teeth and is a heave unit. FOR SHIPPING IN THE USA ...i generally use ...USA air small pk-max 1kg, 4-10 business ...



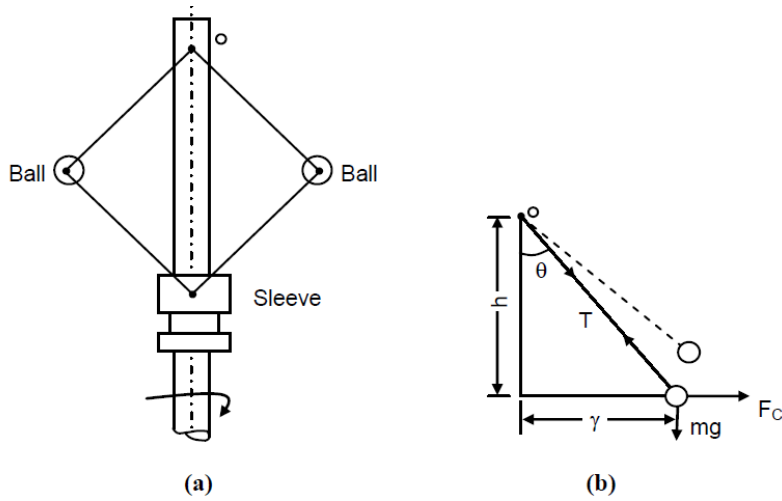
Old 1" LEADER Steam Engine Tractor Governor UNUSUAL Hit Miss Gas Oiler NICE

\$1,245.95

Buy It Now
or Best Offer

🔥 18 watching

המודל המתמטי של הווסת הצנטרפוגלי



$$F_C h - mg r = 0$$

חישוב מומנטים וכוחות

$$F_C = mr \omega^2$$

$$mr \omega^2 h - mg r = 0$$

$$\omega^2 = \frac{g}{h}$$

חישוב הגובה אליו יעלו הכדורים

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

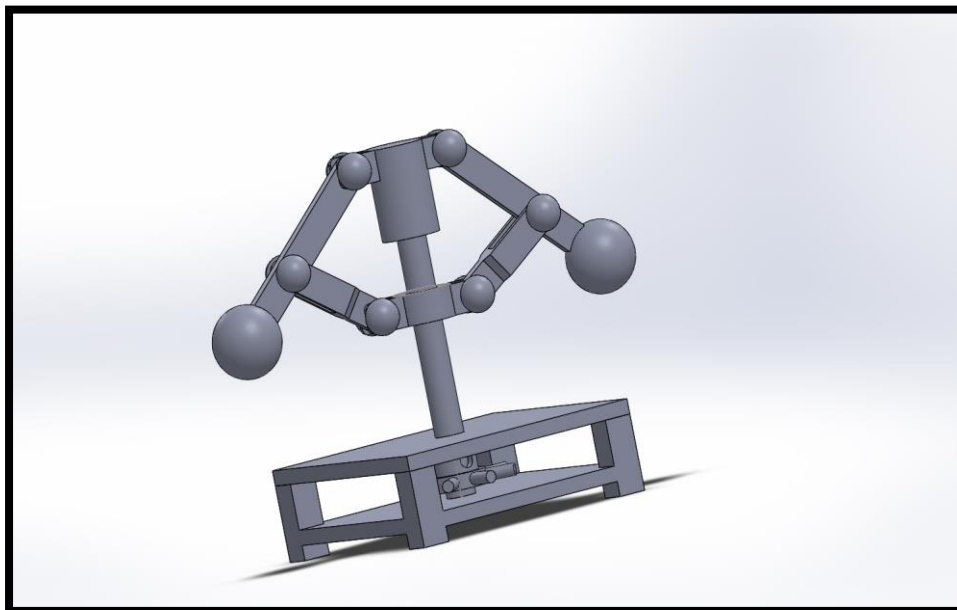
$$h = \frac{g \times 3600}{4\pi^2 N^2} = \frac{894.56}{N^2}$$

לפי הנוסחה ניתן לראות כי הגובה תלוי "חזק" במהירות הסיבוב (בסל"ד), ככל שמהירות הסיבוב תגדל הגובה יקטן!

