

המחלקה להנדסת מכונות

התמחות בתכן וייצור

לשנת הלימודים תשפ"א

הכין: איציק יפרח - אחראי התמחות תכן וייצור

מה במצגת



- ☐ מהנדסי תכן וייצור בתעשייה
- ☐ מהי התמחות תכן וייצור ?
- ☐ מהו ייצור תעשייתי ?
- ☐ התמחות תכן וייצור – קורסי חובה
- ☐ התמחות תכן וייצור – קורסי בחירה
- ☐ התמחות תכן וייצור – מעבדות
- ☐ פרויקטי מחקר בהתמחות תכן וייצור
- ☐ פרויקט מיוחד (מחקרי) בהנדסת מכונות – שנה ג' ו-ד'
- ☐ סטודנטים בהתמחות תכן שביצעו מחקר וסטאז'

מהנדסי תכן וייצור בתעשייה

באיזה תעשיות עובדים מהנדסי תכן וייצור ?

מהנדסי תכן וייצור נמצאים בכל מקום בו מתבצע תיכון מוצר ו/או ייצורו.



□ מפעלי ייצור:

■ תעשיות ביטחוניות: רפא"ל, אלביט, תעשייה אווירית.

■ תעשיות אזרחיות: ישקר, Tower SC, תעשיות מסורתיות

□ יחידות מו"פ (מחקר ופיתוח)

□ חברות הייטק

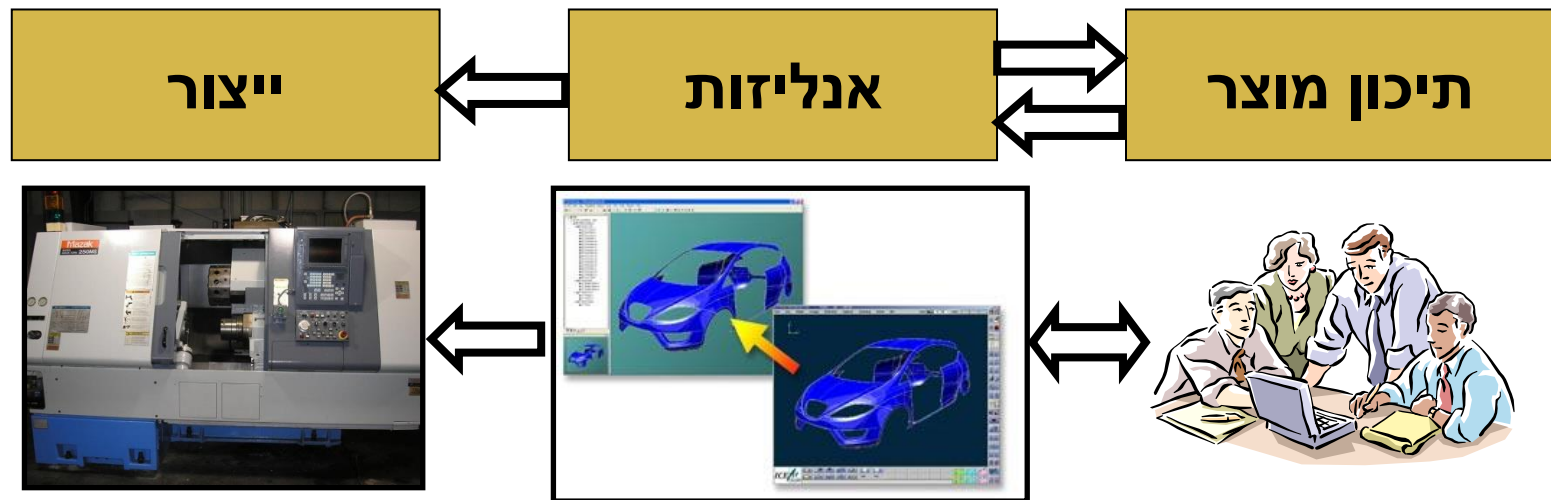
□ חברות פרויקטים

□ אקדמיה



מהי התמחות תכן וייצור

התמחות קלאסית עוסקת בתכן של מוצרים, מתקנים ומערכות, וייצורם באופן יעיל, מהיר וכלכלי



מהו ייצור תעשייתי

יצור תעשייתי זה אוסף של פעולות ותהליכים ההופכים חומר גלם למוצר סופי רצוי. הייצור כולל:

- שינוי גאומטריה של חומר גלם
- שינוי תכונות מכניות במהלך הייצור
- הרכבה של מספר רכיבים לצורך קבלת מוצר (מערכת)



Raw material

חומר גלם



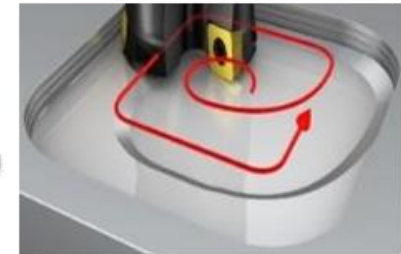
CNC milling machine

מכונת כרסום ממוחשבת



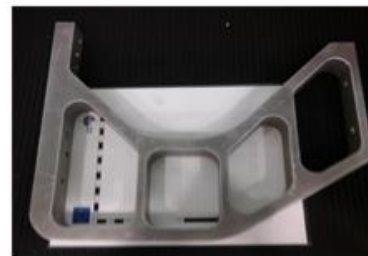
Cutter

כלי חיתוך עם שימות



milling opérations

פעולות כרסום



Product

קבלת מוצר סופי רצוי

המשך מהו ייצור תעשייתי

תאור תהליך של הרכבה של מספר רכיבים לצורך קבלת מוצר (מערכת)



תאור רכיבים מכניים בודדים באופניים

הרכבת מספר רכיבים מכניים לקבלת המוצר הסופי

התמחות תכן וייצור – קורסי חובה בתוכנית החדשה

סה"כ 20 נקודות זכות (קורסי חובה + בחירה)

קורסי חובה בהתמחות בסמסטרים 5 – 8

22720	3.0	תכן רכיבים מכניים ניתן כל סמסטר	סמסטר 5
22251	3.5	תהליכי עיבוד שבבי ניתן כל סמסטר	סמסטר 6
22267	2.5	הנדסת חומרים מתקדמת קורס חד שנתי	
22268	2.5	חוזק מתקדם קורס חד שנתי	סמסטר 7
		קורסי בחירה של ההתמחות	סמסטר 8

התמחות תכן וייצור – קורסי בחירה בתוכנית החדשה

סה"כ 20 נקודות זכות (קורסי חובה + בחירה)

קורסי בחירה כללים בהתמחות תכן ויצור

לשנת תשפ"א - סמסטרים 7 - 8

- ☐ פרויקט מיוחד בהנדסת מכונות (אישור יועץ אקדמי)
- ☐ אלמנטים סופיים
- ☐ יישומים מעשיים באלמנטים סופיים
- ☐ עיבוד פלסטי של מתכות
- ☐ מערכות ייצור ממוחשבות
- ☐ תכן מערכות הידראוליות
- ☐ הינע חשמלי מכ'
- ☐ מערכות הנע חשמליות מכ'
- ☐ אוטומציה תעשייתית

התמחות תכן וייצור – קורסי בחירה בתוכנית החדשה

סה"כ 20 נקודות זכות (קורסי חובה + בחירה)

קורסי בחירה כללים בהתמחות תכן וייצור

לשנת תשפ"א - סמסטרים 7 - 8

- ☐ מערכות שינוע והובלה
- ☐ רובוטיקה
- ☐ מידול וייצור מיקרו התקנים
- ☐ תכן ואנליזת מבנים מחומרים מרוכבים
- ☐ ביומכניקה שיקומית
- ☐ מבוא לחומרים פלסטיים ועיבודם
- ☐ תכן מבנים מתקפלים
- ☐ מבוא לתהליכי הדפסה תלת-ממדית

קורס חובה – תכן רכיבים מכניים

הקורס מיועד להקנות ידע ב:

- חוקים פיזיקליים, שיטות אנליזה ועקרון פעולה, הנדרשים לצורך תיכון אלמנטים מכניים.
- קריטריוני חוזק לעומס בקפיצים.
- קריטריוני חוזק לעומס בגלגלי שיניים.
- קרטיון אורך חיים לבחירת מיסבים גלילה.
- קריטריוני חוזק ברצועות.
- בחירת רכיבי מדף (מנועים, מיסבים, רצועות וכד')
- מקטלוגים של יצרנים.

קורס חובה - קורס תכן רכיבים מכניים: חלקי מכונות הנלמדים בקורס



קורס חובה - תהליכי עיבוד שבבי

הקורס מיועד להקנות ידע מתקדם ב:

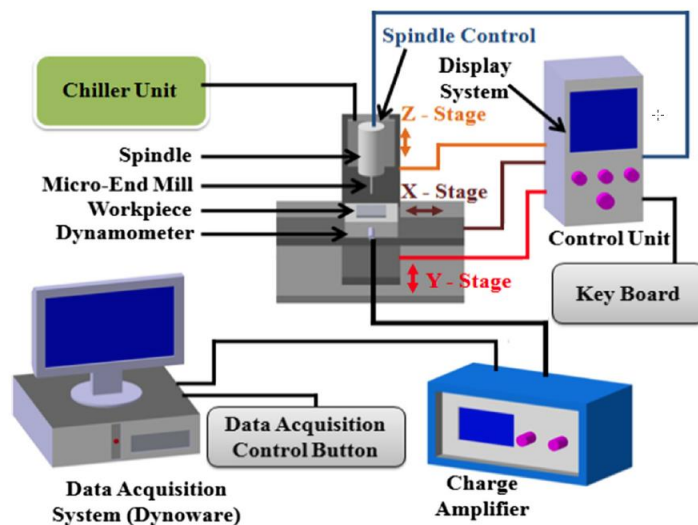
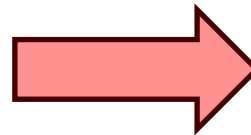
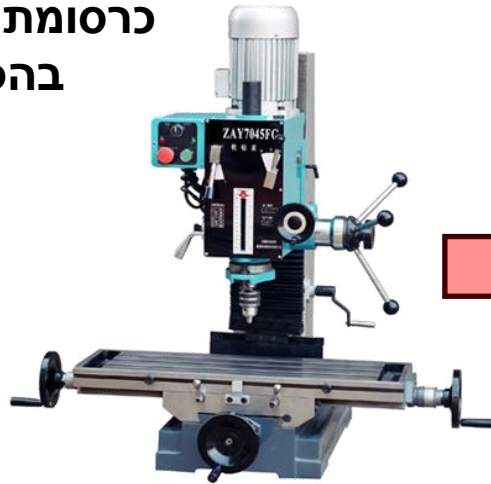
- הכרה והבנה של עקרונות תהליכי העיבוד השבבי
- הבנת מודלים בשיבוב: שיבוב אורתוגונלי דו ממדי, ומודל שיבוב תלת ממדי
- סוגי החומרים וסוגי הבלאי של כלי החיתוך
- הכרת שיטות עיבוד שונות בעיבוד שבבי
- קביעת תנאי שיבוב (גאומטריה וקינמטיקה..)
- חישוב כוחות שיבוב, מומנט והספק בשיטות שיבוב שונות
- עקרונות תכנון תהליכים טכנולוגיים.

