

תיכון רפלקטור נייח למתקן סולרי כפרי לבישול

תקציר לספר הפרויקטים

מגיש : צח נחום

ת.ז. : 036065332

מנחה : יהודה שוורץ

יוני 2008

תקציר

מטרת הפרוייקט

הפרוייקט דן בשיפור ביצועיו של תנור בישול סולארי שהתכן שלו בוצע בשנת 2002 באוניברסיטת תל אביב. התנור בנוי כקופסה עם מכסה זכוכית עליון ורפלקטור שטוח הניצב לתנור. התנור צמוד לקיר דרומי של בית מגורים וקולט קרני שמש שחודרות דרך המכסה ישירות ומקרינה מוחזרת של הרפלקטור, ומחממת את הסירים על ידי חימום משטח פנימי שחור. בדרך זו התנור אינו מגיע לטמפרטורה גבוהה מספיק כדי לבשל מגוון רחב של תבשילים אשר דורשים חימום בטמפרטורה גבוהה יותר. מטרת הפרוייקט היא להוסיף רפלקטור תחתון בכדי לתגבר את שטף הקרינה לתוך התנור גם דרך הפאה התחתונה שלו.

מפרט דרישות

- הרפלקטור יגביר את כמות הקרינה ועל ידי כך יהיה ניתן לבשל מגוון רחב יותר של מאכלים.
- הרפלקטור יעמוד בתנאי סביבה כגון גשם, רוח, טמפרטורות קיצוניות ואבק.
- שילוב הרפלקטור בתנור הקיים יצריך שינויים מינימליים במבנה התנור.
- מחירו הכולל של שדרוג התנור לא יעלה מעל 25% מערך התנור.

מהות העבודה

- לימוד של תחום האנרגיה הסולארית, מושגים, ומיקומים יחסיים בין כדור הארץ לשמש.
- לימוד של מערכות בישול סולאריות הקיימות בשוק בתקופתנו.
- סקירה של תנורים ולמידת הביצועים של התנורים הקיימים בשוק.
- סקירה של רפלקטורים הקיימים בשוק אשר פעולתם היא חימום מלמטה.
- בחירת גאומטריה עבור הרפלקטור התחתון על ידי שימוש בתוכנת מהלך קרניים.
- מאזני חום על המערכת כולה לחישוב טמפרטורת הבישול של התנור המשודרג.

הצגת החלופות

ראשית נציין כי הנחה בפרוייקט זה הינה שהמערכת עוקבת אחרי תנועת השמש בציר האופקי. החלופות נבחנו כנגד שני פרמטרים עיקריים :

1. גאומטריית רפלקטור שתקלוט את כמות שטף הקרינה המירבית שעוברת אל הלוח התחתון של התנור.
 2. עלות הרפלקטור.
- קיימות ארבע חלופות לפרוייקט :
- זוג רפלקטורים ישרים תחתיים עם זווית מסוימת ביניהם.

- רפלקטור פרבולי מרכז.
 - רפלקטור פרבולי בצורת שרוול.
 - רפלקטור פרבולי/עיגולי תחתון.
- הבחירה של חלופת רפלקטור פרבולי/עיגולי תחתון נבעה עקב פשטות היצור שלו באופן יחסי לשאר החלופות, מחירו הזול גם כן באופן יחסי לחלופות האחרות, והעובדה שאיננו צריכים להשתמש במערכת עקיבה בשני צירים כמו בשתי החלופות הראשונות.

תכנ המערכת

תוכנן רפלקטור פרבולי תחתי, אשר מבחינה גאומטרית יספק את כמות הקרינה המקסימלית בכל עונות השנה עם התחשבות בשינויי הזווית של פגיעת הקרניים המגיעות מהשמש.

הגאומטריה נבחרה משיקולי כיוון השמש לבחירת זווית החלון, באמצעות אופטיקה לבחירת כיוון ציר הפרבולה ושימוש בתוכנה של מהלך קרניים OptiCad על מנת לקבוע את עומק הפרבולה.

מידות הרפלקטור במצב שטוח $1378mm * 950mm$ ואת צורת הפרבולה הוא מקבל מהפינים המחוברים למגיני הצד של התנור, ניתן לתת לרפלקטור צורה מעגלית התחלתית באמצעות מערגלת על מנת להקל על התקנתו.

