

# תקציר בנושא בטיחות בריתוך בקשת חשמלית

מאת: מהנדס שרגא ירון

ראשי פרקים עיקריים:

ריתוך בקשת חשמלית – קשת יד

ציוד הריתוך

סוגי הסיכונים והדרכים למניעתם

ארגון מקום העבודה

ציוד מגן אישי



# תוכן העניינים

<b>3</b> .....	<b>ריתוך בקשת חשמלית - קשת יד</b>	<b>.א.</b>
<b>3</b> .....	<b>ציוד הריתוך</b>	<b>.ב.</b>
3 .....	ספקי כוח - רתכות חשמליות	.1
4 .....	מכונות ריתוך	.2
4 .....	כבלי עבודה	.3
4 .....	מחזיקי אלקטרודות	.4
5 .....	ריתוך תחת מעטה גז	.5
<b>6</b> .....	<b>סוגי הסיכונים והדרכים למניעתם</b>	<b>.ג.</b>
6 .....	התחשמלות	.1
7 .....	קרינה	.2
7 .....	חומרים מתלקחים ומתפוצצים	.3
8 .....	חביות, דודים ומיכלים סגורים	.4
9 .....	טיפול במיכלים שהכילו נוזלים או גזים דליקים	.5
9 .....	ניקוי התפר	.6
<b>10</b> .....	<b>ארגון מקום העבודה</b>	<b>.ד.</b>
10 .....	חדרי ריתוך	.1
10 .....	תאי ריתוך	.2
10 .....	מחיצות	.3
10 .....	שולחנות ריתוך	.4
11 .....	איורור	.5
<b>11</b> .....	<b>ציוד מגן אישי</b>	<b>.ה.</b>
11 .....	מסיכות ריתוך	.1
12 .....	משקפיים	.2
13 .....	לבוש מגן	.3
13 .....	כפפות	.4
13 .....	נעלי-בטיחות	.5

©  
**למוסד לבטיחות ולגיהות - מחלקת הוצאה לאור**  
**כל הזכויות שמורות**

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מדע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר - כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל. התקציר נועד למסור מידע לקורא בתחומים שבהם עוסק הפרסום, ואיננו תחליף לחוות דעת מקצועית לגבי מקרים פרטיים. כל בעיה או שאלה מקצועית, הקשורות במקרה פרטי - יש לבחון, לגופו של עניין, עם מומחה בתחום.

## א. ריתוך בקשת חשמלית – קשת יד

הריתוך החשמלי הוא תהליך חיבור מתכות המתבצע על-ידי חימום מקומי באמצעות קשת חשמלית, בלי תוספת של מתכת מוספת או בעזרת תוספת כזאת. התהליך מתבצע באמצעות "מרתכה" (רתכת חשמל), כאשר שני כבלי העבודה היוצאים ממנה מחוברים האחד לאלקטרודה והאחר לשולחן הריתוך או לעיבוד. בריתוך חשמלי ניתן להשתמש בזרם ישר (DC) או בזרם חילופין (AC) (שנאים גנרטורים ומיישרי זרם). זרמי העבודה נעים בין 10 ל-50 אמפר לאלקטרודות דקות (בקוטר עד 3.2 מ"מ) - לריתוך פחים דקים, ועד ל-500-600 אמפר לאלקטרודות עבות (בקוטר מעל 3.2 מ"מ). הריתוך החשמלי מתבצע בצורה חצי אוטומטית, ידנית או אוטומטית.

## ב. ציוד הריתוך

### 1. ספקי כוח – רתכות חשמליות (רתכות)

ערכי המתח המסופקים מרשת החשמל אינם מתאימים לריתוך. לכן דרושה מכונה שתהפוך את מתח המקור לקשת חשמלית המתאימה לריתוך. בעת שימוש בספק הכוח - הרתכת, יש להקפיד על מספר כללים:

- יש להציב את הרתכת במקום יבש ומאוורר.
- יש להתקין מפסק זרם בין הרתכת לבין רשת החשמל.
- יש לבצע את הוראות התפעול של הרתכת (כפי שניתנו על ידי היצרן).

### לפני הפעלת הרתכת יש לוודא ש...

- חיבורי כבל ההזנה מחוברים כהלכה, אינם רופפים ואין פגיעות בבידוד;
- גוף הרתכת מוארק;
- ידית מפסק הזרם (בגנרטורים) במצב אפס;
- כבל ראשון מחובר היטב למחזיק האלקטרודה ובידוד מחזיק האלקטרודה שלם;
- כבל שני מחובר כהלכה לחומר המיועד לריתוך (עיבוד) או לשולחן הריתוך;
- האלקטרודה איננה נוגעת בחומר המיועד לריתוך (עיבוד) או בשולחן הריתוך.

לאחר ביצוע כל ההוראות הנ"ל, ניתן לחבר את הרתכת למתח החשמלי ולהפעילה. בעת הפסקת פעולת הרתכת יש לנתק גם את החיבור שלה למתח, באמצעות המפסק.

## 2. מכונות ריתוך

מכונות הריתוך הן רתכות הכוללות מנגנונים אשר מבצעים את הריתוך באופן אוטומטי או חצי-אוטומטי, במקומות שבהם נדרשים תפרים ארוכים והספקים גבוהים בייצור, וכן לריתוך חלקים סטנדרטיים בייצור סדרות גדולות. כאשר הזנת התיל מתבצעת באופן אוטומטי ותנועת הקשת מבוקרת ידנית - התהליך הוא חצי אוטומטי. כל כללי הבטיחות הנוגעים לרתכות ולמערכות חשמל חלים כמובן גם על מכונות הריתוך. במכונות אלה חייבים לנהוג במשנה זהירות, משום שמתח הקשת החשמלית בריתוך, במכונות ריתוך בקשת מכוסה, הוא כמעט כפול מאשר בריתוך בקשת גלויה. מכונות אלה כוללות - בנוסף למתח הריתוך - גם מנועי חשמל, תמסורת וחלקים נעים אחרים, מה שמצריך הדרכה ולימוד של אמצעי הבטיחות המיוחדים למערכות אלה, בנוסף להוראות שמספקים היצרנים.

