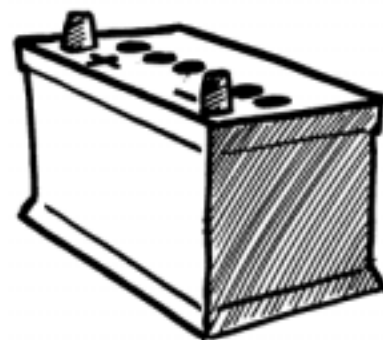


מרכז מידע

בסיוע "הפעולה המונעת" -
משרד העבודה והרווחה
רח' מזא"ה 22, ת.ד. 1122, תל-אביב 61010
טלפון: 03-5266455 פקס: 03-5266456
e-mail: info@osh.org.il

ת-126

מצברי עופרת- חומצה סיכונים בעבודה ודרכי מניעתם



מאת: בוריס פרידלנדר



המוסד לבטיחות ולגיהות

מרץ 2003

מצברי עופרת-חומצה – סיכונים בעבודה ודרכי מניעתם

עמוד

	<u>1. מבוא</u>
2	<u>2. מצברי עופרת-חומצה</u>
3	<u>2.1 סוגי המצברים ושימוש בהם</u>
3	<u>2.2 מבנה המצבר</u>
6	<u>2.3 הגבות אלקטרו-כימיות בתא</u>
6	<u>3. סיכונים בעבודה עם מצברים</u>
7	<u>3.1 סיכונים פיסיקליים</u>
12	<u>3.2 סיכונים כימיים</u>
14	<u>3.3 סיכוני חשמל</u>
16	<u>3.4 סיכונים מכניים</u>

נספחים

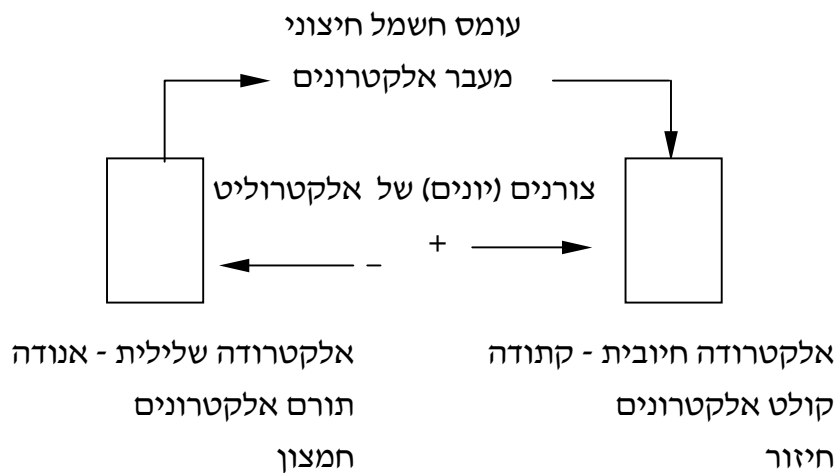
18	<u>נספח 1 מקורות היווצרות הניצוצות במצברי מכוניות ודרכי מניעתם</u>
19	<u>נספח 2 הוראות טעינת הקפצה של מצבר "מת" ממצבר אחר</u>
21	<u>נספח 3 עבודה עם חומצה גפרתית - בטיחות</u>
22	<u>נספח 4 ערכי סף החשיפה המותרת לחומרים של מצבר עופרת-חומצה</u>
23	<u>נספח 5 עזרה ראשונה במקרה של פגיעה מחומצה גפרתית</u>

1. מבוא

מצברים משמשים כאוגרי אנרגיה המסופקת לפי דרישה (on demand). המצבר כולל תא גלווני (electrolyte cell), או לעיתים מספר תאים מחוברים בקבוצות ויוצרים מתח כללי. מידע בנושא מבנה המצבר ותגובות אלקטרו-כימיות שמתרחשות בתאיו חשוב מאוד להבנת הסיכונים ממצברים ודרכי מניעתם.

עיקרון פעולת המצבר ומונחי יסוד

בתגובות הכימיות שבין החומרים המגיבים, המחמצן הוא זה שקולט את האלקטרוניס והמחזר הוא זה שתורם את האלקטרוניס. כתוצאה מהתגובות שבין החומרים המגיבים, נוצרים תוצרי תגובה וזאת כתוצאה ממעבר חופשי של אלקטרוניס. תהליך תגובה זה מלווה בפליטה או קליטה של אנרגיה בצורת חום. במצברים ניתן על ידי תיכון מוגדר מראש של המגיבים לווסת את מהירות התגובה ואת שחרור האנרגיה הכימית ישירות בצורת חשמל לפי דרישה ללא תהליכי ביניים. העיקרון של התהליכים האלקטרוכימיים בתא המצבר בשלב פריקתו מוצג באופן סכמתי באיור 1:



איור 1 תהליך פריקה בתא אלקטרוליטי

2. מצברי עופרת-חומצה (Lead-Acid Batteries/Storage Batteries)

המצבר עופרת-חומצה מורכב ממספר תאים אלקטרוליטיים המצויים בתיבה קשיחה אחת והמופרדים ביניהם ע"י חייצים. ראה איור 3 - מבנה אופייני של מצבר עופרת-חומצה מאוורר לרכב. כל תא מספק מתח נומינלי של 2 וולט. על ידי גישור של מספר תאים במצבר, נוצר מתח בשיעור של כפולות של 2 וולט, לדוגמה במצברי רכב של 6 וולט (3×2) או של 12 וולט (6×2).

2.1 סוגי המצברים ושימוש בהם

מצברי עופרת-חומצה "רטובים" (wet batteries) המיועדים לשימושים שונים ומגוונים. הם מהנפוצים מבין המצברים השניוניים הקיימים. שימושים אופייניים במצברי עופרת-חומצה הם:

- **מצברי התנעה (SLI Batteries – Starting, Lighting, Ignition)** - משמשים להתנעה, ולתאורה ברכב מנועי.

- **מצברי הנעה (Deep Cycle Motive Batteries)** - משמשים כספקי זרם ישר (DC) למנועי הנעה- ראשית ברכב חשמלי ובמלגזות, באביזרים חשמליים, כמו פנסי אורות קדמיים ברכב חשמלי, או בכננות.

- **מצברים נייחים לשימושים תעשייתיים (Industrial Stationary Batteries)** מצברים נייחים מחוברים דרך קבע לעומס ולמקור זרם ישר- מטען. המצברים מותקנים במערכות שונות בתעשייה. בסוללות מצברים נייחים במתח נמוך וגבוה מגושים מצברים בקבוצות (בדרך כלל של 120 וולט). על ידי חיבור גלווני של הקבוצות ניתן לקבל בקטבי היציאה מהסוללה מתח כולל בשיעור גבוה ביותר של מאות או אף של אלפי וולט. אורך החיים של מצברים נייחים תעשייתיים הוא בין 5 לבין 7 שנים או בין 1500 לבין 2100 מחזורי טעינה-פריקה.

- **מצברים אטומים קטנים למוצרי צריכה (Deep Cycle Small Sealed Consumer)**. מצברים אלה מטיפוס Deep Cycle מספקים חשמל זרם ישר במתח של 6 וולט. משתמשים בהם בכלים חשמליים כמו מקדחות, במתנעי מכסחות הדשא ובמכונות משחק לילדים. הם עשויים מעופרת וחומרים פלסטיים הממוחזרים ונשלחים למחזור לאחר סיום השימוש בהם.

2.2 מבנה המצבר

לפי אופן פינוי הגזים והאדים מתאים אלקטרוליטיים, נחלקים מצברי עופרת-חומצה לשתי קבוצות הבאות:

- **מצברים מאווררים (Vented Lead-Acid Battery - VLA)** - מצברים הדורשים תחזוקה שוטפת לאחר התקנתם (ראה איור 2);

- **מצברים אטומים (Sealed Free Maintenance Battery - VLRA)** - מצברים שאינם דורשים תחזוקה שוטפת לאחר התקנתם (ראה יאור 2).

מצברים מאווררים

פינוי חופשי של הגזים והאדים מהתאים האלקטרוליטיים לאטמוספירה מתבצע דרך נקבים שבפקק פתח המילוי. קיימים שני יישומים של מצברים מאווררים:

- תאים אלקטרוליטיים המורכבים בתוך תיבה קשיחה אחת (self supporting monoblock) והמחוברים ביניהם. במצברים מסוג זה אין גישה חופשית אל חיבורי התאים.

- תא אלקטרוליטי בודד (Jars Electrolyte Cell). כל תא מורכב ממכל ומכלול מכסה קבוע עם אלקטרודות המוצפות באלקטרוליט. תא זה לעומת התא הקשיח (שאינו דורש תמיכה נוספת) מותקן בתוך ערסל תומך עשוי מחומר עמיד בפני אלקטרוליט. תאים מסוג זה משמשים במתקני מצברים נייחים גדולים, במערכות גיבוי וחירום, כאשר נדרש קיבול והספקת זרם גדול בפרק זמן קצר. אורך חייהם יכול להיות 20-15 שנים ויותר.

