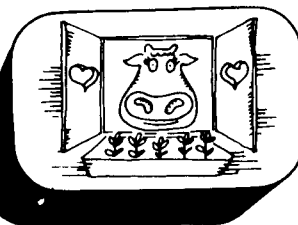


מבנים ומיכון



תנודות ואקום ומידת סכנתן

רם שגיא*, הפקולטה להנדסה חקלאית, הטכניון

וההפרש $h_0 - h_1$ מיצג את הפרש הגובה שבין הקומץ ונקודת ההתחברות למערכת פינוי החלב (ראה ציור).

הקושי העיקרי הכרוך בשימוש בקשר הפשוט הנ"ל נובע מהעובדה שהערך של z אינו קבוע. המשקל הנפחי של התערובת תלוי ביחס שבין כמות האוויר לכמות החלב שבצינור. אף אחד משני הגורמים האלה אינו קבוע. כמות החלב משתנית תוך כדי החליבה וכן גם כמות האוויר. מקורו של האוויר בנחיר שבקומץ זה אמנם קבוע בגודלו, אלא שכמות נוספת של אוויר חודרת לקומץ לאורך הפטמות ("ציפצופים") זו אינה קבועה. באופן מעשי המשקל הנפחי של התערובת עשוי להשתנות בין הגבול של משקל

רמת ויציבות הוואקום באשכול החליבה הינם הפרמטרים היחידים הקובעים את האפקטיביות של פעולת החליבה במתקן נתון. הכוונה היא למערכת אשר בה קצב ויחס הפעימה קבועים, ואשכול החליבה נתון. באופן מעשי ויסות רמת הוואקום נעשה לגבי המערכת כולה ולא לגבי כל אשכול חליבה בנפרד. לפיכך, רמת ויציבות הוואקום בקומץ הבודד הינם פועל יוצא של:

● מבנה אשכול החליבה, (קוטר המעברים גודל נחיר האוויר וכד');
● קצב זרימת החלב בצינור המחבר את

אשכול החליבה למערכת פינוי החלב.

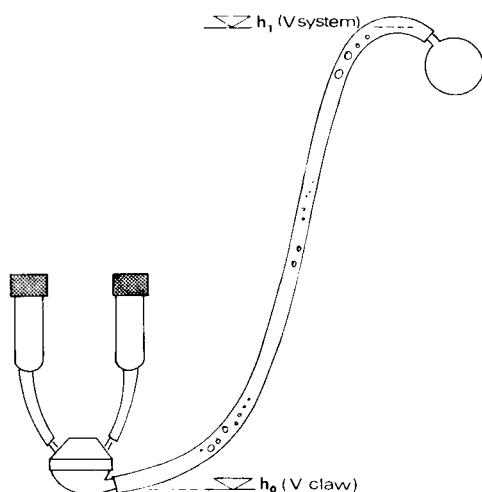
תנאי מוקדם לשמירה על יציבות הוואקום בקומץ הינו, כמובן, מצב ואקום יציב במערכת הכללית. עם זאת, מן הראוי לזכור שאין בכך די. מובן כי רמת ואקום בלתי יציבה במערכת הכללית גורמת לתנודות ברמת הוואקום בקומץ, אך אין זאת אומרת שייצוב רמת הוואקום במערכת מביא לביטול התנודות.

בהנחה כי רמת הוואקום במערכת יציבה, תלוי גובה הוואקום בקומץ בגובה ההרמה של החלב ובמשקל הנפחי של התערובת של "חלב-אוויר" הנמצאת בצינור החלב. הקשר בין הגורמים פשוט והוא רשום להלן:

$$V_{claw} = V_{system} + \gamma \times (h_0 - h_1)$$

כאשר הסימן z מיצג את הערך הרגעי של המשקל הנפחי של התערובת חלב-אוויר

* רם שגיא שוהה כעת באוניברסיטה קורנל, ארה"ב, כפרופסור אורח



חלב (ללא אוויר) ומשקל האוויר (ללא חלב). באופן נורמלי אמור חריר האוויר להחדיר אל הקומץ בין 5–10 ליטר אוויר בדקה, ואילו קצב זרימת החלב עשוי להגיע, ברגעי השיא, לכדי 4 עד 6 ליטר לדקה. מכאן שהיחס בין כמות האוויר לכמות החלב נמצא בתחום שבין 1 ל-2. משמעות הדבר הינה, כי באופן קיצוני המשקל הנפחי של התערובת חלב-אוויר נע בתחום שבין 2.5 ל-10.0 kNe/m^3 (0.25 עד 1.0 ק"ג לליטר). בתנאים אלה הפרש הלחץ שבין הקומץ לבין נקודת פינוי החלב עלול להגיע לערכים די גבוהים. כאשר גובה ההרמה של החלב הינו בסדר גודל של 150 ס"מ, עלול בנסיבות מסוימות הפרש הלחץ להיות בסדר גודל של 15 kPa (12 ס"מ כספית), כלומר, כדי שליש מרמת הוואקום שבמערכת.