הקורס מלווה במעבדה בה לומדים למדל ולבצע סימולציות ממוחשבות לייצור חלקיים בעיבוד שבבי בתוכנת NC-CATIA לצורך ייצור במכונות שיבוב מבוקרות מחשב -CNC.

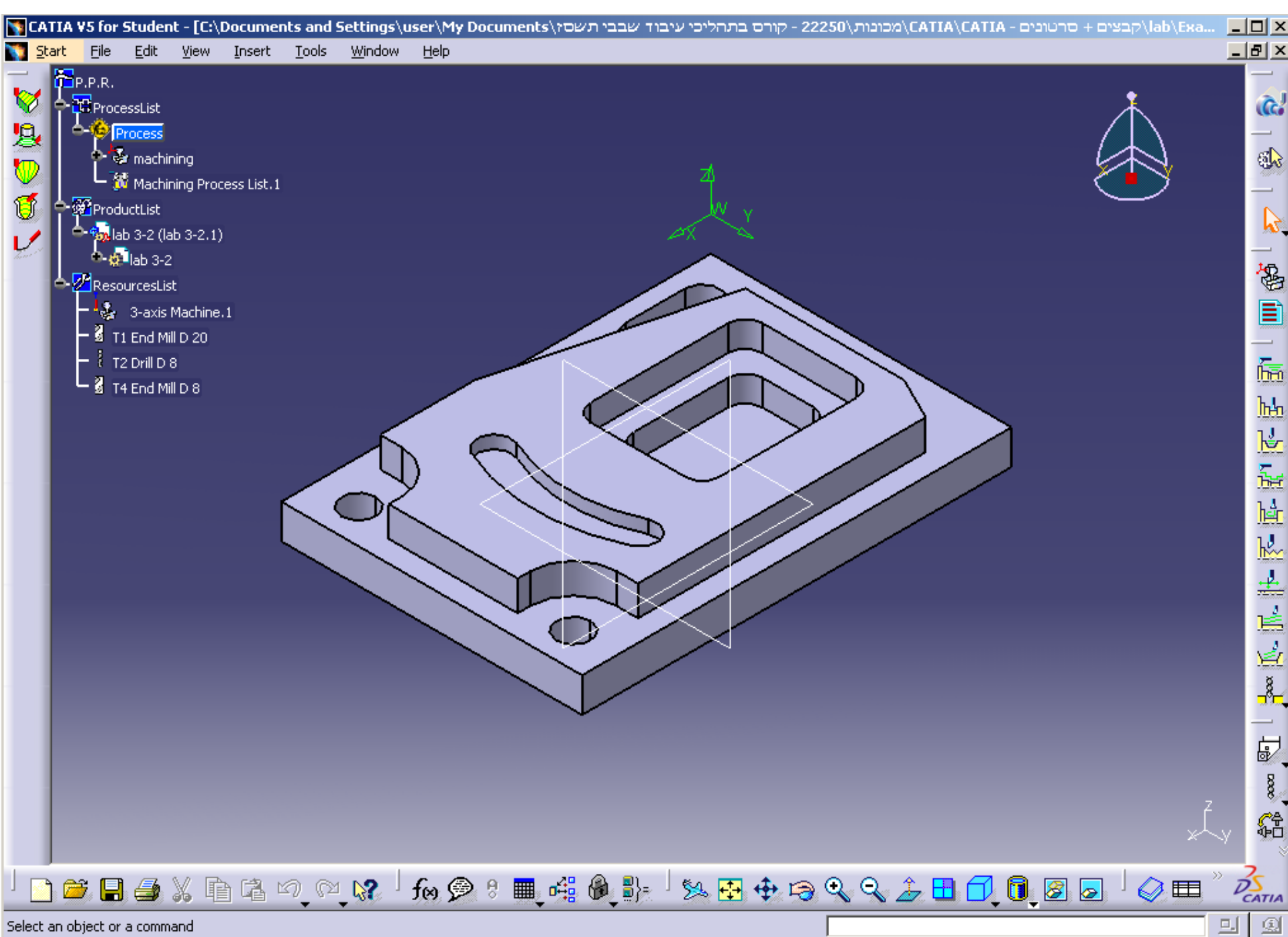
קורס חובה - תהליכי עיבוד שבבי

סוגי מכונות שיבוב בכרסום (ידני וממוחשב)

כרסומת ומקדחה אנכית
בהפעלה ידנית

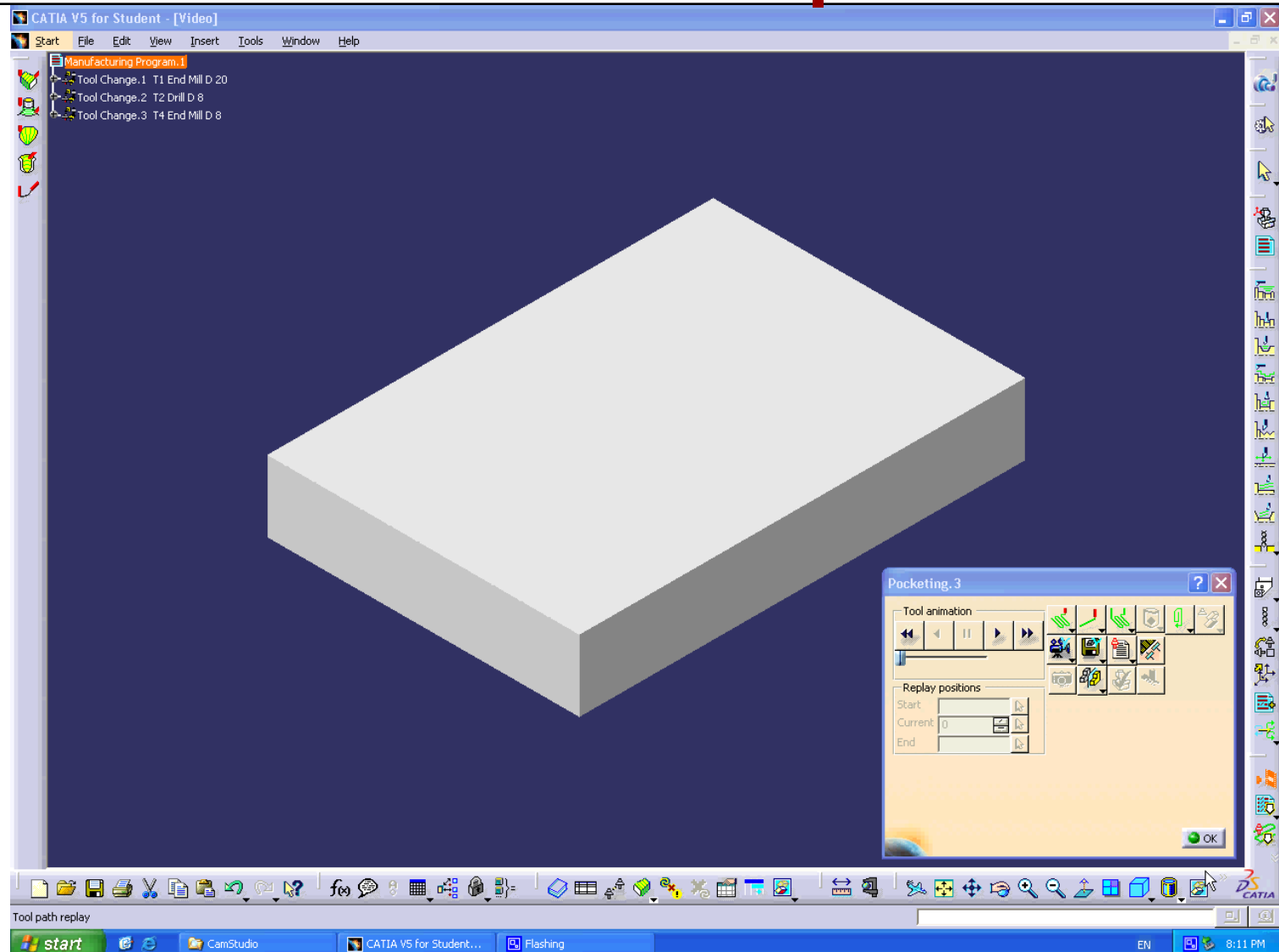


תאור סכמטי של רכיבי מערכת ניסוי
בכרסום עם בקרה ממוחשבת למדידת
כוחות שיבוב ותנאי שיבוב נוספים



קורס חובה - תהליכי עיבוד שבבי

סרטון סימולציית כרסום



קורס בחירה – אלמנטים סופיים

הבעיה:

תיכון מבנה בעל גאומטריה מסובכת, או מבנה לא מסוים סטטית חיצונית.

פתרון ידני - ידרוש ביצוע חישובים מורכבים הדורשים מאות (ואלפי) שעות להערכת פרמטרים הקשורים ב:

□ מאמצים

□ עיבורים

□ מעבר חום – אנליזה סטטית ודינאמית

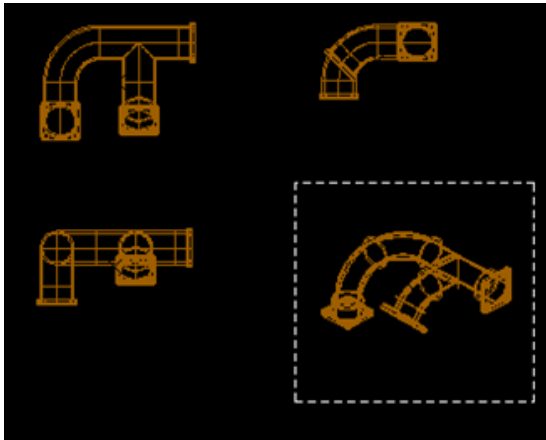
□ משקל מינימלי

□ רעידות וכדומה.

