

הנדסת מכונות

11-53

פיתוח אב טיפוס לצינור חום מטיפוס Arterial Wick

ובדיקת ביצועיו

יואב שיץ, גל רביב

ירון חסיד, ד"ר ישעיהו וויס, מר מידד קורנגולד

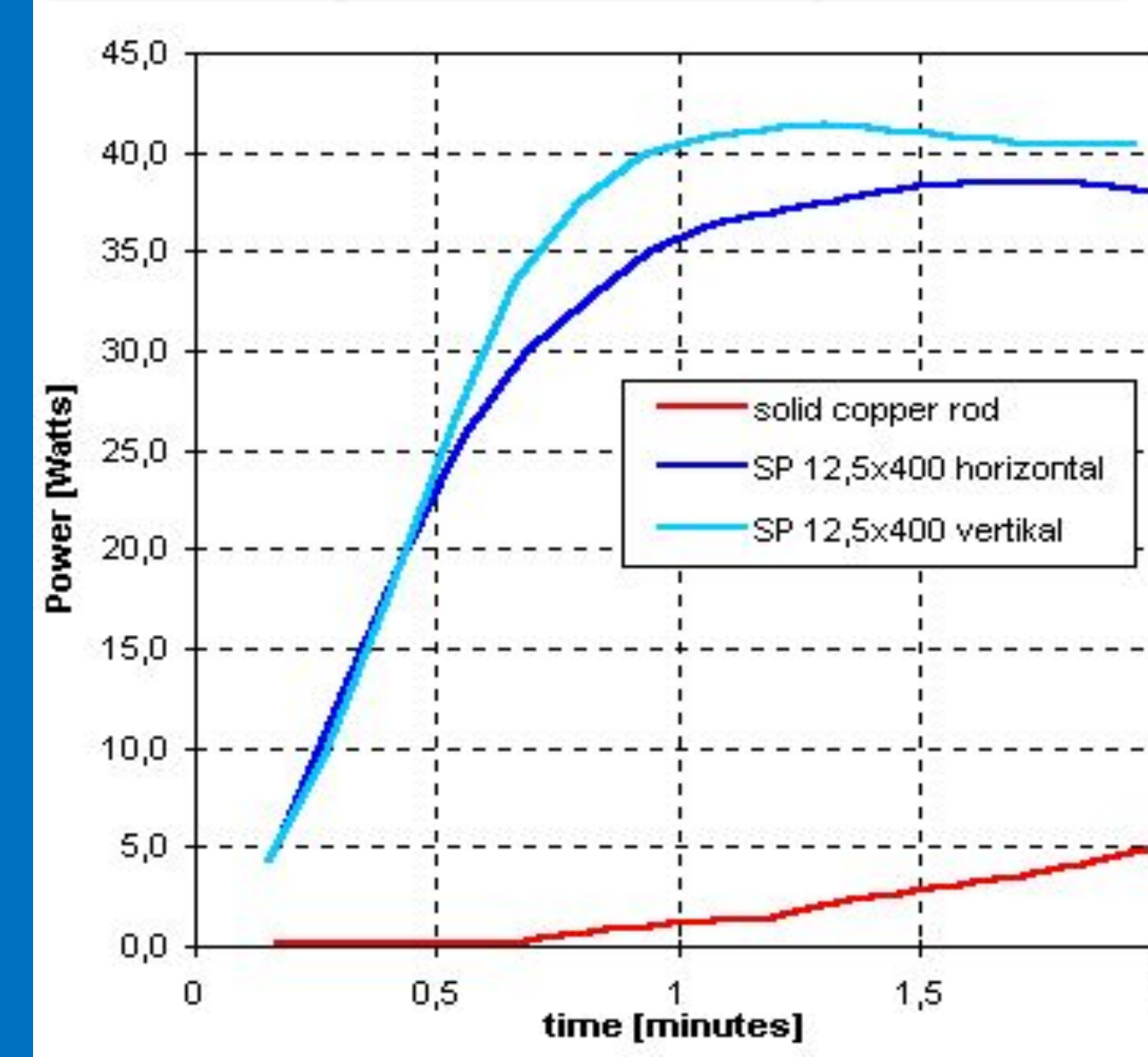
תקציר

פרויקט זה עוסק בצינור חום מסוג Arterial Wick, ובנה מודל מתמטי לאיפיון גבולות עבודת עמוד זוויות והספקים משתנים, נעשה תכן לפרופיל ליבת הצינור על פי מודל זה, יוצר צינור לפי תכן הפרופיל, שיקולי ייצור ועיבוד שבבי, נבנתה תוכנית ניסוי בתוכנת labview על סמך מכשירי מדידה וכלים שסופקו ע"י המנחים, בוצעו ניסויים, ניתוח תוצאות ואיפיון הצינור על סמך ניסויים אילו