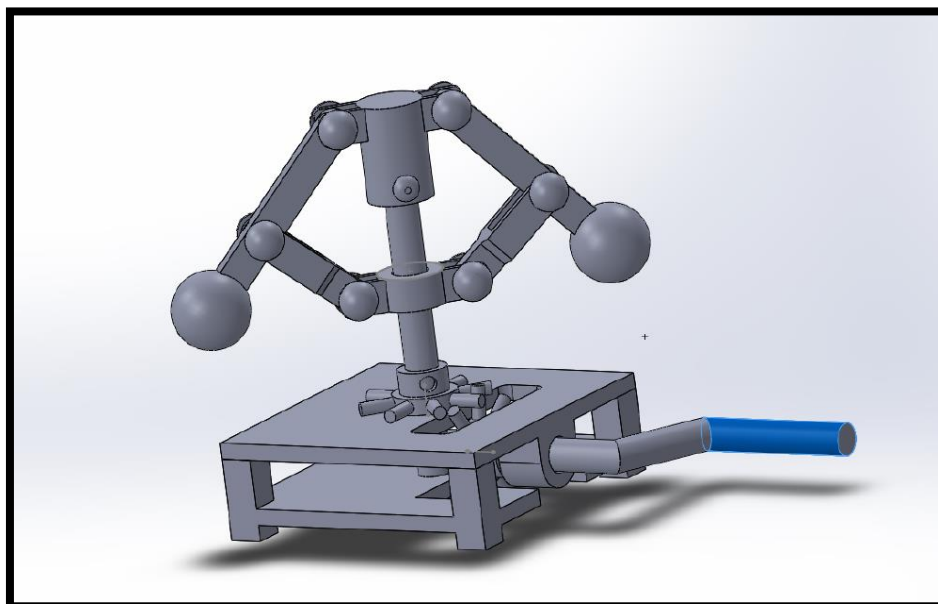
סרטוטי הרכבה וסרטוטים

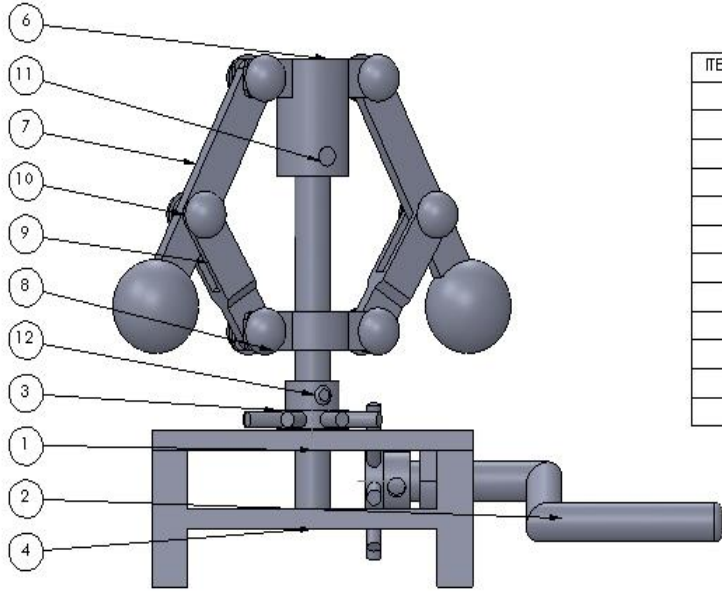
לפרויקט זה מצורפים 2 דגמים שונים של וסת צנטריפוגלי.
סרטוט הרכבה 1 הינו עבור וסת שמופעל ידנית על ידי גלגל עם זיזים
שרטוט הרכבה 2 הינו עבור וסת שמופעל על ידי מנואלה ידנית שמחוברת
על ידי תשלובת גלגלי זיזים.
הסרטוטים כולם מצורפים בתיקיית סרטוטים של פרויקט זה.

דגם 1



דגם 2





ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	בסיס עם חושבת		1
2	ידית		1
3	גלגל זיזים		2
4	בסיס		1
5	מוט מרכזי		1
6	בסיס עליון		1
7	מוט עם כדור		2
8	חופסן תחתון		1
9	מוט קטן		2
10	מסמרה		6
11	פיץ 1		1
12	פיץ 2		2

שם הפרויקט / PROJECT NAME		מחלק / DEPARTMENT		תאריך / DATE	
הרכבה 2 וסת		צנטרפוגלי		הרכבה	
צנטרפוגלי		הרכבה		A3	

חישובי חוזק

נתונים:

חומר פאל (PAL) $[\sigma_t]=30$ (Mpa)

קוטר מסמרה $d=5$ mm

$$[\tau] = 0.6 * [\sigma]$$

$$[\sigma_c] = 1.8 * [\sigma]$$

חישוב ממדי המסמרה

d קוטר המסמרה

d1 קוטר הקדח.