## 3. כבלי עבודה

החתכים של כבלי העבודה וההארקה חייבים להתאים לעוצמת זרם הריתוך ולאורך הכבל (ראו טבלה מס' 1).

### טבלה מס' 1:

#### עוצמת הזרם המרבית המותרת בכבלי עבודה (באמפרים)

חתך הכבל בממ"ר	25	50	70	95	120	150
אורך הכבל עד 5 מ'	200	300	450	600	-	-
אורך הכבל עד 20 מ'	150	230	280	340	400	460

- כל הכבלים חייבים להיות במצב תקין ומבודדים כהלכה.
- אין להשתמש בברזלי זווית, מוטות, צינורות וכוי במקום הכבל הנושא את הזרם החוזר.
- החיבור לעוֹבֵד או לשולחן הריתוך חייב להבטיח מגע הדוק. מומלץ להשתמש לשם כך במהדקים מתאימים.
- יש לשמור על כבלי העבודה מפני פגיעה. כבלים פגומים יש להחליף או לתקן.
- אין לגרור את הכבלים על הקרקע או על פני חפצים חדים ואין לחשוף אותם לחימום יתר.
- במעברים יש לתלות את הכבלים בגובה, על גבי עמודים, או להניחם על הקרקע בתוך צינור, או מתחת לברזל זווית, כדי להבטיח שבידוד הכבל לא ייפגע.
- יש לשמור על הכבלים שלא יבואו במגע עם מים, שמן או גריז, וכן למנוע מסיגים ומנתזים לווטים ליפול עליהם בשעת העבודה.

## 4. מחזיקי אלקטרודות

- יש להתאים את מחזיק האלקטרודה לקוטר האלקטרודה ולעוצמת זרם הריתוך.
- ידית מחזיק האלקטרודה חייבת להיות מבודדת כהלכה. יש לתקן מיד כל פגם בבידוד או להחליפו.
- בשעת הפסקה בריתוך יש להניח את המחזיק כך שלא ייווצר מגע בינו לבין העוֹבֵד או הקרקע.
- אין להכניס את המחזיק תחת בית השחי, אין לתלותו על הכתף ואין לסמוך אותו באברי גוף אחרים.
- חיבור הכבל למחזיק צריך להבטיח מגע הדוק כדי למנוע חימום יתר של המחזיק.
- אין לטבול את מחזיק האלקטרודה במים לשם קירור.
- מומלץ להתקין מיתקן אוטומטי המנתק את הזרם מהשנאי (או מפיל את המתח לערך נמוך מאוד) בזמן החלפת האלקטרודה.

## 5. ריתוך תחת מעטה גז

ריתוך בקשת חשמלית תחת מעטה גז מגן נכנס כיום יותר ויותר לשימוש. שיטת הריתוך הזאת מיועדת לחיבור סוגים מסוימים של מתכות כמו אלומיניום, טיטניום ופלביים. גז או תערובת של גזים נכנסים לידית הריתוך, מקיפים את האלקטרודה, מגינים על אמבט הריתוך מפני האטמוספירה ומונעים את חמצון מתכת הבסיס.

בריתוך בקשת חשמלית תחת מעטה גז מגן משתמשים בקשת טונגסטן, שבה האלקטרודה אינה ניתכת ואינה משמשת כמתכת מילוי (האלקטרודה עשויה מטונגסטן וסגסוגותיו, חומרים בעלי נקודת היתוך גבוהה מאוד שאינם מתכלים בתהליך הריתוך); או בקשת שבה ניתכת האלקטרודה ומסופקת כמתכת מילוי (תיל האלקטרודה מוזן לגומת הריתוך ומתערבב עם מתכת האם).

ארגון, פחמן דו-חמצני, או תערובת של גזים אלה, משמשים כגזי-מגן להגנת אזור הריתוך מהשפעת האטמוספירה. גז הארגון נמצא בשימוש רחב יותר.

הגזים ותערובות הגז מסופקים ע"י היצרנים בגלילים. הלחץ בגלילים מגיע ל-180 אטמוספרות ולכן גלילי הגז צריכים להיות מוגנים, מאוחסנים ומטופלים, בדומה לגלילים של גזים אחרים הנמצאים בלחץ גבוה.

לעתים משתמשים בפחמן דו-חמצני (אף שאיננו גז אדיש) כגז מגן, לריתוך פלדה בתהליך ריתוך בקשת חשמלית תחת מעטה מגן. הפחמן הדו-חמצני מסופק בדרך כלל בגלילים בלחץ של 60 אטמוספרות כשחלקו נוזל וחלקו גז. לכן, יש לטפל גם בו כפי שמטפלים בגלילים אחרים הנמצאים בלחץ גבוה.

לאספקת גז למבער המיועד לריתוך תחת מעטה גז, יש להשתמש ב"ווסת לחץ" המקטין את הלחץ ל-1.5 אטמוספירות או פחות, ובמד זרימה, למדידת קצב זרימת הגז. אם משתמשים ביותר מידית ריתוך אחת באותו קו - יש להתקין מד זרימה בכל חיבור של ידית.

לקירור הידית וכבלי הזרם משתמשים באוויר או במים, בדרך כלל כשזרם הריתוך גבוה מ-250 אמפר. צינור אספקת המים צריך להיות מצויד במסנן, כדי למנוע סתימה בגלל חדירת לכלוך.