מצברים אטומים

בתאים אלקטרוליטיים אטומים של מצברים אלה החומרים הפעילים של האלקטרודות עשויים כך שהאלקטרודה החיובית נטענת עד לקיבול סופי לפני האלקטרודה השלילית. החמצן המשתחרר באנודה בתהליך טעינת יתר עובר בדיפוזיה דרך החייץ לקתודה ומגיב בה עם החומר הפעיל של הקתודה - עופרת. תחמוצת העופרת מגיבה על פני הקתודה עם חומצה גפרתית וכתוצאה מכך נוצרים סולפט העופרת ומים. התהליך שתואר לעיל נקרא מחזור קטליטי של מימן וחמצן או תהליך מחזור מים.

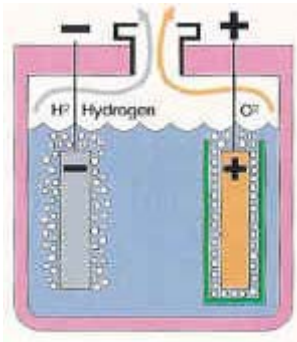
במקרים חריגים, כמו טעינת יתר פינוי של גזים ואדים מהתאים האטומים של המצברים האטומים מתבצע באמצעות שסתום אל-חוזר לחץ נמוך. לדוגמה, לפי נתוני יצרן המצברים אטומים נייחים חברת Panasonic, שיעור הלחץ הפנימי בתנאים רגילים נע בין 1 לבין 6 ביחידות psi.

האלקטרוליט בתא אטום של המצבר יכול להיות באחת מהצורות הבאות:

- ספוג ("starved" or "absorbed electrolyte") בתוך חומר החייצים, העשויים סיבי זכוכית מיקרו-נקבובית (Absorptive Glass Mat -AGM).

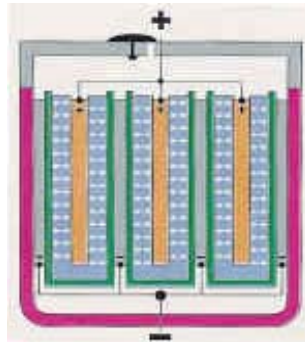
- אלקטרוליט "משולל תנועה" (immobilized electrolyte). תכונה זו מוקנה לו על ידי הוספת חומר אמורפי - סיליקה ג'ל (silica gel). בגלל הצמיגות הגבוהה מאוד של האלקטרוליט הג'לי ומחזור הגזים קצב היווצרות הגזים הנוצרים בתהליך הטעינה הוא איטי יותר מאשר בתאים העשויים בטכנולוגיה של AGM הנ"ל. מצברים אטומים נבדלים ממצברים מאווררים בכמות מינימלית של אלקטרוליט חופשי (נוזלי). נזילות מזעריות של האלקטרוליט העלולות להתרחש במצברים אטומים אינם מוגדרים כשפך. קיימים בספרות מקצועית טכנית שמות שונים למצברים אלה, כמו "מצמר יבש", "מצבר אטום" (sealed), "מצבר גיל" (gel cell batteries). לפעמים לכל סוגי המצברים הנ"ל משתמשים במונח "מצבר בלתי-שפיך" (non-spillable batteries). המונחים המסחריים כמו "מצבר אטום" או "מצבר יבש" עלולים להטעות מכיוון שהמצברים הנקראים כך, למעשה אינם אטומים לגמרי ואינם יבשים. המילה "יבש" מדגישה את ההבדל בין מצבר רטוב (מוצף) (wet fluid battery) ליבש. באיור 2 מוצג מבנה סכמתי של מצברים מאווררים ואטומים הנ"ל.

VLA BATTERY
Vented Type Lead-Acid

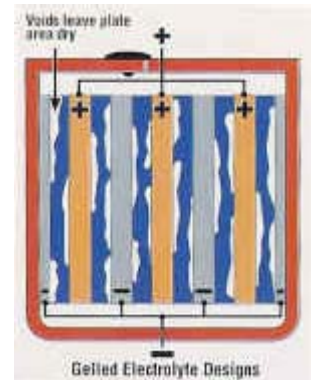


VLRA BATTERIES
Sealed Maintenance Free

AGM VRLA Battery

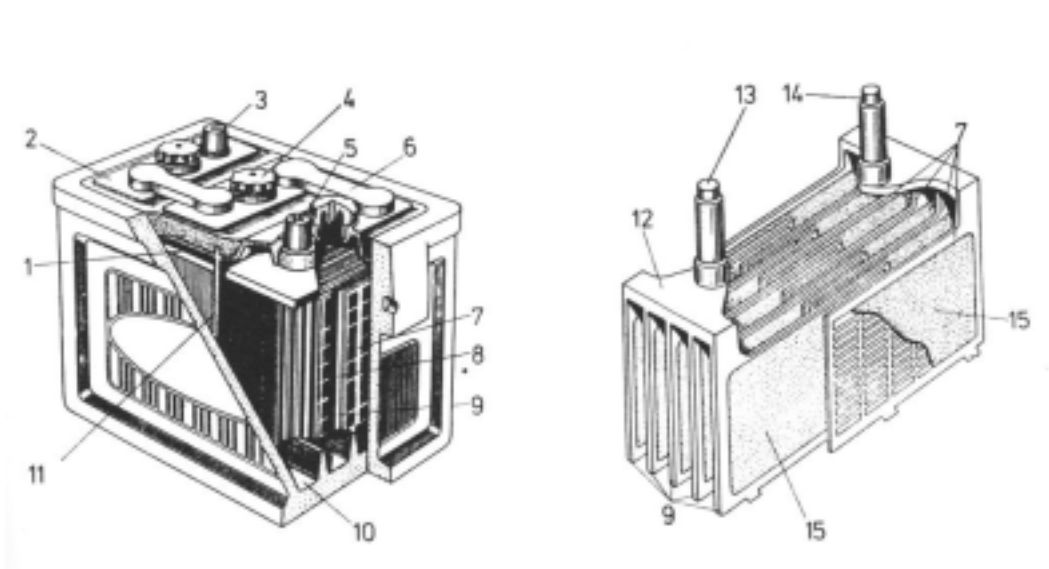


VRLA Gelled Battery



איור 2 - מבנה סכמתי של מצברים מאווררים ואטומים

המבנה האופייני של מצבר עופרת-חומצה מאוורר, המיועד לרכב מוצג באיור 3.

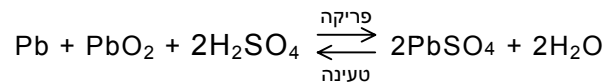


איור 3 - מבנה אופייני של מצבר עופרת- חומצה מאוורר לרכב

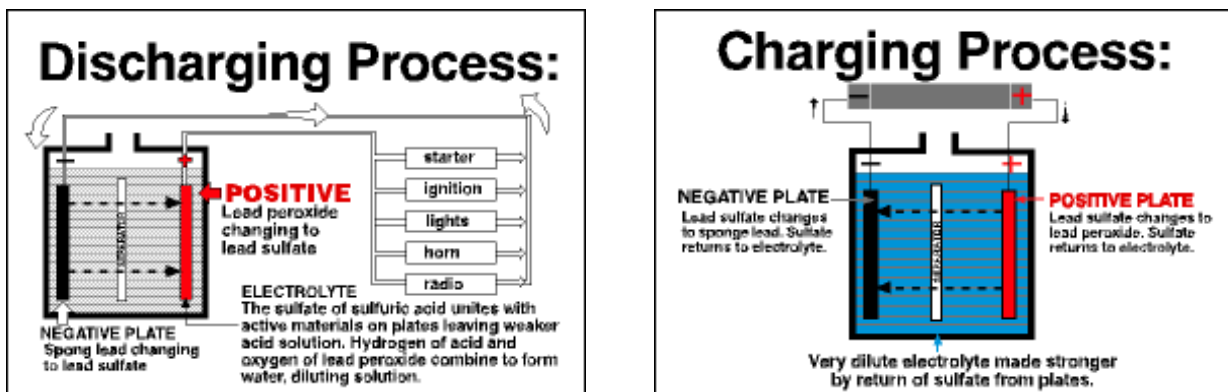
- | | | |
|------------------------|--------------------------|--------------------|
| 11 - מחיצה בין התאים | 6 - גשר | 1 - תא המצבר |
| 12 - מסרק לוחות | 7 - לוח (אלקטרודה) שלילי | 2 - מכסה התא |
| 13 - קוטב התאים החיובי | 8 - חייץ בין האלקטרודות | 3 - קוטב שלילי |
| 14 - קוטב התאים השלילי | 9 - לוח (אלקטרודה) חיובי | 4 - פקק פתח המילוי |
| 15 - חומר פעיל של הלוח | 10 - תא משקע | 5 - קוטב חיובי |

2.3 הגבות אלקטרו-כימיות בתא

התגובות האלקטרו-כימיות בתוך התא האלקטרוליטי של מצבר עופרת-חומצה הינן הפיכות ולכן מצבר מסוג זה יכול לעמוד במשך חייו במספר רב של מחזורי טעינה-פריקה, הדבר תלוי במידה רבה ברמת תחזוקתו. במהלכי טעינת מצבר עופרת-חומצה ופריקתו מתרחשות בתאיו התגובות האלקטרו-כימיות המבוטאות ע"י משוואה הבאה:



תגובות אלו מלוות בשחרור של גזים מתא אלקטרוליטי, בעיקר מימן וחמצן. הגזים המשתחררים הם הגורמים העיקריים לסיכונים של התלקחות ופיצוץ בעבודה עם מצברים. באיור 4 שלהלן מוצגים באופן סכמתי תהליך טעינה ופריקה בתא המצבר.



