פינוי טבליות מאריזת בקבוק

פרויקט תכן מוצר חדש – 034353/4

המנחה
מר כפיר כהן

דן שלומברג, מני כהן וסתיו סלינס

הלקוח
איציק ברוך
תרו – תעשייה רוקחית בע"מ

TARO
Pharmaceutical Industries Ltd

תקציר

- מטרת פרויקט זה לייצר עבור חברת תרו מתקן לפינוי טבליות מאריזות בקבוק שתחתיתן נחתכה. המתקן הינו חלק ממערכת כוללת לריקון תכולת בקבוקים לצורך אריזת התכולה מחדש.
- כיום, פינוי הטבליות מתבצע באופן ידני באמצעות חיתוך הבקבוקים בסכין, הגורם לפציעות רבות בקרב עובדי המפעל. המערכת, שנועדה למנוע בעיית בטיחות זו, אף תייעל את התהליך ותחסוך למפעל משאבים רבים.
- המתקן יוצר מפלב"ם (SS-316L), בהתאם לתקני המפעל עבור מתכות הבאות במגע עם תרופות.
- חיתוך הבקבוקים מבוצע באמצעות מתקן שפותח על-ידי קבוצת סטודנטים מהטכניון בשנת הלימודים תשע"ג ונמצא ברשות חברת תרו.

דרישות הלקוח

- דרושה הצלחה של 90% בפינוי הטבליות מבקבוקים שתחתיתם נחתכה לפחות ב-95% מהיקפה.
- מתקן הפינוי ימשיך בצורה רציפה את פעולת מתקן החיתוך ויותאם באופן אוטומטי לקצב עבודתו.
- המתקן יתאים לפינוי תכולת בקבוקים בנפחים 60-100 מ"ל.
- הטבליות לא יפגמו בעת הפינוי מהבקבוקים.
- אין לאפשר חדירת שאריות פלסטיק חתוכות למיכל הפינוי.
- על המתקן להיות נייד – שינוע באמצעות מלגזה. יש לאבטח המתקן בעת ההובלה, כך שלא יפגע.
- המתקן יעמוד בתנאי סביבת עבודה של חדר נקי, כפי שנהוג במפעל.

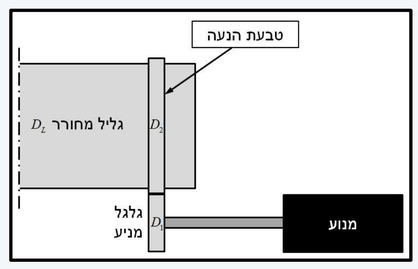
עיקרון פעולה

- בקבוקים בעלי תחתית חתוכה נופלים מקצה מכונת החיתוך דרך משפך לתוך גליל מחורר, בו מותקן חילזון עם כפות להפיכת הבקבוקים.
- הבקבוקים נעים לאורך הגליל באמצעות החילזון ומתהפכים במהלך תנועתם באמצעות הכפות. כך, מפונות מהם הטבליות ומובלות דרך החריצים שבגליל אל מיכל איסוף. זאת, לאחר סינון שאריות פלסטיק משלב החיתוך.
- הבקבוקים הריקים עוזבים את הגליל בקצהו ונאספים בארגז נפרד.

חישובים

- חישוב עבור מומנט המנוע הדרוש להנעת הגליל :

$$D_1 = 0.046[m] \quad M_1 = 0.106[kg]$$
$$D_2 = 0.224[m] \quad M_2 = 0.77[kg]$$
$$D_L = 0.2[m] \quad M_L = 10.17[kg]$$



$$\left.\begin{aligned} J_{370W} &= 9.7\times10^{-4}\left[kg\cdot m^2\right] \\ J_1 &= \frac{1}{8}M_1D_1^{\,2} = 2.8\times10^{-5}\left[kg\cdot m^2\right] \\ J_2 &= \frac{1}{8}M_2D_2^{\,2} = 4.83\times10^{-3}\left[kg\cdot m^2\right] \\ J_L &= \frac{1}{8}M_LD_L^{\,2}\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 = 2.14\times10^{-3}\left[kg\cdot m^2\right] \end{aligned}\right\} \Rightarrow J_T = J_M + J_1 + J_2 + J_L = 7.97\times10^{-3}\left[kg\cdot m^2\right]$$

$$T_L = \frac{FD_1}{2} = \frac{M_Lg\cdot D_1}{2} = \frac{99.77\cdot0.046}{2} = 2.3\left[N\cdot m\right]$$

