

בטיחות בשיטות ריתוך חשמלי

ריתוך חשמלי - כללי

ריתוך הוא איחוי בין שני רכיבים או יותר, העשויים מתכת יסוד. איחוי זה נעשה בחום (ריתוך התכה) או בלחיצה (ריתוך בלחץ) או בשתי השיטות, כאשר שפות המתכות במצב מותך, בעזרת מתכת מילוי, שנקודת היתוכה שווה בקירוב לזו של מתכת היסוד, או ללא מתכת מילוי (ראה איור 1).

טיפות המתכות המותכות עשויות להגיע לטמפרטורות של יותר מ-1500 מעלות צלסיוס, עובדה המחייבת הגנה מתאימה הן מפני הסכנות הנובעות ממקור החום שהן מהוות, והן מפני "גיצים" (טיפות מתכת נוזלית הניתזות מפני המתכת) המהווים סכנה הן לרתך והן לסביבה (כוויות, שריפות).



איור 1. סכימה של ריתוך התכה

בריתוך חשמלי משמש זרם חשמלי (זרם ישר או זרם חילופין, בהתאם לשיטת הריתוך) כמקור אנרגיה לחימום המתכות והתכתן. לכך יש שתי שיטות עיקריות:

- א. שיטות בהן נוצרת קשת חשמלית.
- ב. שיטות בהן הזרם העובר במתכות מחממן כפי שמתחמם גוף הלהט בתנור, כלומר עקב התנגדותן החשמלית.

המעגל החשמלי המשמש לריתוך מתוכנן כך שלא יפגע ברתך; עם זאת, שימוש לא נכון או פגמים שונים בציוד עלולים להיות קטלניים.

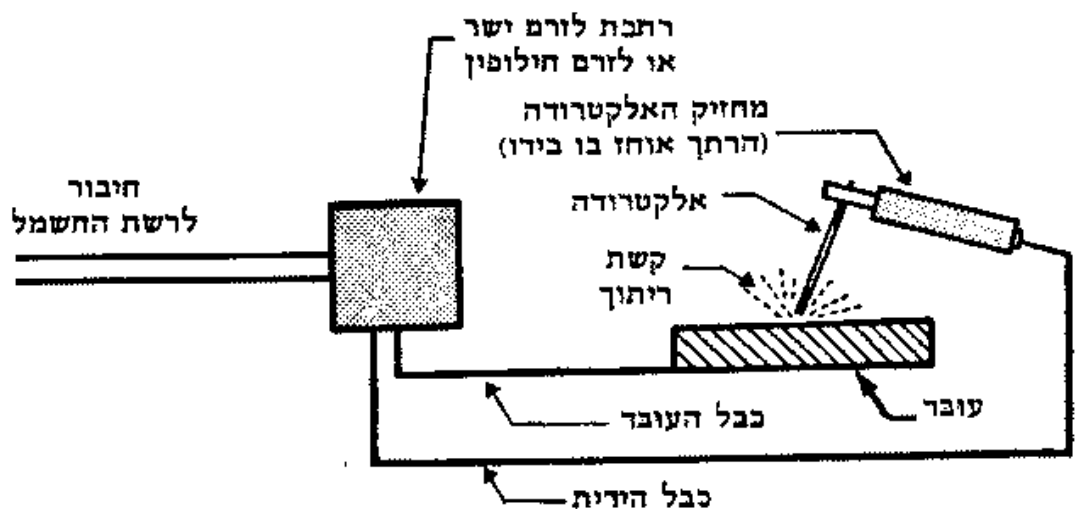
בשיטות הקשת החשמלית מתהווה הקשת בין המתכות המרותכות לבין אלקטרודה כלשהי שיכולה להיות "אלקטרודה מצופה" מתכלה, תיל מתכלה או אלקטרודה בלתי מתכלה. (מתכלה - ניתכת והופכת למתכת המוספת).

הואיל ואין לחשוף את המתכות הנוזליות לאטמוספירה מסיבות מטלורגיות, יש להגן על הקשת ועל אמבט הריתוך על-ידי גזים אדישיים או פעילים, המסופקים לרוב מגלילי גז הנמצאים ליד הרתכת. גזים אלה, יחד עם אדי מתכות המתהווים עם התכתן, עלולים להזיק לבריאות ויש לנקוט אמצעי מגן מתאימים. כן יש להגן על גלילי הגז ועל מערכות החלוקה שלהם מפני שבר עקב נפילה, או נזקים עקב חימום יתר ומגע ברשת החשמל. הקשת עצמה מקרינה אור חזק מאוד המכיל קרניים אינפרה-אדומות ואולטרה-סגולות. גם מפני קרניים אלו יש להתגונן, וגם להגן על הסביבה.

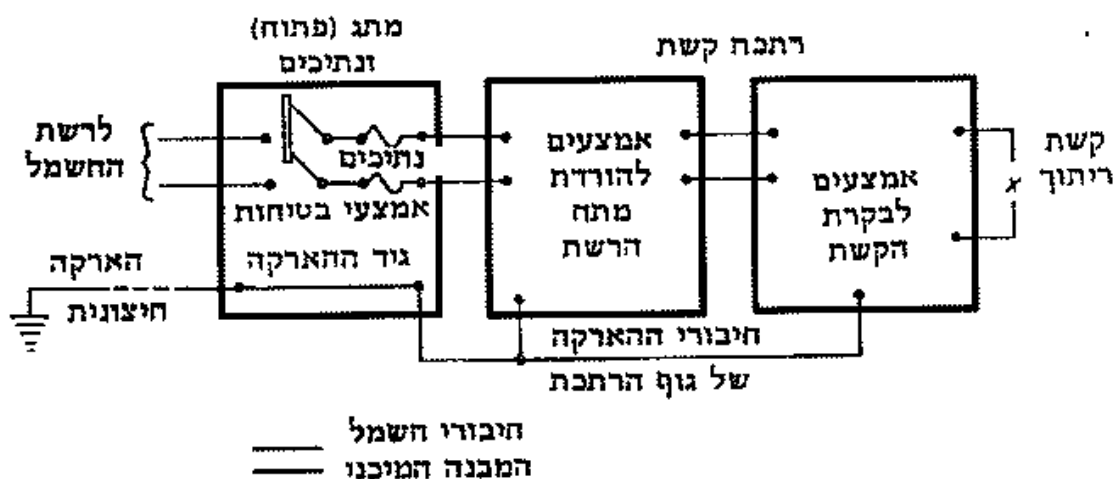
הפעלת כמויות חום גדולות מהדרוש לריתוך תביא לחיתוכן של המתכות תוך הישפכות הנוזל. מובן, שכל סכנות הריתוך קיימות גם בעת החיתוך, ולרוב בחריפות רבה יותר.

דוגמה למערכת ריתוך בקשת

הרתכת מתחברת לרשת החשמל ומשנה את מתח הרשת למתח הדרוש להצתת הקשת ולקיומה במשך הריתוך. היא מספקת את הזרמים (הגבוהים יחסית, מאות אמפרים) לקשת הריתוך. באיור 2 מפורטים הרכיבים העיקריים של המערכת. באיור 3 ניתן המבנה הסכימתי של הרתכת.



איור 2. רכיבים של מערכת ריתוך באלקטרודות



איור 3. סכימה של רכיבי רתכת המחוברת לרשת החשמל

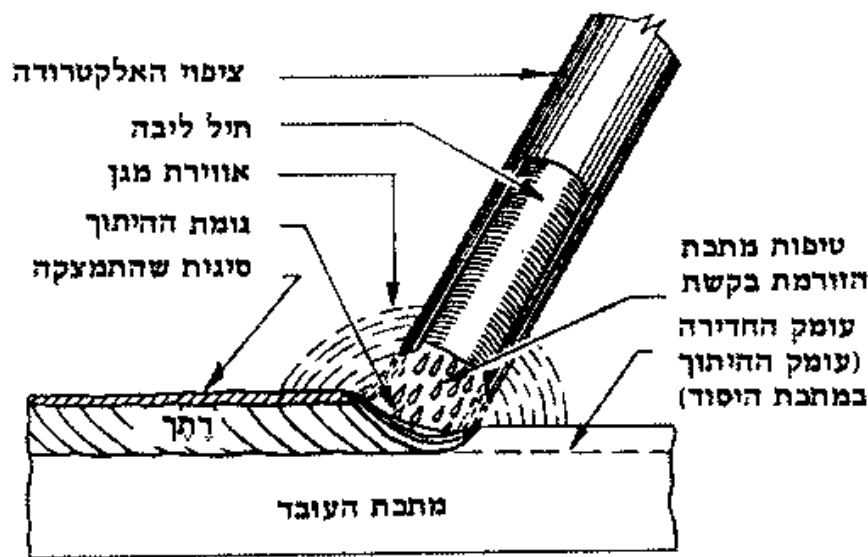
ריתוך באלקטרודות מצופות

כשיטה זו מותך העובד על-ידי קשת חשמלית הנוצרת בינו לבין אלקטרודה הניתכת אף היא ומהווה חומר מוסף. האלקטרודה בנויה מתיל ליבה מתכתי מצופה בחומרים המספקים אווירה מגינה לאמבט הריתוך ולקשת, חומרי סגסוג לעובד וחומרים אחרים לפי הצורך (כגון דבקים וצבע), ראה איור 4.

האנרגיה החשמלית מסופקת מרתכת, שהיא ספק זרם חשמלי. מתח המעגל הפתוח הוא 70 וול

1 ט (ולעתים הוא מגיע ל-100 וולט), ומתח העבודה נע בתחום שבין כ-15 וולט לכ-40 וולט. זרמי הריתוך נעים בין כ-20 אמפר לכ-600 אמפר. כבל הידית, מחזיק האלקטרודה, כבל העובד והצבתית לחיבור אל העובד משלימים את המעגל החשמלי - ראה איור 2.

הרתך מצית את הקשת על-ידי נגיעה בעובד בקצה האלקטרודה. החום שנוצר על-ידי הקשת מתיך את העובד נאת קצה האלקטרודה, וגומת ההיתוך שנוצרת מובלת על-ידי הרתך, המוביל את האלקטרודה, לאורך תפר הריתוך.