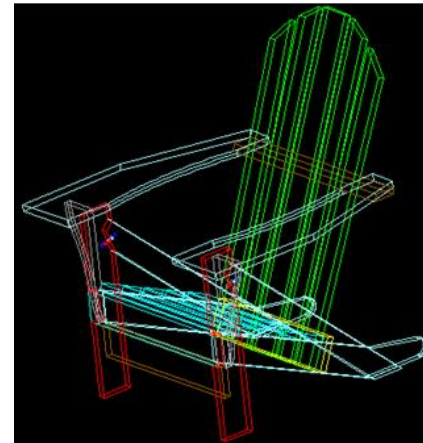
פתרון הבעיה:

אנליזות ממוחשבות - CAE (Computer Aided Engineering)

קורס אלמנטים סופיים – סוגי מודלים גאומטריים



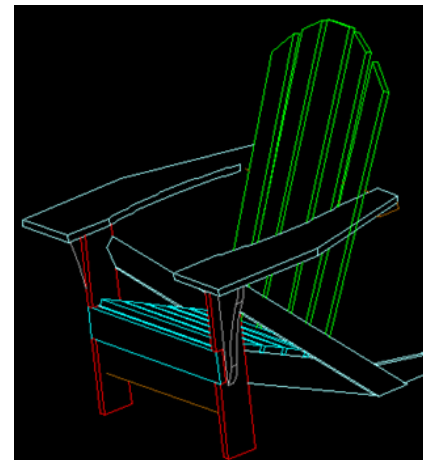
מודל דו ממדי - אוסף של נקודות וקוים במישור אחד



מודל מסגרת אוסף קוים ונקודות תלת ממדים

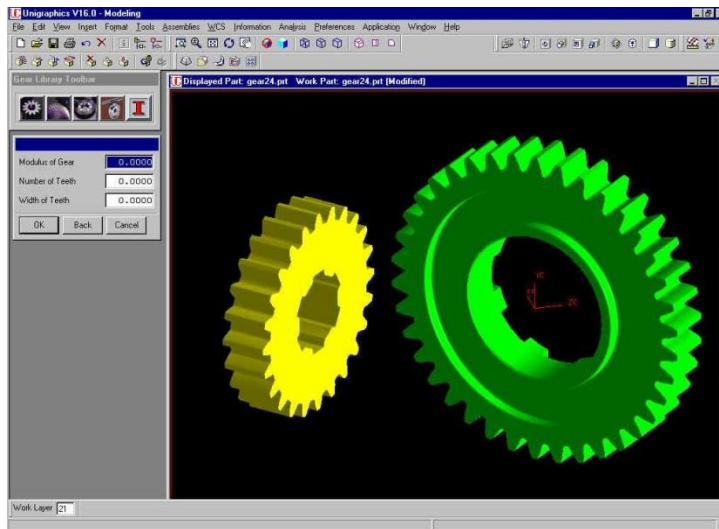


מודל מוצק (Solid) - הגוף מיוצג כמסה מרחבית בעלת משהל, נפח אינרצה, פני שטח וכדומה



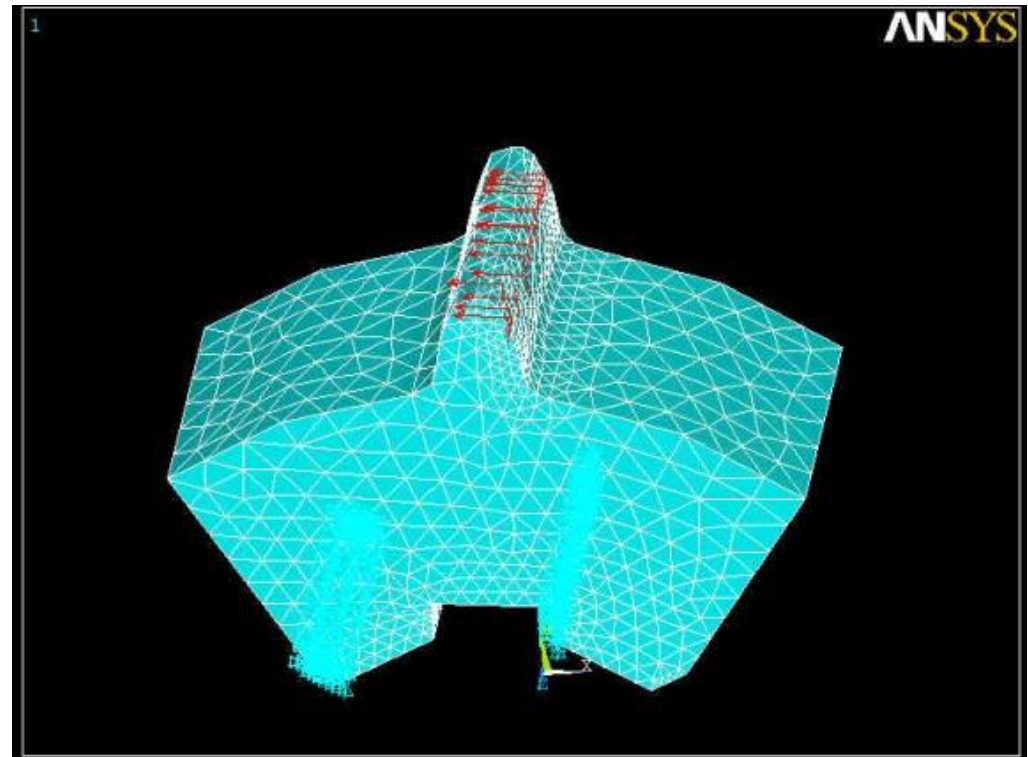
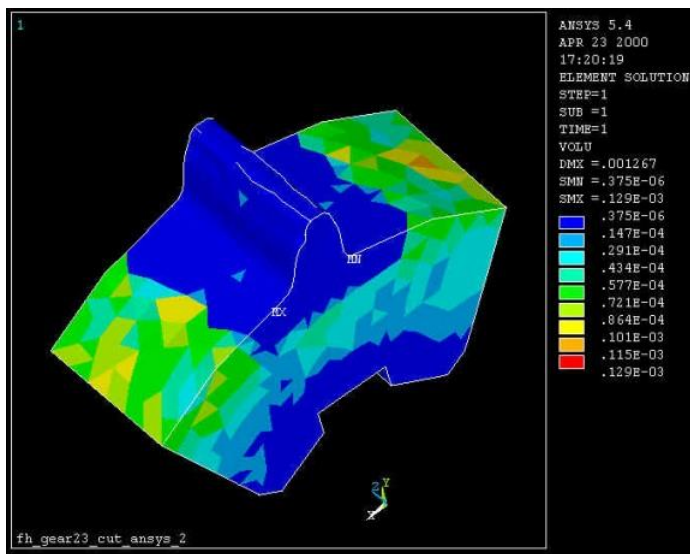
מודל משטחי - אוסף של משטחים התוחמים את נפח הגוף

קורס אלמנטים סופיים – סוגי אנליזות



אנליזת חוזק של גלגלי שיניים

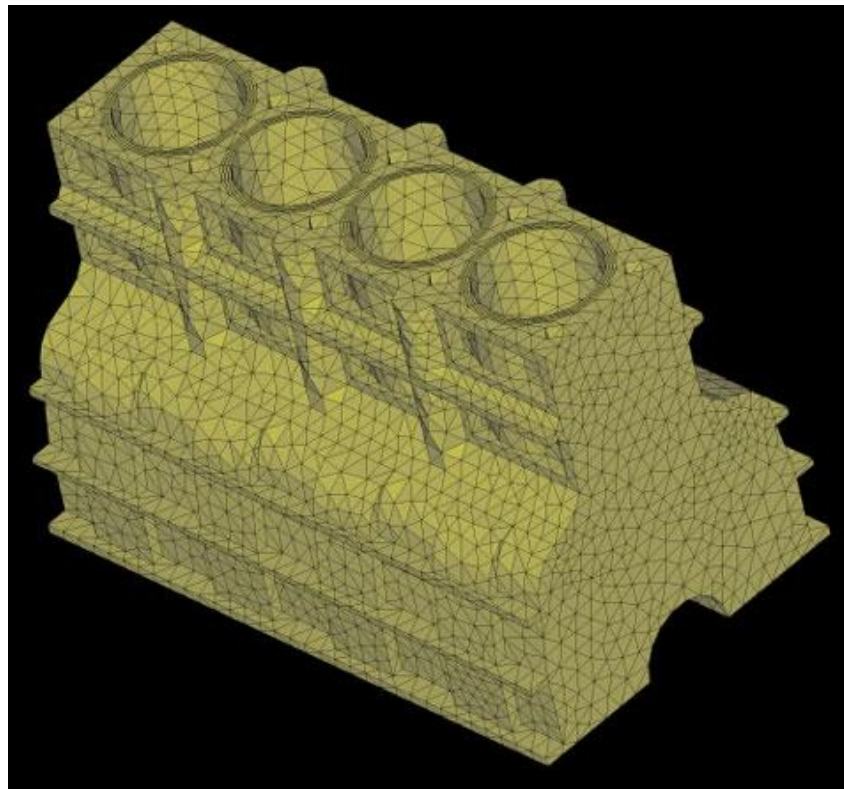
הבעיה: מציאת מאמצי כפיפה ומאמצי לחיצה מקסימליים בשיני גלגל השיניים



קורס אלמנטים סופיים – סוגי אנליזות

אנליזה תרמית של מנוע

הבעיה: מציאת התפלגות הטמפרטורה בכל נקודה בגוף המנוע

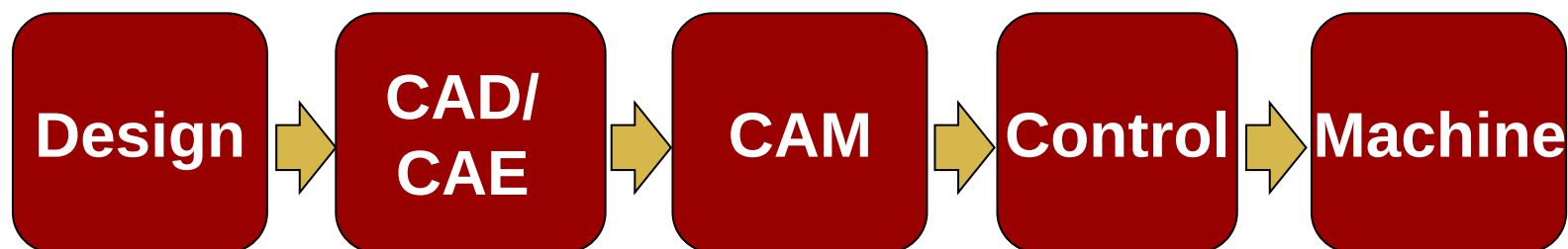
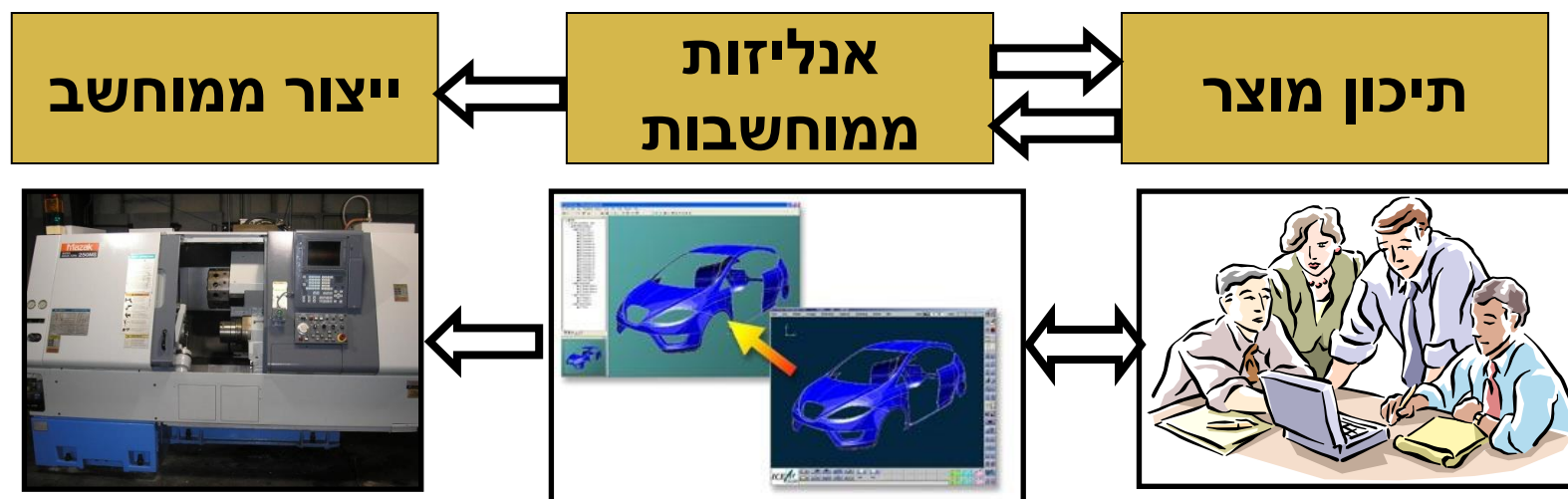