איור 4 - תרשים של תהליך טעינה ופריקה בתא המצבר

3. סיכונים בעבודה עם מצברים

התקנת מצברי עופרת-חומצה, תחזוקתם, אחסנתם, שינועם, פינוי פסולת מצברים, פירוקם וכמו כן השימוש בהם כרוך במספר רב של סיכונים פוטנציאליים. סיכונים אלה עלולים לגרום לתאונות עבודה, לעיתים חמורות ביותר, וכתוצאה מכך לפציעת עובדים ולנזק לציוד הנמצא בסביבתם. מצברי חומצה-עופרת מעורבים במרבית תאונות המצברים המדווחות. במשך חיי המצבר, אוכלוסיות שונות של עובדים עלולות להיחשף לסיכונים:

- עובדים בייצור מצברים ומחזורם;
- עובדים העוסקים באחסון, הובלה וטעינה של מצברים;
- משתמשים במצברים;
- עובדים באיסוף ובפינוי פסולת מצברים;
- אנשים הנחשפים למצבורי פסולת מצברים, או לגזים הנפלטים מלפידי שריפה של פסולת מצברים.

ניתן לסווג את הסיכונים הפוטנציאליים לסוגים העיקריים הבאים:

- סיכונים פיסיקליים;
- סיכונים כימיים;
- סיכוני חשמל;
- סיכונים מכניים.

3.1 סיכונים פיסיקליים

הסיכון הפיסיקלי העיקרי בעבודה עם מצברי עופרת-חומצה הוא סכנת התפוצצות. מרבית תאונות התפוצצות מתרחשות במצברי המכוניות.

3.1.1 סיכונים מגזים הנוצרים בתא אלקטרוליטי

הסיבה העיקרית לדליקה או להתפוצצות המצברים היא פליטה והצטברות של הגזים, בעיקר מימן וזאת בעקבות התגובות אלקטרו-כימיות המתרחשות בתוך התאים. כאשר ריכוז המימן באוויר עולה מעל ערך גבול ההתפוצצות התחתון, הוא עלול להתפוצץ בנוכחות מקור הצתה כגון ניצוץ או חום בעל אנרגיה המספיקה כדי ליזום פיצוץ. תחום ההתפוצצות של מימן נע בגבולות הבאים: % 4÷75 (אחוזים בנפח) בתנאים סטנדרטיים (STP).

4% - גבול ההתפוצצות התחתון (LEL – Lower Explosion Limit)

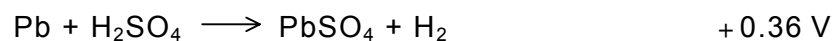
75% - גבול ההתפוצצות העליון (UEL – Upper Explosion Limit)

הגורמים המשפיעים על היווצרות הגזים בתוך המצבר יכולים להיות משני סוגים: פנימיים או חיצוניים.

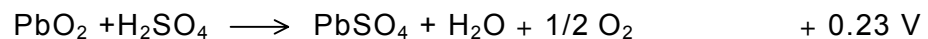
- גורמים פנימיים – היווצרות ספונטנית של הגז

התגובות הספונטניות של היווצרות הגז על פני האלקרודות בתא אלקטרוליטי של מצבר עופרת-חומצה ומתח בו הן מתרחשות מתוארות ע"י המשוואות הבאות:

באנודה - היווצרות המימן



בקתודה - היווצרות החמצן



כמות הגז המשתחרר עולה עם מתח חיובי של התא. המתח הנומינלי בתא בודד של מצבר עופרת-חומצה הוא 2 וולט. ערך זה גדול יותר ממתח פירוק (הידרוליזה) המים ששיעורו 1.23 וולט. לכן מעל ערך זה (1.23) תמיד יוצרו מימן וחמצן בתא אלקטרוליטי של המצבר. כיוון שכל התגובות הנ"ל מתרחשות במתח בעל ערך חיובי בצורה ספונטנית, הן צפויות במצבר ללא תלות בשימוש בו. במצברי עופרת-חומצה קצב של תגובות היווצרות הגז איטי הודות למבנה מסוים של התא ומרכיביו המצמצמים את שחרור הגז בתאיו. קצב

ההיווצרות הספונטנית של הגזים וכמותם הכוללת, המצטברת בתא המצבר בעקבות התגובות הכימיות הספונטניות תלוי במספר גורמים הקשורים למבנה התא, הרכבו הכימי, מצב טעינתו, וטמפרטורה בה הוא מצוי.

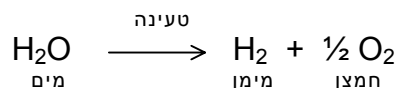
במצברים "רטובים" (המכילים תמיסת אלקטרוליט מימית) המקור המשמעותי והבלעדי של האנרגיה הכימית שהוא יכול לספק תמיכה אנרגטית לתהליך של פיצוץ, הוא חמצון המימן הנוצר בתהליך אלקטרוכימי או קורוזיבי. פיצוץ פנימי במצבר עלול להתרחש כאשר מימן וחמצן מצטברים בתוכו בריכוזים מסוכנים בנוכחות מקור הצתה או בחשיפה לחום.

- גורמים חיצוניים

זרם חשמל ממקור חיצוני (מיתקן טעינה) העובר דרך תא המצבר במהלך טעינתו, או בתהליך פריקתו, גורם להתרחשות תגובות אלקטרוכימיות בתאיו הגורמות להיווצרות גזים, בעיקר מימן וחמצן. קיימים תנאים בהם הזרם החשמלי ממקור חיצוני העובר דרך התא האלקטרוליטי גורם לתגובות בלתי-רצויות. המקור החיצוני של הזרם יכול להיות תא אלקטרוליטי אחר, או על-פי רוב מתקן הטעינה. בשני המקרים הנ"ל מדובר בתהליכים מסוימים במעגל החשמלי של המצברים, כמו טעינת יתר (Overcharge), או היפוך תא (Cell Reversal) המגדילים את כמות הגזים הנוצרים ובכך את הסבירות להתפוצצות.

טעינת יתר

בטעינת יתר חל תהליך בלתי הפיך של אלקטרוליזה של המים המתוארת ע"י המשוואה הבאה:



כתוצאה מכך נפלטים גזים: חמצן - באנודה ומימן - בקתודה.

סוגי הגזים הנוצרים בתא המצבר על פני האלקטרודות בתהליך טעינתו מוצגים בטבלה 1 שלהלן.

טבלה 1

סוגי הגזים הנוצרים על פני אלקטרודות בתהליכי טעינת יתר והיפוך תא

מצב טעינת האלקטרודה		סוג הגז הנוצר על פני אלקטרודה		תהליך
חיובית	שלילית	חיובית	שלילית	
פירוק מלא	טעון - קיבול שיורי	מימן	מימן	היפוך תא
טעון - קיבול שיורי	פירוק מלא	חמצן	חמצן	
פירוק מלא	פירוק מלא	מימן	מימן	
טעינה מלאה	טעינה לא מלאה	חמצן	חמצן	טעינת יתר
טעינה לא מלאה	טעינה מלאה	מימן	מימן	
טעינה מלאה	טעינה מלאה	חמצן	מימן	

פליטת הגזים בטעינת מצברים היא בלתי נמנעת ולכן רצוי מאוד לתכנן את המצברים ולתפעל אותם כך שקצב היווצרות הגזים, בעיקר מימן יהיה מזערי ככל הניתן. כמויות הגז הגדולות במיוחד נוצרות בטעינת יתר. כדי למנוע טעינת יתר יש לבצע את תהליך הטעינה באופן מבוקר עד להשגת קיבול הטעינה המומלץ ע"י היצרן וזאת באמצעות מטענים תקינים המתאימים לסוג המצבר. מערכות טעינת המצברים מצוידות, בדרך כלל, באמצעי ניתוק אוטומטי המפסיקים את תהליך הטעינה כאשר הושג הקיבול הנדרש. התקנת מערכות אלקטרוניות משופרות לצורך בקרת הטעינה, מונעת טעינת יתר וע"י כך תורמת להאטת תהליך ההידרוליזה של המים. התוצאה מכך - הקטנת כמות המים הנדרשת להוספה וכן הורדת לחץ הגזים הקיים בתוך תאי המצבר.

באופן מעשי, המימן הנפלט מהמצברים, מתערבב באוויר של חלל חדר המצברים ועולה כלפי מעלה (המימן קל פי 15 מהאוויר) וזאת בתנאי שחדר המצברים מאוורר באופן נאות ואין בו "כיסוי מלכודות" (שקעים וחללים עוורים ללא תנועת אוויר) בהם מימן עלול להצטבר. פתח בגודל מתאים הנמצא במפלס הגבוה ביותר (ככל הניתן) בחדר שבקרבת אזור התקנת המצברים, עשוי למנוע הצטברות מימן בריכוזים מסוכנים שמעל ריכוז של 1% באוויר.