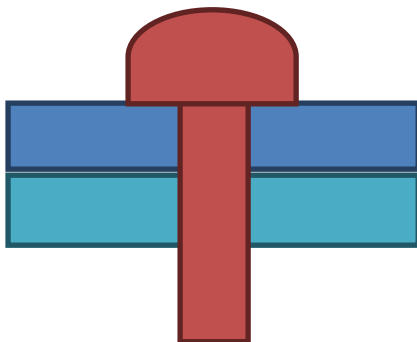
Δd תוספת שיש לתת לקדח.

Δl האורך שהמסמרה בולטת מהמחברים.

l אורך כולל של המסמרה

Min t עובי מחבר מינימלי.

* כל המידות במילימטר.



$$d = 2 * t \text{ min}$$

$$d = 2 * 2.5 = 5 \text{ mm}$$

$$d1 = d + \Delta d$$

$$\Delta d = 0.5 \text{ mm}$$

$$d1 = 5 + 0.5 = 5.5 \text{ mm}$$

$$l = \sum ti + \Delta l$$

$$\Delta l = 1.5 * d$$

$$\Delta l = 1.5 * 5 = 7.5 \text{ mm}$$

$$l = 2.5 + 2.5 + 7.5 = 12.5 \text{ mm}$$

חישובי חוזק

את המסמרה יש לחשב לגזירה ולמעיכה.

$$\tau_s = \frac{F}{i * A_s * t} = \frac{F}{i * \frac{\pi * d^2}{4} * n} \leq [\tau_s]$$

חישוב לגזירה

$$\tau_s = \frac{100}{1 * \frac{\pi * 5^2}{4} * 2} = 2.54(Mpa) \leq 18(Mpa)$$

חישוב למעיכה

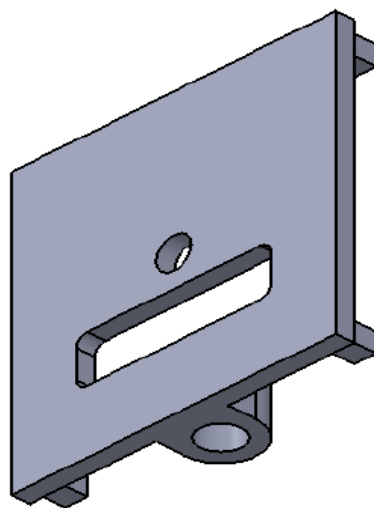
$$\sigma_c = \frac{F}{i * d * t} \leq [\sigma_c]$$

$$\sigma_c = \frac{100}{1 * 5 * 2.5} = 8(Mpa) \leq 54(Mpa)$$

תהליכי ייצור

תאריך: 12/07/2015			חומר הגלם: PVC	גיליון פעולות של תהליך טכנולוגי			עמוד מספר : 1		
ערך: דדי וינוגרדוב			מידות חומר הגלם: 35X100X100				מיתוך: 2 עמודים		
כלי מדידה	כלי שיבוב	מתקני עזר	מכונת עיבוד:	תרשים העיבוד	שם ותיאור	שלב	הצבה	פעולה	
זחון	כרסום 10 מ"מ	תפסנית בורג ותומך	כרסומת קונבנציונלית	± 0.1	סיבולת כללית	1	1	010	
						דפינה לצורך כרסום מצח למידה מינימלית : 32 מ"מ			
זחון	כרסום 10 מ"מ	תפסנית בורג ותומך		± 0.1	סיבולת כללית	1	2	020	
						דפינה נגדית לצורך כרסום למידה מינימלית : 30 מ"מ			
זחון	כרסום 10 מ"מ	תפסנית בורג ותומך		± 0.1	סיבולת כללית שרטוט החלק	2			
						כרסום היקף למידות 90X90			
זחון	כרסום 10 מ"מ	תפסנית בורג ותומך	± 0.1	סיבולת כללית שרטוט החלק	3				
					כרסום רגליים ותושבת ידית לפי מידות				
זחון	כרסום 10 מ"מ	תפסנית בורג ותומך	± 0.1	סיבולת כללית שרטוט חלק	1	3	030		
					הזזת דפינה לצורך השלמת כרסום השטח				