1. כללי

תחום פניו החום תופס תאוצה ושינוי מגמה בשנים האחרונות. קבלי מחשבים, קירור מערכות לוויינים בחלל, התקנים אלקטרוניים הפולטים חום בצפיפות שטף גבוהה. אלה הם כמה דוגמאות לאתגרים החדשים הניצבים בפני מהנדסי התחום וחוקריו. צלעות קירור היוו פיתרון מספק לפינוי חום. עלייה מעריכית [3] בהספק החום היוצא ממערכות אלקטרוניות הביאה דרישה לאמצעים טובים יותר. צינור החום הגדולה בכשני סדרי אופטימאלי. התקן פאסיבי בעל מוליכות חום הגדולה בכשני סדרי מודל מצלעות קירור. עקב האכילס של מחליף חום זה, הוא משולב בעבודה, בזווית בה זורם העבודה נדרש להגיע אל המאייד. ללא כח מניע ואף כנגד כוחות הכבידה. בפרויקט זה תכננו ואפינו צינור חום פאסיבי אשר מסוגל לעבוד כנגד כוח הכבידה.

השוואה בין צלע נחושת לבין צינור חום

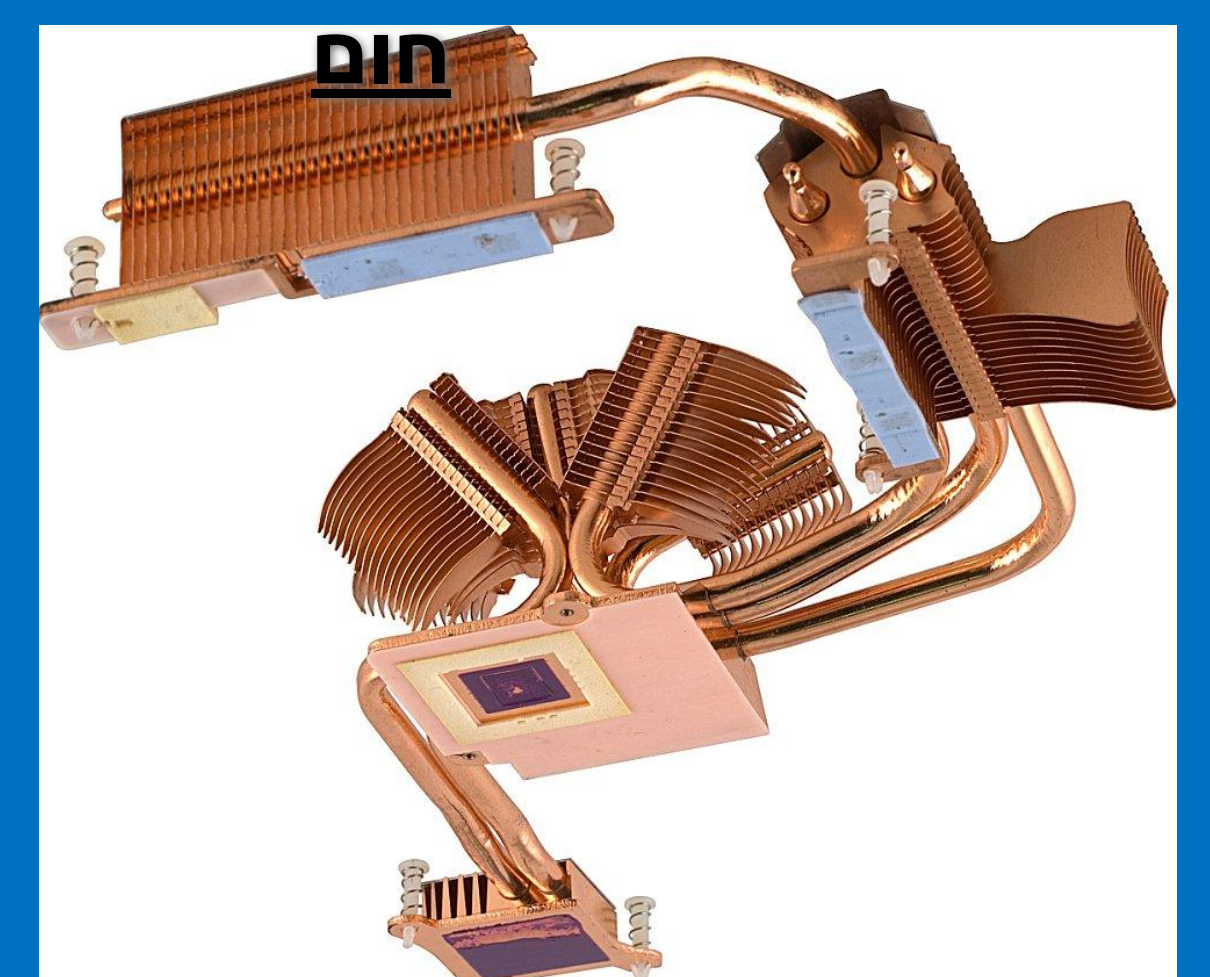


2. פלטפורמות טכנולוגיות בהם קיים שימוש בצינורות חום.



F-35 (JSP)

3. תצורות שונות לצינורות חום



4. אופן פעולת צינור החום:

צינור חום מוגדר כהתקן אשר מעביר חום מנקודה מסוימת לנקודה אחרת. הצינור מחומם בצידו האחד, חום עובר ממקור החום אל הזורם. הזורם משנה פאזה מנוזל לאד, כאשר הלחץ הנוצר בתוך הצינור הינו לחץ הרוויה שתלוי