הרפלקטור עשוי מאלומיניום בעובי $0.5mm$ בעל רפלקטיביות של 96% אשר משמש בתעשייה להגבר אור בפלורוסנטים של תקרות אקוסטיות.

מגיני הצד עשויים מפלדה 304 (נירוסטה) בעובי $0.8mm$ בעיקר בגלל עלותם הזולה והיכולת להשתמש בפלטה דקה.

הזכוכית שנבחרה לכיסוי התנור על מנת להגן מאבק ומפגעי מזג האוויר הינה זכוכית רגילה לא מחוסמת בעובי $3mm$, מקדם העבירות של הזכוכית הינו 0.9 והיא עמידה בפני קרינת UV.

חישובי קרינה

חישובים אלו נעשו באמצעות שילוב של חישובים ידניים של הפסדי הקרינה בעקבות מעבר הקרניים דרך החלון, ושימוש בתוכנת ה- OptiCad אשר מאפשר קביעת רפלקטיביות של החומר, ועל ידי כך מחשבת את ההפסדים בעקבות הרפלקטור. ישנה חשיבות רבה לשימוש בתוכנה זו, מכיוון שישנם קרניים אשר פוגעות יותר מפעם אחת ברפלקטור הפרבולי, וכל פגיעה גורמת להפסד נוסף בקרינה.

חישובי מעבר חום

ביצועי הרפלקטור הפרבולי משביעים רצון ועומדים בדרישות שהצבנו ברוב עונות השנה.

בתקופת הקיץ קיבלנו תרומה של 20% שיפור בביצועי התנור, בעונות המעבר שיפור של 10% ובחורף בעצם הרפלקטור הוריד מביצועיו של התנור. הסיבה לכך היא פתיחת הבידוד בתחתית התנור על מנת לאפשר לקרניים המגיעות מהרפלקטור להכנס דרך הפלטה התחתונה של התנור שלפני הוספת הרפלקטור הייתה מבודדת.

תמחיר

בוצע תמחיר של הוספת הרפלקטור עבור אבטיפוס ועבור כמות של 100 יחידות. מחיר הוספת הרפלקטור לתנור עבור יצור של 100 יחידות הינו 343 ₪ שמהווים 25.2% מערך התנור המקורי:

- רפלקטור: 52 ₪.
- זכוכית: 52 ₪.
- 2*מגיני צד: 104 ₪.
- 4*מחברים: 68 ₪.
- 2*מוטות חיבור: 34 ₪.
- צינור 5 צול: 17 ₪.
- ברגים, אומים, סיליקון: 68 ₪.
- פלטת נירוסטה שהורדנו מהתנור המקורי בעקבות הבידוד: 52- ₪.

מסקנות

המערכת עמדה בדרישות שהצבנו ברוב ימות השנה, שיפרנו את יכולות הבישול של התנור בכ- 15%. בחורף הרפלקטור לא משפר את ביצועי התנור ואפילו מזיק במעט, אך גם לפני הוספת הרפלקטור השימוש בתנור בימי החורף לא היה אפשרי בגלל הטמפרטורה הנמוכה אליה הוא הגיע. מחיר המערכת קרוב מאוד למחיר היעד אותו קבענו שהוא 25% ממחיר התנור המקורי שהוא 1360 ₪, ולכן עמדנו בדרישה זו.

המלצות להמשך

- החלפת החומרים לחומרים ממוחזרים ועל ידי כך להוזיל את מחיר התנור.
- הוספת מערכת עקיבה אשר עוקבת בציר אופקי אחרי השמש.
- בניית התנור והשוואת ביצועיו לתאוריה.
- הוספת מנגנון אגירת חום על ידי חומר עובר פאזה.
- יצירת אפקט התרמוס על ידי שתי זכוכיות שביניהן יש ואקום, ועל ידי כך הקרניים הנכנסות לתנור יכנסו בקרינה והחום ישמש בגלל מקדם ההסעה הנמוך של ואקום.
- יצירת ציר סיבוב אשר יאפשר לקפל את הרפלקטור ובכך לקבוע בחורף גאומטריה שונה אשר תגדיל את שטף הקרינה.
- הוספת מאוורר הפועל על אנרגיית שמש לפיזור שווה של החום בתוך התנור.
- בידוד הפלטה התחתונה של התנור בימים בהם הרפלקטור מוריד את יעילותו של התנור.