תאריך: 12/07/2015			חומר הגלם: PVC	גיליון פעולות של תהליך טכנולוגי			עמוד מספר: 2		
ערך: דדי וינוגרדוב, דרור ברקן			מידות חומר הגלם: 35X100X100				מיתוך: 2 עמודים		
כלי מדידה	כלי שיבוב	מתקני עזר	מכונת עיבוד:	תרשים העיבוד	שם ותיאור	שלב	הצבה	פעולה	
זחון	כרסום 10 מ"מ	תפסנית בורג ותומך	כרסומת קונבנציונלית	שרטוט חלק	השלמת קשת תושבת ידית	1	4	40	
זחון	מקדח 10 מ"מ	תפסנית בורג ותומך			שרטוט חלק	קידוח מעבר ידית			2



מקורות עזר

אתר ויקיפדייה

https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%95%D7%A1%D7%AA_%D7%A6%D7%A0%D7%98%D7%A8%D7%99%D7%A4%D7%95%D7%92%D7%9C%D7%99

ספר פרקי מכונות א יוגין

לוחות טכניים הוצאת אורט

סקופ קטלוג פלסטיק [/http://www.scope.co.il](http://www.scope.co.il)

נספחים טיב פני שטח, חוברת תכנון פרקי מכונות הוצאת מאה

מאמרים מקצועיים שצורפו בתיקיית הפרויקט

נספחים

דרגת טיב												שיטת עיבוד
N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	
												יציקת חול Drilling
												חריטה Turning
												שיוף Filing
												מילוי Milling
												הקצעה Shaping
												שיפוד Broaching
												קידוד Reaming
												השחזה Grinding
												בירוק Polishing
												ליטוש Lapping
												מירוק פנימי Honing
												מירוק חיצוני Superfinish

גס			בינוני			עדין			עדין מאד			סוג העיבוד
N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1	תקן ISO (תקן ישראלי)
50	25	12.5	6.3	3.2	1.8	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025	גובה ממוצע של החספוס במיקרוניום - Ra (אלפיות מ"מ)
▽			▽▽		▽▽▽		▽▽▽▽				תקן גרמני שבוטל	
2000	1000	500	250	125	63	32	16	8	4	2	1	תקן אמריקני של גובה החספוס Ra במיקרו אינצ'ים - $(1\mu\text{m}=40\mu\text{in})$.

