

קירור ירוק בעידן המודרני

חזרה לשימוש בקרר CO₂

יוני מלאכי

סמנכ"ל תפעול, חברת משב - הנדסת קירור ומיזוג אוויר

תהליכי שינויי האקלים הגלובליים: הפגיעה בשכבת האוזון והתחממות כדור הארץ, הניעו בתעשיית הקירור העולמית, תהליכים של חזרה לשימוש בקררים הטבעיים כמו אמוניה (NH₃) ודו תחמוצת הפחמן (CO₂).

מתקן ראשון מסוגו בישראל המשלב שימוש באמוניה כקרר ראשוני, מים, פרופילן-גליקול ודו תחמוצת הפחמן כקררים משניים למערכות מיזוג אוויר, צינון והקפאה, נחנך בשנת 2008 במרכז הלוגיסטי החדש והמשוכלל של חברת אסם - Nestle בשוהם.

MASHAV REFRIGERATION Ltd.

Osem - Nestle



- Osem Nestle food distribution center – General view.
- First CO₂ refrigeration plant in Israel, commissioned: Jan. 2008
- Refrigeration, Air Conditioning & Ventilation systems
- Primary Refrigerant – Ammonia 1700 TR
- Secondary Coolants – Chilled water, Glycol, CO₂

32

תמונה מס' 1 - המרכז הלוגיסטי של חברת אסם בשוהם

מערכות הקירור במתקן תוכננו ע"י מהנדס חיים לנצמן. מערכות מיזוג האוויר והאורור תוכננו ע"י מהנדס צבי טשר. כל המערכות הותקנו והופעלו ע"י חברת "משב- הנדסת קירור ומיזוג אוויר".

זהו מתקן ראשון מסוגו בישראל בשימוש באמוניה כקרר ראשוני, וב- CO₂ כקרר משני למערכות הקפאה. להלן תיאור המתקן:

מעגל הקירור הראשוני - אמוניה

מערכת אמוניה דו-דרגתית בתפוקה כוללת של כ-1700 טון קירור בשלוש רמות טמפ':

- א. -2°C (דרגה גבוהה) למחליפי חום צ'ילר אמוניה - מים קרים.
- ב. -12°C (דרגה גבוהה) למחליפי חום אמוניה - פרופילן גליקול.
- ג. -32°C (דרגה נמוכה) למחליפי חום אמוניה - דו תחמוצת הפחמן.

מערכת האמוניה כוללת 3 מדחסי בורג מתוצרת חברת "פריק" York ו-5 מדחסי בוכנה מתוצרת חברת "סברו" York, מעבים מאיידים ומיכלים.

Osem - Nestle



35

תמונה מס' 2 - מערכת מדחסי האמוניה במרכז הלוגיסטי של אסם בשוהם

מעגלי הקירור המשניים

1. מים קרים למיזוג אוויר - בטמפ' של $+5^{\circ}\text{C}$.
2. פרופילן גליקול למערכות הצינור - בטמפ' של -6°C .
3. CO_2 למערכות ההקפאה - בטמפ' של -28°C .

מערכת ה- CO_2

- מערכת קירור ה- CO_2 במעגל המשני מורכבת מהרכיבים הבאים -
- 3.1 מיכל אמוניה דרגה נמוכה (-32°C).
 - 3.2 שני מחליפי חום אמוניה - CO_2 מטיפוס תרמיל- פלטות.
 - 3.3 מיכל CO_2 (-28°C).
 - 3.4 שתי משאבות לסחרור CO_2 במעגל המשני למקררים שבחדרי ההקפאה.
 - 3.5 מערכת הפשרה באמצעות גליקול חם.

Osem - Nestle



תמונה מס' 3 - מערכת ה- CO₂ במרכז הלוגיסטי של חברת אסם

מדוע משתמשים בקררים הטבעיים ?

לקרר האמוניה כמה יתרונות: זהו הקרר היעיל ביותר מבחינה אנרגטית למטרות מיזוג אוויר וצינון (תפוקת איוד גבוהה ביותר ליח' משקל של הקרר), והוא גם ידידותי לסביבה - אינו פוגע בשכבת האוזון (ODP=0) ואינו מהווה גז חממה (GWP=0).

לעומת יתרונות אלו חסרוננו של האמוניה הינו בתחום הבטיחות. קרר האמוניה מסווג בדרגת בטיחות B2 לפי תקן ASHRAE. (רמת רעילות גבוהה, רמת דליקות נמוכה) **תכונות נוספות הייחודיות לאמוניה:** בעל ריח חריף ובלתי נסבל ברמות ריכוז נמוכות באוויר, קל מהאוויר, מסיס בנוכחות מים.