היפוך תא

המונח, "היפוך תא" משמעותו היפוך קוטביות התא. היפוך תא מתרחש כאשר זרם פריקה עובר דרך תא אשר קיבולו נסחט. מצב היפוך התא אופייני העיקר לסוללות מתח גבוה של מצברים המגושרים בקבוצות. למרות, שבאופן עקרוני היפוך תא עלול לקרות בסוללות מתח נמוך, סבירות תופעה זו נמוכה בגלל ההגבלה הנדרשת שמתחת למתח מסוים תהליך הפריקה יופסק. כדי למנוע היפוך תא, מתקינים מערכות ניתוק אוטומטיות. כאשר אחד מהתאים "נסחט", מתח המצבר נופל. לאחר נפילתו מתחת לרמת מתח השרות

(Service Level) המצבר ניתק מהעומס החשמלי. קצב היווצרות הגז משתנה ביחס ישר לשיעור זרם היפוך התא. אם נתון ערך מתח המצבר בוולט (V) וערך התנגדות העומס החיצוני באוהם (R), אזי ניתן לחשב את כמות הגז לפי נוסחת פרדיי ע"י הכפלת הזרם V/R במשך הזמן של תהליך היפוך התא. נפח הגז הנוצר בתא בתנאים סטנדרטיים (STP) לכל מיליאמפר-שעה של מטען חשמלי העובר דרך תא המחושב לפי נוסחת פרדיי 0.42 cm^3 עבור מימן ו- 0.21 cm^3 עבור חמצן. הגזים המשתחררים הם: מימן, חמצן או תערובת שלהם, תלוי באלקטרודה המגבילה תהליך הפריקה וגורמת להיפוך התא. במידה ותהליך היפוך התא נמשך מעבר לנקודה בה שתי האלקטרודות התפרקו ממטען המלא (Full Capacities), נוצרת בתא תערובת נפיצה של הגזים: מימן וחמצן. בתאים אלקטרוליטיים אוטומים מצב זה עלול להפוך אותם לפצצה אפשרית. בטבלה 1 שלעיל מוצגים סוגי הגזים הנוצרים על פני אלקטרודות בתהליך היפוך התא.

3.1.2 סיכונים מהתחממות מצברים

מצבר יכול להתחמם ממקור חום פנימי וחיצוני.

- התחממות ממקור חום פנימי

מקור החום הפנימי במצבר הוא תגובות כימיות ואלקטרו-כימיות ותהליכים פיסיקליים מסוימים. אם קצב יצירת החום הפנימי עולה על קצב פליטתו החוצה המצבר ילך ויתחמם. הגורמים התורמים לחימום יתר של המצבר, פועלים בנפרד, או באופן משולב. להלן הגורמים:

- פריקת יתר;

- קצר פנימי;

- טעינת יתר והיפוך התא;

- תגובות אלקטרו-כימיות;

- ירידה בריכוז האלקטרוליט

- פריקת יתר

בתהליך פריקת המצבר, חלק מהאנרגיה שנאגרה בטעינתו, נצרך לתמיכת זרם חשמל העובר במצבר. אנרגיה זו משתחררת בצורת חום. פריקת יתר עלולה להגביר את יצירת החום באופן ניכר ולגרום להעלאת הטמפרטורה והלחץ הפנימי. טמפרטורה גבוהה גורמת גם לזירוז תגובות פולטות חום (אקזותרמיות), ומגבירה את קצב האיזוי של האלקטרוליט ונזילתו מהתאים המאווררים. קצב פריקה של המצבר מוגבל בעיקר ע"י התנגדות הפנימית שלו. סיכון גבוה קיים כאשר התנגדות המעגל הפנימי של התא נמוכה ביותר, למעשה כאשר היא שואפת לאפס. במצב זה הזרם יהיה גבוה מאד ויגרום להתחממות האלקטרוליט. סבירות להיווצרות של מצב כזה בתנאי שימוש רגילים, נמוכה מאוד. מקרים שכחים יותר הם כאשר ההתנגדות של מעגל החשמל החיצוני יורדת עד לשיעור של $0.01=0.001$ אוהם. במקרים אלה, כמות חום מסוימת נוצרת מחוץ למצבר, אך ברובה בתוכו.

- קצר פנימי

במקרה של היווצרות קצר פנימי, כל כמות החום נוצרת בתוך המצבר. קצר פנימי נרחב קורה, בדרך כלל, כאשר מופעלים על מצבר כוחות חיצוניים קיצוניים הגורמים מלבד לחימום יתר גם לסדקים או שברים, דרכם משתחררים גזים או/ו דולף אלקטרוליט החוצה. כתוצאה מכך עלול להיווצר סיכון של דליקה או פיצוץ של תערובת מימן-חמצן ומימן-אוויר הנפלטת מתוך המצבר. לכן יש לשמור על כללי בטיחות בעברת המצברים ושינועם כדי למנוע את הפלתם (ראה בהמשך פרק 4 - סיכונים מכניים).

- טעינת יתר ו"היפוך התא"

התחממות המצבר בטעינה, בפרט בעקבות טעינת יתר או "היפוך תא" היא תופעה אופיינית יותר למצברים ראשוניים מאשר למצברים שניוניים רטובים, דוגמת עופרת-חומצה. מצברים שניוניים מתוכננים כך, שהם יכולים לעמוד בהתחממות שבטעינת יתר ללא נזק משמעותי. טעינת יתר במצברים אלה גורמת להידרוליזה של מים, כלומר לפירוקם לחמצן ולמימן היכולים להתחבר בחזרה

למים בתוך תא המצבר, או להיפלט החוצה (במצברים מאווררים). קצב יצירת החום בתהליך הטעינה מבוקר ע"י זרם הטעינה אשר מוגבל, בדרך כלל, לשיעור שאינו גורם להתחממות יתר.

3.1.3 מקורות להצתת תערובת נפיצה: מימן- אוויר או מימן- חמצן

קיימים שני מקורות להצתת התערובת הנפיצה של מימן-אוויר או מימן-חמצן - ניצוץ וחום.

ניצוץ

מספיק ניצוץ בעל אנרגיה קטנה למדי כדי לגרום לפיצוץ. השיעור המינימלי של אנרגיה ההצתה (Lowest Minimum Ignition Energy) הדרושה כדי להצית תערובת מימן באוויר הוא 0.02 מיליג'אול או 0.02 wt x sec תנאים סטנדרטיים (STP). שיעור אנרגיית ההצתה כה קטנה מסביר את הקלות בה תערובת נפיצה של הגזים מימן-אוויר עלולה להיות מוצתת. לכן יש למנוע היווצרות ניצוצות בסביבת מצברים בכל תהליכי השימוש בהם ובתחזוקתם.

הצתה ממקור חום חיצוני

תערובות מימן-אוויר או מימן-חמצן יציבות בטמפרטורות הנמוכות מנקודת התלקחות שלהן. נקודת התלקחות עצמית מוגדרת כטמפרטורה המינימלית הדרושה להצתה עצמית (Autoignition temperature – AIT) של הגז, בדרך כלל באוויר. נקודת התלקחות התערובות הנ"ל: מימן- אוויר - 520 °C, מימן-חמצן - 400 °C. הצתה ממקור חום דומה להצתה מניצוץ. ההבדל הוא בכך, שכדי להצית תערובת נפיצה של מימן-אוויר או מימן-חמצן עליה להיות מחוממת לפחות לטמפרטורה של 400 °C. תנאי זה יכול להתקיים כאשר תערובת הגזים הנ"ל באה במגע עם גוף חם, למשל עם מוליך חשמלי ומתחממת עד לטמפרטורה של נקודת התלקחות. התחממות של כל נפח התערובת הנפיצה באוויר מעל טמפרטורה של 400 °C עלולה לגרום להצתה ולהתפוצצות.

זכור!

חייבים תמיד להתייחס לאווירה שבסביבת מצבר עופרת-חומצה מהסוגים השונים, מאווררים ואטומים כאחד, כאווירה בה קיים סיכון של התפוצצות המימן. יש למנוע מקורות הצתה וחום בסביבת מצברים, במיוחד באיזור הסמוך למפלס עליון של תאיהם.

3.1.4 תאונות התפוצצות מצברים ונזקי פיצוץ

מכל התאונות הקשורות במצברים, כ- 70% מהן נגרמות תוך כדי טיפול בהם. מרבית התפוצצויות של מצברים המדווחות ממקום העבודה, אירעו בתעשיית רכב. רובן כתוצאה מהצתה, ע"י ניצוץ מהמצבר עצמו, מקצר חשמלי, או ממקור אש גלויה, לדוגמה סיגריה בוערת או ממצית לדוגמה, שהשתמשו בו לצורך הארה בשעת בדיקת מצבר במקום חשוך. ניתן לגלות כמויות קטנות של מימן הנפלט, או הדולף מהמצבר ומתפזר על פני השטח החיצוני של המנוע. מקורות להיווצרות ניצוצות במצברי מכוניות ודרכי מניעתם, ראה נספח 1. לעיתים נגרמת התפוצצות במצברים תוך כדי טעינתם ממצבר אחר - "טעינת- הקפצה". (הוראות טעינת הקפצה של מצבר "מת" ממצבר אחר "חיי" - ראה נספח 2).