תכונות מכניות - Mechanical properties

פלסטיקה הנדסית

חומר	תוספים וצבע	ρ g/cm ³	σ_{TS} MPa	σ_{YS} MPa	ϵ_{TS} %	E_c MPa	H_c MPa	KJ/m^2	σ_{CTDD} MPa	μ	V µm
PI	black	300	1,35		116	9	4000		75(c)		0,8
PI CS 15	15% graphite, black	300	1,42		97	2,8	4000	88(d)	26(a)		0,27
PI TF 30	30% PTEE	260	1,51		82	4,1		84(d)	23(a)		0,45
PI CS 40	40% graphite, black	300	1,57		65	2,2		80(d)			
PI MOS ₂	15% MOS ₂ black	300	1,6	95		2,9	4400	90(d)			
PICS 15 TF 10	15% graphite 10% PTFE, black	300	1,48	147	77	2,9	3800	85(d)	27(l)		0,3
PAI	yellow-brown	260	1,42		137	21	10800	E 86	142(a)		
PAI GF 30	30% glass fibre	260	1,65		205	7	6600	E 97	79(a)		
PAI PVX	PTFE + graphite	260	1,46	110	164	7	3800	E 72	63(a)		
PEK	black	260	1,32	95		20		108(r)	52(a)		
PEEK Classix	white	260	1,38	95		>25	3000		7,6(d)		
PEEK	natural, also also black ⁽¹⁾	260	1,30			25	9500	M99	n.b.(c)		0,30-0,38
PEEK GF 30	natural, 30% glass fibre	260	1,51		180	2,5	18500	M103	60(c)	36	0,38-0,46
PEEK CF 30	30% carbon fibre, black	260	1,40		215	1,5	14500	256 ⁽²⁾	35(c)		
PEEK CF 30 MT	30% carbon fiber, black	260	1,40		160	3	9500		50(c)		
PEEK PVX	10% carbon fibre graphite, PTFE, black	260	1,48	95	130	1,5	3000	208 ⁽²⁾	30(c)		0,11
PEEK MT	colored also in black	260	1,30				4100	M99(r)	n.b.(c)		0,30-0,38
PEEK ELS nano	CNT, black	260	1,34		100	15	4500		50(c)		
PEEK CMF	white, ceramic	260	1,60	80	85	7	3000	263	50(c)		
PEEK TF 10	PTFE 10%, natural	260	1,35	75		15	3700		n.b.(c)		
PEEK CW 50	50% carbon fibers	260	1,43	491-511				50,400			
PEEK CW 60	60% carbon fibers	260	1,48	585-626				54,300			
PEKEKK	Heat stabilized	260	1,3	130	11		4400	248	10(k)		
PEEK ID	ניתן לסייל עם סוכנות	260		1100		6	4600	260	72		
PPS	natural	230	1,35	75		4	3700	190	50(c)		
PPS MT	black	230	1,35			4	14000	190	50(c)		
PPS PVX	10% carbon fiber, graphit, PTFE, black	230	1,47		115	1,5	10000	203 (r)	20(c)		0,21
PPS GF 40	40% glass fiber, black	230	1,65		185	1,9	14000	320	45(c)		
PSU	translucent	160	1,24	80		> 50	2600	147	n.b.(c)	42	0,4
PES	translucent	180	1,37	90		40	2700	148	n.b.(c)		
PPSU		170	1,29	70		50	2350	122(r)			
PPSU MT	colored	170	1,29	70		> 50	2350	31	n.b.(c)		
PEI	translucent	170	1,27	105		> 50	3200	140	n.b.(c)		
PEI GF 20	20% glass fibre	170	1,42		138	3	7000		3,4(a)		
PEI GF 30	30% glass fibre	170	1,51		165	2	9500	165	40(c)		
PTFE EX	white	260	2,18	≥ 20		> 200		51-60(d)			0,08
PTFE molded	סגור	260	2.14-2.18	25-31		300-400					
PTFE graphite	graphit, black	260	2,15	> 15		> 170		> 55(d)			0,09
PTFE carbon	carbon, black	260	2,11	> 15		> 150		> 60(d)			0,14