### א. טיפול בגלילי גז

- ✓ יש לקבל לשימוש רק גלילים שעברו בדיקה, מחברות מסחריות המורשות להוביל גזים דחוסים.
- ✓ אין לשנות מספרים או סימנים או להחליף מספרים או סימנים המוטבעים על הגלילים.
- ✓ בגלל צורתם של הגלילים, מישטחיהם החלקים ומשקלם, קיים קושי להעביר את הגלילים בשיטות ידניות. ניתן לגלגל גלילים סביב שולי התחתית שלהם, אבל אסור בהחלט לגרור אותם. גלילים המכילים גז, שמשקלם גבוה מ-90 ק"ג, ישונועו על עגלה ידנית או עגלה ממונעת.
- ✓ אין להרים גלילי גז באמצעות אלקטרומגנט. כאשר נדרש לשנע גלילים באמצעות עגרון או מנוף - כגון בעבודות בניין - יש להובילם בתוך מסגרת מיוחדת או על גבי מישטח מתאים, בזהירות מרבית, לבל יפלו. אין להשתמש במענבים.
- ✓ אסור להפיל גלילי גז או להניח להם להתנגש בכוח האחד בשני.
- ✓ אין לפרק את השסתומים המורכבים על גלילי גז.
- ✓ כאשר קיים ספק לגבי הטיפול הנכון בגלילי גז, או לגבי תכולת הגליל - יש להיוועץ בספק הגז.
- ✓ גלילים ריקים המוחזרים לספק - יש לסמן בגיר שהם ריקים, לסגור את השסתום ולהבריג למקומן את כיפות המגן.
- ✓ בהעמסת גלילים יש לאפשר תנועה קטנה ככל האפשר של הגלילים בזמן ההובלה. יש לאבטח את הגלילים למקומם וכדי למנוע התנגשות ביניהם או התהפכות.
- ✓ גלילי גז ייחשבו תמיד כמלאים ויטופלו בזהירות המתאימה.
- ✓ יש להשתמש בגלילים כשהם ניצבים (במצב אנכי) ולאבטח אותם כנגד נפילה מקרית.
- ✓ את שסתום הגליל יש לפתוח באיטיות. גליל שאיננו מצויד בגלגל יד לפתיחת השסתום, יש לפתוח במפתח מיוחד שספק הגז סיפק או אישר לשימוש.
- ✓ אין להשתמש בגלילי גז ללא וסת לחץ המחובר לשסתום. יש לפתוח את השסתום לזמן קצר, כדי לנקות את הפתח מחלקיקי אבק ולכלוך. בשעת הפתיחה - אסור להפנות את פתח היציאה כלפי פני העובד או גוף העובד או כלפי עובדים אחרים.

- ✓ יש להשתמש רק בווסתים ובמדי-לחץ מתאימים המיועדים לשימוש בגזים שעבורם הם מתוכננים.
- ✓ אין לנסות לתקן או לשפץ גלילים, שסתומים וחיבוריהם. עבודה זו תיעשה אך ורק ע"י היצרן או הספק.
- ✓ אין לנסות לעצור דליפות בין הגליל לבין הווסת על-ידי הידוק אום החיבור, כל עוד לא הובטח שסתום הגליל סגור היטב.
- ✓ אין להכניס גלילים למיכלים, לחדרים בלתי מאווררים או למקומות מוקפים אחרים.
- ✓ לפני הסרת הווסת משסתום הגליל, יש לסגור את השסתום ולשחרר את הגז מהווסת.

## ב. אחסון גלילי גז

- ✓ גלילי גז יאוחסנו במקום מוגן, יבש ומאוורר היטב, שהוכן במיוחד למטרה זו.
- ✓ אין לאחסן חומרים מתלקחים, כמו שמן או חומרים אורגניים נדיפים, באזור אחסון גלילי גז.
- ✓ גלילי גז לא יאוחסנו ליד מעליות, מנופים, מעברים, חללי מדרגות או מקומות אחרים, כדי למנוע את חשיפתם לפגיעות או לנזקים אחרים.
- ✓ גלילי גז יאוחסנו על מישטח רצפה אופקי, שלם ובלתי דליק (אחד מסוגי המחסנים השכיחים המתאימים הוא סככה הבנויה מקורת גג וקירות צד, הנמשכים עד חצי הגובה, מהגג כלפי מטה, וקירות להפרדה בין סוגי הגזים).
- ✓ כדי למנוע החלדה של גוף הגלילים המאוחסנים בחוץ - הגלילים צריכים להיות מופרדים מהקרקע, ומוגנים משינויים קיצוניים במזג האוויר, גשמים בחורף, וקרירת שמש ישירה בקיץ.
- ✓ הגלילים אינם מתוכננים לטמפרטורות גבוהות מ-55°C. לכן, אין לאחסן גלילי גז בקירבת מקורות חום, כגון מצנני תנורים, או בקירבת חומרים מתלקחים כמו בנזין.
- ✓ אחסון הגלילים צריך להיות מתוכנן כך שהגלילים יוצאו לשימוש באותו סדר שהגיעו מן הספק.
- ✓ גלילים ריקים יאוחסנו בנפרד מגלילים מלאים. כדי למנוע אי-סדר - הגלילים הריקים צריכים להיות מסומנים כך שניתן יהיה לזהות אותם בבירור. יש לקבץ יחד גלילים ריקים שהכילו אותו גז.
- ✓ אין להרשות מגע של להבה ישירה או קשת חשמלית עם חלק כלשהו של גלילי הגז.
- ✓ כאשר שסתום הגליל איננו מחובר לשימוש, יש לכסות אותו תמיד בעזרת כיפת מגן.
- ✓ יש לוודא שהתברג של הווסת מתאים לתברג היציאה של שסתום הגליל. אין לעשות שימוש בכוח לצורך חיבורים שאינם מתאימים.

## ג. סוגי הסיכונים והדרכים למניעתם

### 1. התחשמלות

מתחי העבודה של מערכות הריתוך החשמלי הם בדרך כלל נמוכים (פחות מ- 50 וולט) אך קיימות גם מערכות ריתוך שבהן מגיע המתח עד ל-70 וולט.

השלב המסוכן במהלך פעולת הריתוך הוא בזמן החלפת האלקטרודה, אז מופיע מתח מלא בין מחזיק האלקטרודה לבין העיבד - במתח ריקם. אם הרתך עובד על גבי קונסטרוקציית מתכת, ואינו מבודד ממנה, או שגופו בא במגע עם העיבד - הוא עלול להתחשמל בזמן החלפת האלקטרודה.

כדי להימנע מסיכון זה חייב הרתך להיות מבודד מהעיבד, להקפיד על לבישת כפפות שלמות ויבשות, ולהשתמש במחזיק אלקטרודה אשר חלקי הבידוד שלו שלמים. עם זאת, כדי לא להסתכן בגלל כפפות לא מתאימות - מומלץ לעמוד על מישטח מבודד.