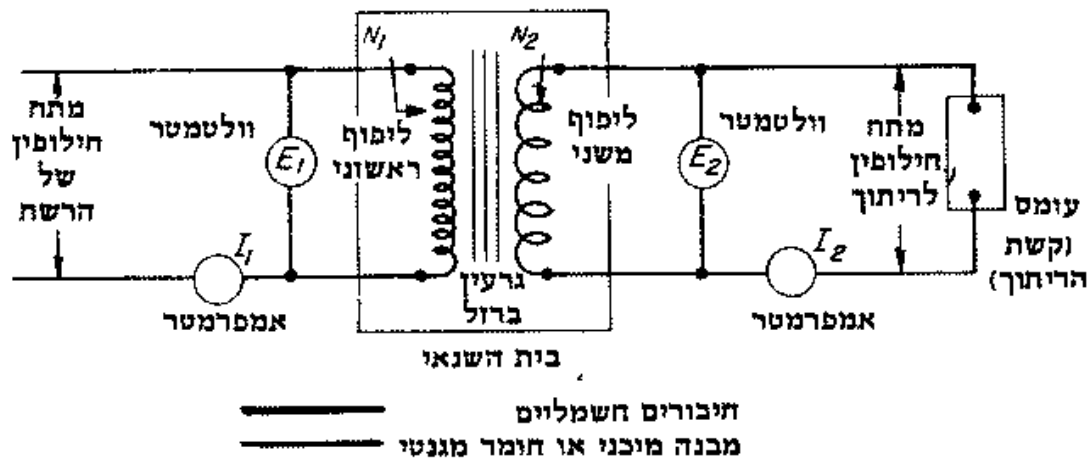
איור 4. סכימת הריתוך באלקטרודה מצופה

סיכונים ואמצעי בטיחות בריתוך חשמלי באלקטרודות מצופות

המעגל החשמלי

הריתוך החשמלי יכול להתבצע הן בזרם ישר והן בזרם חילופין. מאחר שקשה יותר לאדם להינתק ממעגל חשמלי בעל מתח חילופין כאשר ידו "נתפסת" בו מאשר ממעגל בעל מתח ישר, מומלץ להשתמש בזרם ישר (גם סיבות טכניות הקשורות לטיב הריתוך מצביעות על עדיפות השימוש בזרם הישר!) בעת ריתוך במקומות סגורים או רטובים, או במקומות בהם קיימת סכנת נפילה - הריתוך בזרם ישר הוא חובה!

המתח ברשת החשמל, שהוא לרוב 230 או 400 וולט (חילופין), אינו מתאים לריתוך חשמלי ומסכן חיי אדם. אסור בהחלט השימוש בנגדים, או בסלילים ואוטוטרנספורמטורים לשם התאמת מתח הרשת לריתוך, כי השימוש בכל אלה מסוכן ביותר. כל שנאי לריתוך חייב להיות בעל שני סלילים נפרדים, שאין כל מגע ביניהם, וזאת כדי להבטיח שלא יהיה קשר בין מעגל הריתוך לרשת החשמל. (באיור 5 מוצג המבנה של שנאי ריתוך).



איור 5. מבנה עקרוני של שנאי ריתוך

כדי לאבטח את מעגל הריתוך מפני כל תקלה העלולה לגרום למתח הגבוה, שבצד הראשוני של השנאי שברתכת, להגיע אל העוֹבֵד דרך כבלי הידית והעובד יש להאריק את מעגל הריתוך. כבל ההארקה צריך להיות בעל התנגדות נמוכה ויכולת להעביר זרם גבוה במידה מספקת (ראה טבלה להלן). חיבור כבל ההארקה למערכת ההארקה הקיימת במבנה או בשטח מספק את זרישת ההארקה. כבל זה צריך להיות מוגן מפני פגיעות מיכניות.

נתונים לכבלי ריתוך (אורך עד 20 מ')

זרם מירבי - אמפר	שטח חתך - מ"מ"ר
100	20
200	35
300	50
400	70
600	90

החשיבות שנודעת לכבל עובד מתאים ותקין ולהארקת עובד כהלכה מודגמת באיורים 6 ו-7.

באיור 6 נראה כבל עובד שנותק. עקב הניתוק חוזר זרם הריתוך במסלולים שונים שעה שפעולת הריתוך נמשכת:

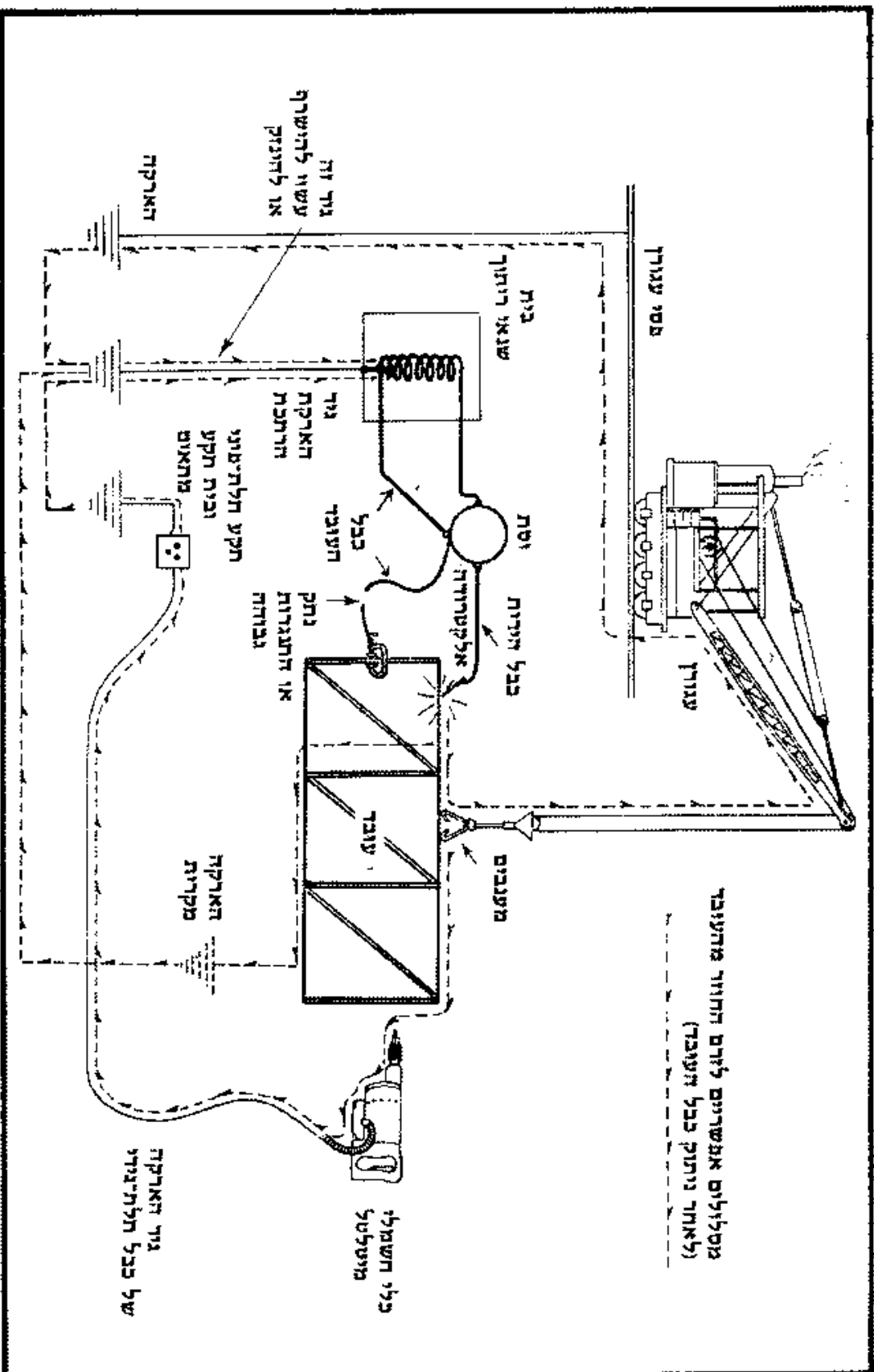
- גיד ההארקה של הרתכת עלול להתחמם ואף להינתק.
- שרשרת ההרמה או כבל ההרמה ייזקו עקב היווצרות ניצוצות חשמליים בין חוליות השרשרת או גידי הכבל. במקרה קיצוני ייקרעו הכבל או השרשרת.
- שריפת גידי הארקה של כלים מיטלטלים, כמקדחות-יד, משאירה כלים אלה ללא הארקה על כל המשתמע מכך.
- נזקים עלולים להיגרם לצנרות מסוגים שונים (צנרת אוויר, מים, הידראולית, קיטור וכ"ו). אם מדובר בצנרת להובלת חומרים דליקים תיתכן דליפתם והצתתם על-ידי ניצוץ.

באיור 7 נראה אותו מעגל ריתוך שבאיור 6, אך הפעם העובד מוארק. במקרה זה, כאשר יינתק כבל העובד ייפסק זרם הריתוך, הקשת תכבה ועובדה זו תסב את שימת ליבו של הרתך לחיפוש אחר התקלה, דבר שלא היה קיים במקרה הקודם. כבל עובד בעל התנגדות גבוהה יגרום תופעות דומות לאלו המתוארות לעיל ללא כיבוי הקשת. מסיבה זו יש להשתמש לעבודות ריתוך בכבל בעל חתך מתאים, קצר ככל האפשר.

כמו כן אסור שזרם הריתוך יעבור דרך מיסבים (כבאונקלי הרמה ממוסבים, שולחנות סיבוב ממוסבים וכיו"ב).