טבלאות שימושיות

Thermal properties - תכונות טרמיות

Electrical properties - תכונות חשמליות

Miscellaneous data - שומת

חומר	T _g °C	T ₁ °C	T ₂ °C	λ (W/mK)	c (J/kgK)	α (10 ⁻⁶ K ⁻¹)	CTE (10 ⁻⁶ K ⁻¹)	ρ ₀ (g/cm ³)	R ₀ (Ω)	E ₀ (GPa)	W _{0.1} (%)	W _{0.2} (%)	-	-	-
PTFE GF 25			300	0,41		8,5		10 ¹⁵	10 ¹⁵	12			+	VO	+
PTFE Bronze			300	0,57		11,5		10 ⁷	10 ⁹				+	VO	+
PTFE MoS2			150			11-12							+	VO	+
E/TFE	267	-100		0,24	0,9	13	2,6	>10 ¹⁵	>10 ¹⁵	40	<0,05	0,03	+	VO	+
PVDF	172	-41	150	0,11	1,2	13	8	10 ¹⁴	10 ¹³	10-60	<0,05	<0,05	+	VO	+
PVDF MT	172	-41	150	0,13	1,2	13	8	10 ¹⁴	10 ¹³	22	<0,05	<0,05	+	VO	+
PVDF ELS	178		150					10 ⁶	10 ⁶				+	VO	+
E/CTFE	240		180	0,13		5	2,5	10 ¹⁵	10 ¹⁵	40		0,1	+	VO	+
PA 46	295	75	220	0,3	2,1	8	9,4	10 ¹⁵	10 ¹⁵	25/15*	3,7	14	(+)	V2	-
PA 6,10						0,9		10 ¹¹	10 ¹²	34			+	HB	-
PA 12	175	45	150	0,23	2,1	10	3,1-3,6	10 ¹⁴	10 ¹⁴	24-30	0,7	1,6	+	HB	-
PA 12 CAST	190		150	0,23	2,1	10	3,7	10 ¹³	10 ¹⁵	50	0,9	1,4	+	HB	
PA 12 GF	178		150			5	4,1	10 ¹⁵	10 ¹⁴	40	0,5		+	HB	
PA 12 TR								10 ¹¹	10 ¹²	34			+	HB	+
PA 66	260	72/5*	170	0,23	1,7	8	3,6-5	10 ¹²	10 ¹⁰	28*/30	2,8	8,5	(+)	HB	-
PA 66 HI	260	72/5*	180	0,23	1,7	8	3,2-5	10 ¹²	10 ¹⁰	80*/100	2,8	8,5	(+)	HB	-
PA 66 GF 30	260	72/5*	170	0,27	1,5	2-3 ⁽²⁾		8x10 ¹³⁽²⁾	6x10 ¹³⁽²⁾		1,5	5,5	(+)	HB	+
PA 66 CF 20	260	72/5*	170			5,5 ⁽²⁾		10 ¹⁵	10 ¹³		2,2	6-7	(+)	HB	+
PA 66 LA	260	72/5*	120	0,23	1,7	15 ⁽²⁾	3,3	6x10 ¹³⁽²⁾	10 ¹⁴⁽²⁾	80*/120	2,5	7,5	(+)	HB	-
PA 66 MH	260	72/5*	170	0,24	1,8	12 ⁽²⁾		7x10 ¹³⁽²⁾	5x10 ¹³⁽²⁾		2,6	7	(+)	HB	+
PA 66 + PA 63/6T	260		200			1,5		10 ¹²	10 ¹³		1,3		(+)	HB	+
PA 6 G	220	40/5*	180	0,24	1,7	7,5	3,7	10 ¹² -10 ¹⁴	5x10 ¹²	50	2,5	6,0-7	(+)	HB	-
PA 6 G MOS ₂	210	40/5*	170			9,5					2,5	6	(+)	HB	+
PA 6 G LUBE	216	40/5*	150			9	3,7	5x10 ¹⁵	10 ¹³			6	(+)	HB	-
PA 6 G + Elastomer	214		160			7-8	4,2	5x10 ⁹	4x10 ⁸		2,5		(+)	HB	
PA 6 G ESD	216		170	0,25	1,7	8	3,7	10 ¹⁵	10 ¹³	18	2,5			HB	
PA 6-3TR		150	120	0,23	1,45	5	3-4	10 ¹⁵	10 ¹⁵	25	3	5,6-6,4	(+)	HB	-
PA 6	220	60/5*	160	0,23	1,7	8	3,7-7	10 ¹³	10 ¹²	20*/50	3	9,5	(+)	HB	
PA 6 XN	215							10 ¹²	10 ¹¹					HB	-
PA 6 GF 30	220	60/5*	180	0,28	1,5	2-3 ⁽²⁾		10 ¹³⁽²⁾	10 ¹³⁽²⁾		2,1	6,6	(+)	HB	+
PVC			70	0,2		8	3	10 ¹⁵	10 ¹³	32	≥3			VO	+
PVC clear				0,15		6,7					≥2			VO	+
PVC HI				0,17		8	3	10 ¹⁵	10 ¹³	20-40	0,2			VO	
C-PVC				0,17		7	3	10 ¹⁵	10 ¹³	20-40	0,2			VO	
PVC EL			70					10 ⁶	10 ⁶					VO	+
PVC foam				0,06		6,8			10 ¹³		1,1			VO	
PC	148	140	140	0,19	1,2	7	3	10 ¹³	10 ¹⁵	27	0,15	0,36	-	HB	-
PC GF 10		148	140	0,2	1,21	3,2	3	10 ¹⁷		17,7	0,12	0,31		VO	-

סקופ אינה אחראית לטטיות ואי דיוקים בנתונים. הנתונים המובאים הינם לידעה בלבד ואין להשתמש בנתונים לתכנון.