בחלק מהתאונות המדווחות ארעה התפוצצות, כאשר ניסו להטעין מצברים ראשוניים שלא מיועדים לטעינה, או עקב שימוש במטען שאינו מתאים לסוג המצבר.

על מנת להקטין את סיכון ההתפוצצות של התערובת הנפיצה של מימן-אוויר ואת שיעור התאונות הנגרמות כתוצאה מכך, יש לפעול בשני מישורים :

א. להקטין את כמות גז המימן המשתחרר מתאי המצברים, ככל הניתן ועל ידי כך למנוע הצטברותו בריכוזים מסוכנים. מכוון שלא ניתן למנוע לחלוטין פליטת מימן מהמצבר, יש לדאוג למיהולו באוויר על ידי אוורור נאות של המקום בו הוא מותקן.

ב. למנוע היווצרות מקורות הצתה בסביבת מצברים : ניצוצות או חום.

3.2 סיכונים כימיים

מקור הסיכונים הכימיים הוא בחומרים שבתוך המצבר ובתוצרי התגובות האלקטרוכימיות.

3.2.1 סיכונים מחומצה גפרתית

סיכונים מחומצה עלולים להיווצר בעקבות נזילה/ שפיכה או/ו פיזור טיפות/ערפילים מתוך המצבר החוצה.

- נזילה/שפיכה

נזילה מועטה של אלקטרוליט עשויה להתרחש בעיקר דרך פתחי המילוי ומסביב לקטבי המצבר. נזילה זו גורמת להצטברות משקעים של סולפט העופרת ($PbSO_4$) - חומר לבן גבישי- במקום זה. ניתן להסיר את המשקעים על ידי הברשה, ולאחר מכן לנטרל בתמיסה מתאימה ולשטוף במים. אלקטרוליט המצבר יכול להישפך החוצה, גם תוך כדי העברתו (טלטול ידני, או שינוע) בצורה בלתי זהירה, טעינה, הוספת מים, וכו'. כאשר ישנן נזילות מועטות של חומצה, ניתן לטפל בהן בקלות יחסית על ידי ניקוי המקום במטלית לחה הספוגה בחומר מנטרל, או על ידי שטיפה במים וניטרול בתמיסה בסיסית, כגון תמיסה של סודה אש (Na_2CO_3 - סודיאום קרבונת) בריכוז של 1%, או של נתרן מימן-פחמתי.

במקרה של התפוצצות, חומרת הנזק תלויה בעוצמת הפיצוץ. אם עוצמת הפיצוץ גדולה, תיבת המצבר מתרסקת והאלקטרוליט מתפרץ בצורת נוזל או/ו ניתז לכל עבר בצורת טיפות או ערפילים. בנוסף לנזק משברים של המצבר המועפים, נתזי החומצה עלולים לגרום לכוויות כימיות לנמצאים בסביבתו ונזק לציוד. אם עוצמת הפיצוץ אינה גדולה (deflagration) מספיק כדי לרסק את המצבר, התיבה תתפקע, ייווצרו בה סדקים או פתחים גדולים יותר שדרכם יידלפו גזים ויישפך האלקטרוליט החוצה.

טיפות/ערפילים

ערפילי חומצה גפרתית (sulfuric acid mist) - טיפות נוזל זעירות המרחפות באוויר בגודל של 0.5-23 מיקרון : 0.5-10 מיקרון - טיפות מיקרוסקופיים, מעל 10 מיקרון - טיפות נראות. בנוסף לערפילים שנוצרים בעת התפוצצות המצבר, כל תהליך, כגון פריקת יתר, טעינת יתר, היפוך התא (המגביר את התחממות האלקטרוליט) גורם לאידוי מוגבר והיווצרות ערפילים.

תהליכים מסוימים, כגון טעינת יתר או סריקה באינפרא-אדום לצורך בדיקת פריקת המצברים מסוג תאים אלקטרוליטיים מלווים בביעבוע מוגבר של גזים המשתחררים (gassing) וגורמים גם הם להיווצרות אדים וערפילים של חומצה.

3.2.2 נזקים מחומצה גפרתית לגוף אדם

חשיפת אדם לחומצה גפרתית עלולה לגרום לנזקי גוף ופציעות רבות, לעיתים חמורות ביותר.

כוויות כימיות בעור ובעיניים

פגיעה של חומצה מרוכזת או מהולה עלולה לגרום נזק חמור לעור ולעיניים, כולל הופעת דלקות, כיבים וכוויות – עד כדי מצב של עיוורון. הכוויות הן כימיות ותרמיות כאחת מכיוון שבעת הפגיעה משתחרר חום מקומי רב. חומרת הפגיעה תלויה בריכוז החומצה, העולה עם דרגת טעינתו של המצבר. שימוש בצידוד מגן אישי מתאים, כגון משקפי מגן או מגן פנים, בגדי עבודה ונעלי עבודה, סינורים עמידים בפני חומצה וכו' עשוי למנוע או להפחית את חומרת הפציעות הנ"ל.

פגיעה בדרכי הנשימה מאדי חומצה גפרתית

בתנאי שימוש וטיפול שגורתיים במצברים, הסבירות לחדירה של אדי (ערפילי) חומצה גפרתית לדרכי הנשימה אינה גדולה במיוחד, פרט לחשיפה לאדי אלקטרוליט של העובדים המבצעים סריקת אינפרא-אדום בזמן פריקת התאים האלקטרוליטיים. לצורך הגנת דרכי הנשימה, במקרה של חשיפה לערפילי חומצה גפרתית, יש להשתמש במסכת מגן עם מסנן אדים מסוג E בהתאם לדרישות התקן הישראלי ת"י 4013. כדי להקטין נזק לדרכי הנשימה מומלץ גם להרבות בשתייה. במקרה של התפוצצות המצבר קיים סיכוי רב לחדירת אדים או ערפילים של חומצה לדרכי הנשימה. חדירה ולו בכמות מזערית של חומצה לדרכי הנשימה עלולה לגרום להן נזק חמור (ערך סף החשיפה (TLV-TWA) לחומצה גפרתית - ראה בנספח 4).

בליעת חומצה

החומצה הגפרתית היא חומר משתך (קורוזיבי) מאוד ובליעתה גורמת לכוויות כימיות קשות בפה, ובדרכי העיכול.

כדי למזער סיכונים שמתוארים לעיל ובכך למנוע תאונות עבודה יש להקפיד על בטיחות בעבודה עם חומצה גפרתית - ראה נספח 3. עזרה ראשונה במקרה של פגיעה מחומצה גפרתית - ראה נספח 5.

3.2.3 סיכוני הרעלה

העובדים במצברים נחשפים לסיכוני הרעלה כתוצאה:

- ממגע בחומרים מוצקים של תאי המצבר וזאת תוך כדי תהליכי ייצור, פירוק ופינוי פסולת מצברים (ערכי סף החשיפה לחומרים מוצקים של מצבר עופרת-חומצה - ראה נספח 4). בחירה בצידוד מגן אישי מתאים ושימוש נכון בו, שמירה על היגיינה וניקיון לאחר מגע בחלקי מצבר מפחיתים סיכון זה.

- מחשיפה לאדי החומצה ותרכובות גופרית המצטיינות בריח אופייני והנוצרות בתהליך הטעינה, ובפרט בשעת טעינת יתר.

- מחשיפה לגזים רעילים מאוד כמו סטיבין (SbH_3) בעל ריח מטריד, או ארסין (AsH_3). שני גזים

אלה נוצרים בתנאים מסוימים במצברים בעלי לוחות (אלקטרודות) העשויים מנתכי עופרת הכוללת אנטימון או ארסן. תנאים אלה עלולים להיווצר במקרים הבאים:

- טעינת יתר- אוורור נאות של חדר המצברים והתקנת מערכות אוטומטיות לבקרת תהליך הטעינה מונעים הרעלה מגזים הנ"ל.
- כאשר מעורבת פסולת המכילה אלקטרודות העשויות מנתכי מתכות שונים, כמו נתך עופרת – סידן (חומר ממנו עשויה האלקטרודה במצברים אטומים ללא תחזוקה) עם נתך עופרת – אנטימון או עופרת – ארסן, הם יכולים להגיב ביניהם בנוכחות חומצה תוך שחרור גזים רעילים סטיבין (SbH_3) או ארסין (AsH_3) הנ"ל. כדי למנוע אפשרות זו יש לטפל בפסולת נתכי מתכת שונים כאמור בנפרד.

3.3 סיכוני חשמל

רשת החשמל הציבורית מספקת חשמל בזרם חילופין (AC). לעומת זאת מצברים נטענים, כגון מצברי עופרת- חומצה מספקים זרם ישר (DC) וצורכים בזמן טעינתם זרם חילופין. מטען מצברים ממיר זרם חילופין (AC) לזרם ישר (DC) לשם טעינתם. תאונות חישמול קשורות בדרך כלל בזרם חילופין, והן עלולות לקרות תוך כדי מגע במעגלים החשמליים של מערכת הטעינה, כולל מעגל ההזנה של ציוד הטעינה. אך גם זרם ישר (DC) ממצברים עלול להיות מסוכן. יש לזכור שבמתקני מצברים קבועים, לדוגמה במערכות אל-פסק מתח חשמלי קיים גם לאחר הפסקת הזינה. בנוסף לסיכוני המצברים הנ"ל, כמו דליקות, פיצוץ, סיכון מחומצה וכו', קיימים גם סיכוני חשמל, העלולים לעיתים לגרום לתאונות חמורות ביותר ואף להיות קטלניות. במקרה שההתנגדות ההעומס החיצונית נמוכה או במקרה של קצר פנימי, המצבר יתחמם ועלול להתפוצץ.