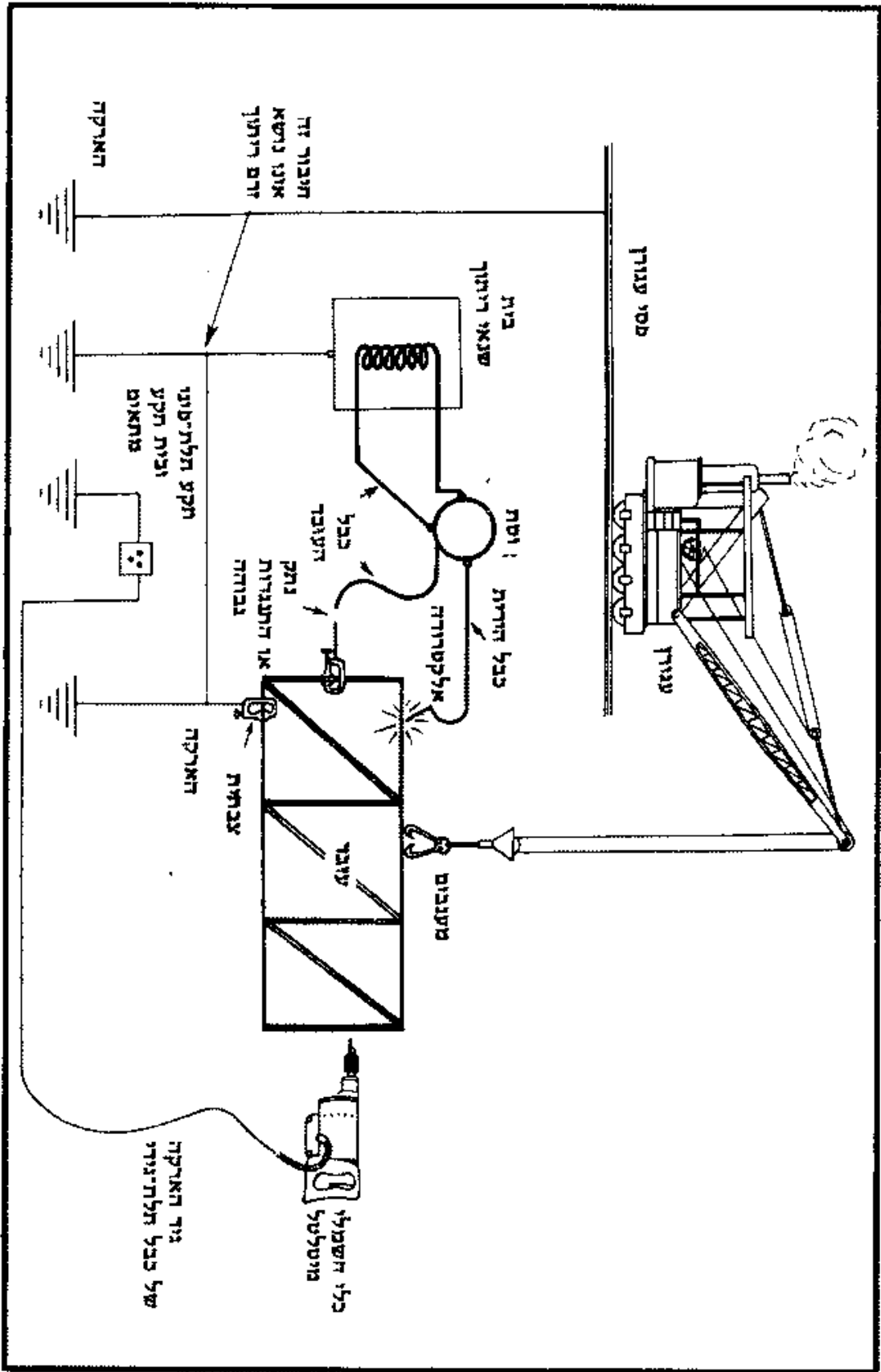
חיבור לא הדוק של הכבל לרתכת גורם להתנגדות גבוהה, וכתוצאה מכך לחימום מקומי רב. מסיבה זו יש להקפיד על הידוק נאות. הדבר אמור לגבי כל שאר החיבורים (צבתית לעובד, כבל לצבתית וכבל לידיית הריתוך).

מובן, שאין להניח ידית ובה אלקטרודה על גבי מתכת מבודדת, היות שבמעשה זה אנו הופכים את המתכת ל"חיה" (כלומר בעלת מתח מעגל פתוח) כלפי העובד ומסכנים בכך את כל הנוגע בשני אלה בו-זמנית.



מסלולם אשריים לזם חזון מהענוד
(לאחר ניתוק כבל הענוד)

איור 6. מפעל ריתוד בו נוזק כבל הענוד והענוד לא מאורק.



איור 7. מעגל ויתרון כמו באיור 6, אך העיבוד מוארך.

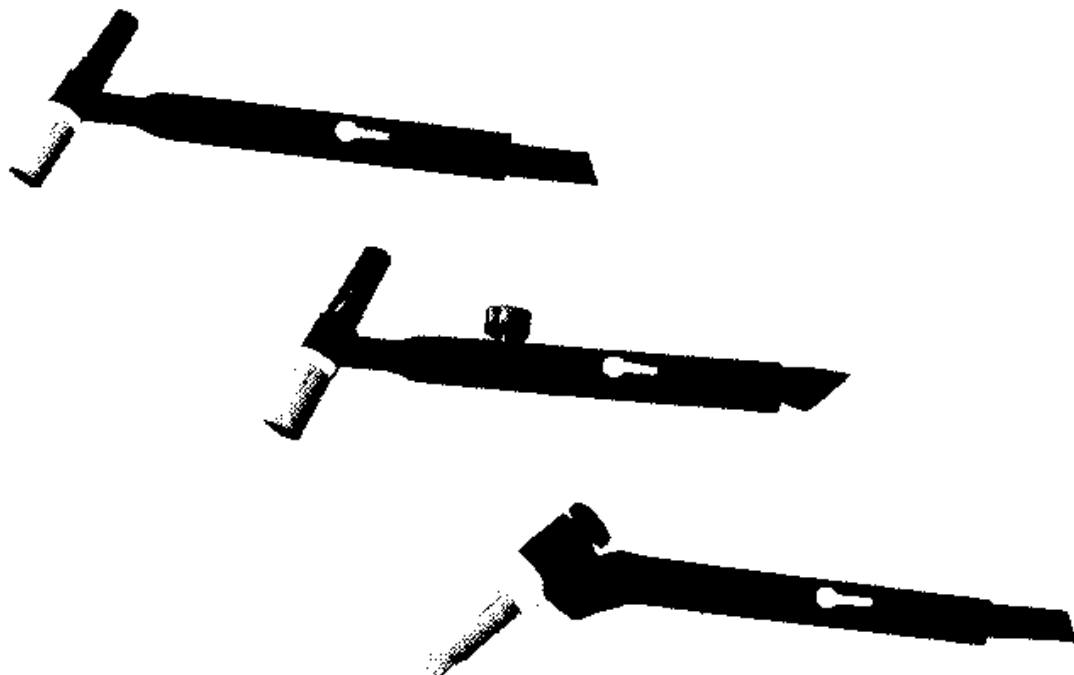
הרתכת עצמה חייבת להיות מוארקת. הארקה זו מבוצעת על-ידי גיד הארקה, המתחבר דרך התקע שבקצה הכבל הראשוני אל חיבור ההארקה שבבית-התקע שבקיר המבנה. יש להקפיד על תקינותו של מסלול ההארקה כולו. כן יש לוודא, שכל חיבורי התקע סגורים היטב. אסור למשוך בכבל הראשוני כדי לשלוף את התקע מבית התקע. פעולה זו עלולה לגרום לגיד ההארקה להשתחרר ולגעת בגיד המופע (פאזה) ולחשמל בכך את גוף הרתכת.

תקן ישראלי 717 "מערכות ריתוך בקשת חשמלית" קובע את שיטת הליפוף, המתחים הראשוניים, תחומי ההספקים, סימון הוויסות והוראות בטיחות שונות לגבי מבנה הרתכת, שעיקרן:

- כל חלקי המערכת, פרט לידיית ההפעלה והכבלים יהיו נתונים בתוך מעטפת יציבה, בעלת חוזק נאות, הבנויה מחומר בלתי-דליק ובלתי-ספיג... שאין להסירה בלא עזרת כלים.
- הדקי הכניסה (צד ראשוני) יהיו מכוסים במכסה, שלהסרתו דרושים כלים.
- לא יהיה מגע גלוי בין מעגל הריתוך לחלקים אחרים.
- ההדקים יהיו מוגנים.
- כל חלקי הרתכת העלולים להיות תחת מתח בעת תקלה וכל החלקים שניתן לגעת בהם יהיו מוארקים.

כדי לוודא קיום מתמיד של כל הוראות התקן יש לבצע ביקורות תקופתיות על-ידי חשמלאי מוסמך.

- לפי תקן ישראלי 717 מחזיק האלקטרודות חייב לעמוד בדרישות שלהלן:
- לאחר חיבור האלקטרודה, לא יידרש מאמץ נוסף מהרתך לשם החזקתה במקומה.
 - תהיה בנויה מחומר קשיח, עמיד בפני חום, מבודד לחלוטין, והמבנה שלה לא יאפשר לרתך לגעת בחלק "חי" הנמצא תחת מתח כלשהו.
- דוגמאות של ידיות (מחזיקי אלקטרודות) מובאות באיור 8.



איור 8. דוגמאות למחזיקי אלקטרודות

היות שמים רגילים מוליכים חשמל, אסור בהחלט לטבול ידית חמה בדלי מים לשם קירורה. מנהג פסול זה נפוץ בארצנו ויש לשרשו.

מנהג פסול אחר הוא העברת כבלים הנמצאים תחת מתח ממקום למקום על-ידי ליפוף מספר ליפופים ונשיאתם על הכתף. נוהג זה מסכן את הרתך ויש להקפיד על איסורו. כמו-כן, אין להעביר ידית ממקום למקום על-ידי הנפת הכבל אליו היא מחוברת והעפתה באוויר - מגע מקרי של אדם בכבל עלול לגרום להלם חשמלי. אם יש צורך להעביר ידית, צריך לנתק קודם לכן את הרתכת ממקור המתח.

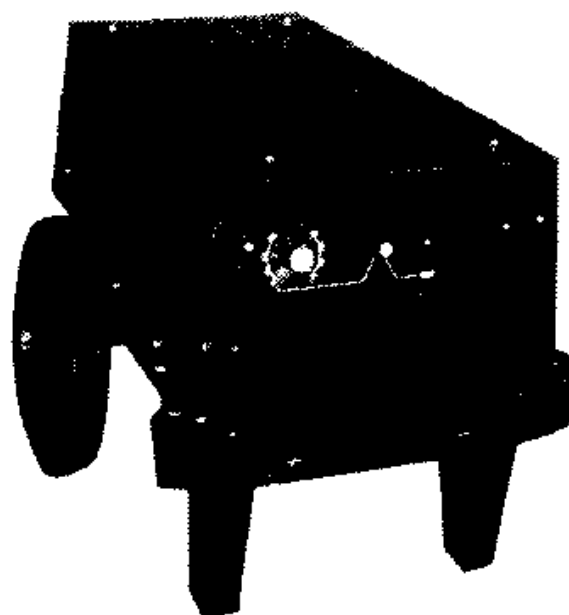
השארת ידית הנמצאת תחת מתח ללא השגחת הרתך (אפילו היא מונחת על עצם מבודד) אסורה. גם במקרה זה יש לנתק את הרתכת. נקודות נוספות בנושא הבטיחות - לתשומת לבו של הרתך - כלולות בפרק 3.