Mechanical properties - תכונות מכניות

פלסטיקה הנדסית

חומר	תוספים וצבע	ρ g/cm ³	σ_1 MPa	σ_2 MPa	ϵ_1 %	E_c MPa	H_k MPa	KJ/m^2	σ_{Charpy} MPa	μ	V µm
PTFE GF25	25% glass fibre, white	260	2,23	14-21		230-270		65		0,13	
PTFE Bronze	bronze	260	3,8	17-23		100-160		68		0,13	
PTFE MoS2	molybdenum disulphide	260	2,2	23-28		230-280		52		0,1	
E/TFE		150	1,73	45		40	800	60(d)		0,4	
PVDF		150	1,78	50		<30	2000	80	n.b(c)	34	0,3
PVDE MT		150	1,78	50	46		2000	80	22(k)	34	0,3
PVDFELS	conductive carbon, black ⁽¹⁾	150	1,78	40			1600	76(d)	8(k)		
E/CTFE		150	1,68		32	200	1700	50			
PA 46		130	1,18	100/66*		40/280*	3300/1200*	90(d)			0,20-0,45
PA 6,10		100	1,08	65		20	2400				
PA 12	natural	110	1,02	40		240	1200	72(d)		23	0,32-0,38
PA 12 CAST		110	1,03	60			2200	100			0,4
PA 12 GF		110	1,25	70			4000				
PA 12 TR	transparent	100	1,0	60		6	1600	82(d)			
PA 66		100	1,14	80/60*		40/150*	3100/2000*	170/100*		55	0,35-0,42
PA 66 HI	heat stabilizer, brown	115	1,35	80/60*		50/150*	2700/1600*	170/100*			
PA 66 GF 30	30% glass fibre, black	110	1,35		160/130*	3/5*	8000/7500*	175 ⁽²⁾			0,45-0,5
PA 66 CF 20	20% carbon fibre, black	110	1,23		190/150*	2,5/6*	13500/11000*	187/200*			0,16-0,2
PA 66 LA	lubricant	90	1,11	60/50*		10/40*	2000/1600*	117/100*			0,18-0,20
PA 66 MH	MoS ₂ , black ⁽¹⁾	100	1,14	75		>25	2500	107 ⁽²⁾			0,20-0,25
PA 66 + PA 63/6T	50% glass fibre, partly aromatic, black	130	1,56		210	3	17000				
PA 6 G	natural	100	1,15	85/60*		3/50*	3300/1700*	160/90*		50	0,4
PA 6 G MOS ₂	MoS ₂ , anthracite	100	1,15	75		40/60*	2800	145			
PA 6 G LUBE	solid lubricant, green	100	1,13		84/64*	11/7*	2500/3200*	82	7,3 (k)		0,12
PA 6 G + Elastomer	15% elastomer natural	95	1,12	54/44*		90/320*	2100/900*	77/73* (d)	20/42* (k)		
PA 6 G ESD	antistatic	110	1,15	75			3400	82(d)			
PA 6-3TR		100	1,12	90		>50	2800	100			
PA 6	natural	100	1,13	85/60*		70/200*	3000/1800*	160/70*		45	0,35-0,45
PA 6 XN	ממקט ומאריך חזק	140	1,15		93	5	4200	80			
PA 6 GF 30	30% glass fibre, black	100	1,35		140/110*	2,5/5*	8500/6000*	147 ⁽²⁾			0,46-0,52
PVC		60	1,44	50		15	3200	80(d)			
PVC clear		50	1,40	71	35	60	3600				
PVC HI	high Impact	60	1,38	49	30	10	2600	78(d)		10(k)	0,6
C-PVC		60	1,52	48	80	15	2320	90(d)		27(k)	
PVC EL	conductive	60	1,41	40	36	20	3000	83(d)		5(k)	
PVC foam		55	0,55	10		15	700	50(d)			
PC	transparent	120	1,20	60		130	2300	100			
PC GF 10	10% glass fibre	120	1,27	66	55	15	3450	124(f)			

Hardness-קשיחות, (d) Shore D, (r) Rockwell, Impact-נטי, (c) Charpy: DIN EN ISO 179: an KJ/m², (al) Izod: ASTM 256: an J/m (dl) Izod: DIN EN ISO 180, an KJ/m², (k) Notch Impact strength: DIN EN ISO 179: an KJ/m²

* נבדק על חומר חצי מוגמרת (2), אינו עמיד - עמידות מוגבלת (+), עמיד +, עם לחות לאחר איחוס *