בטמפרטורת העבודה של הצינור. האדים מתפשטים דרך חלל הצינור לצידו השני הקר של הצינור, במהירות קרובה למהירות הקול ומתעבים בחזרה לנוזל. עם מעבר האד לצידו האחר של הצינור מועבר החום הכמוס (Latent heat) של הזורם. כאשר מתבצע עיבוי במעבה של הצינור מתפנה החום אל החלל החיצוני של הצינור, לעיתים בעזרת צלעות קירור. הנוזל חוזר בחזרה למאייד להמשך התהליך.



5. הגדרת הבעיה: חזרת הנוזל אל המאייד היא אבן הגף של צינור החום. דרימה זו נעזרת בתאוצת הכבידה. בפרויקט זה אנו בונים צינור שיפעל ללא זאף כנגד תאוצת הכבידה.

6. משוואת מפל הלחצים בצינור

משוואה 1 מתארת את משוואת הלחצים בצינור עבור עליה של הנוזל במעלה הצינור. מתוך המשוואה ניתן לראות את האתגר הגדול בבניית צינור מסוג זה, לחצים רבים פועלים כנגד הנוזל בעת עלייתו מהמעבה אל המאייד.

$$(1) \Delta P_c = \Delta P_{la} + \Delta P_g + \Delta P_{lm} + \Delta P_v$$

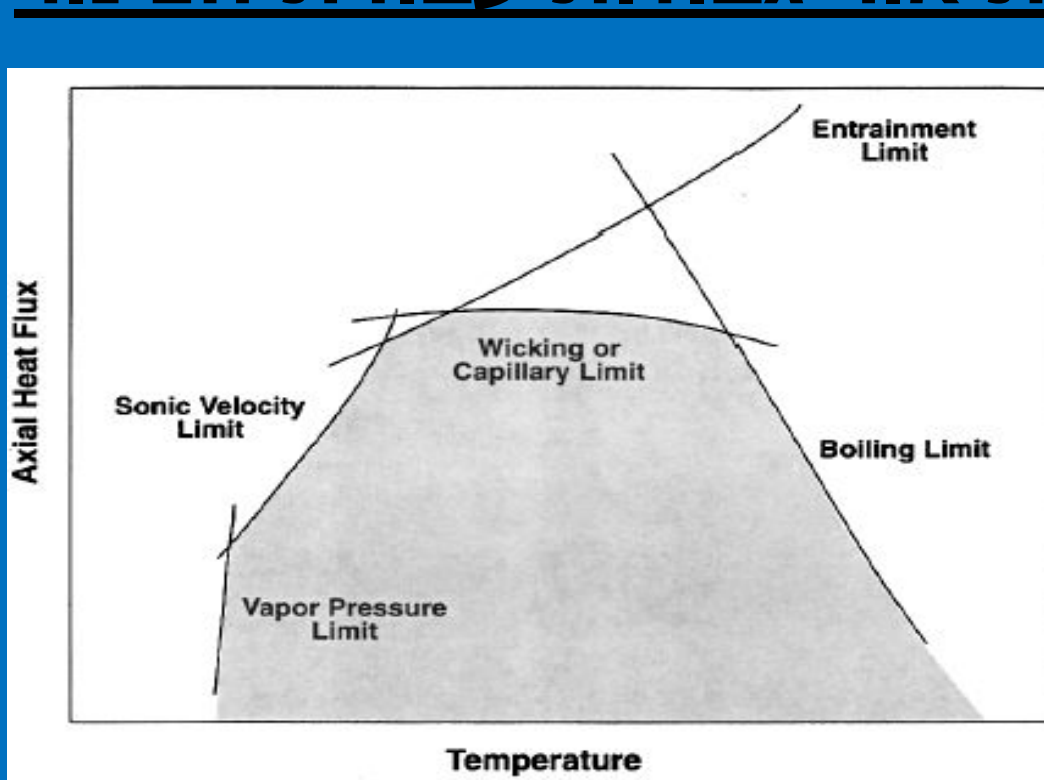
$$2\sigma/r_c = \frac{4K_l \times l_{eff} Q}{a_d^2 b_d^2 \theta_c N} + \rho_1 \cdot g \cdot l_{tot} \cdot \sin(\varphi)_g + \frac{K_l \times l_{eff} Q}{2K_c} + \frac{1}{2} \left(\frac{8K_v l_{eff} Q}{\pi r_H^4} \right)$$