חשמול

שכיחותם של תאונות כתוצאה משימוש בזרם ישר נמוכה במידה ניכרת ממה שניתן היה לצפות בהתאם למספר היישומים שלו, ותאונות קטלניות מתרחשות רק במצבים מאוד בלתי נוחים, כמו למשל במכרות. דבר זה נובע בחלקו מהעובדה כי בזרם ישר סף ה"רתיעה" (רגישות) הוא נמוך יותר, ועבור משכי חישמול ארוכות יותר מאשר אורך המחזור הקרדיאלי. הסף של הפרפור החדרי נשאר גבוה במידה ניכרת מזה של זרם החילופין. ההבדל העיקרי בין ההשפעות של הזרם הישר והזרם החילופין על גוף האדם נובע הבעובדה כי פעילות הגירוי של הזרם (המרצת העצבים והשרירים, סימן פרפור) קשורות לשינויים בעוצמת הזרם, במיוחד בזמן הפעלה וניתוק של המעגל החשמלי. עוצמת הזרם ישר גבוהה יותר פי 2 עד 4 מזו של זרם חילופין תגרום לאותו אפקט גירוי.

כוויות

הנזק לגוף האדם מזרם ישר נגרם כתוצאה מהתפזרות האנרגיה ברקמות ואיברי הגוף כתוצאה ממגע בחלק כלשהו של מעגל חשמלי חשוף. חומרת הנזק תלויה בשיעור הזרם ובמשך המגע. כל עוד שהזרם מוגבל הנזק לגוף האדם הוא גם מוגבל ביותר אם בכלל קיים נזק. מצברי עופרת - חומצה הם בעלי צפיפות משקלית גדולה של אנרגיה -מ- 25 wt/kg עד 50 wt/kg (לפי פרסומים של מתכנני מצברים מתקדמים) היכולים ליצור זרם פריקה דרך גוף האדם בשיעור של מספר אמפרים (עלול לגרום לכוויות קשות). הסיכון העיקרי מזרם ישר הוא קבלת כוויות וזאת בגלל צפיפות האנרגיה הגבוהה של מצברים.

קיימים שני סוגים של כוויות:

- כוויות מגע הנגרמות בעת מגע ישיר במוליך חי וחשוף, לדוגמה קוטבי המצבר;
- כוויות הנגרמות מקשת חשמלית כתוצאה מקצר חשמלי חיצוני החל בין קוטבי המצבר שאינם מבודדים/מוגנים.

בנוסף לסכנת כוויות, קשת חשמלית עלולה גם לגרום לשריפה, או לפיצוץ. לכן העובדים עם מצברים צריכים להיות מודעים לסיכונים אלה ולהתחשב בהם בעבודה כדי למנוע תאונות ופציעות. העובדים עם מצברים לעיתים נעשים שאננים ביחס לסיכונים חשמל בזרם ישר, במיוחד במערכות בהן קיים מתח נמוך מאוד, או מערכות לא מוארקות, כדוגמת טעינת מלגוזות.

על כן: תמיד יש להדגיש בפני העובדים עם מצברים את העובדה שזרם חשמל ישר עלול להיות מסוכן אף קטלני ולכן יש להדריך אותם כנדרש.

תחיקה

- בחוק החשמל, תשי"ד - 1954, ותקנותיו וכן בתקנות בטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן - 1990 מוגדר מצבר כ"מתקן חשמלי" ולכן חלות עליו כל דרישות התקנות הנ"ל.
 - לדוגמה, בתקנות החשמל (התקנת כבלי חשמל במתח גבוה), התשס"ב-2001 מגדר מתח בזרם ישר כדלקמן:
 - מתח גבוה - מעל מתח נמוך;
 - מתח נמוך - מתח העולה על ערך המתח הנמוך מאוד, אך ואינו עולה על 1500 וולט;
 - מתח נמוך מאוד:
- "מתח השורר ביו שני מוליכים באותה שיטת אספקה, שאינו עולה על 30, 60, או 120 וולט. הכול כאמור בתקנות החלות על המתקן שאותו הם משמשים"
- המתח החשמלי במצברי התנעה המיועדים לשימוש ברכב הוא מתח נמוך מאוד: 6, 12 או 24 (אוטובוס) וולט. הסיכון העיקרי במצברים אלה הוא מקצר חשמלי, שעלול לגרום לניצוץ ולהתפוצצות. בסוללות של מצברים המיועדים לשימושים תעשייתיים, המתח יכול להיות מאות ואף אלפי וולטים. מתח בשיעורים כה גבוהים עלול לגרום לתאונות חמורות. על מנת להפחית סיכונים אלה בסוללות של

מצברים נייחים מחוברים בקבוצות כך שמתח בכל קבוצה לא יעלה על מתח נמוך מאוד בשיעור של 120 וולט .

תקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט), התשנ"א-1991, תקנת 7 הארקה שיטה לזרם ישר בעלת שני מוליכים

קובעות דרישות להארקת שיטה לזרם ישר בעלת שני מוליכים :

7" (א) שיטה לזרם ישר בעלת שני מוליכים תהיה ללא הארקה שיטה; עולה מתח השיטה על 120 וולט, תצויד המערכת במשגוח כנדרש בתקנות 51, 50 ו-52.
(ב) על אף האמור בתקנת משנה (א) מותר להתקין הארקה שיטה במערכת לזרם ישר, בעלת שני מוליכים, בתנאי שהמיתקן כולו לרבות מקור הזינה, ממוקם במבנה אחד.
(ג) מיתקן כאמור בתקנת משנה (ב), הנמצא בחלקו מחוץ למבנה, מותר בהארקה השיטה באישור המנהל בלבד."

3.4 סיכונים מכניים

סיכונים מכניים נגרמים ע"י הפעלת כוחות מכניים חיצוניים על המצבר. סיכונים אלה עלולים להיווצר בשלבים שונים של אחסון, העברתם, התקנתם ותחזוקתם. מצברי עופרת-חומצה, שמשמשים בהם במכוניות, ברכבים שונים, בכלים להעברת מטענים בעלי הנעה חשמלית ובמיתקנים קבועים בתעשייה, הם בעלי משקל רב. לדוגמה, מצבר רכב שוקל בין 14 ל-27 ק"ג. בנוסף לכך, בגלל תצורתם, לא פעם מצברים אינם נוחים לאחסון, להעברה ידנית, או לשינוע. על כן קיים סיכון פוטנציאלי של הפלת המצבר העלול לגרום לנזק לעובד, או לציוד.

סיכון מכני גבוה במיוחד קיים תוך כדי תהליך העברת מצברים גדולים, לדוגמה העברה של מצברים תעשייתיים למלגוזות גדולות. בשלב העברת המצבר מרכב לכוננית למטרת טעינתו ותחזוקתו והתקנתו בחזרה למקום המיועד, הוא עלול ליפול ו/או האלקטרוליט עלול להישפך ממנו. מצברים "נייחים" במיתקני מצברים קבועים, אף שברירים יותר ועלולים להישבר בעת העברתם, או תחזוקתם. לכן נפילה של מצבר גדול עלולה לגרום לתאונה חמורה.

כדי למזער את הסיכונים הנ"ל ולמנוע תאונות צריך להקפיד על כללי בטיחות בכל תהליכי הטיפול והשימוש במצברים, כגון: אחסון, העברה ידנית ושינוע. להלן מספר כללי יסוד לאחסון, להעברה ידנית ולשינוע של מצברים:

אחסון:

- יש לאחסן מצברים על ע"ג כונניות יציבות העשויות מחומרים עמידים בפני חומצה. כמן כן חוזקם ומידותיהם של מדפי האחסון יתאימו למשקל המצברים ולמידותיהם.
- מדף האחסון יותקן בגובה מפלס מינימלי מעל הרצפה, כך שיתאפשר שטיפה וניקוי האלקטרוליט במקרה של שפיכתו.
- אין לערום מצברים זה על גבי זה יותר מאשר שלוש שכבות. יש להפריד בין שכבות זו מזו ע"י לוחות קרטון או ע"י לוח העשוי מחומר מבדד אחר.
- אין להניח על גבי מצברים, חלקים מתכתיים העלולים כמובן לגרום לקצר בין קוטבי המצבר.