- א. **ניתוק נפגע ממקור הזרם** - הדרך הטובה ביותר היא ניתוק מיידי של זרם החשמל במעגל הנתון. אם הדבר לא ניתן לביצוע, יש להפריד את הנפגע ממוליך הזרם; יש לחתוך את המוליך בעזרת כלי בעל ידית מבודדת.
- ב. **בידוד המציל הנוגע בנפגע** - המציל צריך ללבוש כפפות גומי, או לעטוף את הידיים בחומר מבודד. כמו כן, יש ליצור בידוד בין המציל והקרקע באמצעות מישטח עץ, שטיח גומי, או ע"י נעילת נעלי גומי. אפשר להזיז את מוליכי הזרם או את הנפגע בעזרת קורות עץ יבשות.
- ג. **הבטחת הנפגע מפני נפילה** - אם הנפגע עומד על סולם או מעל לפני הקרקע יש לתמוך בו, לבל ייפול ארצה ברגע ניתוק הזרם.
- ד. **הנשמה מלאכותית** - אם הנפגע איבד את הכרתו, יש להתחיל בהנשמה מלאכותית מיד לאחר ניתוקו מן הזרם והשכבתו במצב מתאים. במשך הטיפול אין לאבד את הסבלנות (קורה שהנפגע חוזר להכרה רק כעבור שעות של הנשמה מלאכותית).
- ה. **הגשת עזרה רפואית** - יש לקרוא מיד לרופא או להעביר את הנפגע, בלי להפסיק את פעולות ההנשמה, לבית החולים הקרוב ביותר.

## 2. קרינה

פרט לקרני האור רבות העוצמה הנראות לעין, המסנוורות את העובד, נוצרות בקשת החשמלית קרניים אינפרה-אדומות ואולטרה-סגולות, שהשפעתן על עיני העובד ועל עורו החשוף מזיקה. הקרניים האינפרה-אדומות (קרני חום) חודרות דרך החלקים השקופים של העין וגורמות במשך הזמן לשינויים בלתי הפיכים. הקרניים האולטרה-סגולות גורמות לכוויות ולדלקות בחלקים החיצוניים של העין (העפעפיים והקרנית). הדלקות מלוות בכאבי עיניים עזים, דמעות, פוטופוביה (פחד אור) וכד'. המיחוישים אמנם חולפים כעבור כיממה, אך אם החשיפה לקרניים האולטרה-סגולות נמשכת זמן רב, עלולים להתפתח עם הזמן שינויים פתולוגיים בלתי הפיכים בחלקים השונים של העין. בנוסף, נכווה העור בחלקי הגוף החשופים להשפעת הקרניים האולטרה-סגולות (פנים, צוואר וידיים), בכוויות המזכירות צריבת שמש.

לכן, בכל מקרה יש לבודד את אזור הריתוך בקשת החשמלית, כך שעובדים אחרים לא ייחשפו לקרינה ישירה או עקיפה. הרתך ועוזריו חייבים להשתמש בצידוד מגן אישי, כגון: מסיכות ריתוך; משקפיים; ביגוד מגן וכפפות להגנה בפני קרינה. כמו כן יש לצבוע קירות, תקרות ומישטחים פנימיים החשופים לקרינה, בצבעים אטומים לקרינה, אשר מונעים את החזרת האור.

**חשוב לזכור: עוזרי הרתך חייבים להיות מוגנים בכל ההגנות הנדרשות מהרתך**

## 3. חומרים מתלקחים ומתפוצצים

תהליך הריתוך יוצר סיכונים מיוחדים הקשורים למקור הצתה. לכן, יש להשתמש בצידוד שתוכנן לספק בטיחות מרבית מפני התלקחות או פיצוץ. כאשר מרתכים בקירבת חומרים מתלקחים ומשתמשים בצידוד ריתוך נייד, חייבים לנקוט במספר אמצעי בטיחות מיוחדים - כדי למנוע מנתזים ומסיגים לזהותם לפגוע בחומרים הרגישים ולגרום להתלקחות. אם לא ניתן לשנות את מקומו של החלק המרותך, יש לסלק את החומרים המתלקחים למרחק בטוח. במקרה שלא ניתן להזיזם - יש להגן עליהם באמצעות כיסוי בלוח או ביריעות שאינן מתלקחות.

תאים ומעברים יש לנקות משכבות של לכלוך אשר עלולות להתלקח. לפני הריתוך יש לנקות מישטחי ריצפה עשויים מעץ



ולכסותם בלוחות פח. לפעמים יש צורך גם להרטיב את ריצפת העץ. במקרים אלה יש להגן על הרתכים ועל עוזריהם מפני התחשמלות.

בכל מקרה, יש להצטייד במטפה כיבוי נייד, צינור מים וגיגית מלאה בחול, לכיבוי דליקות קטנות ולמניעת התפשטותן בעוד מועד.

בשעת ביצוע עבודות ריתוך באתרים מסוכנים יש לקבוע משגיח מיוחד ("צופה אש"). המשגיח צריך לבדוק את המקום גם כעבור שעות אחדות לאחר סיום עבודות הריתוך, כדי לוודא שלא פרצה דליקה מהתלקחות באחת הפינות.

אסור להטיל על "צופה האש" שום עבודה אחרת באותה עת.

יש להנהיג נוהל של אישורים, המחייב הרשאה בכתב לעבודות ריתוך במקומות מסוכנים. האחראי על הבטיחות צריך לחתום אישית על האישור, ורק לאחר שוודא כי ננקטו כל אמצעי הבטיחות המתאימים, לפי הנהלים הקיימים.

## 4. חביות, דודים ומיכלים סגורים

עפ"י סעיף 88 בפקודת הבטיחות בעבודה, מוגדר "מקום מוקף" כסביבת עבודה תחומה וסגורה. המגבלות בכמות האוויר לנשימה ובדרכי המילוט בעבודה בחללים סגורים, יוצרות מספר סיכונים חמורים. לכן, יש לנקוט באמצעי הבטיחות המתאימים למניעת הסיכונים.