C - מפל לחץ קפילארי של הנוזל. La- מפל לחץ כתוצאה מפסדי זרימה בעורקים. g - מפל לחץ כתוצאה מעומד סטטי. Lm- הפסדי זרימה ברשת הקפילארית. V - הפסדי זרימה של האד בצינור.

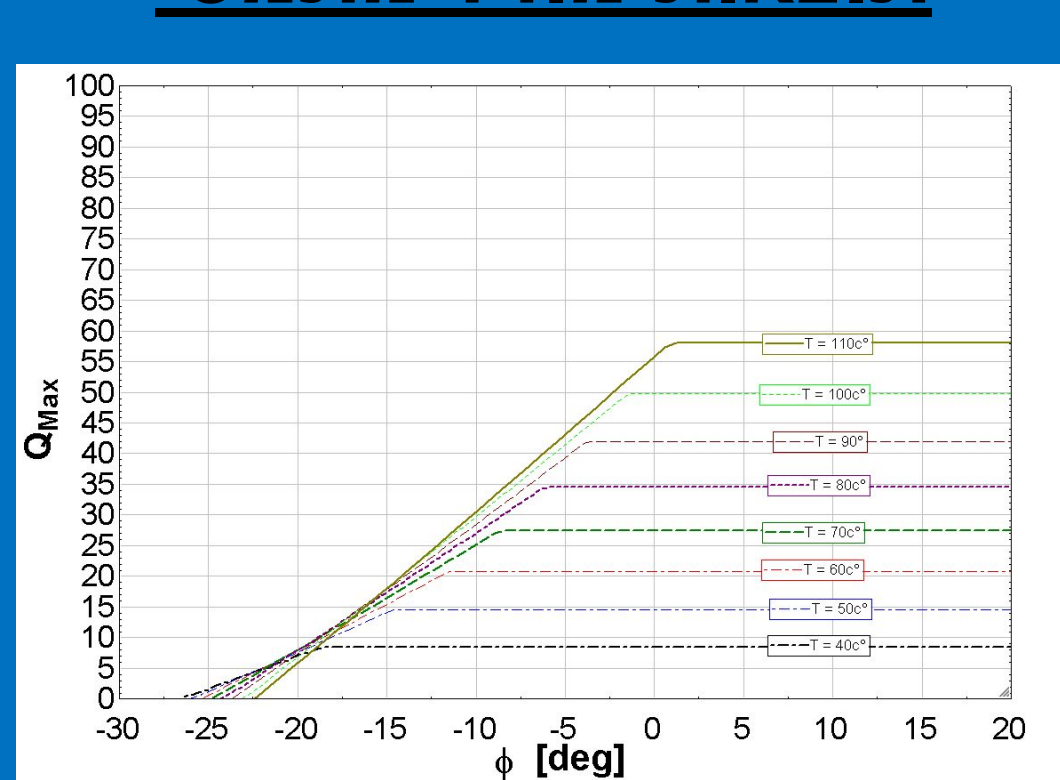
7. גבולות עבודה צינור חום:

ישנם גבולות עבודה רבים אשר מגבילים את הצינור מהחום העורקי. יצרנו מודל מתמטי ממחושב אשר מחדש את גבולות עבודת הצינור בכדי לבחון את הכדאיות שביצור צינור מסוג זה.