קרינה

קרינות מסוג אולטרה-סגול ואינפרה-אדום המופיעות בעת הריתוך מסכנות את העור ואת העיניים של הרתך ושל הסובבים אותו. "שיזוף יתר" ו"חול בעיניים" הן תופעות מוכרות.

זכוכיות כהות בדרגות 8 עד 14, בהתאם לעצמת התאורה ולרגישות עיני הרתך, מומלצות לשימוש בעת ריתוך בקשת חשמלית (ראה פרק 3, עמ' 49), כדי להגן על עיניהם של הרתך ושל עוזריו. ביגוד בעל שרוולים ארוכים, מכנסיים ארוכים ומסיכה לכל הפנים משלימים את הגנת הרתך עצמו. (פרטים על ביגוד מגן, בסעיף מיוחד בפרק 3).

מחיצות מתאימות, קבועות או ניידות, תבודדנה את איזור הריתוך משאר העובדים.



איור 9. מערכת ניידת לריתוך באלקטרודות

התפוצצות סיגית (שלקה)

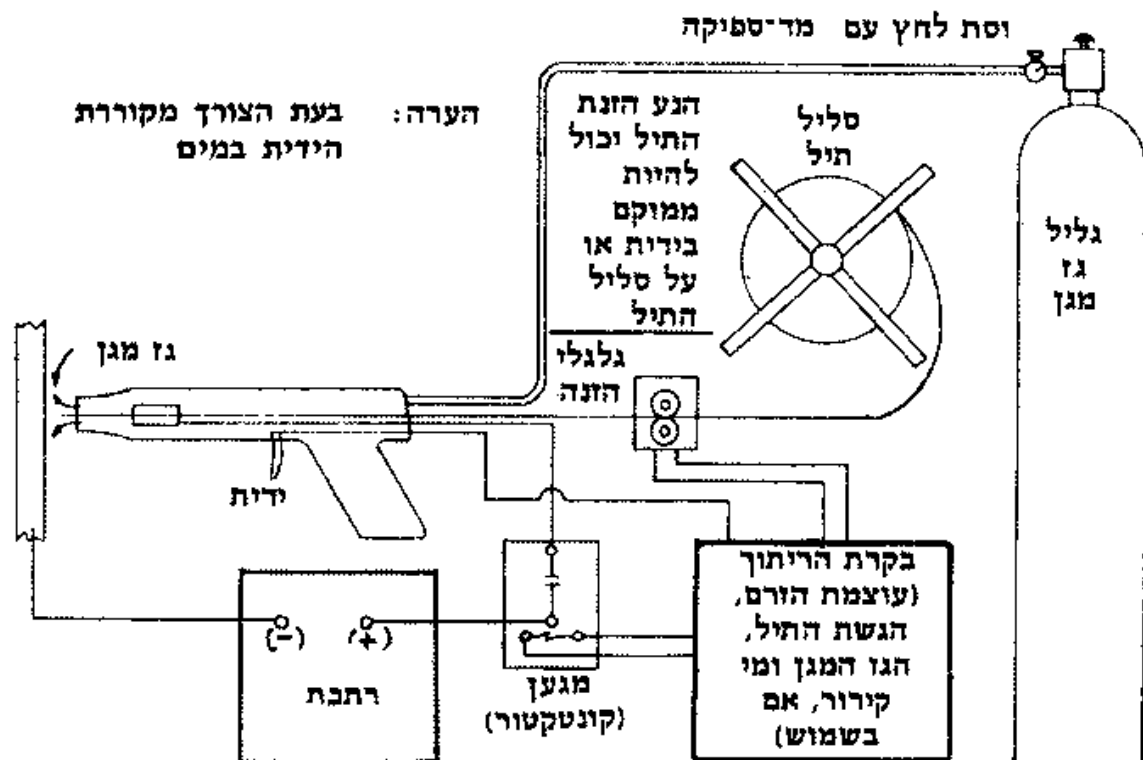
פניו ועיניו של הרתך מוגנות בעת הריתוך הן מפני הקרינה והן מפני חתיכות סיגית המתפוצצות ועפות לעבר פניו. אולם עם סיום הריתוך מסיר הרתך, בדרך כלל, את המסיכה מעל פניו; ולא אחת קורה, שרסיס סיגית מגיע אליהם. כדי למנוע את הצורך בהסרת המסיכה, מומלץ השימוש במסיכה בעלת חלון כפול, אחד בעל זכוכית כהה ואחר בעל זכוכית מגן שקופה. הרמת החלון בעל הזכוכית הכהה מאפשרת שדה ראייה טוב בלא לסכן את העיניים ואת הפנים. אפשרי גם השימוש במשקפי מגן, אם כי חסרונם בכך שאינם מגינים על הפנים.

הגנה על הנשימה

ציפוי האלקטרודות פולט גזים שונים. כן אפשרית פליטת גזים מצבע או מציפוי שעל העובד בעת חימומו. בשל כך יש לרתך במקום מאוורר היטב (ראה גם פרק 3 עמ' 43).

ריתוך בקשת מתכת מוגנת בגז (ריתוך מיג)

בשיטה זו מותכות המתכות על-ידי קשת חשמלית הנוצרת ביניהן ובין קצהו של תיל (מתכת מוספת) המוזן בציפות אל תוך הקשת (איור 10). גז מגן (שאינו מגיב כימית עם המתכות המותכות), המוזרם סביב הקשת לגומת החיתוך דרך ידית הריתוך (מחזיק האלקטרודה), דוחק את האטמוספירה ומאפשר ריתוך ללא פגמים.



איור 10. סכימת ריתוך בקשת מתכת מוגנת בגז (ריתוך מיג)

הערה: בשל היות שיטה זו נפוצה בארץ בעיקר לריתוך פלדות פחמניות תוך שימוש בפחמן דו חמצני (CO_2) כגז מגן, מכונה השיטה בארץ "שיטת CO_2 ".

ניתן לרתך בשיטה זו מתכות שונות (פלדות, פלדות אל-חלד, אלומיניום מסוגים שונים, נחושת, סוגי ברונזה ועוד).

מערכת הריתוך מורכבת מהפריטים שלהלן:

- ספק מתח ישר, אשר מתח המעגל הפתוח שלו אינו עולה, לרוב, על 40 וולט;
- מזין תיל הדוחף את תיל הריתוך ומכיל אמצעי פיקוד ובקרה למהירות התיל ושהמתחים בתוכו אינם עולים, לרוב, על 40 וולט;
- ידית ריתוך שממוקם בה מתג ההפעלה, שגם המתח בו אינו עולה על 40 וולט;
- גליל גז מגן ווסת גז, המכיל גם מד-ספיקה, ולעתים גם מחמם גז, המשלימים את המערכת, הממוקמת כולה לרוב על עגלת נסיעה (איור 11).

זרמי הריתוך המקובלים בשיטה זו נעים מ-50 אמפר עד כ-600 אמפר. היות שזרמים אלה מועברים דרך תילי ריתוך בקטרים מ-0.6 עד 2.4 מ"מ, מגיעים בשיטה זו לצפיפויות זרם העולות לאין-ערוך על אלו שבריתוך באלקטרודות מצופות, וכתוצאה מכך מושגות חדירות עמוקות יותר למתכות המרותכות ותפוקות ריתוך (ק"ג רתך בשעה) גבוהות יותר.

$$\frac{200}{\frac{\pi 4^2}{4}} = 15.92 \text{ אמפר}$$

דוגמה: אלקטרודות: קוטר 4 מ"מ
צפיפות הזרם:

$$\frac{200}{\frac{\pi (0.8)^2}{4}} = 398.09 \text{ אמפר}$$

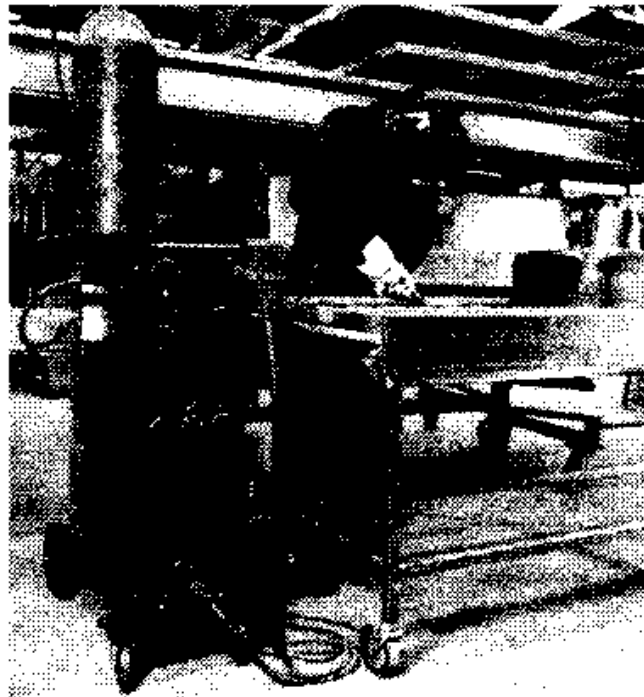
תיל: קוטר 0.8 מ"מ
צפיפות זרם:

היחס בין צפיפויות הזרם הוא:

$$25:1 = 4^2:(0.8)^2 = \text{צפיפות זרם באלקטרודה: צפיפות זרם בתיל.}$$

עקב תפוקת החום הגבוהה יש לקרר את ידית הריתוך במים ברגע שמרתכים בזרמים העולים על ערך מסוים (התלוי בסוג גז המגן, המשמש גם כגז קירור). המים מוסיפים סיכון בטיחותי מסוים, שיש להתחשב בו.

גזי המגן המקובלים בארץ הם: ארגון, CO₂, תערובות של ארגון עם חמצן או עם CO₂, או עם שניהם.



איור 11. מערכת לריתוך בקשת מוגנת בגז (לריתוך מיג)

בטיחות בריתוך בשיטת המיג

חשמל

מערכת הריתוך ניזונה מרשת החשמל הארצית, לרוב משלוש פאזות, 400 וולט מתח חילופין, שהוא קטלני. יש לוודא שהכבל הראשוני אינו פגום, שהתקע שבקצהו תקין ומתאים לבית התקע שבקיר, שגיד ההארקה מחובר היטב הן לרשת והן לתקע.