הסיכונים השכיחים הם: הימצאות גזים רעילים וגזים דליקים; חוסר או עודף בחמצן; פגיעה בגוף ע"י חומרים צורבים; התחשמלות עקב הכנסת ציוד חשמלי; סיכוני החלקה, נפילה או פגיעה מעצמים נופלים; סיכוני כווייה כתוצאה מפתיחה מקרית של שסתומים בקו גז שלא נותקו לחלוטין, או עקב דליפות.

כדי למנוע את הסיכונים הללו וכדי להתגבר עליהם, יש לקבוע נוהל של כניסה למיכל, בנוסף להדרכה מוקדמת של העובדים המבצעים את הריתוך. לפני הכניסה למיכל יש לנתק את כל החיבורים המכניים או החשמליים המובילים למיכל. יש לרוקן אותו, לנקותו ולהוציא מתוכו את כל הלכלוך.

יש להנהיג נוהל של אישורים, המחייב אישור כניסה בכתב, שיחתם על ידי האחראי על הבטיחות במקום, רק לאחר שוודא - אישית - כי הכנת המיכל לעבודה נעשתה בהתאם לנהלים הכתובים, שננקטו אמצעי הבטיחות המיוחדים והעובדים משתמשים בציוד מגן אישי שהוקצה להם למטרה זו.

במשך כל העבודה יש לערוך מעקב צמוד, כדי לוודא שהנהלים אכן מבוצעים הלכה למעשה.

יש לנקות את המיכלים לפני הריתוך ולרוקן מהם את כל המישיקעים ע"י שטיפה במים חמים וקרים או בקיטור, ולטהר אותם בגז לא פעיל כמו חנקן או פחמן דו-חמצני, אשר מסלקים את האדים המסוכנים באופן מוחלט. כאשר משתמשים בקיטור - יש לקרר את המיכל לפני הכניסה לתוכו. כמו כן, אין להחדיר את הקיטור מתחת למיפלס של נוזל הנמצא במיכל שאותו מנקים (נוצרת סכנת התאדות בלחץ הקרוב להתפוצצות, כתוצאה מההבדלים בטמפרטורות הרתיחה בין החומרים שבמיכל).

אסור בשום פנים ואופן להשתמש בביגוד מגן ובמסיכות נשימה כתחליף לפעולות הניקוי והאיוורור (פרט למקרי חירום). לאחר ניקוי המיכל יש לאוורר אותו באופן יסודי, בעזרת שואב אוויר, ובכך למנוע חזרת האוויר המזוהם. לצורך איוורור המיכלים יש להשתמש באוויר ולא בחמצן (אווירת חמצן גורמת להתלקחות חומרים דליקים, ובמיוחד שמנים, אשר עלולים לגרום לשריפה או להתפוצצות במיכל).

יש לנתק ולבודד את המיכל באופן מוחלט מכל ציוד אחר; את הצינורות המובילים יש לפרק, לאטום ולתלות בקצותיהם שילוט אזהרה. השילוט יגדיר את הסמכות שמותר לה להסירו.

יש לנקוט באמצעים שימנעו כניסת חומרים כלשהם לתוך המיכל, בשעה שהעובדים נמצאים בתוכו. יש לסגור את כל קווי השירות באוגני איטום, כדי למנוע טפטוף מן הקטעים המנותקים. האוגנים צריכים להיות בעובי מספיק ובחוזק כזה שיעמדו בלחצים המרביים מבלי להישבר או להתעקם.

**יש לנעול ולסמן בשילוט אזהרה** את מפסקי הזרם בקווים המספקים כוח לכל המכשירים המכניים במיכל. לאבטחה נוספת - ניתן גם לנתק את הנתכים במעגל החשמל, כדי למנוע חיבור זרם מקרי; או להסיר את הרצועה/שרשרת ההנעה ממקור הכוח למיתקן.

יש לערוך בדיקה של האווירה במיכל, אם קיימים אדים דליקים או רעילים וחוסר או עודף של חמצן. הבדיקה תיעשה בעזרת מכשירי מדידה או ע"י אנליזה כימית. יש לערוך גם בדיקות ביניים של האווירה במיכל, ולראות אם לא חלו בה שינויים לרעה, המסכנים את העובדים במקום.

יש להוציא רישיון כניסה למיכל, שישמש כתעודת הסמכה והסכמה בכתב, לכך שכל הסיכונים הקיימים הובאו בחשבון, ושננקטו כל אמצעי הבטיחות וההגנה המחייבים. הרישיון ייחתם ע"י הממונה על הבטיחות ויאושר ע"י המנהל המוסמך במקום.

כל המכשירים החשמליים וכבלי החיבור צריכים להיות מוארקים. לתאורה ולמכשירי העזר עדיף להשתמש במתח ישר נמוך מאוד, המפחית את סכנת ההתחשמלות.

הרתכים ועוזריהם חייבים להשתמש בשטיחי גומי ובציוד מגן לפי הצורך. יש ללבוש ביגוד עמיד בפני התלקחות; משקפי מגן; כובעי מגן; כפפות ונעלי מגן, מהסוגים המשמשים להגנה מפני הסיכונים השכיחים.

אם איכות האוויר איננה מובטחת, או שקיימת סכנה של זיהום אוויר או חוסר בחמצן - יש לספק אוויר הראוי לנשימה ממכלים נישאים על הגב, או על ידי אספקתו מבחוץ.

בכל מקרה, יש להשתמש ברתמת בטיחות עם חבל הצלה. יש להצמיד לרתך עוזר שישאר מחוץ למיכל, ושתפקידו להזעיק עזרה ולחלץ את הרתך בעזרת חבל ההצלה, ולבצע את כל פעולות ההצלה מבחוץ. ליד המיכל חייבים להימצא בכוננות מכשיר הצלה זורנוק מים הפועל בלחץ, למקרה של דליקה.

ה"מרתכה" תוצב תמיד מחוץ למיכל.