קורס בחירה – מערכות ייצור ממוחשבות

הקורס מיועד להקנות מושגים ועקרונות של מערכות ייצור משולבות מחשב (CIM) הכוללים:

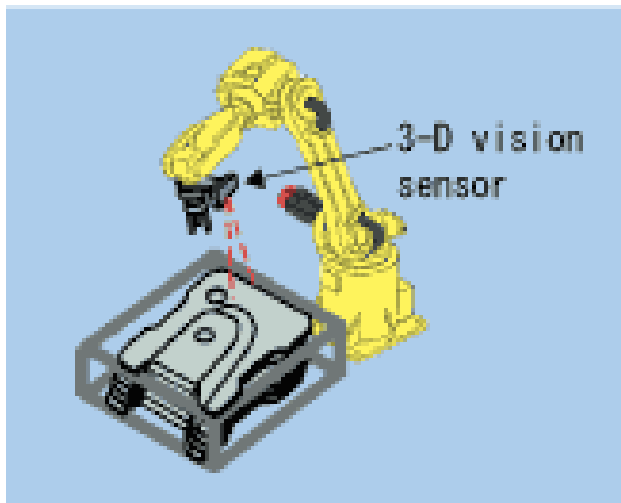
- תיכון בעזרת מחשב – CAD (Computer Aided Design)
- אנליזות ממוחשבות- CAE (Computer Aided Engineering)
- ייצור בעזרת מחשב – CAM (Computer Aided Manufacturing)
- ראייה ממוחשבת ועיבוד תמונה
- רובוטיקה
- חיישנים , מפעילים ובקרים מתוכנתים
- שינוע ואחסון אוטומטי
- בקרת איכות

קורס בחירה - מערכות ייצור ממוחשבות - המשך



קורס בחירה - מערכות ייצור ממוחשבות - המשך

סוגים של רובוטים תעשייתיים



מבנה עקרוני של מערכת ראייה ממוחשבת ועיבוד תמונה



קורס בחירה - מערכות ייצור ממוחשבות - המשך

סוגים של חיישנים



Touch Sensor



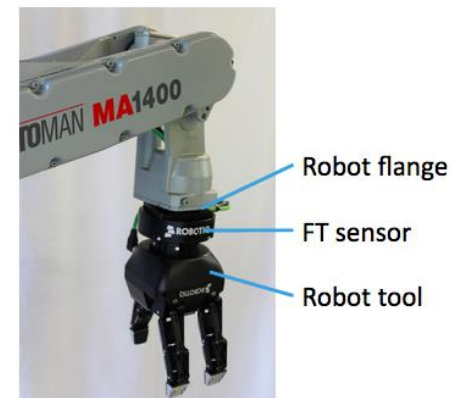
Ultrasonic Sensor



Light Sensor



Gyroscope Sensor



“Classic” DC motor



Geared DC motor



Pneumatic & Hydraulic



Industrial servo



Stepper motor

סוגים של
מפעילים

התמחות תכן וייצור – מעבדות

□ מערכות ייצור בעזרת מחשב (מיב"ם)



□ מעבדת מחקר
בעיבוד שבבי



מעבדת CIM



פרויקטי מחקר וסטאז' (שנה ד) בהתמחות תכן ויצור בהנחיית איציק יפרח

- פרויקט מחקרי לשרות רופאי השיניים בנושא: חיזוי טמפרטורה וכוחות בכלי חיתוך בהשחזה בחומרים קראמיים ע"י ניסויים והשוואת הניסויים למודל תרמי באלמנטים סופיים.
(שם הסטודנטים: אלעד יהודה + עומר לוי)
- פיתוח מודל שיבוב מכני תרמי במתכות בכרסום בשיטת אלמנטים סופיים לחיזוי הספק שיבוב וטמפרטורה באזור החיתוך בין הכלי והחומר הגלם. (שם הסטודנט: מור אלגריסי)
- פיתוח מודל שיבוב מכני במיקרו כרסום בפלבים (נירוסטה) בשיטת אלמנטים סופיים לחיזוי כוחות שיבוב והספק שיבוב, בין כלי החיתוך והחומר הגלם. (שם הסטודנט: עידו סלם)
- הקמת מערכת ניסוי למדידת טמפרטורות וכוחות במתכות באזור החיתוך בכרסום והשוואת תוצאות הניסויים לחישובים אנליטיים מקורבים. (שם הסטודנט: קובי בן דהן)

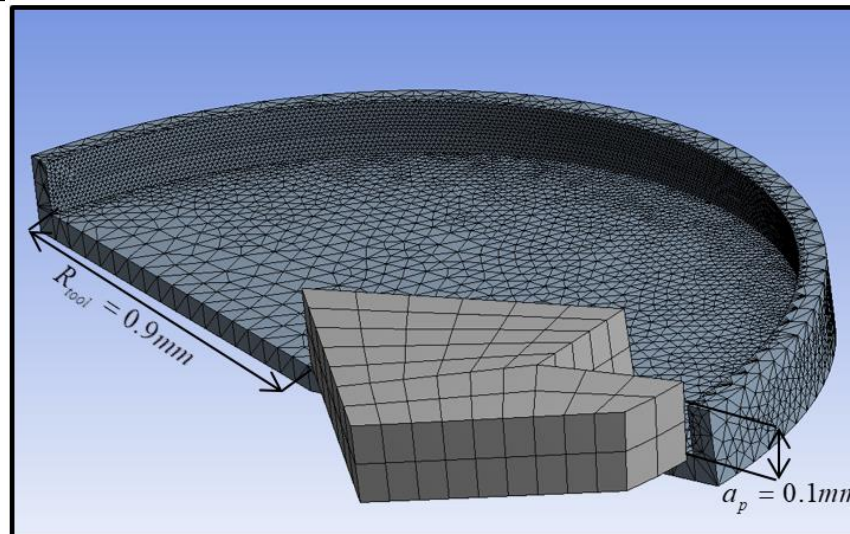
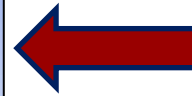
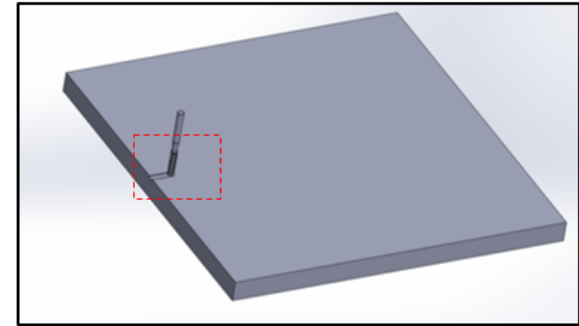
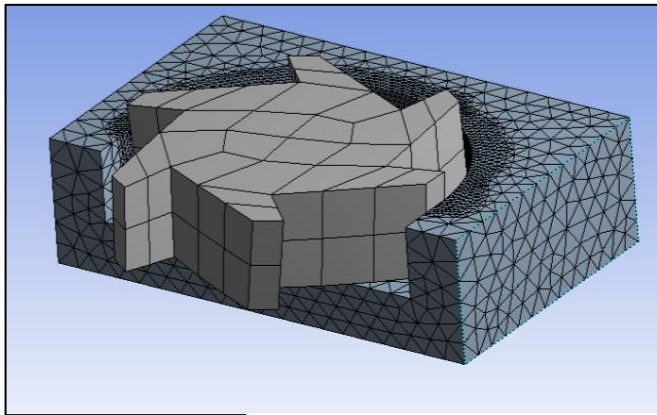
פרויקטי מחקר וסטאז' (שנה ד) בהתמחות תכן ויצור בהנחיית איציק יפרח

- חיזוי טמפרטורה ופילוג טמפרטורה בכלי החיתוך בשיבוב בכרסום חריץ, בפתרון אנליטי-נומרי מקורב. (שם הסטודנטית: ליאל שמע)
- הקמת מערכת ניסוי חדשה למדידת טמפרטורות וכוחות שיבוב במתכות ובחומרים קראמיים בהשחזה ללא קירור.
(שם הסטודנט: ארז דהן)
- פיתוח מודל שיבוב מכני תרמי לחישוב כוחות הספקים וטמפרטורה בקידוח של שתלים דנטליים בעצם הלסת (מחקר אנליטי עתידי)
(מנחה: איציק יפרח)

פרויקט מחקר בהתמחות תכן ויצור – שנת תשע"ח

שם הסטודנט : מור אלגריסי

פיתוח מודל **שיבוב מכני תרמי במתכות** במיקרו כרסום בשיטת אלמנטים סופיים לחיזוי הספק שיבוב וטמפרטורה באזור החיתוך בין הכלי והחומר הגלם.