אסור להוציא את התקע מביתו על-ידי משיכה בכבל הראשוני. גיד ההארקה עלול להינתק ולגעת בחיבור של אחת הפאזות ולחשמל את גוף הרשת!

מעגל הריתוך אינו מסוכן עקב המתחים הנמוכים הפועלים בו, כפי שהוסבר לעיל. במערכות בהן יש מקרר מים פנימי יש לוודא שלא תתהווה נזילת מים, העלולה לגרום קצר בין המעגל הראשוני למעגל המשני ולהביא בכך את המתחים הגבוהים אל הרתך. כן יש להקפיד שידית הריתוך תקינה ובידודה אינו פגום.

נטיה נפוצה היא לחסוך בקוטר כבל העובד ("ארדונג" בסלנג). כבל בעל שטח חתך קטן מהדרוש יתחמם עקב הזרמים הגבוהים מדי לגביו ועלול לגרום לכוויה או לשריפה.

גזים

גזי המגן השימושיים בשיטה זו אינם רעילים, אינם דליקים ואינם נפיצים, אולם הם עלולים לדחוק את החמצן שבאוויר מאולם סגור ולהקשות בכך על הנשימה, ולכן יש להקפיד על איזור נאות.

גלילי הגז, הצינורות והווסתים צריכים להתאים לדרישות המפורטות להלן. מומלץ לסגור את ברז מיכל הגז כל אימת שמסיימים עבודת ריתוך, הן מסיבות חיסכון (איבוד גז עקב נזילות אפשריות במערכת) והן מהסיבה האמורה לעיל (דחיקת החמצן).

בבדיקות שנערכו בארה"ב, נמצא שכמויות האוזון והחנקן הדו-חמצני המתפתחות בעת ריתוך בשיטה זו הן כה קטנות עד שאין בהן כל סיכון. אולם בעת ריתוך במקומות סגורים עלול ריכוז האוזון לסכן את בריאות הרתך ויש לנהוג בהתאם לאמור בהמשך. כן נמצא בבדיקות הללו שכמות האוזון באוויר עולה בקצב מואץ עם עלות ספיקת הארגון בריתוכים שהוא משמש בהם כגז מגן. נודעת איפוא חשיבות רבה להקפדה על ספיקה מינימלית של גז זה (שתבטיח בכל זאת ריתוך באיכות נאותה!).

הבדיקות העלו גם שפחמן דו-חמצני ופחמן חד-חמצני נמצאים בריכוז גבוה בענן העשן, שצורת חרוט לו, העולה מהריתוך, אולם ריכוזם מחוצה לו (ומחוץ לענן העשן) נמוך. בכל מקרה שהרתך חייב להחזיק את ראשו בתוך ענן העשן, או במיכל סגור, יש לציידו באמצעי מגן לנשימה כאמור בהמשך.

פירוק של 1.1.1. טריכלורואתילן ופרכלורואתילן

אדי נוזלים אלה מתפרקים עקב קרינה אולטרה-סגולה. גם כשריכוזם של האדים הנ"ל באוויר כה נמוך עד שאין מרגישים בהם, עלול הריתוך להיות מסוכן בסביבה שבה הם נמצאים, בשל פירוקם לגזים רעילים, לרבות פוסגן. הפירוק מלווה ריח מאוד בלתי נעים, שיכול לשמש כהתרעה למתרחש. פירוק

אדים אלה אינטנסיבי יותר כאשר מרתכים בארגון, עקב העובדה שקשת מוגנת בארגון מקרינה יותר קרינה אולטרה-סגולה. ככלל - אין לרתך ליד מקורות של שני הגזים הללו.

קרינה

הקרינה המוקרנת מהקשת, במיוחד בעת שארגון משמש כגז מגן, חזקה מזו המוקרנת מהקשת בעת ריתוך באלקטרודות. הסיכון הוא בעיקר לסינוור העיניים ולכוויות בעור. מסיבה זו על הרתך והסובבים אותו ללבוש בגדים המכסים את כל גופם, כולל הגפיים וכן כפפות ארוכות. במסיכת הריתוך יש להרכיב זכוכית בעלת דרגת כהות מרבית, שמאפשרת עדיין ראיית אמבט הריתוך, בדרך כלל בעוצמות שבין מס' 11 לבין מס' 14. על המסיכה עצמה לכסות את פני הרתך מכל צדדיהם. כמו-כן יש להקפיד ולבודד את איזור הריתוך על-ידי מחיצות מתאימות שתמנענה היפגעות של אלה הסובבים את הרתך מקרינה.

יש לזכור, שיש אפשרות להיפגעות גם מקרינה מוחזרת מקירות מבנה או מגופים שבסביבת איזור הריתוך, ועל כן יש לתכנן בהתאם לכך את הצבת המחיצות.

סיכונים שונים

★ הואיל ובשיטה זו משחילים תיל ריתוך אל תוך ידית הריתוך בעזרת מערכת הזנת תיל מיכנית יש להקפיד שלא לכוון את ידית הריתוך אל פני הרתך, אל גופו או אל אחרים. בצאת התיל מתוך ידית הריתוך הוא עלול לפגוע כמחט בפנים או בגוף ולגרום לפציעות קשות. יש להקפיד ולהתבונן בקצה הידית, המופנה לכיוון שאין איש ניצב בו, עד ליציאת קצה התיל ממנה ואז להפסיק את הזנתו.

★ לעתים קורה, שמסיבות שונות חורג התיל מהידית באורך ניכר (עד למטר ויותר). כאשר תיל זה נוגע בעובד והרתך לוחץ על מתג ההפעלה שבידית הריתוך מתלהט התיל ועלול לגרום לכוויות קשות. אין לגעת בתיל החורג מהידית ויש לקצו בקוצץ תיל מיוחד שמצויד בו כל רתך המרתך בשיטה זו.

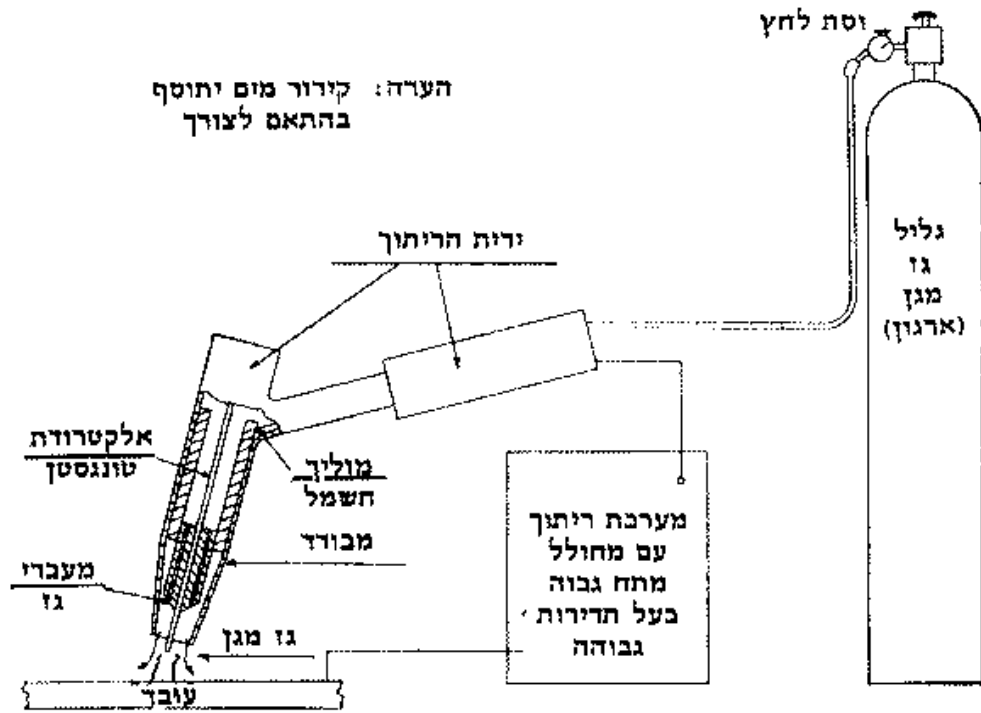
★ קיימת נטייה בקרב רתכים רבים להזיז את מערכת הריתוך ממקומה שלא על-ידי דחיפת העגלה אלא על-ידי משיכה בעזרת כבלי ידית הריתוך או העיבוד. שיטה זו פסולה הן עקב הנזק שהיא גורמת לציוד והן עקב הסכנה שבקריעת הכבל הראשוני (מתח חשמלי גבוה!), הפלת מיכל הגז ודליפה מצינור שעלול להיקרע.

ריתוך בקשת טונגסטן מוגנת בגז (ריתוך טיג)