מכיוון שזרימת החלב אינה קבועה אלא מחזורית (פולסים), אף הפרשי הלחץ הם מחזוריים. הפרש לחצים זה, עד כמה שהוא מטריד, אינו מסוכן ואין צורך להיבהל ממנו. כאשר גרדיאנט הלחץ (מפל הלחץ) הינו בכיוון מערכת פינוי החלב, כלומר הוואקום שבמערכת גבוה מהוואקום שבקומץ, מביא הדבר לפינוי מהיר של החלב ואין בו כדי לגרום נזק. מצב הפוך בו הוואקום שבקומץ – או זה שמתחת לפיטמה – גבוה מזה שבצינור החלב, מביא לשינוי בכיוון הזרימה של האוויר ובתנאים מסוימים עלול להגדיל את הסיכון של התפתחות דלקת עטין.

פעולת הפתיחה והסגירה של הביטנה דומה לזו של מיפוח. כאשר מעברי החלב מוצפים ונחיר האוויר שבקומץ סתום (זהו תנאי הכרחי), עלולה רמת הוואקום מתחת לפיטמה להגיע לערכים גבוהים מאלה השוררים במערכת. במקרה כזה מתפתח הפרש לחצים רגעי בסדר גודל של 10–15 kPa שכיוונו מביא להיפוך בכיוון הזרימה.

מחקרים רבים הראו שלמרות השינוי בכיוון הזרימה, תנודות ואקום אלו המכונות תנודות מחזוריות (הן מופיעות בכל פעימה), אינן מסוכנות ואין בהן כדי להגדיל את הסכנה של

חדירת פתוגנים לתוך הפיטמה כתוצאה מאימפקט. הסיבה לכך פשוטה: דרוש הפרש לחצים בסדר גודל של 40 kPa (30 ס"מ כספית), על מנת ליצור תנאים בהם האימפקט של חלקיקים נושאי פתוגנים הופך לגורם מסוכן במערכת. הפרש לחצים כזה עלול להתפתח כאשר תנודות ואקום בלתי מחזורית (למשל כתוצאה מנפילת מכונה) מצטרפת לתנודה המחזורית בזמן קריטי. לכן, למרות שתנודות הוואקום המחזוריות אינן מסוכנות בפני עצמן, צריך להשתדל להקטין אותן עד למינימום.

אפשר להשיג הקטנה זו על ידי ביטול הרמת החלב, כלומר חליבה לקו נמוך או צנצנת נמוכה, על ידי שמירה על נחיר אוויר פתוח (לא כדאי להגדיל את קוטר הנחיר משום שהדבר מביא לירידה באיכות החלב), ועל ידי הגדלת מעברי החלב שבקומץ (לגודלו של הקומץ אין כל השפעה על התופעה). אין בנקיטת פעולות להקטנת התנודה המחזורית כדי לבטל את סכנת האימפקט.

יש שתנודות בלתי מחזוריות שהן בסדר גודל מסוכן בפני עצמן, למשל בנפילת או החלקת גביע בודד או החדרת כמות גדולה של אוויר תוך כדי הרכבת המכונה. מן הראוי להקפיד, איפוא, על מניעת תנודות ואקום בלתי מחזוריות לפחות עד כמה שהדבר מעשי מבחינת שיגרת החליבה. מן הראוי לזכור שתנודות בלתי מחזוריות, אפילו כשהן קטנות, עלולות להפוך למסוכנות בהצטרפן לתנודות המחזוריות.

מכיוון שאין בארץ ציוד המאפשר בדיקה שיגרית של רמת התנודות המחזוריות (נעיצת מחט ומנומטר לצינור החלב אינה מלמדת דבר), אין החולב יכול לדעת מה היא רמת הסיכון והטולרנס של המערכת, או במלים אחרות מהו מרחב השגיאות העומד לרשותו. הבעיה הינה בעיקרה מקומית, ואין אפשרות לתקן את המצב על ידי אמצעים כלליים כמו הגדלת כמות או רזרבות הוואקום או על ידי שינוי וסתי הוואקום. על כן – אנא הקפידו על חליבה נכונה וזהירה והימנעו עד כמה שזה ניתן מיצירת תנודות ואקום בלתי הכרחיות.