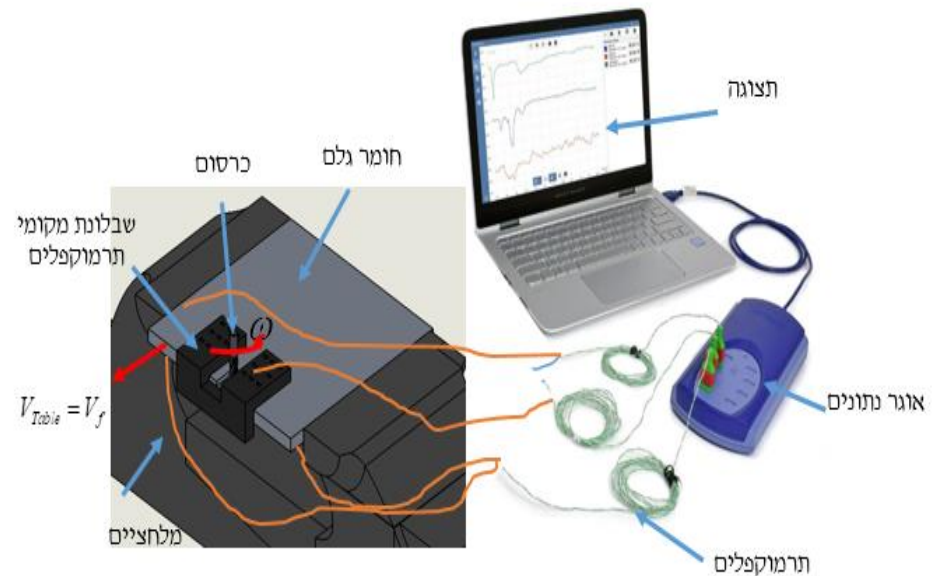
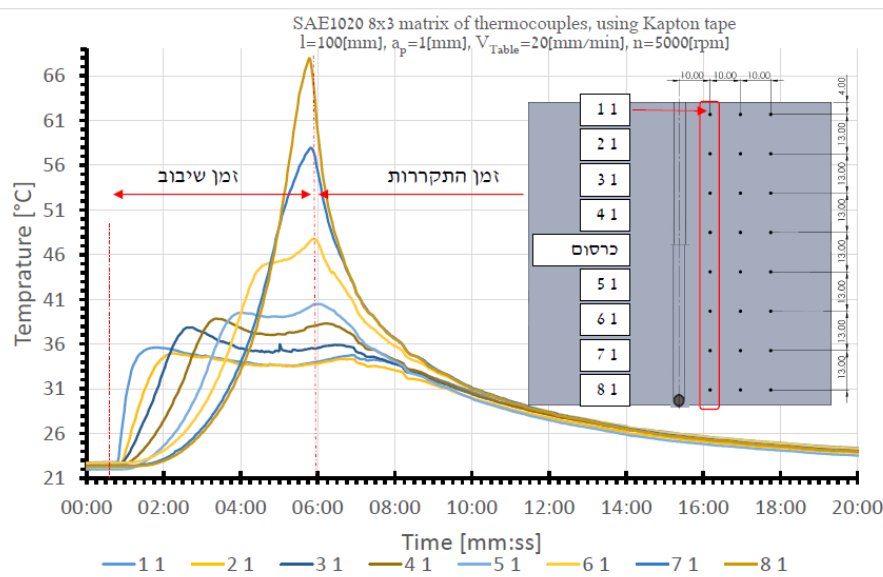
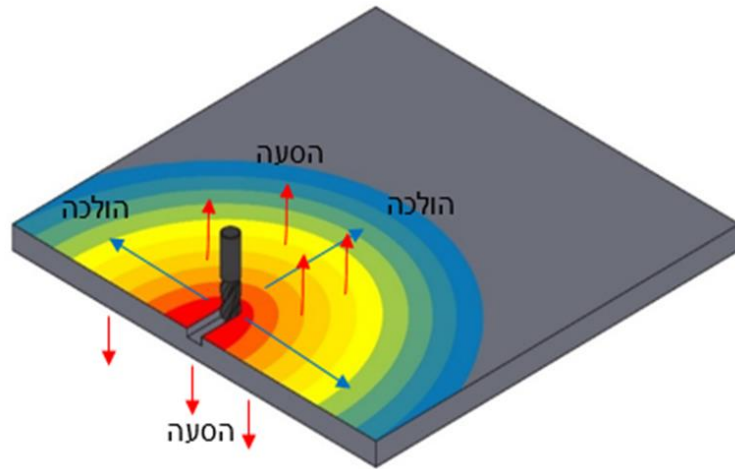


כלי חיתוך עם
ציפוי טונגסטן
קרביד לשיבוב
מתכות קשות

כלי חיתוך עם ציפוי
יהלום להשחזת
חומר קראמי

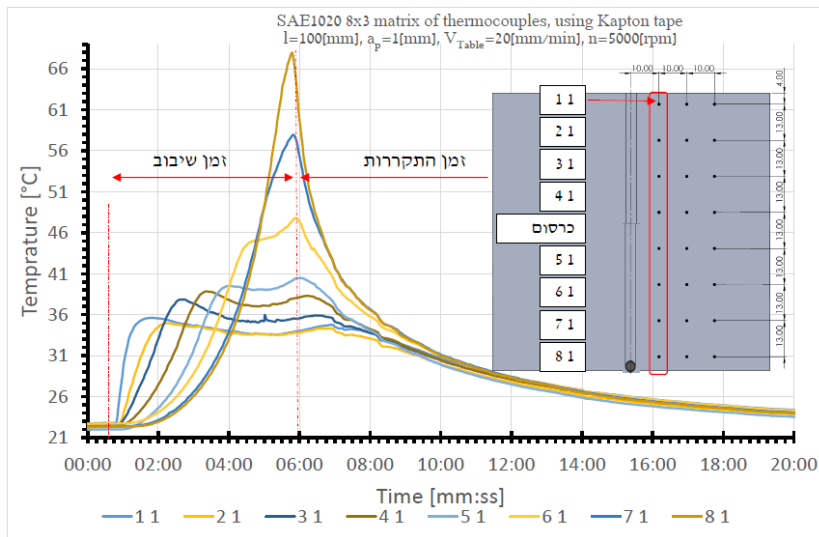
פרויקטי מחקר אנליטי וניסויי במעבר חום בחומר גלם מפלדה דלת פחמן

שם הסטודנט: קובי בן דהן
בוגר המחלקה למכונות
במסלול תכן ויצור - שנת תשע"ט
שם המנחה: איציק יפרח

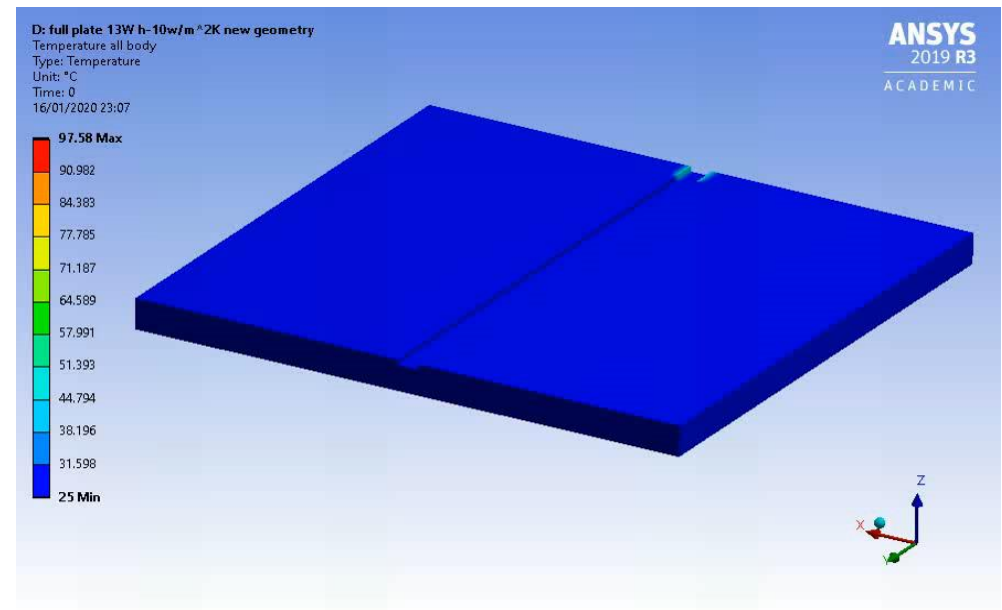


פרויקטי מחקר אנליטי וניסויי במעבר חום בחומר גלם מפלדה דלת פחמן

סרטון סימולציה של תנועת כלי החיתוך עם ערכי הטמפרטורה המתפתחים
מתחת כלי החיתוך באזור החיתוך ממודל תרמי שנבנה בשיטת אלמנטים
סופיים בתוכנת Ansys



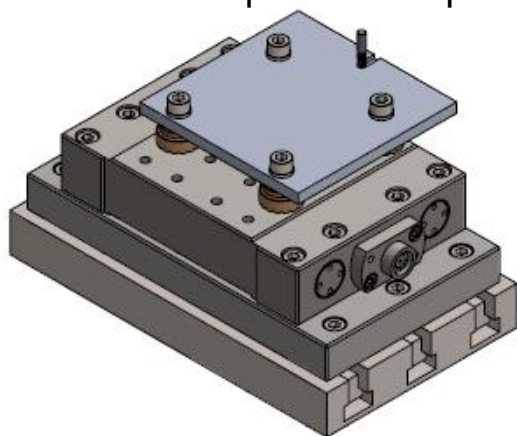
טמפרטורה מקסימלית בחומר גלם במשטח העליון
בתרמוקאפל (T.K 11) שנמצא 5 מ"מ ממרכז החריץ
ובטמפרטורה של 66 מעלות צלסיוס



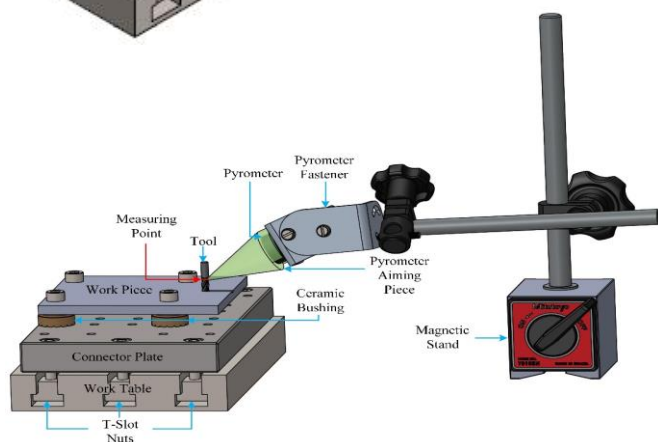
טמפרטורה מקסימלית בחומר גלם
במרכז החריץ בגודל של 97 מעלות צלסיוס

פרויקטי מחקר אנליטי וניסויי למדידת טמפרטורות וכוחות שיבוב במתכות ובחומרים קראמיים בהשחזה ללא קירור