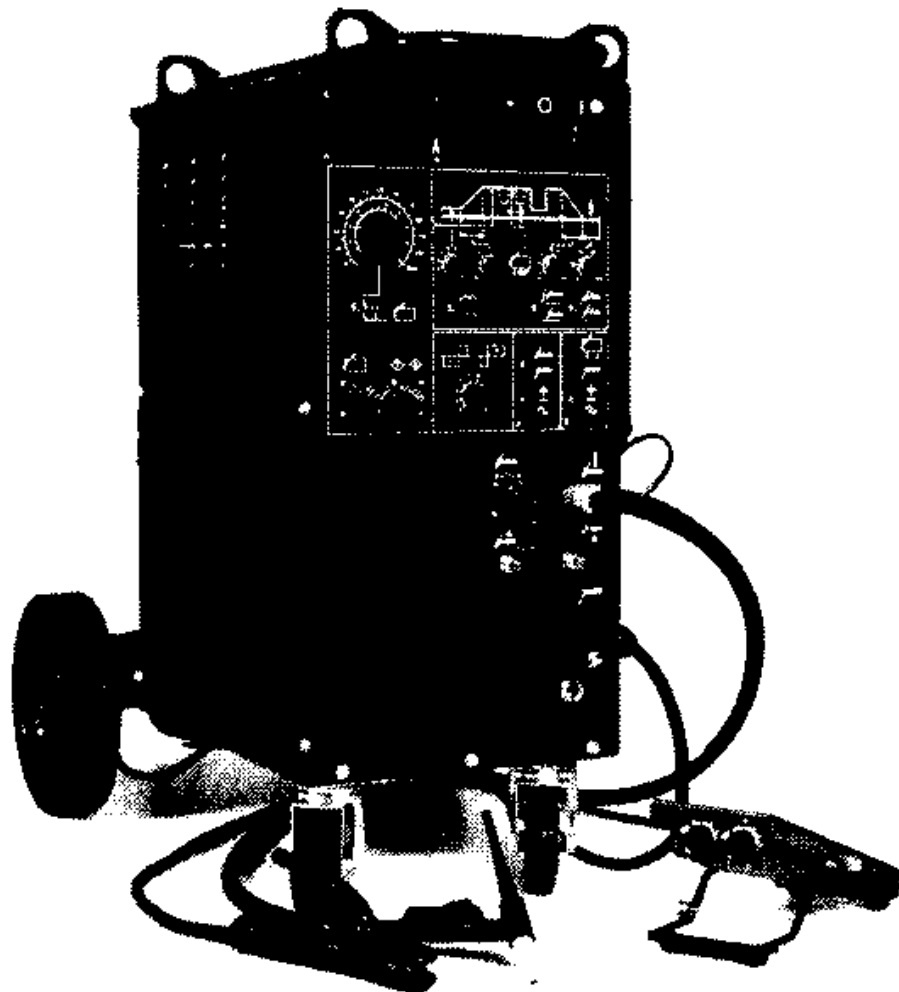
בשיטה זו מותכות המתכות על-ידי קשת חשמלית הנוצרת ביניהן ובין הקצה של אלקטרודת טונגסטן לזהטת. הקשת ואמבט הריתוך מוגנים מפני האטמוספירה על-ידי גז אדיש הזורם גם הוא מהידית. בארץ משמש גז הארגון כגז מגן. בארה"ב משמש גם הליום לצורך זה. בעת הצורך מוסף גם חומר ממוטות מתאימים שהרתך מזין אותם בידו האחת (האחרת אוזנת בידית הריתוך).

מאחר שבמרבית עבודות הריתוך אסור מגע בין אלקטרודות הטונגסטן לבין החומר המרותך (מסיבות מטלורגיות), קיים במערכת התקן מיוחד המספק מתח גבוה (שלושת אלפים וולט ויותר) בתדירות גבוהה (אלפי הרץ) לשם הצתת הקשת. באותם מקרים בהם מרתכים בזרם חילופין (בעיקר בריתוך אלומיניום) פועל

התקן זה באופן רצוף כדי להצית את הקשת מחדש עם כל החלפת קוטב חשמלי (100 פעם בשנייה). ראה איורים 12 ו-13.



איור 12. סכימת מערכת ריתוך בקשת טונגסטן מוגנת בגז (ריתוך טיג)



איור 13. מערכת ריתוך בקשת טונגסטן מוגנת בגז (מערכת ריתוך טיג)

כאשר פעולת הקירור של גז המגן אינה מספקת לקירור ידית הריתוך, יש לקררה במים המסופקים בדרך כלל מהתקן קירור הבנוי בתוך הרתכת.

ריתוכים ידניים בשיטה זו הם האמינים ביותר מבחינת אי-היווצרותם של פגמי ריתוך (רתך מיומן יכול להגיע ל"אפס ליקויים"). אולם כדי לשמור על מצב זה, רצוי שידית הריתוך תהיה קלה ככל האפשר ולא תכביד על יד הרתך ותיצור בכך אי-יציבות בהחזקה. לשם כך מקררים במי הקירור החוזרים מהידית גם את הכבל הנושא את זרם הריתוך אליה. מבחינה בטיחותית רצוי מאוד שמים אלה לא יוליכו זרמים חשמליים (כדי שלא יהיו תחת מתח בעת תקלה או נזילה) ומומלץ השימוש במים מזוקקים.

לרתכת המספקת את הזרם לריתוך יש מתח מעגל פתוח בן 70 וולט או יותר, הן לזרם חילופין והן לזרם ישר, ומרבית הרתכות מסוגלות לספק את שני סוגי הזרם. זרמי הריתוך המקובלים נעים מאמפרים ספורים ועד 600 אמפר. לעתים קרובות מווסת הרתך את עוצמת הזרם תוך כדי מהלך הריתוך בעזרת שלט-רחוק המחובר לרתכת.

בטיחות בריתוך בשיטת טיג

חשמל

מערכת הריתוך ניזונה מרשת החשמל הארצית או מגנרטור עצמאי. דרושות הבטיחות הן:

- ★ בידוד כבל ההזנה יהיה שלם לכל אורכו;
- ★ החיבור לרתכת ולתקע יהיה חזק ומבודד;
- ★ התקע והשקע יתאימו לעוצמת הזרם של הרתכת, יהיו שלמים וללא פגמים וסדקים ומחוברים כראוי;
- ★ הכנסת והוצאת התקע תעשה כשהאחיזה בו תהיה איתנה (אסור להוציא את התקע על ידי משיכת הכבל החשמלי);
- ★ הכבלים במעגל הריתוך יהיו מבודדים לכל אורכם;
- ★ הידית תהיה שלמה, מבודדת ומחוברת היטב לכבל;
- ★ החלפת האלקטרודה תעשה כשהרתכת מנותקת;
- ★ מערכת הקירור במים תהיה שלמה וללא נזילות;
- ★ עבודת הריתוך תיעשה כשהרתך לובש כפפות.

גזים

כאמור, משמש גז הארגון כגז המגן בשיטה זו. זהו גז אדיש שאינו פועל כימית בשום מקרה, אינו רעיל וחסר ריח. עקב סכנת חנק הקיימת שעה שגז זה דולף ודוחק את החמצן שבאוויר מהאולם, יש להקפיד על איוורור נאות של מקום הריתוך. על גליל הגז, הצנרת והווסת להתאים לדרישות המפורטות בפרק 3. מומלץ לסגור את ברז הגליל בכל פעם שמסיימים עבודת ריתוך, הן מסיבות חיסכון (איבוד גז אפשרי עקב נזילות במערכת) והן מהסיבה האמורה לעיל (דחיקת חמצן).

היות שקשת ריתוך המוגנת בגז ארגון פולטת קרינה אולטרה-סגולה ניכרת, וקרינה זו מפרקת את אדי הנוזלים 1.1.1. טריכלורואתילן ופרכלורואתילן לגזים רעילים, כולל פוסגן, יש להרחיק ממקום הריתוך כל מקור לאדים אלה, בעיקר אמורים הדברים לגבי התקני שטיפה וניקוי שמשמשים בהם בחומרים אלה. טיבם של הגזים הרעילים שמרגישים בהם בחוש הריח, כך שניתנת התרעה על התהוותם.

קרינה

קרינת הקשת בשיטה זו חזקה מהקרינה של קשת הריתוך באלקטרודה ותלויה כמוכן בעוצמת זרם הריתוך. הקרינה פחות חזקה מאשר בריתוך מיג. הסיכון כרוך בסינוור עיניים ובכוויות בעור. מסיבות אלו על הרתך והסובבים אותו ללבוש בגדים המכסים את כל גופם, לרבות הגפיים. במסיכת הריתוך יש להרכיב זכוכית בעלת דרגת כהות מרבית, שמאפשרת עדיין ראיית אמבט הריתוך, בדרך כלל דרגות מסי' 11 עד 13.

עקב העובדה שהרתך עובד בשתי ידיו בעת הריתוך, יש להשתמש ב"מסיכת ראש" המורכבת על ראש הרתך ועולה ויורדת על פניו תוך סיבוב סביב צירים הקבועים בה.

בידוד איזור הריתוך בעזרת מחיצות שתמנענה מהקרינה להגיע אל האנשים הסמוכים לרתך חיוני בהתחשב בעובדה שקיימת גם קרינה חוזרת מקירות מבנה או מגופים המוצבים באולם.

בדיקות שנערכו לגבי קרינה רדיו-אקטיבית בעת שימוש באלקטרודות טונגסטן המכילות תוריום (דו-תחמוצת התוריום), העלו שאין סכנה של ממש ואין מגיעים למספר המותר של 70 התפרקויות בדקה במטר מעוקב. יחד עם זאת מומלץ לאוורר היטב מקומות ריתוך סגורים וקטנים.

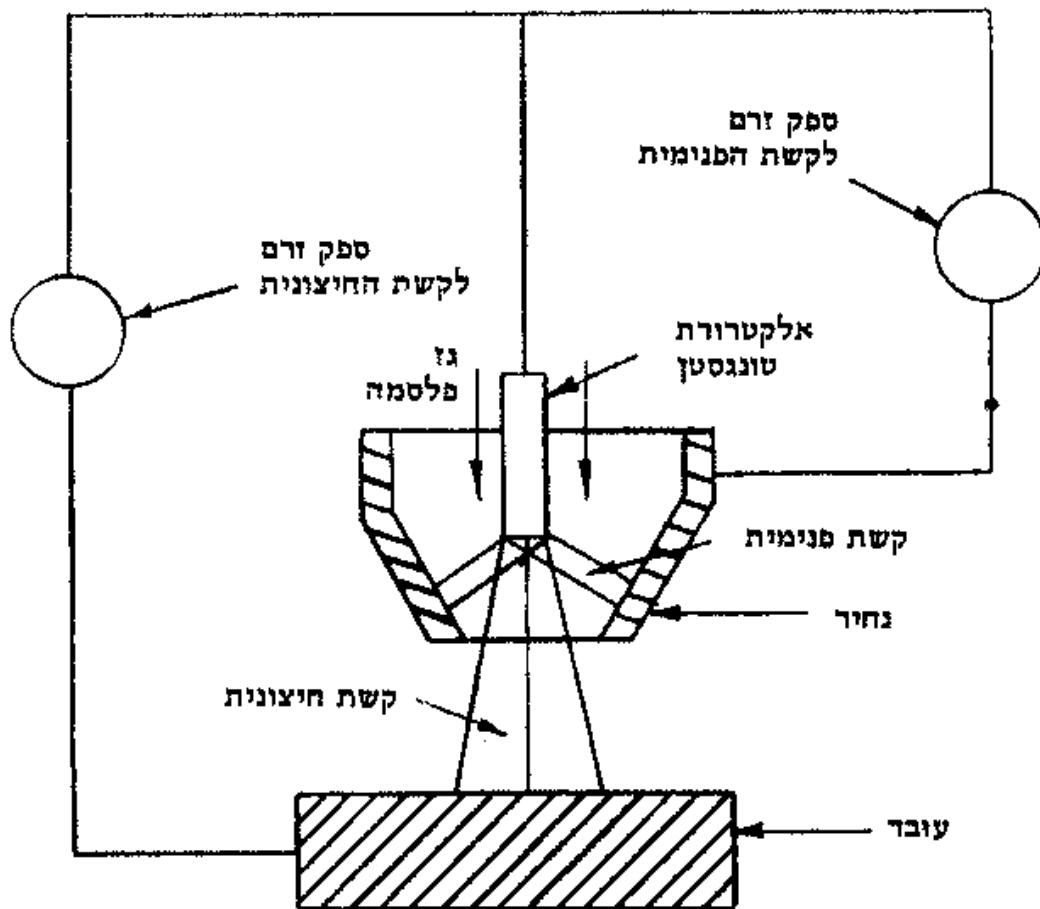
שונות

- ★ המוטות המוספים לאמבט הריתוך על-ידי הרתך, והמוחזקים על-ידיו במלכסן, אורכם ההתחלתי 70 עד 100 ס"מ. מומלץ לכופף את הקצה הרחוק מהקשת כדי למנוע היפגעות מהסובבים את הרתך.
- ★ הכבל המחבר את דושת ויסות הזרם, שהיא שלט-רחוק שהרתך מפעיל בדגלו, מונח לרוב על הארץ. יש להעבירו במסלול כזה, שאחרים לא ייתקלו בו ולא ימעדו, ובעת הצורך יש גם לכסותו בהתאם.