## 5. טיפול במיכלים שהכילו נוזלים או גזים דליקים

לא יבוצעו תיקונים כלשהם, ריתוך וחיתוך במיכלים שהכילו נוזלים או גזים דליקים, או במיכלים שאין ודאות לגבי החומר שאוחסן בהם, אלא אחרי נטרול האווירה שבתוכם - עד להשגת ביטחון מוחלט שהיא איננה יכולה להוות תערובת דליקה. ה"נטרול" (סילוק שאריות הגזים או האדים הדליקים) נועד למנוע התפוצצות או דליקה בשעת מגע עם להבת המבער. משך הזמן המוקדש לנטרול מיכל הוא בהכרח ארוך, בגלל היסודיות הנדרשת בביצוע, אך הוא הכרחי להבטחת חיי העובד והסובבים אותו וגם מונע נזק חמור לרכוש. את פעולות הנטרול יש לבצע באחת מהשיטות הבאות:

- שטיפה יסודית במים - כאשר תכולת המיכל היתה חומר מסיס במים, כמו חומצת אצטון, כוהל וכו'.
- שטיפה בטריסודיום פוספט (Trisodium Phosphat), בחומר אלקלי אחר או בקיטור - כאשר תכולת המיכל היתה שמנים, מוצרי נפט וכדומה.

בתום פעולת השטיפה יתבצע איזורור, עד אשר ניתן להיווכח באמצעות מכשיר הבדיקה (מד התפוצצות) כי אין שום חשש מהאווירה בחלל המיכל, ואפשר להתחיל בעבודות הריתוך, ההלחמה או החיתוך המתוכננות. נטרול אווירת פנים המיכל במהלך העבודה ייעשה כאשר אין ביטחון שהנטרול הראשון בוצע בצורה מושלמת, או כאשר אין אפשרות לבצע בדיקה בהיעדר מכשיר תקין.

ניתן לקיים רמת בטיחות גבוהה על-ידי מילוי הכלי במים עד סמוך לנקודת העבודה, תוך השארת פתח איזורור.

## 6. ניקוי התפר

בשעת הריתוך באלקטרודות מצופות או בקשת, התפר מתכסה בשכבת סיגים. את הסיגים מרחיקים בעזרת מכות פטיש מיוחד, או בעזרת פטיש מחטים (חשמלי או פנאומטי). המכות חייבות להיות באלכסון וכיוון מהעובד החוצה. יש להימנע ממכות פטיש אנכיות מלמעלה למטה (בשעת הניקוי עלולים חלקי סיגים חמים לחדור לעינו של הרתך או ליפול על חלקי גוף חשופים ולגרור לכוויות).

אם העובד שמנקה את התפר הוא עוזר שאינו רתך - עליו לעבוד כשהוא מרכיב משקפי מגן או מגן פנים רגיל. אם מנקה התפר הוא הרתך עצמו או עוזרו - מומלץ שישתמש במשקפי מגן בעלי זגוגיות כפולות: זוג אחד מתרומם בעל זגוגיות כהות והשני קבוע בעל זגוגיות שקופות.

יש להשתמש במסיכה ייעודית בעת שמשחזים פלבי"ם לסוגיו או אלומיניום.

## ד. ארגון מקום העבודה

### 1. חדרי ריתוך

- ✓ שטח חדר הריתוך יחושב לפי 9 מטר מרובע לעובד.
- ✓ לחדר יהיו 2 פתחי יציאה, רוחב כל אחד מהם 80 ס"מ לפחות.
- ✓ המעברים יאפשרו מילוט בטוח בשעת חירום, ואפשרות אספקה והוצאה נוחות של חומרי גלם.
- ✓ כבלי הזנה חשמליים יותקנו במרחק של 0.5 מטר מצנרת החמצן, ו-1 מטר לפחות מגזים דליקים (אצטילן, גז בישול וכו').
- ✓ יש להתקין אמצעי הרמה לריתוך חלקים שמשקלם עולה על 20 ק"ג.

### 2. תאי ריתוך

- ✓ תאי הריתוך ייבנו לאורך קירות חדר הריתוך. קירות התאים ייבנו מחומרים בלתי דליקים כגון לבנים, בטון, פח מתכת וכו'.
- ✓ ריתוך פריטים ארוכים ייעשה בתא שעומקו כפול מאורך הפריט הארוך ביותר ורוחבו פי 1.5 מרוחב הפריט.
- ✓ רצפת התא חייבת להיות עמידה בפני אש ולמנוע התפשטות חום.
- ✓ רצוי שלכל תא יהיה חלון הפונה כלפי חוץ.
- ✓ לתא יהיה פתח ברוחב 60 ס"מ לפחות, שיצויד בוילון.

### 3. מחיצות

- קרני הקשת החשמלית עלולות לפגוע גם בעובדים בקירבת הרתך. לכן, יש להפריד בעזרת מחיצות את מקום העבודה של הרתך מהסביבה.
- המחיצות תהיינה מפח, מעץ, מבד או מחומר פלסטי המיועד לכך, שיעובדו בחומרים עמידים בפני התלקחות.
- גובה המחיצות כ-2 מטר. יש להשאיר מרחב חופשי של כ-30 ס"מ בחלקן התחתון, לצורך איוורור.
- המחיצות הניידות תהיינה סגורות בשעת הריתוך.
- כאשר מספר רתכים עובדים בו זמנית בעבודות שונות, יש להפריד בין רתך לרתך בעזרת מחיצות.
- צבע המחיצות יהיה מהסוג הבולע קרינה. מחיצות עץ או מתכת יש לצבוע בצבע כהה.

### 4. שולחנות ריתוך

- שולחן הריתוך ייבנה ממתכת, כשבצידו האחד מיתקן לתליית מחזיק האלקטרודה; מחסנית לאלקטרודות; סידור למלקחיים, לפטיש ניקוי ולמברשת פלדה; התקן לתליית המסיכה והתקן לחיבור כבל מחזיר הזרם.
- שולחן העבודה יוארק לאדמה. השולחן חייב להיות יציב, מסודר ונקי.
- שולחן הריתוך יוצב ליד חלון או בפניה הקרובה לפתח היציאה מן התא, או שהשולחן יצויד במערכת ניקה או איוורור, כדי להבטיח זרימת אוויר מזוהם מן הרתך והלאה.