תכונות אלה מהוות בחלקן מטרד למשתמש הסופי במתקן מחד, אך משמשות כיתרונות לתפעול ע"י הצוות הטכני מאידך. הריח החריף של האמוניה מסייע למפעיל המנוסה לזהות דליפות ברמות ריכוז נמוכות. ניתן לאורר האמוניה בקלות מאזורים טכניים בהיותו קל מהאוויר. ניתן לפרק את האמוניה ולנטרלו ע"י רסס מים ממערכת מתזים.

בנוסף, האמוניה **זמיין וזול** במיוחד (קרר המצוי בטבע ו/או מופק מתהליך טבעי) כמו כן- כמות חומר הקירור הדרושה נמוכה ביותר. (להמחשה - במערכות צינון - נדרשת כמות חומר של קרר R134a גבוהה פי 6 מאמוניה לקבלת תפוקת קירור זהה).

בשקלול הנתונים הללו ניתן לסכם ולומר, כי הגבלת נוכחות האמוניה לאזורים הטכניים בלבד (מרכז אנרגיה, חדר מכונות וכו') מאפשרת להתמודד ביעילות עם רמת הבטיחות הנמוכה (היחסית) ע"י ניצול תכונותיו לתפעול יעיל.

לקרר דו תחמוצת הפחמן CO₂ כמה יתרונות:

1. זהו הקרר היעיל ביותר (אנרגטית) לשימוש במערכות הקפאה ובמיוחד לטמפ' הנמוכות מ-35° C- (מוגבל לשימוש עד -55° C).
2. דו תחמוצת הפחמן ידידותי לסביבה- אינו פוגע בשכבת האוזון (ODP=0) ואינו מהווה גז חממה כקרר (GWP=1).
3. רמת הבטיחות שלו כקרר גבוהה. הקרר מסווג בדרגת בטיחות A1 לפי תקן ASHRAE (אינו רעיל ואינו דליק).

לעומת יתרונות אלו חשוב להדגיש כי לקרר זה כמה **תכונות מיוחדות המגבילות את השימוש בו בעיקר לתחומי טמפ' צרים ונמוכים:**

- א. טמפ' קריטית נמוכה יחסית: $+31^{\circ}\text{C}$ (בלחץ של 74 בר), מגבילה את השימוש בקרר זה בעיקר בהחלפת חום עם הדרגה הנמוכה במתקן אמוניה דו שלבי (CO_2 Brine system) או בדרגה הנמוכה במתקן קסקדה בה הדרגה עליונה- בד"כ אמוניה (CO_2/NH_3) Cascade system.
 - ב. לחץ גבוה יחסית (5.2 בר) בטמפ' הנק' המשולשת -56.6°C .
 - ג. לחץ גבוה מאוד לכל טמפ' נתונה ביחס לכל קרר אחר.
- מניחות תכונות אלה עולה כי תחום הטמפ' המקובל לעבודה עם קרר זה הוא מ- -50°C (לחץ של כ-7 בר) ל- $+10^{\circ}\text{C}$ (לחץ של כ-45 בר).

תכונות נוספות יחודיות לדו תחמוצת הפחמן:

אפקט קירור נפחי גבוה במיוחד (לדוגמא - גבוה פי 9 מאמוניה לקבלת תפוקת קירור זהה בטמפ' -40°C איוד, -15°C עיבוי), משמעותו - המדחסים, (במתקן קסקדה) משאבות ה- CO_2 וקטרי צנרת קטנים באופן משמעותי מאשר במתקן אמוניה, וזה מהווה חסכון בעלות הציוד.

דו תחמוצת הפחמן הנו קרר כבד מהאוויר, ואין לו ריח כלל. למרות שאינו רעיל, יש להקפיד על אמצעי אורור מלאכותי בגובה אדם למניעת סכנת חנק.

בנוסף, דו תחמוצת הפחמן זמין וזול במיוחד (קרר המצוי בטבע ו/או מופק כחומר לוואי מתהליך תעשייתי).

בשקלול תכונות האמוניה ודו תחמוצת הפחמן ניתן לסכם ולומר כי הגבלת נוכחות האמוניה לאזורים הטכניים בלבד (מרכז אנרגיה, חדר מכונות וכו') ושימוש בדו תחמוצת הפחמן כקרר משני לאזורי ההקפאה מאפשרת להתמודד ביעילות גם עם רמת הבטיחות הנמוכה (היחסית) של האמוניה ע"י הותרתו באזור הטכני בלבד ותחת שליטה של מפעילים מקצועיים מנוסים.

פרויקט הקמת המרכז הלוגיסטי של אסם שהם התאפיין ברמת ביצוע והבטחת איכות גבוהות במיוחד, לוח זמנים קצר ועמידה ביעדים תקציביים נוקשים, כל זאת בניהולם היעיל של חברת **מסד עזי** המתכננים וצוות ניהול הפרויקט מטעם חברת אסם.