ריתוך וחיתוך בקשת פלסמה

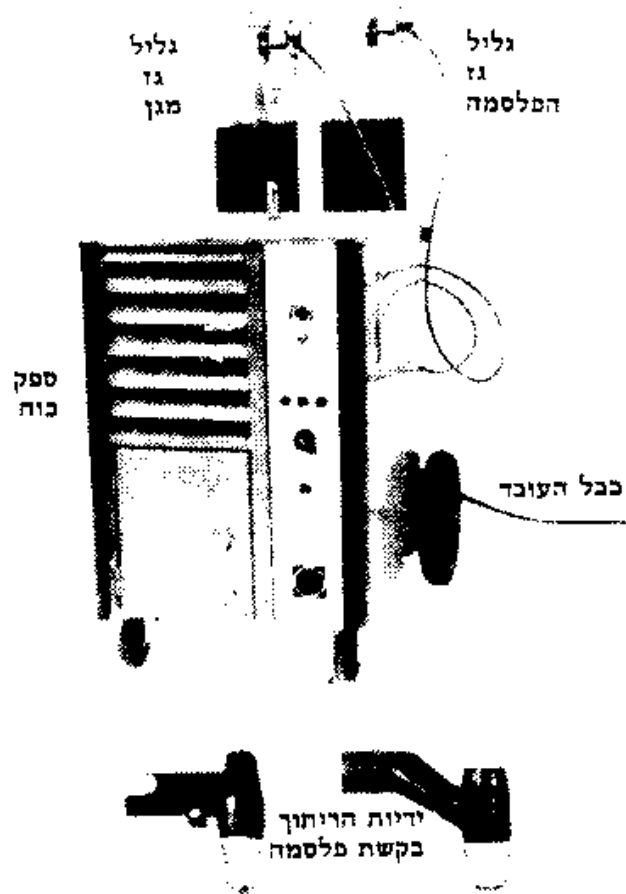
בשם פלסמה מכנים את מצב הצבירה הרביעי של החומר (שלושת האחרים הם: מוצק, נוזל וגז), כלומר גז מיון המוליך חשמל. הגז הופך למיון כאשר הוא מחומם לטמפרטורות גבוהות מאוד (אלפי מעלות צלסיוס), ובמצב זה פרודותיו מתפרקות לאטומים ומהאטומים נתלשים אלקטרונים.

בתוך ידית הריתוך בוערת קשת חשמלית בין אלקטרודת טונגסטן בלתי מתכלה לבין נחיר נחושת בעל נקב קטן (הנקראת "קשת פנימית" כי היא בוערת בתוך ידית הריתוך) וקשת שניה בין אלקטרודת הטונגסטן לבין העוֹבֵד ("קשת חיצונית"). גז (ארגון, חנקן, אוויר דחוס) מוזרם אל תוך הנחיר ובא במגע הדוק עם הקשת, מתחמם והופך לפלסמה. הפלסמה יוצאת מהנקב שבנחיר כסילון לוחט של גז מיון מעורב בקשת החשמלית. במרכזה של תערובת זו מגיעה הטמפרטורה לכ-25,000 מעלות צלסיוס. בפגוע התערובת בעובד היא מתיכה ומאיידת אותו. בהתאם לעוצמתה החשמלית של הקשת ומהירות זרימת גז הפלסמה תרתך התערובת או תחתוך את העוֹבֵד (ראה איור 14).



איור 14. סכימת מעגלי הקשת הפנימית והחיצונית בשעת ריתוך בקשת פלסמה

דוגמאות לציוד חיתוך בקשת פלסמה, מובאות באיור מסי 15.



איור 15. ציוד ריתוך בקשת פלסמה

בטיחות בריתוך בשיטת הפלסמה

גם בשיטה זו, כבשיטת קשת הטונגסטן המוגנת בגז (ריתוך טיג), משתמשים במתח גבוה בתדירות גבוהה להצתת הקשת. היות שבשיטה זו אלקטרודת הטונגסטן נמצאת עמוק בתוך הידית ולא בולטת ממנה כבשיטת הטיג - הסכנה מהמתח הגבוה קטנה יותר. בכל שאר המרכיבים דומה השיטה לשיטת הטיג:

קירור מים של הידית וגז מגן סביב לסילון הפלסמה ואמבט הריתוך; מסיבה זו דומות גם הוראות הבטיחות בריתוך פלסמה לאלו של ריתוך הטיג (ראה עמ' 20).

לגבי ריתוך בפלסמה קיימות ההמלצות הבאות:

★ זרם ריתוך עד 5 אמפר - משקפיים כהים - דרגה 6 - ללא מסיכה.

★ זרם ריתוך מעל 15 אמפר - מסיכת ריתוך.

היות שבחיתוך בפלסמה מופיעות כמויות אנרגיה חשמלית הגבוהות במידה ניכרת מאלו של הריתוך, והיות וכתוצאה מכך מתאיידות המתכות אותן חותכים, קיימות בעיות בטיחות מיוחדות לחיתוך והן:

★ היווצרותם של גזים מסוכנים: אוזון, דו-תחמוצת החנקן וגזים רעילים הנוצרים בעת פירוק טריכלורואתילן ופרכלורואתילן.

★ אדי המתכות אותן חותכים.

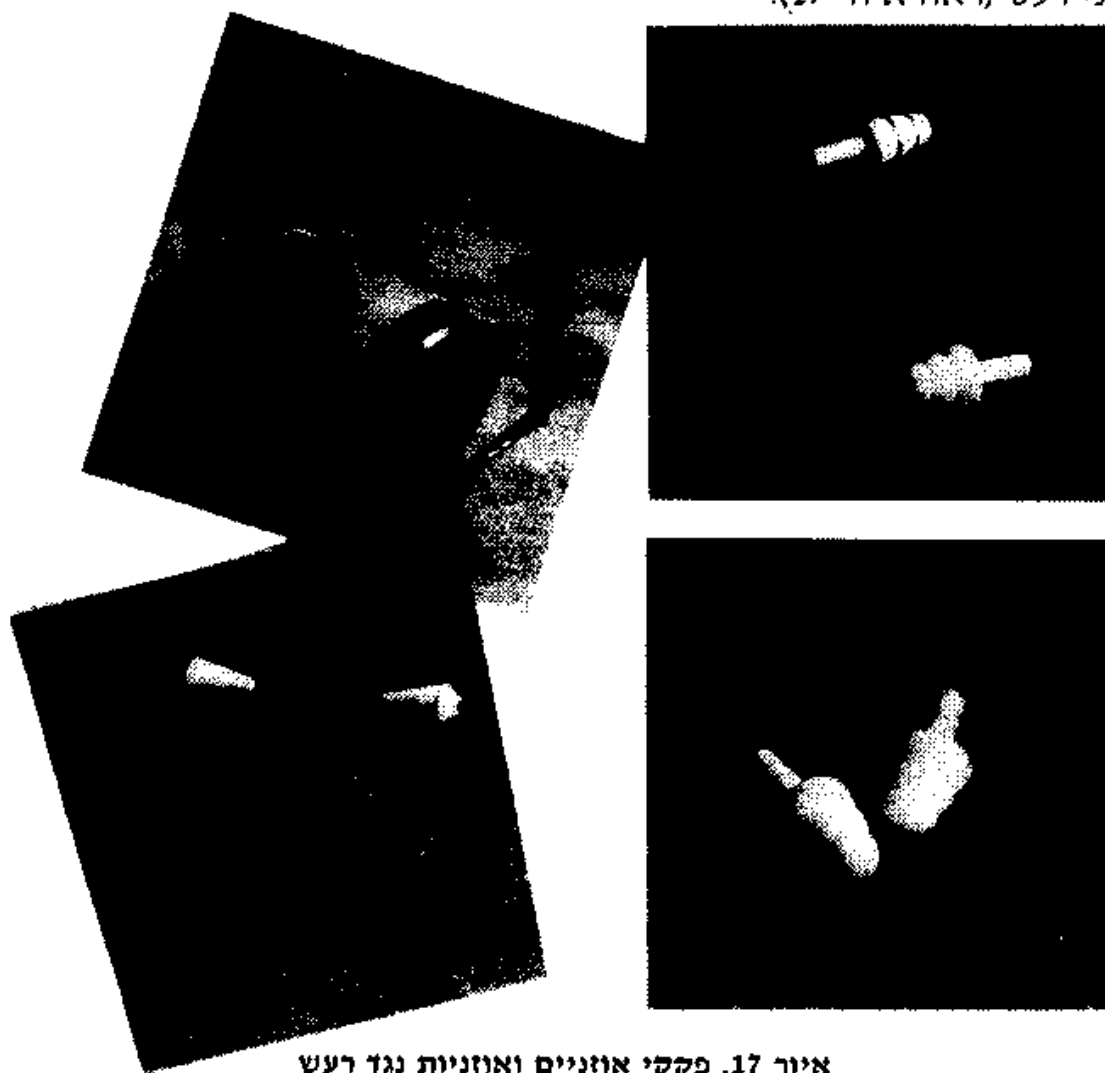
★ קרינות אור אולטרה-סגול ואינפרה-אדום עלולות לסכן את עיניו ועורו של הרתך ושל הסובבים אותו.