## 5. איורור

בזמן ריתוך מתכות משתחררים חלקיקים זעירים של תחמוצת וגזים מזיקים. בזמן ריתוך פלדה מגולוונת, משתחררות תחמוצות אבץ, קדמיום, עופרת ועוד. גם ציפוי האלקטרודה מכיל לעתים עופרת, קדמיום וכו'. אין להתכופף מעל לקשת החשמלית, כדי לא לנשום גזים מסוכנים העולים כלפי מעלה. יש להשתדל לעמוד עם הפנים בכיוון זרימת האוויר. מקומות שבהם מבצעים ריתוך חייבים להיות מאווררים היטב. עמדות ריתוך קבועות יצוידו במערכות איורור וניקה מקומיות כדי למנוע ריכוז גבוה של גזים רעילים. כאשר לא ניתן, מסיבה כלשהי, לנטרל את הגזים הרעילים - על הרתך ללבוש ציוד נשימה מיוחד.

כיום, ממליצים להשתמש בצינורות יניקה גמישים אשר ניתן לקרב בקלות ולכוונם במהירות למקום שבו מתבצע הריתוך, כדי לשאוב את הגזים הרעילים קרוב ככל האפשר למקור היווצרותם.

כמות האוויר הדרושה לצורך איורור (לפי התקן האמריקאי) היא כ-60 מטרים מעוקבים לשעה לרתך, או 4 החלפות אוויר לשעה (הגדול מביניהם), כאשר מהירות האוויר בקירבת אזור הריתוך היא לפחות 30 מ' לדקה.

## ה. ציוד מגן אישי

### 1. מסיכות ריתוך

- המסיכות משמשות להגנת העיניים והפנים מהשפעת הקרינה של הקשת החשמלית. זכוכיות המגן של המסיכה חייבות:
  - לעצור את מרבית קרני האור, אך יחד עם זאת לאפשר לעקוב אחרי תהליך הריתוך.
  - לעצור את רוב הקרניים הבלתי נראות והמזיקות בתחום האינפרא-אדום והאולטרה-סגול. כמעט כל זכוכית עוצרת את הקרניים האולטרה-סגולות, פרט לזכוכיות המכילות קווארץ. את הקרניים האינפרא-אדומות עוצרות רק זכוכיות מיוחדות המכילות מתכות-ברזל, כרום וניקל או תחמוצותיהן. לכן, לא כל זכוכית כהה עוצרת את הקרניים המזיקות! רק מעבדה פיזיקלית, המצוידת במכשירים למדידת הקרניים השונות, יכולה לתת חוות דעת בנוגע להתאמת העדשות לתפקידן.
  - להתאים את זכוכית המגן לעוצמת זרם הריתוך. אין להשתמש במשקפיים המיועדים לריתוך בלהבת גז כאשר מרתכים בקשת חשמלית.
  - מידת ההגנה של זכוכית מסוימת בפני קרינה גדלה עם העובי. לצבע הזכוכית אין השפעה משמעותית. הזכוכית מיוצרת בדרך כלל בגוון ירוק, (העין רגישה במיוחד לצבע הירוק) ובעובי של 1.4 - 2.0 מ"מ.
  - בעבודות ריתוך קשות רצוי להשתמש בזכוכיות איכותיות העומדות בדרישות תקנים מחמירים. הזכוכיות הללו הן יקרות, ויש להגן עליהן בפני הידבקות של נתזי מתכת וסיגים באמצעות זכוכית רגילה או פלסטיק שקוף, שאותם קובעים לפני זכוכית הרתך.
  - זכוכית המגן המתאימה לעבודה שונה מעט מרתך לרתך, תלוי בכושר הראייה, הרגלי העבודה האישיים ותנאי התאורה הכללית. יש לאפשר לרתך לבחון ולבחור את הזכוכית הנראית לו, בלי לסטות מההמלצות שבטבלה הבאה ביותר ממספר אחד כלפי מעלה או מטה.

תהליך	תנאי השימוש	מס' הגוון (מינימלי)	מס' גוון מומלץ
הלחמה במבער			4, 3
חיתוך במבער	פלדה עד עובי 25 מ"מ		4, 3
חיתוך במבער	פלדה בעובי 25 עד 150 מ"מ		5, 4
ריתוך או חיתוך בקשת מוגנת בגז	זרם 50 עד 150 אמפר	8	12
חיתוך בקשת מוגנת בגז	זרם 160 עד 250 אמפר	10	12
ריתוך בקשת יד	זרם עד 60 אמפר	7	
ריתוך בקשת יד	זרם 60 עד 160 אמפר	8	10
ריתוך בקשת יד	זרם 160 עד 250 אמפר	10	12
ריתוך בקשת יד	זרם מעל 250 אמפר	11	14

- מסיכת הריתוך מורכבת על טבעת ראש וניתנת להרמה, או שהיא מצוידת בידית, כך שניתן להחזיקה ביד לפני הפנים.
- יש לחייב את עוזר הרתך ללבוש ציוד מגן אישי, כפי שמחייבת העבודה.
- קיימות מסיכות ריתוך אלקטרוניות המתאימות את דרגת הכהות שלהן על פי עוצמת התאורה הפוגעת בהן. יש להקפיד להשתמש במסיכות מאושרות. כמו כן, יש לזכור את מגבלותיהן הטכניות של מסיכות כאלה (אינן מתאימות לעבודה במקום מוצף שמש וגם אינן מתאימות לעבודה במקום שבו נמצא יותר מרתך אחד).