תיאור גבולות עבודת הצינור

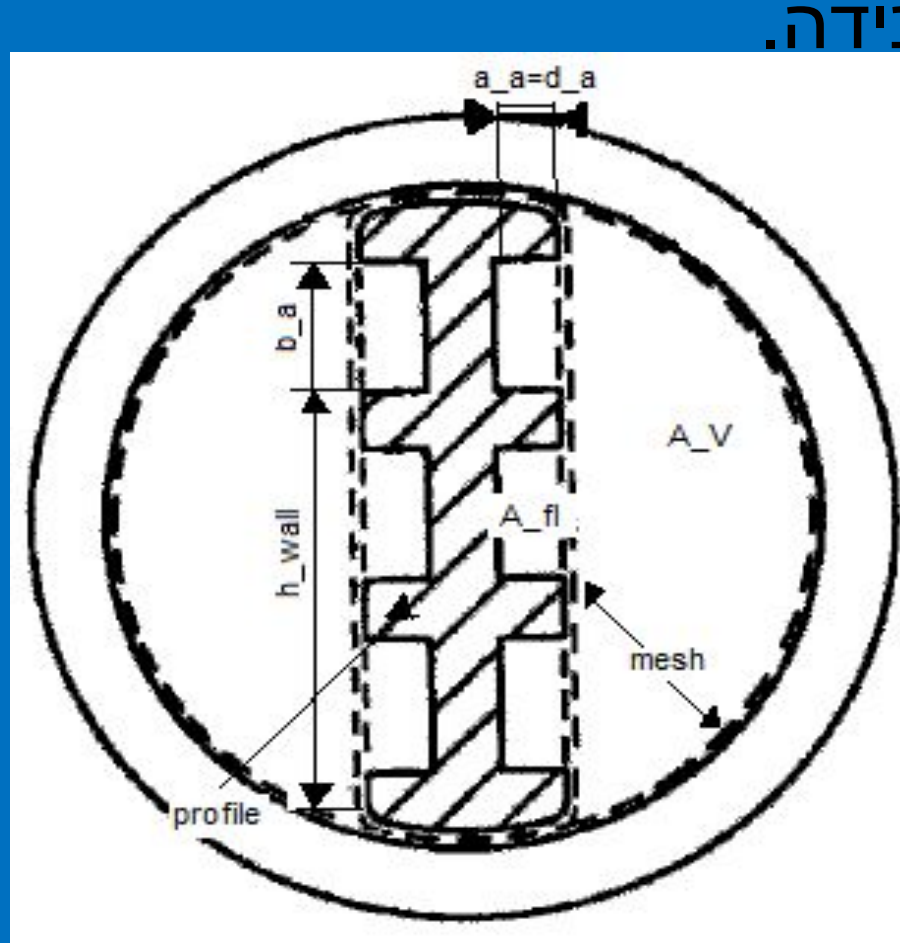
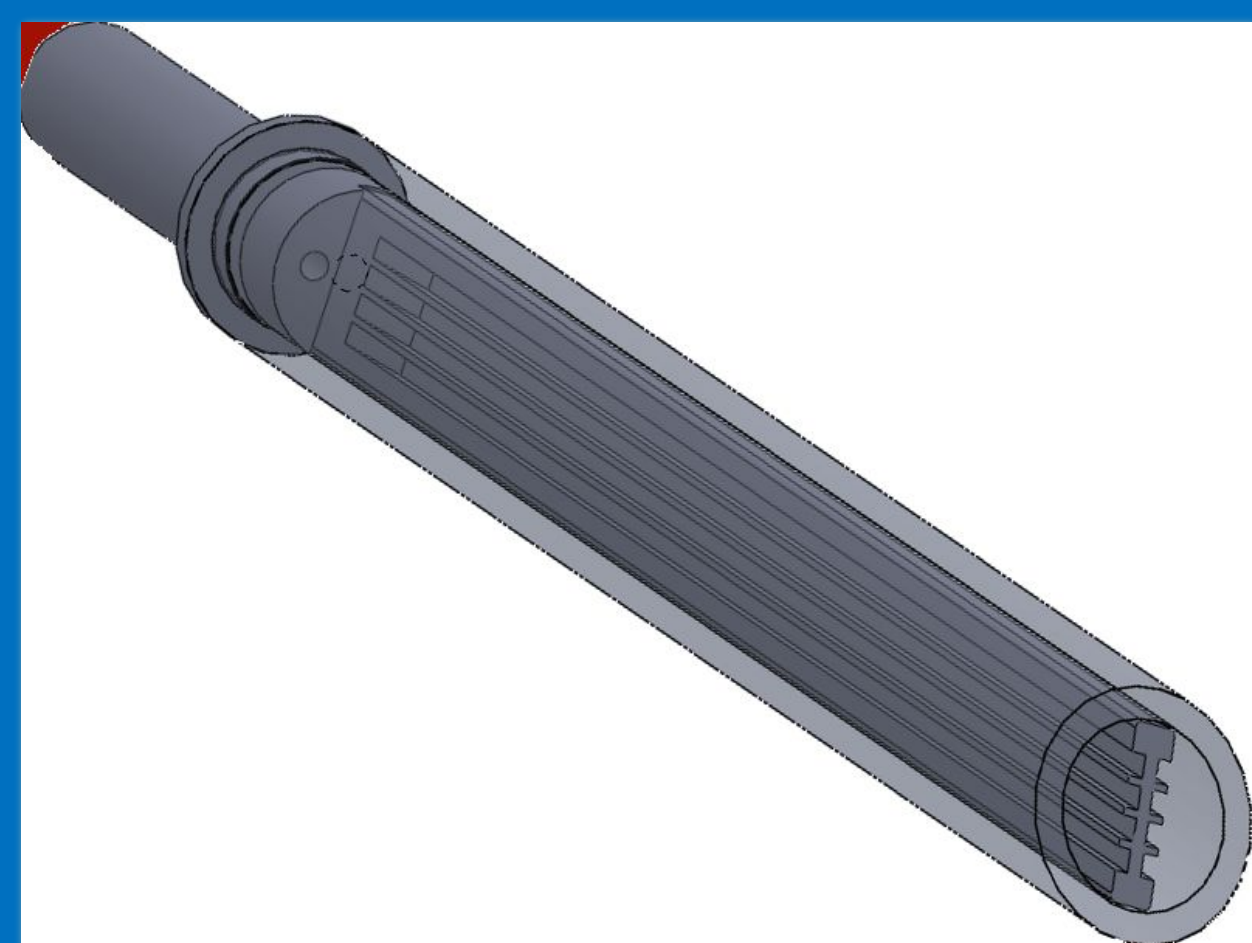