נשיאת המצבר ביד :

- ככלל, יש להימנע ככל הניתן מנשיאת המצבר ביד. השתמש להרמתו ולהעברתו בציוד מתאים בהתאם לסוג המצבר, משקלו וממדיו.
- מכונות ואביזרים להרמה, עגלות, וכו' יאושרו לשימוש בחדרי מצברים.
- יש להרים ולהעביר את המצבר בצורה נכונה המפחיתה את הסיכון הפלתו, והמונעת פגיעה בגב. כדי למנוע הישפכות אלקטרוליט דרך פתחי המילוי יש להרים את המצבר בשתי ידיים מפינותיו האלכסוניות.
- הנחת המצבר במקום המיועד לו תיעשה בזהירות וזאת כדי למנוע צביטתן של האצבעות. ניסיון לדייק בזמן הנחת מצבר כבד למקומו ע"י הזזה, עלול לגרום לנזק קשה לשרירים.
- העובדים במצברים, חייבים לקבל הדרכה ביחס לשיטה המתאימה ביותר לצורך הרמתם והעברתם.

שינוע :

- יש להשתמש במשטחים ומגשים עשויים מחומרים עמידים בפני חומצה וחזקים כדי לשאת את משקל המצברים תוך שמירה על יציבותם.
- במהלך שינוע של המצברים ע"י מלגזה יש להקפיד ביתר סט על נוהלי בטיחות בעבודה עם מלגזה.

מקורות להיווצרות ניצוצות במצברי מכוניות ודרכי מניעתם

1. הארה של פתח המילוי, כדי לבדוק את גובה מפלס האלקטרוליט באמצעות גפרור, לפיד או מצת גורמת לניצוצות. לכן שימוש באמצעים אלה אסור. יש להשתמש למטרה זו בפנס מטיפוס מוגן התפוצצות (explosion proof).
2. ניצוצות מריתוך
3. קצר בין קוטבי המצבר הנגרם ע"י חלקים מתכתיים. קוטב אחד של המצבר מוארק לגוף המכונית וקל מאוד לקצר אתו כאשר נוצר מגע בין הקוטב האחר לבין גוף המכונית בעת שימוש במפתח או בכלי עבודה אחר העשוי מחומר מוליך חשמל.
4. ניצוצות בעת טעינת הקפצה – טעינת מצבר "מת" ממצבר אחר "חי" שבמכונית בה מנוע פועל. כללי בטיחות בטעינת ההקפצה ראה בנספח
5. ניצוצות נוצרים בעת הרכבת המצבר במכונית או בעת פירוקו, כאשר קיים זרם במעגל חשמלי של המצבר. כדי למנוע זרם יש לנתק את כל האבזרים כמו: רדיו, אורות, מאווררים. גם דלתות המכונית צריכות להיות סגורות - אחרת נורית התאורה הפנימית צורכת זרם. כאשר קיים זרם במעגל החשמלי, הניצוץ עלול להופיע בנקודת הניתוק הראשונה או בנקודת החיבור האחרונה.
6. ניצוצות נוצרים, כאשר משתמשים במפתח לפירוק הכבל מהקוטב החיובי של מכונית מוארקת שלילת או מקוטב השלילי של מכונית מוארקת חיובית. מפתח הנוגע באקראי בגוף המכונית עלול לגרום לניצוץ. ניתן למנוע זאת ע"י פירוק הכבל מקוטב מוארק תחילה.
7. ניצוצות נוצרים בעת חיבור או פירוק מגעי המצבר למטען. המתג הראשי של המטען צריך להיות במצב OFF, או מטענים שאין בהם מתג (מטענים קטנים) ינותקו מרשת זינה לפני חיבור או פירוק המגעים מקוטבי המצבר.

הוראות טעינת הקפצה של מצבר "מת" ממצבר אחר "חי" *

בטעינת הקפצה מהירה משתמשים למטרת התנעת מנוע שנדם במכונית בגלל התרוקנות המצבר. הטעינה זו מבוצעת ממקור חשמל חיזוני, לעיתים ממצבר חי של מכונית אחרת בה המנוע פועל. להלן כללי זהירות בטעינת הקפצה:

1. נוכחות של כל מקור אש גלויה אסורה, כולל סיגריה או מצית. יש לזכור קיימת תמיד סבירות להתהוות תערובת נפיצה של מימן- אוויר בקרבת המצבר.
 2. יש להשתמש בכבלי טעינה תקינים. צבעו של כבל הטעינה החיובי (+) אדום, והשלילי (-) שחור.
 3. מכיוון שמנועה עזר של המכונית נמצא בפעולה בשעת הטעינה, יש לנקוט בכל האמצעים כדי למנוע הסתבכות כבלי טעינה בחלקים מסתובבים של המנוע הפועל.
 4. כבלי הטעינה, החיובי והשלילי חייבים להיות מופרדים זה מזה פיסית. כבלים שזורים, הנוגעים זה בזה עלולים לגרום לקצר חשמלי במידה ובידוד הכבלים פגום. לכן, יש לוודא שלימות הבידוד של כבלי טעינה לכל אורכם וכן תקינות צבתות החיבור שלהם.
 5. אסור שחלקים מתכתיים מצבתות החיבור יגעו בעת חיבורם ופירוקם בחלק מתכתי כלשהו של שתי המכוניות המשתתפות בתהליך הטעינה, פרט למגע בקוטבי המצברים בהתאמה. פירוק צבתות החיבור של כבלי הטעינה מקוטבי המצברים ("מת" וחי) או חיבורן בסדר הלא נכון עלול לגרום לניצוצות וכתוצאה מכך להצתת התערובת הנפיצה של המימן באוויר וכתוצאה מכך להתפוצצות. כמובן, יש להקפיד ששני הרכבים אינם נוגעים פיסית זה בזה.
 6. לפני ביצוע הטעינה יש להוציא את הפקקים מפתחי המילוי ולהמתין זמן מה כדי לאוורר את המצבר מתערובת הגזים הנפיצה. לאחר מכן, יש להרכיב הפקקים למקומם ולהדקם היטב למקומם. בעת ההטענה, יש להניח עליהם מטלית לחה שתישאר במקומה. אין צורך לבצע פעולה אחרונה זו במצברים אטומים ללא תחזוקה.
 7. לפני חיבור כבלי הטעינה יש לוודא האם:
 - 7.1 שני המצברים הם בעלי מתח שווה. אסור להטעין מצבר שהמתח שלו נמוך מהמתח של המצבר המטעין.
 - 7.2 אופן הארקה במכוניות:
 - א. שתי המכוניות מוארקות שלילית, כאשר הקוטב השלילי (-) מחובר גלונית לגוף המנוע או למרכב המכונית.
 - ב. שתי מכוניות מוארקות חיובית (+) כאשר הקוטב החיובי (+) מחובר גלונית לגוף המנוע או למרכב המכונית.
 - ג. מכונית אחת מוארקת שלילית ומכונית אחרת מוארקת חיובית.
- לאחר קביעת אופן הארקה בשתי מכוניות יש לחבר כבלי הטעינה לפי סדר כדלקמן.

התנעת מנוע שנדם במכונית עם מצבר "מת" המוארכת שלילית

1. חבר את הכבל החיובי (+) (האדום) לקוטב החיובי (+) של המצבר ה"מת".
2. חבר קצה אחר של הכבל האדום לקוטב החיובי של המצבר ה"חי".
3. חבר את הכבל השלילי (-) השחור לקוטב השלילי של המצבר ה"חי".
4. חבר קצה אחר של הכבל השלילי לגוף המנוע מלמטה ובמרחק מהמצבר.
5. התנע המנוע של המכונית עם המצבר ה"חי", לאחר מכן התנע המנוע של המכונית עם המצבר ה"מת".

בזמן התנעת המנוע שנדם יש לעמוד במרחק מסוים משני המצברים.

לאחר שהמנוע שנדם החל לפעול, יש לפרק את הכבלים בסדר הפוך:

1. פרק את הכבל השחור מגוף המנוע של המכונית שמותנעת.
2. פרק את הכבל השחור מהמצבר ה"חי" של המכונית המתניעה.
3. פרק את הכבל האדום מהמצבר ה"חי" של המכונית המתניעה.
4. פרק את הכבל האדום מהמצבר של המכונית המותנעת.

התנעת מנוע דומם במכונית עם מצבר "מת" המוארכת חיובית

1. חבר את הכבל השחור (-) לקוטב השלילי של המצבר ה"מת".
 2. חבר את הקצה האחר של הכבל השחור לקוטב השלילי של המצבר ה"חי".
 3. חבר את הכבל האדום (+) לקוטב החיובי של המצבר ה"חי".
 4. חבר את הקצה האחר של הכבל האדום לגוף המנוע מלמטה ובמרחק מהמצבר.
- התנע המנוע של המכונית עם המצבר ה"חי", לאחר מכן – התנע את המנוע של המכונית עם המצבר ה"מת". בזמן התנעת מנוע דומם יש לעמוד במרחק מסוים משני המצברים.

לאחר שהמנוע הדומם החל לפעול, פרק את הכבלים בסדר הפוך:

1. פרק את הכבל האדום מגוף המנוע של המכונית עם המצבר ה"מת"
2. פרק את הכבל האדום מהמצבר ה"חי" המתניע
3. פרק את הכבל השחור מהמצבר ה"חי" המתניע
4. פרק את הקצה השני של הכבל השחור מהמצבר ה"מת"

*מבוסס על ההמלצות של IBMA - Independent Battery Manufactures Association

(איגוד עצמאי של יצרני מצברים)

- Council Battery International BCI

(המועצה הבינ-לאומית למצברים).