## 2. משקפיים

- העין היא אחד מהאיברים הרגישים ביותר של הגוף, והיא חשופה לסיכונים שונים תוך כדי תהליך הריתוך ואחריו, כגון: קרינה חזקה; אבק; גזים ואדים מגרים; גיצים לוהטים או סיגי מתכת המעופפים בעת ניקוי התפר. אסור שהמשקפיים, אשר הרתך ועוזרו חייבים להשתמש בהם, יצמצמו את שדה הראייה של העין. המשקפיים חייבים להיות בעלי תכונות אופטיות טובות, חזקים ובלתי שבירים ככל האפשר. מסגרת המשקפיים צריכה להיות יציבה וקלה, ככל האפשר.
- בנוסף למשקפיים הרגילים קיימים גם משקפיים עם הגנות צדדיות - המעניקים הגנה מפני פגיעות מן הצדדים, ומשקפי איטום - הסוגרים את אזור העיניים מכל צד בסגירה כמעט אטומה.
- כיום, עם פיתוחם של חומרים פלסטיים מתקדמים ובשל שבירתה של הזכוכית, מהוות זוגיות מחומר פלסטי שקוף תחליף לזכוכית. יתרונם העיקרי של החומרים הפלסטיים הוא באי-שבירותם. חסרונם - רגישות לשפשוף ושריטות. החיפוש אחר חומר לייצור זוגיות בלתי שבירות, עמידות בפני שפשוף וגירוד, הביא למספר פתרונות:
- זוגיות מחומר פלסטי שמחירו נמוך ולכן, למרות שאינן עמידות לאורך זמן בפני גירוד, ניתן להחליפן לעתים קרובות.
  - זוגיות מזכוכית רב-שכבתית (זכוכית המורכבת מ-2 שכבות זכוכית או יותר, המודבקות בלחץ לשכבת ביניים מחומר פלסטי). זוגיות כזאת איננה יותר חזקה מזכוכית רגילה, אבל בשעת שבירה היא איננה מתרסקת, והרסיסים נשארים מודבקים לשיכבת הפלסטיק. זכוכית זו עמידה בפני גירוד, אך היא יקרה יחסית.
  - זכוכית מוקשית או מחוסמת (זכוכית חד-שכבתית בעלת חוזק מוגבר כנגד מכות, הנוצר באמצעות טיפול תרמי). היא עמידה כנגד מכות, וכאשר היא נשברת הרסיסים גדולים וקהים, מה שמפחית את הסיכון לפציעה חמורה לעין.

### 3. לבוש מגן

- ✓ בגדי הרתך יהיו הדוקים, ללא כיסים פתוחים ועם חפתי שרוולים מכופתרים.
- ✓ נעלי העבודה תהיינה גבוהות. עדיף להשתמש בקרסוליות.
- ✓ שולי המכנסיים ירדו מעל לנעליים או מעל הקרסוליות.
- ✓ יש ללבוש סינרים מעור.
- ✓ יש להשתמש בכפפות מעור להגנה על הידיים. יש להקפיד שהכפפות תהיינה יבשות (הן משמשות גם לבידוד הידיים מפני חימום).
- ✓ יש להגן על השיער ולכסותו בכיסוי מתאים.
- ✓ יש להקפיד שהבגדים והנעליים יהיו יבשים.
- ✓ אין לשאת בכיסים חומרים מתלקחים (כגון גפרורים) או מתפוצצים.
- ✓ הרתכים יעבדו בבגדים נקיים ולא משומנים.
- ✓ כשעבודת הריתוך מאלצת ביצוע בתנוחה מעל לראש - יש ללבוש כפפות ארוכות, כובע ושכמיית גב.

### 4. כפפות

הכפפות נועדו להגנה על הידיים מפני חפצים חדים, מפני חום ומפני קרינה, והן צריכות גם לשמש כבידוד כנגד התחשמלות. אסור שהכפפות תפרענה לעבודה. הן חייבות לאפשר גמישות מספיקה לתנועת האצבעות. הדרישה להגנה נוגדת לעתים קרובות את דרישות הנוחות, ולכן בחירת סוג הכפפה היא פשרה בין שתי הדרישות האלה.

הכפפות מיוצרות מחומרים שונים: בדי טקסטיל, עור; גומי; חומרים פלסטיים ועוד. הכפפות המתאימות ביותר לרתכים הן כפפות מעור. יתרון הוא שאינן מפריעות ל"נשימת" הידיים ולכן כמעט ואין מזיעים בהן; או כפפות מתאימות להגנה מפני חום (כנגד שפשוף אזורי הכף והבוקר של הכפפות מחזקים את הכפפות שם בחתיכת עור). הגנה טובה בפני התחשמלות מעניקות דווקא כפפות מגומי טבעי או סינתטי.

קיימים מספר דגמים של כפפות: כפפות אגרוף, כפפות בעלות 3 אצבעות וכפפות בעלות 5 אצבעות. קיימת מגמה להאריך את חיי הכפפות ע"י חיזוק החלקים המתכלים במהירות בעבודה גסה (הבוקר, כף הכפפה ולפעמים גם האצבע המראה). את החלקים האלה מחזקים באמצעות תוספת שכבת עור או ע"י קליעת חוטי פלדה שטוחים לתוך עור הכפפה. אך אין לחזק כפפות רתכים בחוטי פלדה, כדי למנוע כל סכנה של התחשמלות ויש לנקוט בפתרון אחר.

### 5. נעלי בטיחות

נעלי הבטיחות נועדו להגן על הרתך ועוזריו מפני נפילת משקל כבד על כף הרגל, מסיגים ומנתזים לוחטים אשר עלולים להיכנס לתוך הנעל ולגרום לכוויות עור חמורות, וכן להוות בידוד כנגד התחשמלות. בנוסף לנעלי הבטיחות הרגילות יש לצייד את הרתך גם במגיני שוק סגורים, אותם ניתן להוריד במהירות בשעת הצורך.

מגיני השוק צריכים להיות מרופדים, ועשויים מחומרים בלתי מתלקחים העמידים בפני חום ואש. בין הדגמים הנפוצים קיימים מגינים עשויים עור מרופד מחוזק ברצועות (במשקל כ-1 ק"ג); מגיני שוק קלים מפלסטיק (במשקל כ-200 גרם) ומגיני שוק מאלומיניום (במשקל כ-250 גרם). כל המגינים מרופדים בספוג פלסטיק.

המגן מהאלומיניום מצטיין גם בהחזרת חום - תכונה רצויה בעבודות חמות. את כל המגינים הללו, המגיעים רק עד הברך, ניתן להרכיב מעל או מתחת למכנסיים (רצוי מתחת).

סוג אחר של מגיני שוק הם הקרסוליות, בדגמים שונים: מעור חזק או מבד שעבר עיבוד בפני התלקחות. האורך הנפוץ של הקרסוליות הוא כ-40 ס"מ. מקובלות גם קרסוליות ארוכות או קצרות יותר, המגינות על הגוף במירווח שבין המכנסיים והנעל.