תוצאות מודל מתמטי



8. הפתרון:

שימוש במבנה קפילארי הכולל ליבה בעלת עורקי זרימה ורשת סביב הליבה ובדופן ההיקפית של הצינור. מבנה זה, בשילוב מתח הפנים של הזורם, מאפשר זרימה קפילארית של הנוזל כנגד תאוצת הכבידה.



דרישות גיאומטריות לצינור: אורך 1[m], קוטר חיצוני 16[mm], קוטר פנימי 12[mm].

ליבה: אורך 970[mm], רוחב 2.5[mm], גובה 11[mm], בעלת 4 עורקי זרימה בכל צד.

9. הרכבה וייצור הצינור:

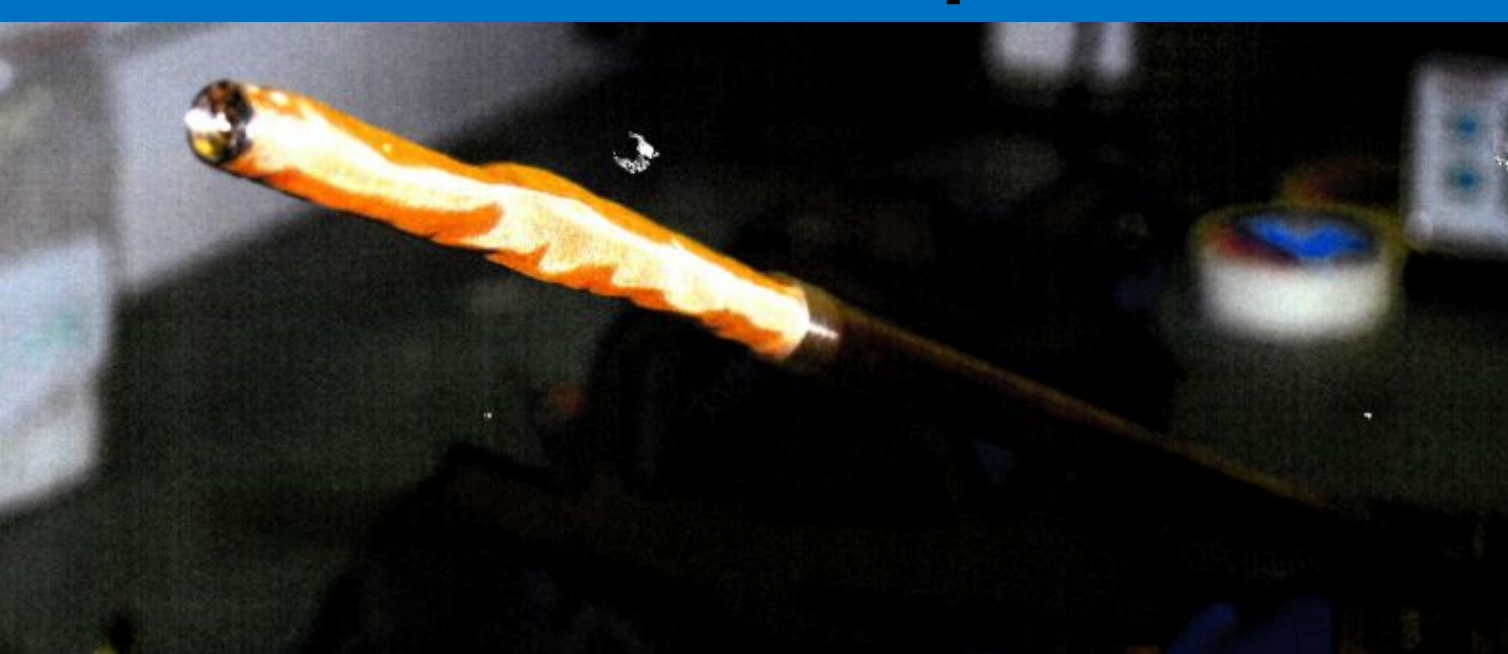
ליבת הצינור היא גוף בעל יחס בין פרופיל החתך לבין אורכה 1/1000. הפרופיל קטן ביותר ולאורך כל הליבה חרוטות תעלות הזרימה, אשר מחייבות טולרנס קטן ביותר. ייצור הליבה הוא אתגר קשה.