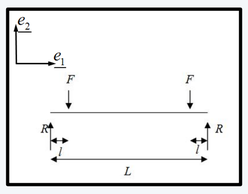
$$T_a = J_T\cdot a = J_T\cdot\left(\frac{\omega_1-\omega_0}{t}\right) = 7.97\times10^{-3}\cdot\frac{30-0}{2} = 0.12\left[N\cdot m\right]$$

$$T_T = T_L + T_a = 2.42\left[N\cdot m\right]$$

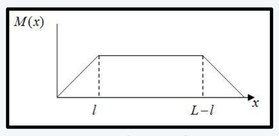
$$T_M = K_s\cdot T_T = 1.5\cdot2.42 = \boxed{4.84\left[N\cdot m\right]} \ll 7.5\left[N\cdot m\right]\ (\ for\ \ 370W\ \ motor\ )$$

- חישוב קוטר ציר מינימלי שיעמוד בעומס שיוצר הגליל, לפי נוסחת Goodman המבוססת על קריטריון von-Mises:

1. דיאגרמת גוף חופשי על הציר –



2. מהלך מומנטים על הציר -



3. חישוב קוטר מינימלי עבור נתוני SS-316L והמומנטים הפועלים על הציר –

$$d = \left\{\frac{32n}{(1-\alpha^4)\pi}\left[\frac{\sqrt{\left(k_fM_a\right)^2+\frac{3}{4}\left(k_{fs}T_a\right)^2}}{S_e}+\frac{\sqrt{\left(k_fM_m\right)^2+\frac{3}{4}\left(k_{fs}T_m\right)^2}}{S_{ut}}\right]\right\}^{\frac{1}{3}}$$

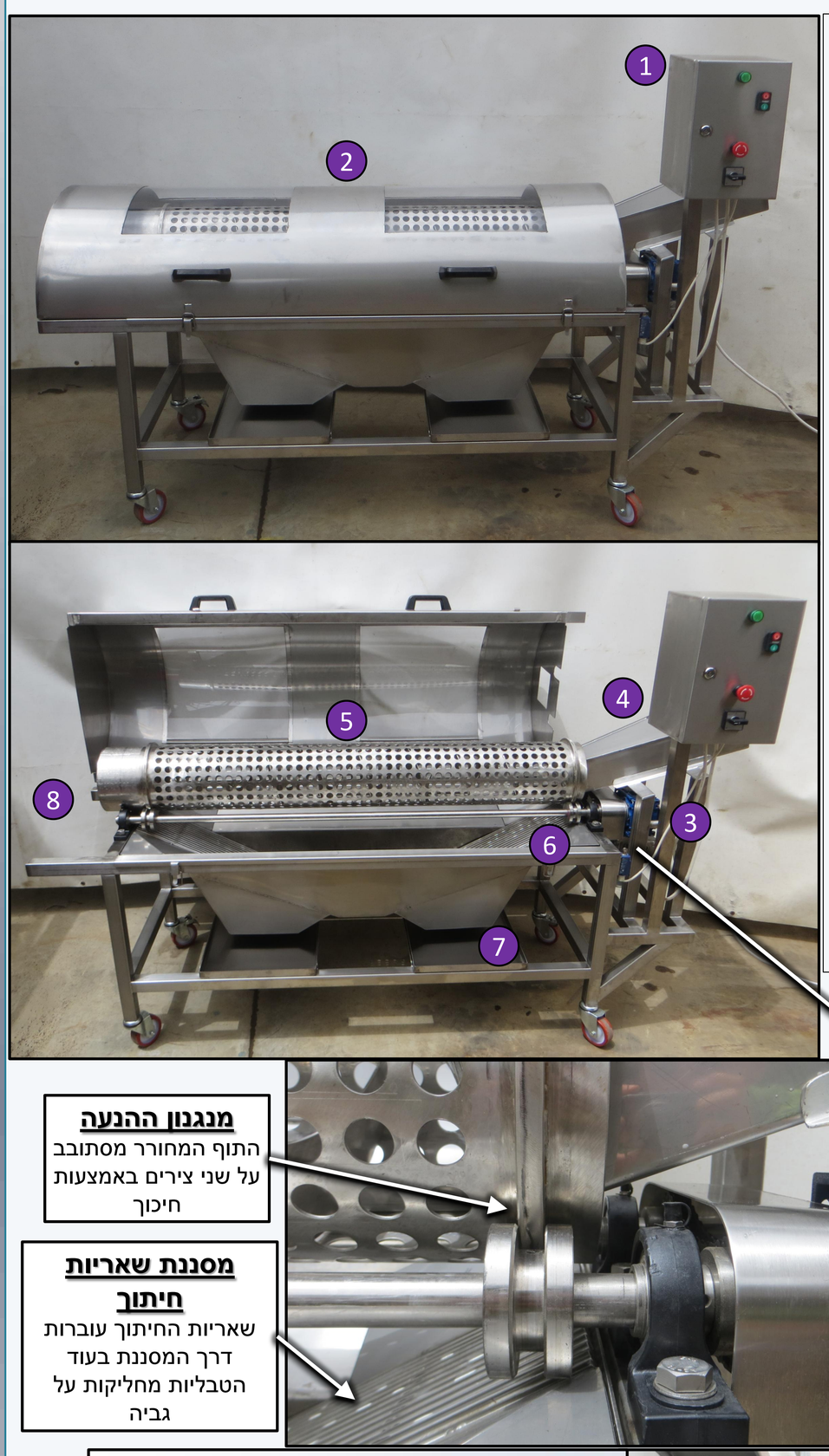
$$d_{\min} = \left[\frac{32\cdot5}{\pi}\left(\frac{\sqrt{(1.413\cdot5.886)^2+0}}{150.44}+\frac{\sqrt{0+\frac{3}{4}(1.2485\cdot5.137)^2}}{485}\right)\right]^{\frac{1}{3}} = 1.5\,[mm]$$