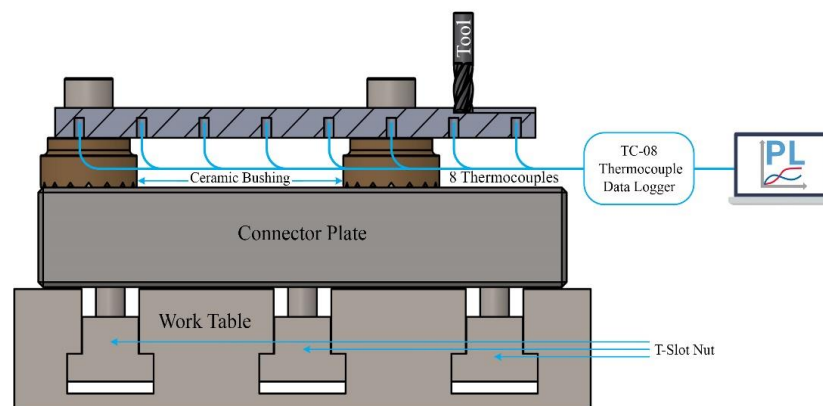
תאור מערכת ניסוי למדידת כוחות שיבוב בעזרת מד כוח
(דינמומטר) לאורך תנועתו של כלי החיתוך בשיבוב חריץ



שם הסטודנט: **ארז דהן**
מסלול מצוינות - שנת תשע"ט
שם המנחה: איציק יפרח



תאור מערכת ניסוי למדידת טמפרטורה נקודתית מדויקת בכלי
החיתוך (כרסום) בעזרת פירומטר ע"י תיכון קונוס המחובר בין
חיישן הפירומטר לבין כלי החיתוך



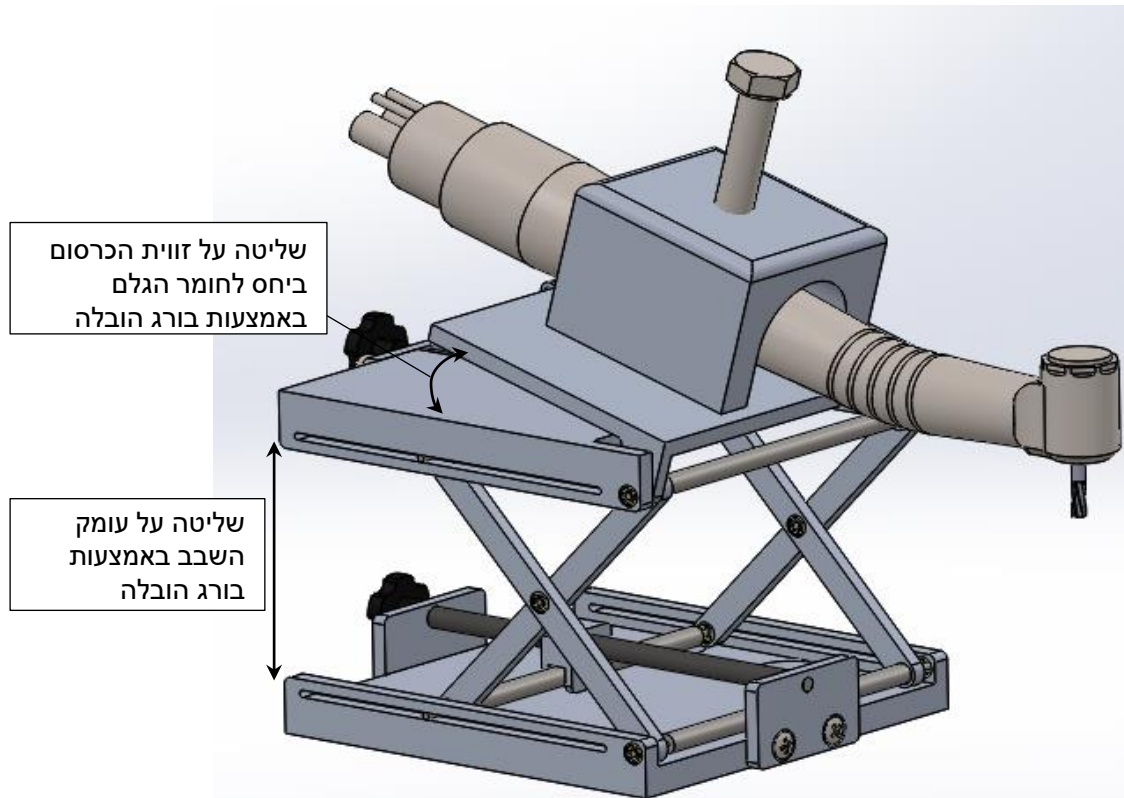
תאור מערכת ניסוי למדידת טמפרטורות בעזרת
תרמוקאפלים במשטח התחתון של החומר גלם וממוקמים 1
מ"מ מתחת לכלי החיתוך לאורך תנועתו בשיבוב חריץ

פרויקט מיוחד בהנדסת מכונות

(פרויקט מחקרי) מתבצע בסמסטרים 6-8

שם הפרויקט: תיכון פיתוח וייצור של מתקן דפינה למקדחה דנטלית לצורך שליטה על עומק השבב וניצבות בין כלי החיתוך לחומר גלם.

הפרויקט בוצע בסמסטר ב' תשע"ח



שם הסטודנט: סער חדד
שנה ג' במסלול תכן ויצור
שם המנחה: איציק יפרח

פרויקט מיוחד בהנדסת מכונות (פרויקט מחקרי) מתבצע בסמסטרים 6-8

שם הפרויקט :

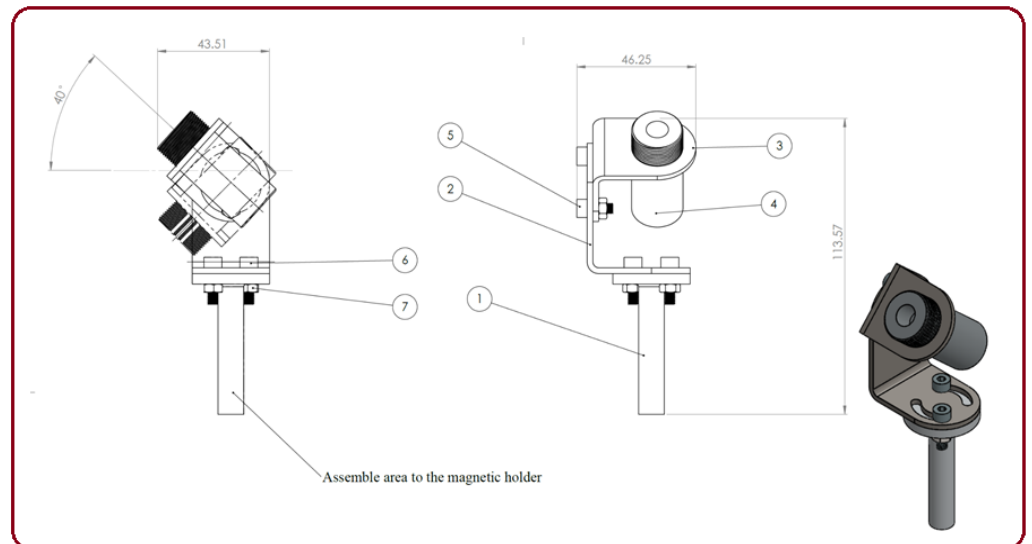
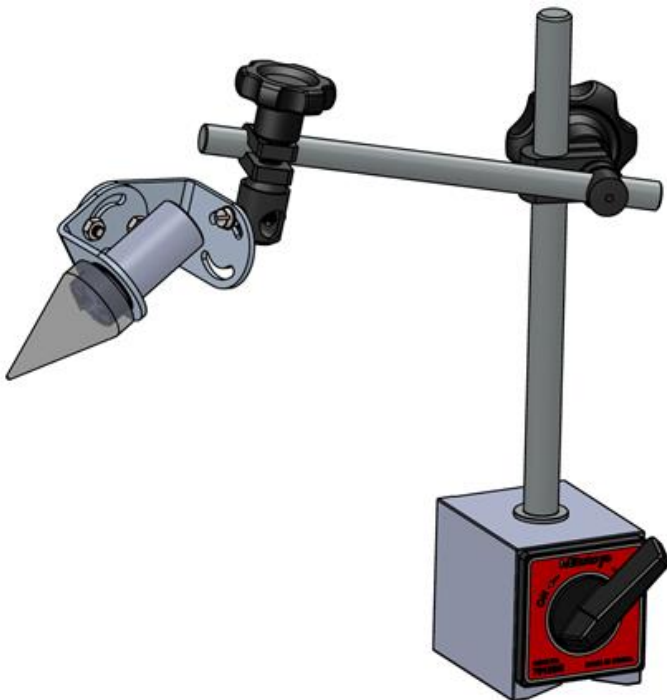
תיכון מתקן הידוק לפירומטר למדידת טמפרטורה נקודתית בכלי החיתוך בכרסום חריץ