המבנה הקפילארי כולל בתוכו ליבה, עליה מלופפת רשת קפילארית, ורשת נוספת מתוחה בדופן הצינור.

איור 2 מתאר את ריתוך הליבה אל הרשת הקפילארית. בדיעבד ביחד עם ייצור הליבה, אלו הם שני המכשולים הגדולים בפרויקט זה.



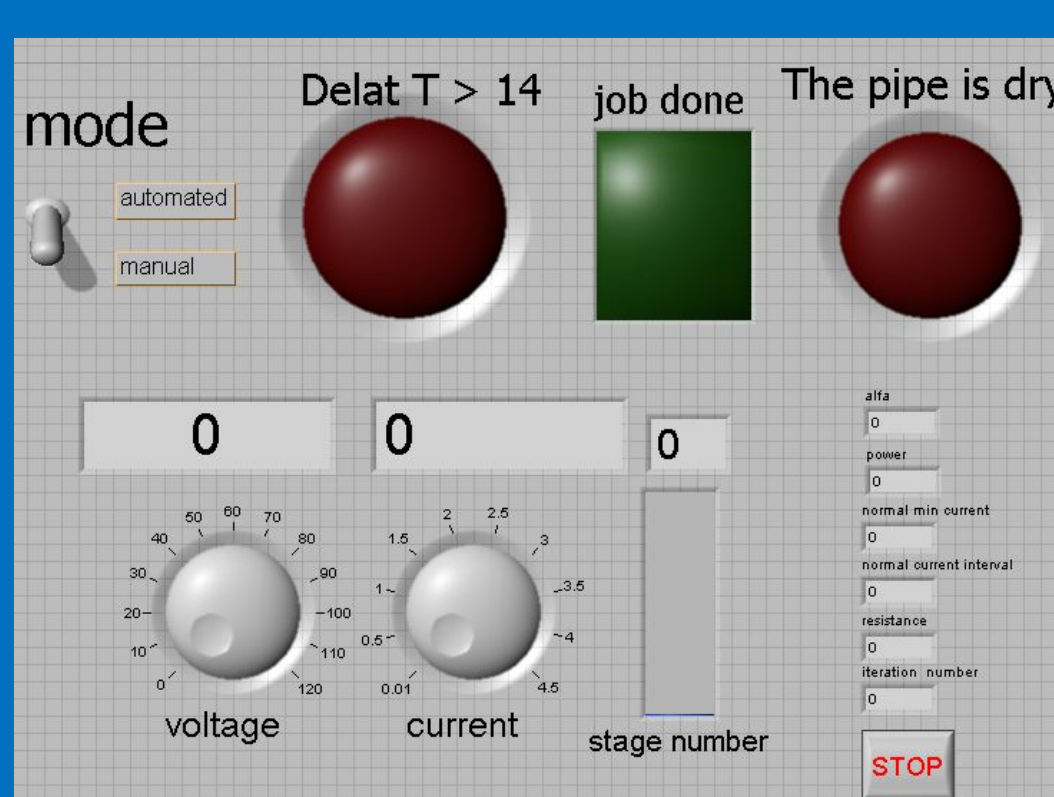
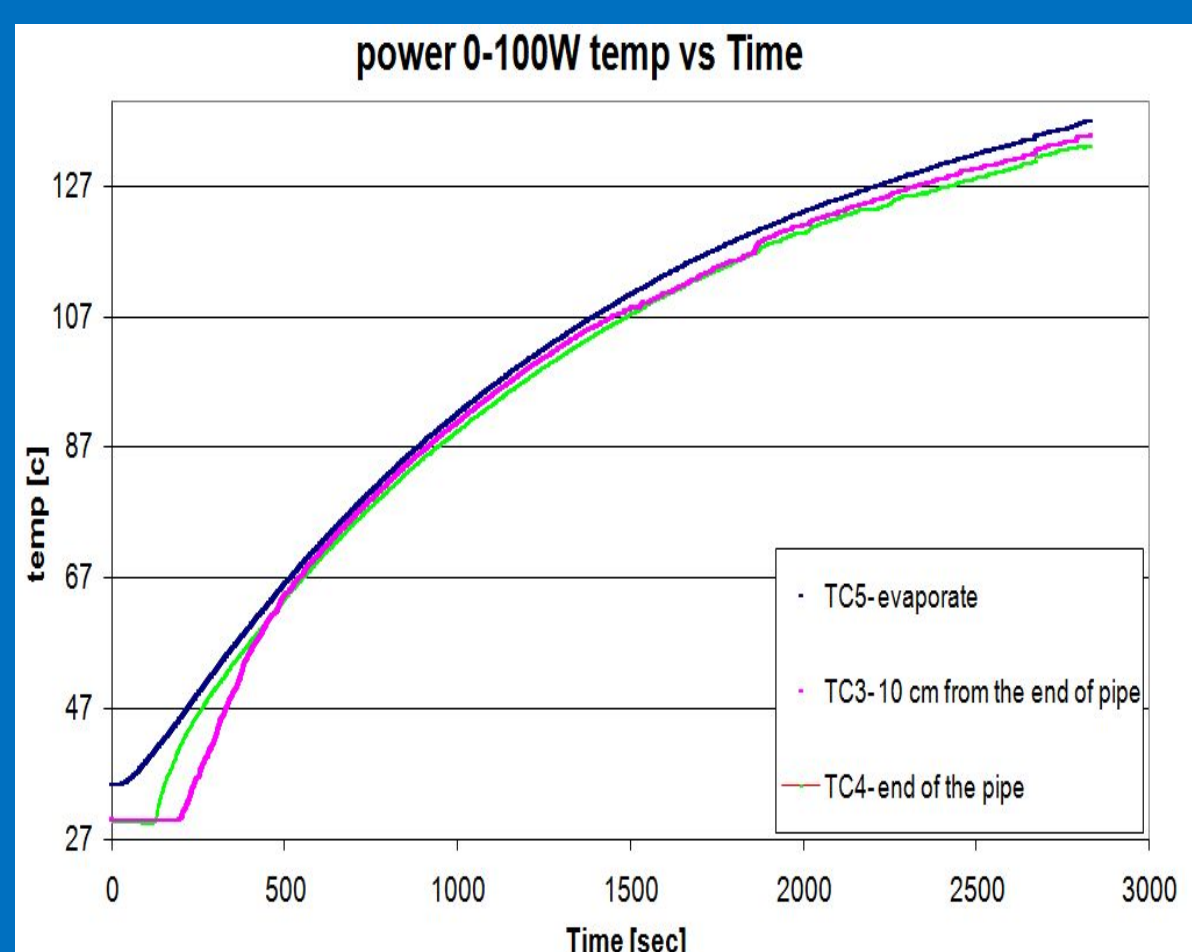
ריתוך הרשת אל הליבה



הכנסת הליבה לתוך הצינור

10. תוכנת ניסוי:

נכתבה מערכת ניסוי בתוכנת LabView, תוכנה המקשרת בין משתמש לחומרה, התוכנה מאפשרת בניית מערכת פיקוד בקרה ושליטה בשלל פרמטרים.



תודות:

1. אנו מעוניינים להודות למנחים שלנו ד"ר ישעיהו וויס, מר מידד קורנגולד ומר ירון חסיד על הליווי הצמוד והמקצועי.
2. תודה למר משה לוי על העזרה במהלך הפרויקט.
3. תודה למר שי שרעבי על העזרה בכתיבת תוכנית ב-labview.
4. תודה לפרופסור חיים קלמן שאירח אותנו במעבדתו לצורך ביצוע ניסויים.
5. תודה גדולה למר איליה זילברמן אשר תמך בנו במהלך הקמת מערכת הניסוי.