עבודה עם חומצה גפרתית - בטיחות

- מספר רב של תאונות בעבודה עם מצברי עופרת-חומצה נגרמות כתוצאה מחשיפה לסיכונים כימיים מחומצה גפרתית. חומצה גפרתית הוא חומר משתך (קורוזיבי) ביותר היכול להגיב עם מתכות תוך שחרור של מימן. המשקל הסגולי של חומצה גפרתית שבתא המצבר וריכוזה משתנה עם דרגת טעינתו. לדוגמה, בתא אלקטרוליטי טעון במלאו משקל הסגולי 1.26÷1.285 (תלוי ביצרן וסוג המצבר), ובתא האלקטרוליטי שהתפרק ממטען החשמלי יורד משקל הסגולי לשיעור של 1.130. כדי למזער את הסיכונים ולמנוע תאונות בעבודה עם חומצה גפרתית יש להקפיד על כללים הבאים:
1. יש להוסיף תמיד את החומצה המרוכזת באיטיות לתוך המים. לעולם אין להוסיף מים לחומצה – המים מתחממים ומתאיידים תוך כדי היווצרות נתזים של החומצה.
 2. יש לסגור כל מיכל המכיל חומצה ולאחסנו במפלס הרצפה. יש להימנע מאחסון של החומצה על גבי מדפים או במקומות בהם המיכל עלול להתהפך.
 3. אין לחשוף את החומצה לאש גלויה או לקרנות שמש ישירה.
 4. אין להוסיף אלקטרוליט למצבר חדש כשהוא מורכב על הרכב. יש למלא את המצבר כשהוא מונח על הרצפה לפני הרכבתו ברכב.
 5. יש להשתמש במיכלים ומשפכים שאינם מתכתיים.
 6. יש להשתמש במכשיר תקני (הידרומטר) למדידת המשקל הסגולי של אלקטרוליט.
 7. יש להשתמש בצידוד מגן אישי מתאים עמיד בפני חומצה בתהליכים של הוספת מים או אלקטרוליט, או במקומות שיש בהם סיכון של שפיכה או התזה.
 8. במקרה של שפיכת חומצה, יש לנטרל אותה בעזרת סודה אש (Na_2CO_3 - סודיום קרבונט). בזמן ביצוע פעולת הנטרול יש להשתמש בצידוד מגן אישי מתאים. יש להיזהר הנתזי החומצה בזמן נטרול החומצה במקרה של שפך. הפסקת הבעבוע של תוצרי הנטרול אמורה להצביע על סיום התגובה הכימית של הנטרול. לאחר מכן יש לאסוף את חומרים המנוטרלים בתוך חבית או מיכל עשוי מחומר פלסטיק ולשטוף את הרצפה במקום השפך בכמות גדולה של מים. יש לזכור שאף אחד משני חומרי הנטרול הנ"ל אינו יכול לספוג את שפך החומצה. בנוסף לכך, שני חומרים אלה מגיבים עם החומצה באופן נמרץ ועלולים לגרום להיווצרות של ענן מחניק של דו-תחמוצת הפחמן. לכן מומלץ במקומות בהם קיים סיכון לשפך גדול, לדוגמה באיזורי טעינת מצברים גדולים, כמו במלגוזות גדולות, להשתמש בחומרים הסופגים את החומצה.
 9. יש להתקין אמצעים יעילים לשטיפת עיניים בקרבת תחנות עבודה שיש בהן סיכון של פגיעה מחומצה בעיניים, כגון באזורים בהם מכינים ומוסיפים אלקטרוליט, מטפלים בחומצה, מנטרלים ושוטפים את שפכי החומצה.
 10. כדי למנוע נזקים משפך של אלקטרוליט במצברים מאווררים מומלץ להתקינם בתוך מגשי איסוף עשויים מחומר עמיד בפני החומצה, כגון מפלדת אל-חלד. גובה של המגש יהיה 100 מ"מ מינימום

ומרחק החופשי מכל צדדיו של מצבר המותקן בו יהיה 25 מ"מ לפחות. קיימים מגשים המותאמים להתקנה מצברים בעלי מידות שונות עם כריות הנפגות בחומר המנטרל את החומצה.

הערה: יש להחזיק במקומות בהם עובדים עם מצברי עופרת- חומצה, חומצה וחומרי נטרול את גליונות הבטיחות (MSDS) המתאימים. גליונות אלה כוללים מידע בטיחותי חשוב ומעשי ביחס לחומרים הנכללים במצבר כגון: נתונים פיסיקליים, ערכים של חשיפה מירבית לחומרי המצברים, סיכונים, אחסון, אמצעי הגנה בפני דליקה, ציוד מגן אישי ועזרה ראשונה.

נספח 4

הערכים של חשיפה משוקללת מרבית מותרת (TLV-TWA) לחומרי מצבר עופרת-חומצה*

TLV- STEL mg/m ³	TLV-TWA mg/m ³	חומר
-	0.05	עופרת (Pb)
	0.5	אנטימון (Sb) ותרכובותיו, כמו סטיבין (SbH ₃)
3	1	חומצה גפרתית (H ₂ SO ₄)
-	0.016	ארסין (AsH ₃)

*מקור- ספר

ACGIH 2002 Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, American Conference of Governmental Industrial Hygienists

ACIGH - ארגון וולונטרי של גיהותנים תעשייתיים ממשלתיים של ארה"ב.

עזרה ראשונה במקרה של פגיעה מחומצה גפרתית**1. פגיעה בעיניים**

במקרה של פגיעה בעיניים יש להרחיק את הנפגע ממקור הפגיעה ולשטוף את העיניים במים זורמים במשך 20-30 דקות לפחות. בעת ביצוע השטיפה יש להיזהר לא לפגוע בזרם המים המזוהמים בחומצה בעין שאינה פגועה או בפנים. אם הצריבה נמשכת, יש לחזור ולשטוף אם הצריבה בעין אינה פוסקת לאחר מספר שטיפות חוזרות, יש להעביר מיד את הנפגע להמשך טיפול על ידי גורמים רפואיים לחדר המיון של המרכז הרפואי הקרוב.

2. פגיעה בעור

יש להימנע מגיעה בנפגע. יש ללבוש בגדי מגן עמידים בפני חומצה. לשטוף מהר ככל הניתן את חלק הגוף הפגוע במשך 20-23 דקות. אם הצריבה נמשכת, יש לחזור ולשטוף את מקום הפגיעה. במידת הצורך יש לקרוא לשירותי מגן דוד אדום. תוך כדי שטיפה יש להסיר את הבגדים, הנעליים ואת דברי העור האחרים (כגון שרשרת שעון, חגורה וכו') המזוהמים. אם הצריבה במקום הפגיעה נמשכת יש להעביר את הנפגע על ידי גורמים רפואיים להמשך טיפול לחדר המיון של המרכז הרפואי הקרוב.

3. פגיעת בדרכי הנשימה

במקרה של פגיעה בדרכי הנשימה יש להרחיק את מקור הפגיעה או להעביר את הנפגע לאוויר הצח. אם קיימים קשי הנשימה, ניתן להיעזר בחמצן, אם הוא ניתן ע"י אנשים מאומנים לכך, או בעדיפות לפי המלצת הרופא. אין להרשות לנפגע לבצע תנועות מיותרות. תסמינים של בצקת הריאות עלולים להופיע 48 שעות לאחר החשיפה. יש להעביר מיד את הנפגע לחדר המיון של המרכז הרפואי הקרוב.

4. בליעת חומצה

אין להכניס לפיו של הנפגע דבר, אם הוא איבד את הכרתו או בתהליך כזה, או אם הוא מפרפר בגופו. יש לשטוף במים ביסודיות את פה הנפגע. אין לגרום להקאה. יש לתת לנפגע לשתות כמות של 250-300 מיליליטר של מים, כדי למהול את החומר הנבלע בתוך הקיבה. מומלץ לתת חלב לאחר שתיית המים. אם ההקאה חלה באופן ספונטני, יש לחזור על מתן המים. יש להעביר מיד את הנפגע לחדר המיון של המרכז הרפואי הקרוב.

מקורות

- ▼
Samuel C. Levy and Rer Broh Battery Hazards and Accident Prevention , 1994 Plenum Press, New York
- ▼
KIRK-OTHMER ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY , Volume 3 4th Edition, BATTERIES, LEAD-ACID (page 1083-1103)
- ▼
Lead-Acid Storage Batteries Data Sheet NSC 635
- ▼
CCOHS, Canada, FIRST AID for Sulfuric Acid /OSHAanswers
- ▼
ACGIH 2002 Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, American Conference of Governmental Industrial Hygienists
- ▼
Bill Ramsey Battery Basic, Occupational Health & Safety, November 2001
- ▼
ACGIH 2002 Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, American Conference of Governmental Industrial Hygienists
- ▼
Liquid-electrolyte batteries - The safety aspects, Mason-G, Safety Practitioner; Dec. 1983, Vol.1, No.12, p.11-13. Illus
(CIS AN: 84-313)
- ▼
חוק החשמל ותקנותיו
- ▼
תקנות בטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן - 1990