הפרויקט בוצע בסמסטר ב' תשע"ט

שם הסטודנט: עומר זריהן

שנה ג' במסלול תכן ויצור

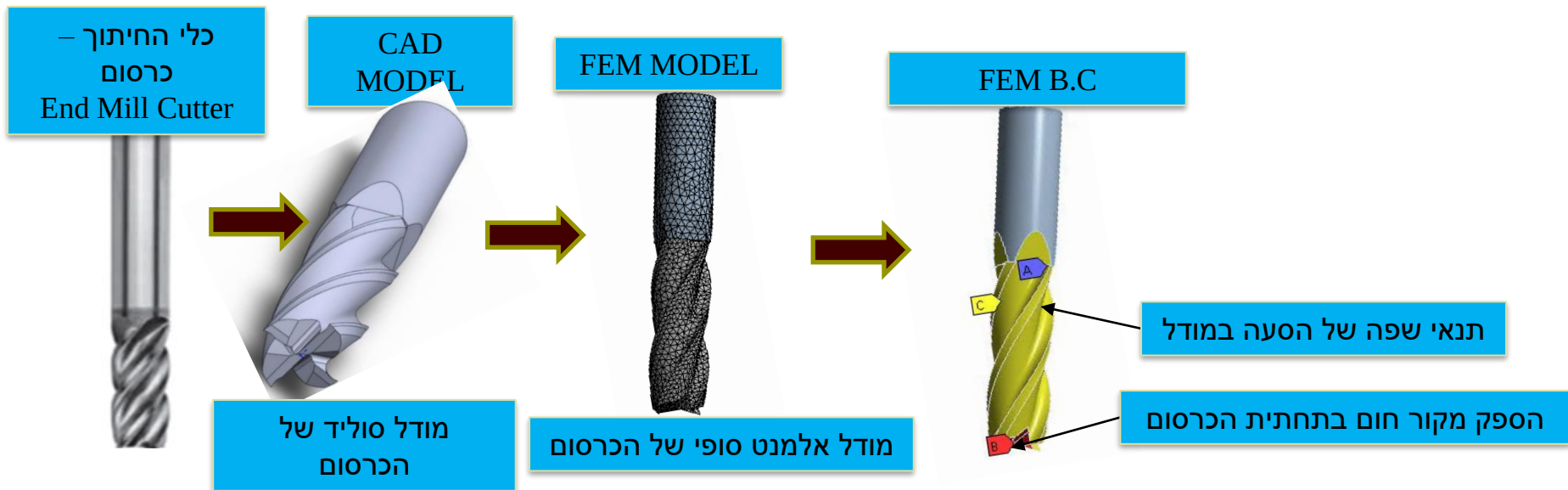
שם המנחה: איציק יפרח



תאור תיכון מתקן הידוק לפירומטר (חיישן טמפרטורה נקודתי) בעזרת מגנט מתכוונן

פרויקטי מחקר בהתמחות תכן ויצור – שנת תש"פ

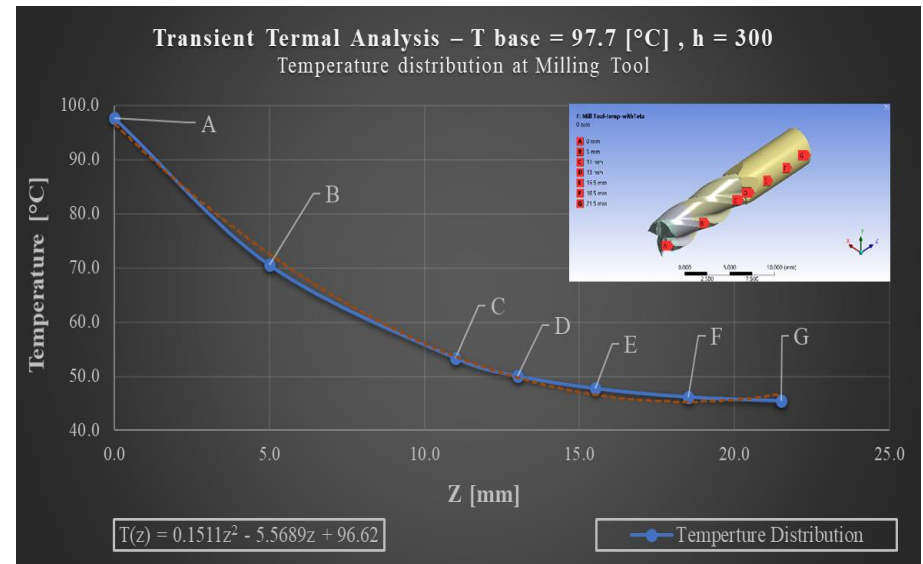
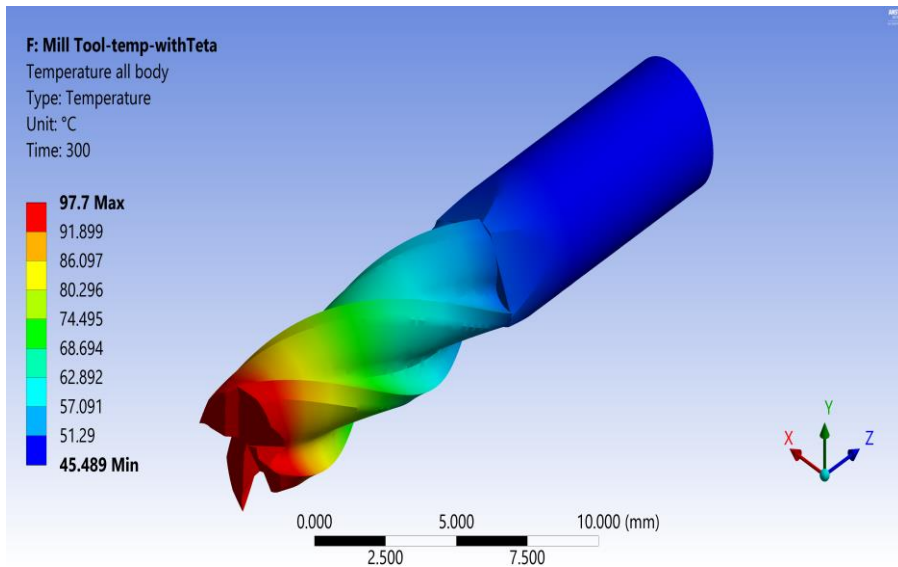
מודל תרמי של כלי החיתוך שעשוי מטונגסטן קרביד לשיבוב
כרסום חריץ בפלדה דלת פחמן



כלי החיתוך הינו כרסום קנה בעל 4 שיניים

פרויקטי מחקר בהתמחות תכן ויצור – שנת תש"פ

התפלגות הטמפרטורה לאורך כלי החיתוך שהתקבלה בתוכנת אנסיס כלי החיתוך הינו כרסום קנה בעל 4 שיניים

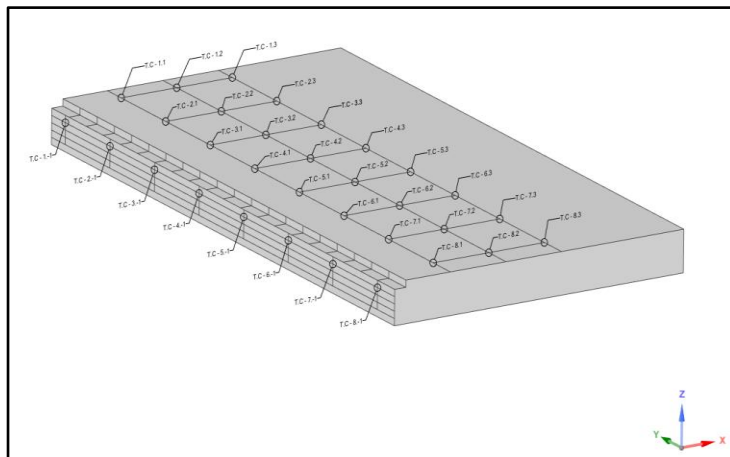
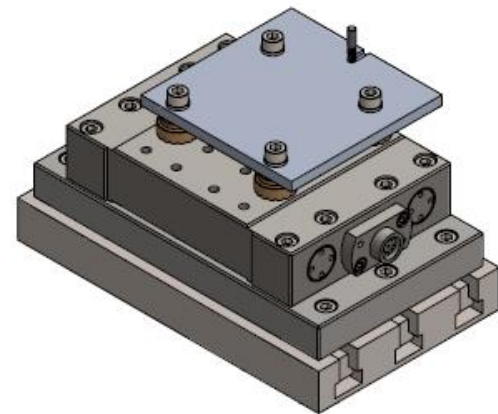
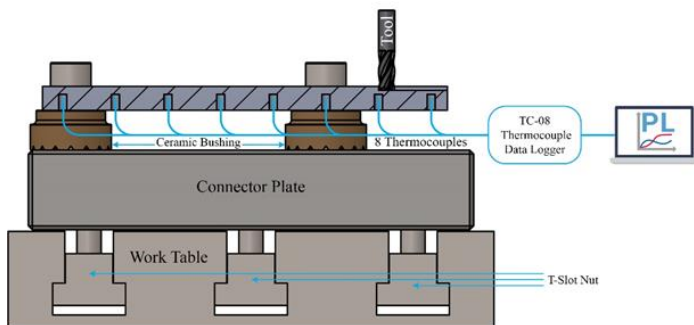


טמפרטורה מקסימלית בשפות החותכות של כלי החיתוך בגודל של 97 מעלות צלסיוס

פרויקטי מחקר בהתמחות תכן ויצור – שנת תש"פ

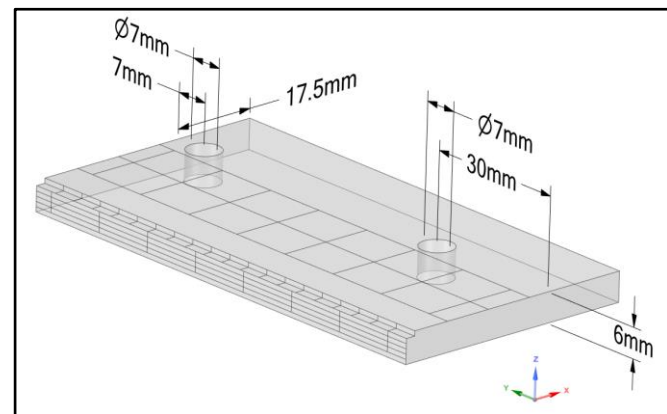
מודל חצי פלטה סימטרית:

תנאי שפה של ריתום בחלק הפנימי של שני הקדחים כפי שקיים במציאות



מודל חצי פלטה סימטרית:

מיקומי התרמוקאפלים בניסויים ובמודל אנסיס



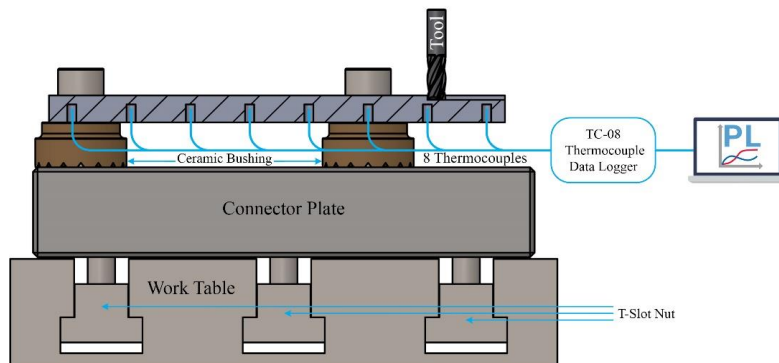
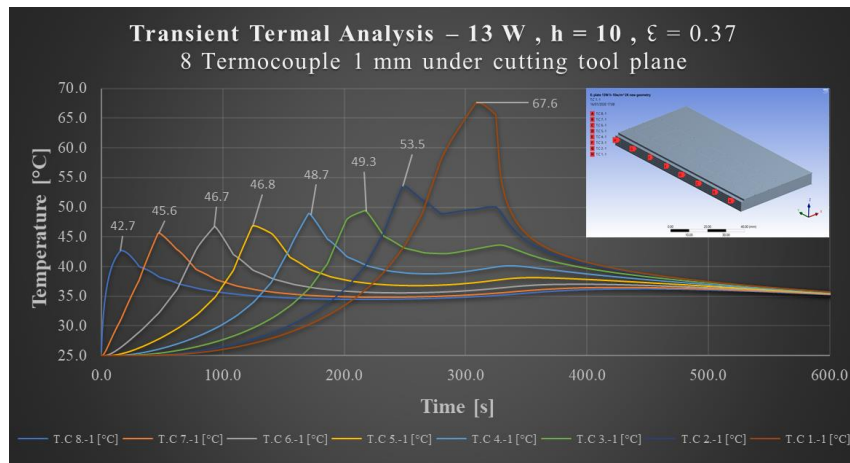
מודל חצי פלטה סימטרית:

מידות גאומטריות + מיקום הקדחים לריתום הפלטה

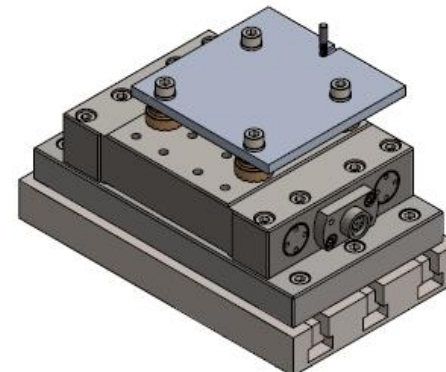
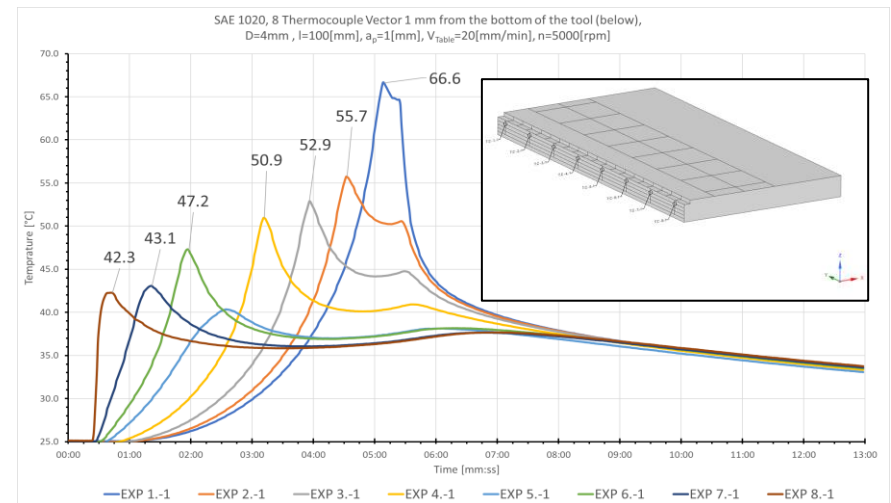
השוואת תוצאות ניסוי טמפרטורה לבין תוצאות המודל ב Ansys

ההשוואה עבור טמפרטורות במיקום 1 מ"מ מתחת לכלי החיתוך (תאורטית זה המיקום של התרמוקפלים בניסוי)

Ansys כיול טמפרטורות במודל



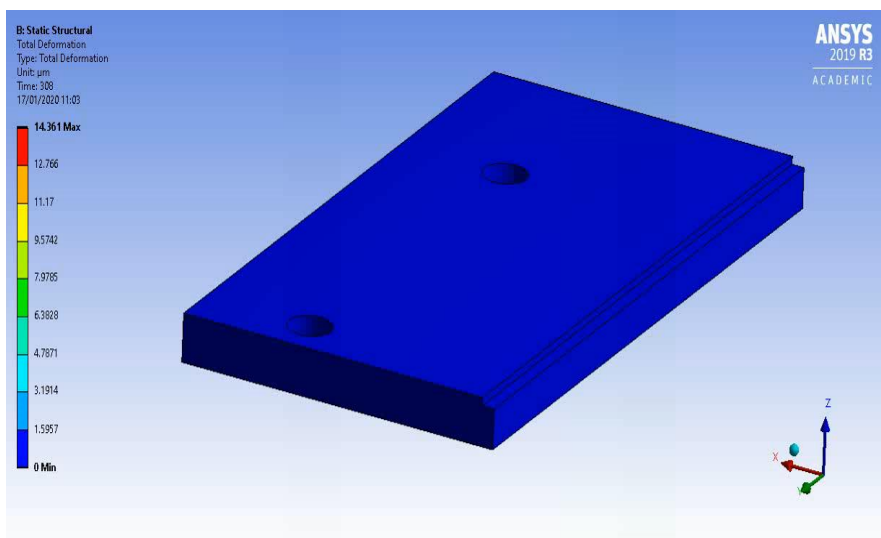
תוצאות ניסוי למדידת טמפרטורות



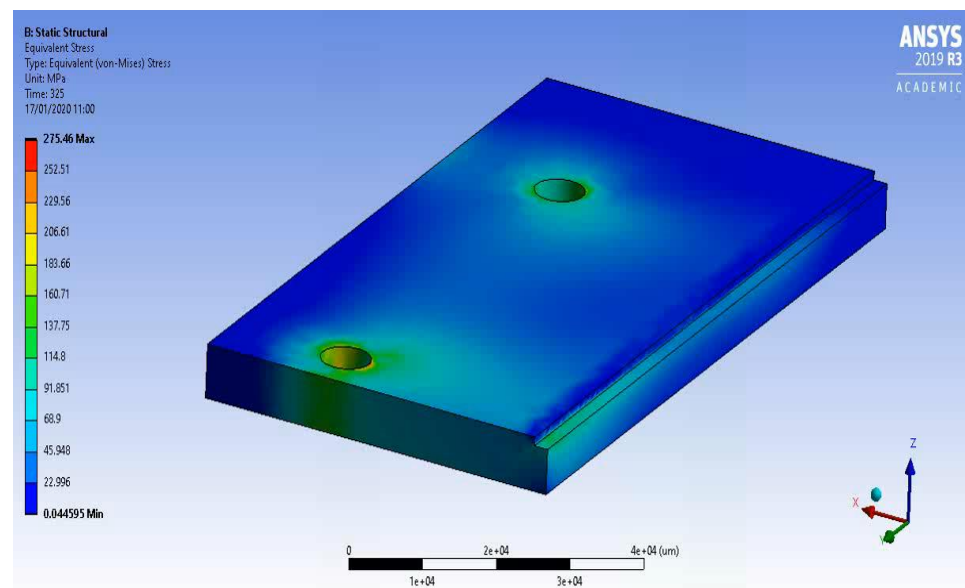
פרויקטי מחקר בהתמחות תכן ויצור – שנת תש"פ

מאמצים תרמיים ודפורמציות תרמיות בכלי החיתוך מתוכנת אנסיס

מודל חצי פלטה סימטרית: הוגדר ריתום בחלק הפנימי של שני הקדחים כפי שקיים במציאות



דפורמציות תרמיות בחומר גלם - תזוזה מקסימאלית $14.4[\mu\text{m}]$
המשמעות: שהדפורמציות התרמיות בחומר גלם זניחות

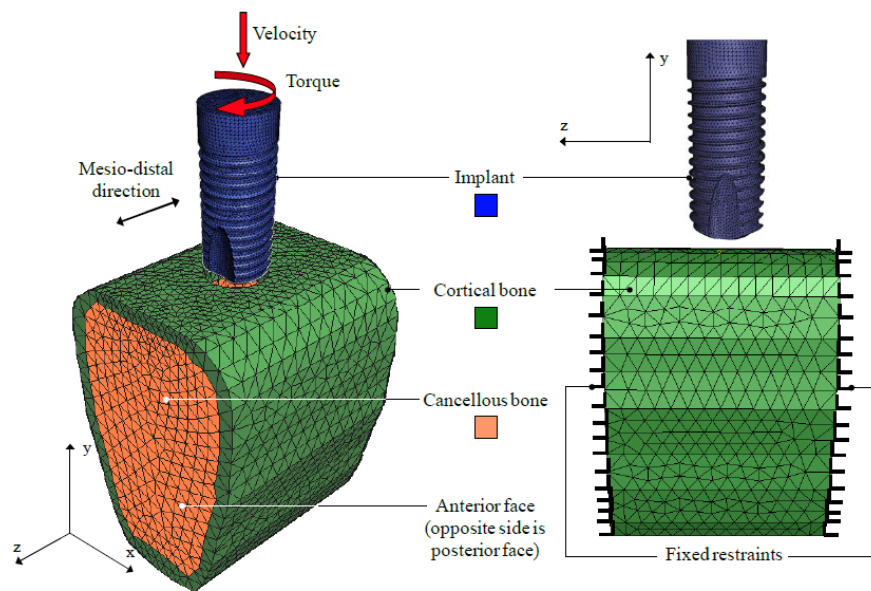


מאמצים תרמיים חומר גלם. מאמץ תרמי מקסימלי 275 MPa
המשמעות שאין כניעה בכלי החיתוך

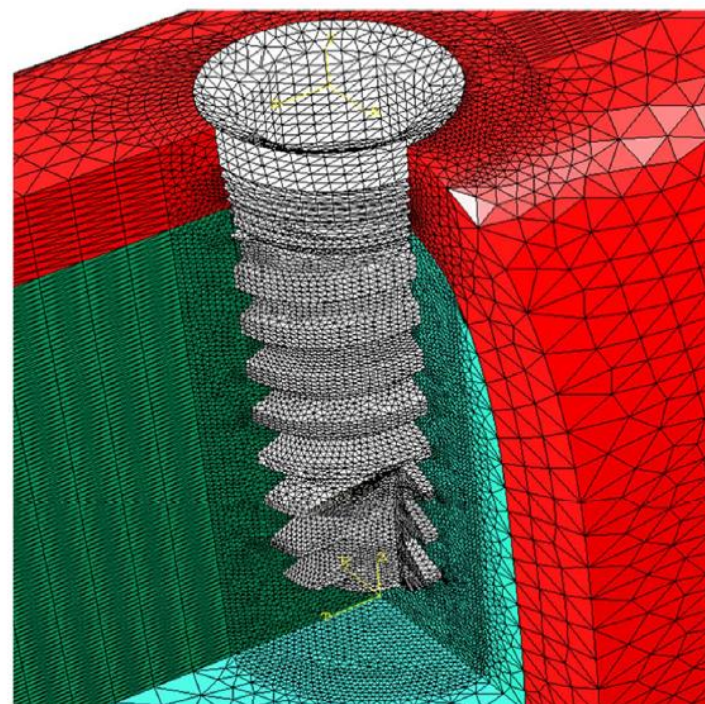
פרויקטי מחקר עתידי בהתמחות תכן ויצור

פיתוח מודל שיבוב מכני תרמי לחישוב כוחות הספקים וטמפרטורה בקידוח של שתלים דנטליים בעצם הלסת (מחקר עתידי)

שם המנחה: איציק יפרח



תאור רישות תנאי שפה ועומסים
במודל - השתל + עצם הלסת
בשיטת אלמנטים סופיים



תאור רישות פנימי של מודל שתל מטיטניום
ועצם הלסת בשיטת אלמנטים סופיים

רשימת חברי סגל נוספים שמבצעים פרויקטי מחקר בהתמחות תכן ויצור

- ☐ אהוד קרול
- ☐ מיכאל רגב
- ☐ סאמי אבו-סאלח

תודה על ההקשבה ובהצלחה רבה בלימודים! שאלות ?