4. מהחישוב התקבל כי הציר הנבחר יעמוד בעומסים התונדים והקבועים שיפעיל האלמנט המסתובב.

אתגרים וסיכונים

- עמידה ביעד פינוי של 90% מהטבליות.
- קבלת בקבוקים שאינם חתוכים באופן שיאפשר את פינוי הטבליות.
- התאמת קצב מתקן הפינוי לזה של מתקן החיתוך.
- פגיעה בטבליות המפונות מהבקבוקים.
- אי עמידה בלוח הזמנים.
- חריגה מתקציב הפרויקט.

תיאור המתקן

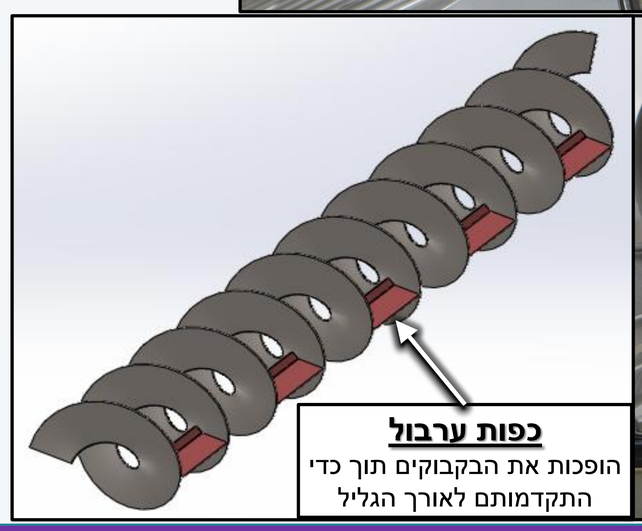


1. לוח פיקוד : כולל לחצני הפעלה, כיבוי וחירום.
2. חיפוי עילי : מונע גישה ישירה אל רכיבים נעים ומגן על העובד. בעל חלונות שקופים (Polycarbonate) לבקרת התהליך.
3. מכלול הנעה : כולל מנוע וגיר, חיישן עצירה לחירום, מסבים, צירי וגלגלי הנעה.
4. משפך הזנת בקבוקים : מזין את הבקבוקים המלאים אל תוך האלמנט המסתובב. נשלף וקל לניקוי.
5. האלמנט המסתובב : גליל מחורר, חילזון וכפות ערבול. מערבל, מרוקן ומניע את הבקבוקים. נשלף וקל לניקוי.
6. מסננות : מפרידות שאריות פלסטיק משלב החיתוך ומובילות את הטבליות לכלי איסוף.
7. תבניות לאיסוף שאריות פלסטיק.
8. יציאת הבקבוקים הריקים מהגליל וריכוזם בפח אשפה.

מנגנון ההנעה
התוף המחורר מסתובב על שני צירים באמצעות חיכוך

מסננת שאריות חיתוך
שאריות החיתוך עוברות דרך המסננת בעוד הטבליות מחליקות על גביה

חיישן מגע
משבית את פעולת המנוע עם פתיחת המכסה



כפות ערבול
הופכות את הבקבוקים תוך כדי התקדמותם לאורך הגליל

תודות

•איציק ברוך, הלקוח ומזמין הפרויקט, על ההכוונה, הסיוע הלוגיסטי והתמיכה לכל אורך הדרך.

•כפיר כהן, המנחה המקצועי, על שעות ההנחיה הרבות, הסיוע והלימוד המקיף.

•אדוארד איציקסון ויורי כץ מחברת אדאל הנדסה בע"מ, על ייצור המתקן והפיכת הרעיון למציאות.