טבלאות שימושיות

Thermal properties - תכונות טרמיות

Electrical properties[®] - תכונות חשמליות

Miscellaneous data - שו"ט

חומר	T _g °C	T ₁ °C	T ₂ °C	λ W/(m·K)	c J/(kg·K)	α 10 ⁻⁴ 1/K	ε	tan δ	f _g Hz	f _d Hz	R _f Ω	E _a kJ/mol	NH ₂ (%)	W ₂ %	-	-	-
PC GF 20		148	140			2,7	3,2	10 ¹⁷					0,15	0,35		VO	-
PC GF 30		148	140	0,26		3 ⁽²⁾	3,3	10 ¹⁶⁽²⁾			10 ¹⁴⁽²⁾	30	0,1	0,28	-	VO	-
Phenolic Paper						6	4-5,5	10 ¹²			10 ¹¹		3,3	6		HB	
Phenolic fabric						2	5							3,2		HB	
EPOXY glass						0,9	5,2	10 ¹²			10 ¹¹	14-40	0,16	0,25		VO	
PET	255	70	170	0,24	1,1	7	3,2	10 ¹³			10 ¹⁵	60	0,25	0,5		HB	
PET TF	255												0,25	0,5			
PBT	225	60	170	0,21	1,21	8	3	>10 ¹³			>10 ¹³	>45	0,25	0,4	-	HB	-
PBT L													0,07			HB	-
PBT GF 30	225	60	200		1,5	3,5	3,8	10 ¹³			10 ¹⁵	50	0,15	0,35	-	HB	-
POM-C	165	-60	140	0,31	1,5	10	3,5	10 ¹⁴			10 ¹⁴	>50	<0,3	0,5	(+)	HB	-
POM-C-AX	180	-60	150								10 ¹⁴		0,06			HB	-
POM-C-10PE				0,3		1,2	3,8	10 ¹⁴			10 ¹⁴	35				HB	-
POM-C-ID		-60	140					10 ¹³			10 ¹³					HB	+
POM-C-GF 25	165	-60	140			3	4,8	10 ¹⁴			10 ¹²	>50	0,15				
POM-C-ELS	165	-60				11		10 ^{2-10⁴}			10 ^{2-10⁴}		<0,3	0,5	(+)	HB	+
POM-C-ESD			140								10 ¹¹				(+)	HB	-
POM-C-MT	165	-60		0,31	1,5	10	3,5	10 ¹⁴			>10 ¹⁴	>50	<0,3	0,5	(+)	HB	-
POM-H	175	-60	140	0,31	1,5	10	3,7	10 ¹⁴			>10 ¹⁴	>50	<0,3	0,5	-	HB	-
POM-H-TF	175	-60	150			10	3,1	>10 ¹⁵			>10 ¹⁵	15	0,18	0,72	-	HB	-
Delrin 511P	178					1,17		10 ¹²			10 ¹⁵	27	0,2	0,9		HB	-
Delrin 570	178							3,8			10 ¹⁵		0,2	1		HB	-
Delrin 507	175	-60	150					10 ¹⁵			10 ¹⁵	32	0,2	0,9	-	HB	+
PP-MT	163		150										0,24				-
PP-H	165	-18	140	0,22	1,7	17	2,25	>10 ¹⁴			>10 ¹³	>40		<0,1	+	HB	-
PP-ELS	165		130					10 ²			10 ⁶		<0,1		+	HB	-
PP GF 30																HB	+
PE-UHMW 1000	135			0,42	1,84		3	≥10 ¹⁵			>10 ¹⁵	45		0,02	+	HB	-
PE-HD 500	135		120	0,40	1,84	15	2,9	10 ¹⁵			≥10 ¹⁵	45	0,01		+	HB	-
PE-HD 300	130		120	0,43	1,7-2,0	15	2,4	10 ¹⁴			≥10 ¹⁴	45	0,01	0,05	+	HB	-
PE-300 ELS						15		10 ⁴			10 ⁹					HB	-
PMMA EXT		90	0,18			6,5		10 ¹³			-10 ¹⁵		0,01			HB	+
PMMA CAST		90	0,19			7,7		10 ¹⁵			10 ¹⁴	15	0,2			HB	+
ABS		115	90	0,17	1,2	8-11	3,3	10 ¹⁵			10 ¹³	>22	0,2	0,7	-	HB	-
PPE		150	100	0,22	1,2	7	2,6	10 ¹³			10 ¹⁵	50	0,4	0,2	+	HB/V1	-
PPE MT			110			9							0,1	0,23	+		
PPE GF 30		150	110		1,34	3	3,1	10 ¹⁵			10 ¹⁵	50	0,06	0,18	(+)	HB	-

סקופ אינה אחראית לסטיות ואי דיוקים בנתונים. הנתונים המובאים הינם לידעה בלבד ואין להשתמש בנתונים לתכנון.

תודות

ברצוננו להודות למר פרץ ברנט על העזרה הרבה שנתן לנו בפרויקט זה הן בייעוץ הטכנולוגי והן בידע המעשי תודה רבה .