★ המתחים במעגל החיתוך עלולים לגרום להלם חשמלי.
 ★ הסבר מפורט על בעיות הגזים המסוכנים ואדי המתכת ניתן בפרק 3, תת-פרק "איוורור והגנה על איברי הנשימה". נציין כאן אך זאת, שחיתוך באולם תעשייתי מחייב איוורור מקומי, וכשמדובר בשולחן חיתוך קבוע חייב הוא להיות סגור כקופסה עם יניקת הגזים והאדים אל מחוץ לאולם. (באיור 16 נראה שולחן כזה).



איור 16. שולחן חיתוך משולב עם מערכת יניקת גזים ואדים

מכנה הנחיר בידית ומהירות גז הפלסמה בעוברו דרכו יוצרים שריקה המגיעה לעוצמה של עד 115 דציבל, כאשר רוב האנרגיה באוקטבות הגבוהות. מסיבה זו על הרתך והסובבים אותו להשתמש בפקקי אוזניים ומעליהם באוזניות להגנה מפני רעש (ראה איור 17).



איור 17. פקקי אוזניים ואוזניות נגד רעש

עוצמת הקרינה של אור נראה, אינפרה-אדום ואולטרה-סגול, משתנה בהתאם לעוצמות הזרם והמתח, סוגי הגזים ואופן הפעלת הידית. בכל מקרה יש להגן על הרתך ועל הסובבים אותו מפני קרינות אלו. לכן עליהם ללבוש בגדים שיכסו כל גופם, לרבות הגפיים, להרכיב משקפיים בעלי עדשה שחורה וקסדות. הרתך ישתמש בזכוכית כהה כלהלן:

דרגת כהות מס'	זרם חיתוך
9	עד 300 אמפר
12	300 עד 400 אמפר
14	400 אמפר ויותר

לשם הגנה על עובדים אחרים ייסגר איזור החיתוך במחיצות ניידות, אולם יושארו פתחים לשם איורור נאות.

הלם חשמלי

בציוד לחיתוך יש שמתח המעגל הפתוח הוא 400 וולט, והמתח בעת החיתוך 200 וולט. שני אלה מהווים סיכון קטלני. משום כך יותקן ויתוחזק ציוד החיתוך בהתאם לחוקי החשמל והוראות היצרן על-ידי חשמלאי מורשה ומנוסה.

המסגרות והקופסאות של ספקי-הכוח, שולחנות החיתוך, ציוד הבקרה והשינוע יוארקו היטב. חיבורי ההארקה בין חלקי הציוד השונים יהיו חזקים מבחינה מכנית וחשמלית ובעלי התנגדות חשמלית נמוכה. את ההארקה מותר לחבר רק לצנרת מים עשויה מתכת. (כדי למנוע אסון יש לוודא שהצנרת היא אכן צנרת מים או לאלקטרודה מיוחדת לנושא זה).

★ יש לכסות במכסים את כל החיבורים של הכבלים אל הרתכת, ועל הרתך לשמור חיבורים אלה מסודרים.

★ אין להפעיל ציוד חיתוך בפלסמה באיזור לח או רטוב, אלא כשהמפעילים מוגנים היטב נגד הלם חשמלי (על ידי בידודים נאותים).

★ כבלים וציוד אחר יונחו על-ידי הרתך כך שלא יפריעו במעברים, ולא ליד סולמות ומדרגות.

★ רתכים יודרכו וייבחנו בידיעת כל הוראות הבטיחות הללו.

בעת שימוש בקשת פנימית הבוערת בתמידות יש ללבוש בגדי מגן מתאימים המכסים את הגוף כולו. יש להפסיק את אספקת החשמל לרתכת לפני ביצוע פעולות של כיוון האלקטרודה או החלפתה. יש להרכיב משקפיים כהים לפני ביצוע פעולת כיוון של מרכזיות האלקטרודה בעזרת המתח הגבוה.

ריתוך בהתנגדות

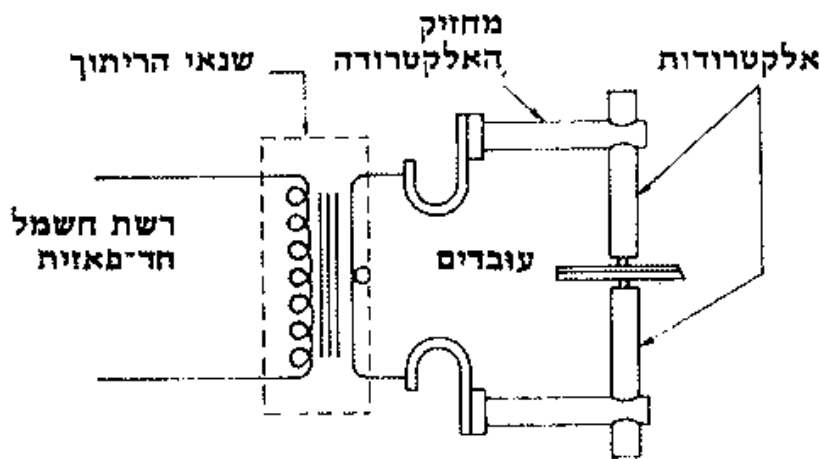
העברת זרם בגוף מתכתי גורם לחימומו בגלל התנגדותו הפנימית. תכונה זו מנוצלת לצרכי ריתוך כשמעבירים זרם בעוצמה גבוהה בין שתי האלקטרודות למשך זמן קצר יחסית. הזרם עובר במתכות והחום שנוצר מתיך אותן באיזור מעבר הזרם וגורם לריתוך הברזל.

לשיטות הללו ראה:

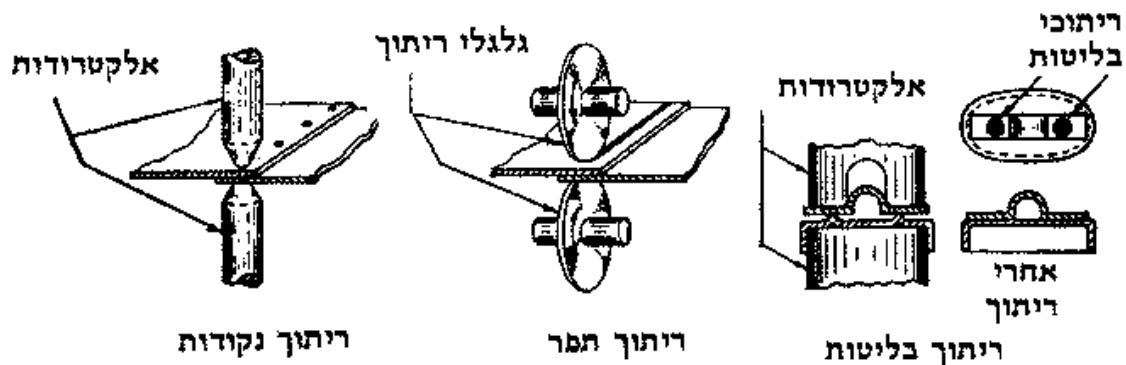
★ ריתוך נקודות - איורים 18, 19 ו-20;

★ ריתוך תפרים - איורים 19 ו-20;

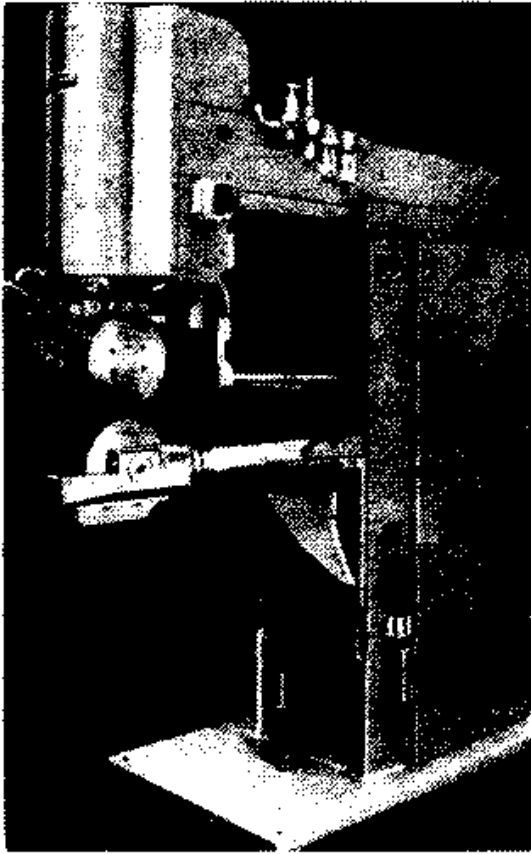
★ ריתוך בליטות - איור 19.



איור 18. מעגל טיפוסי של מכונה לריתוך נקודות



איור 19. שיטות ריתוך בהתנגדות



ב. לריתוך תפרים אורכיים



א. לריתוך נקודות

איור 20. מכונות לריתוך בהתנגדות

בטיחות בריתוך בהתנגדות

- הסיכונים העיקריים בשימוש בשיטות אלו, לרבות הציוד, הם:
 - ★ הלם חשמלי עקב מגע עם חלקים הנמצאים תחת מתח.
 - ★ התזת נתזים לוחטים מהריתוך.
 - ★ מערכת חלק מגוף הרתך בין אלקטרודות או חלקים נעים אחרים שבציוד.

המלצות בטיחותיות לנושאים מיכניים

- ★ מתגי הפעלה וכפתורי הפעלה יסודרו או יוגנו כך, שמפעיל הציוד לא יוכל להפעילם שלא במתכוון.
- ★ במכונות רב-נקודתיות עלולות ידי העובד לעבור דרך נקודת עבודה כלשהי. במכונות כאלו יש להתקין חישני קירבה, מגינים, מנגנוני הפעלה דו-ידיניים או כל אמצעי בטיחות מתאים אחר.
- ★ מכונות קבועות לריתוך נקודה יצוידו באחד מהאמצעים שלהלן, או יותר:
 - מגינים או התקנים המונעים מידי המפעיל מלהגיע לנקודת העבודה.
 - מנגנון כלשהו המונע הפעלת המכונה בעת שיד המפעיל נמצאת בנקודת העבודה.

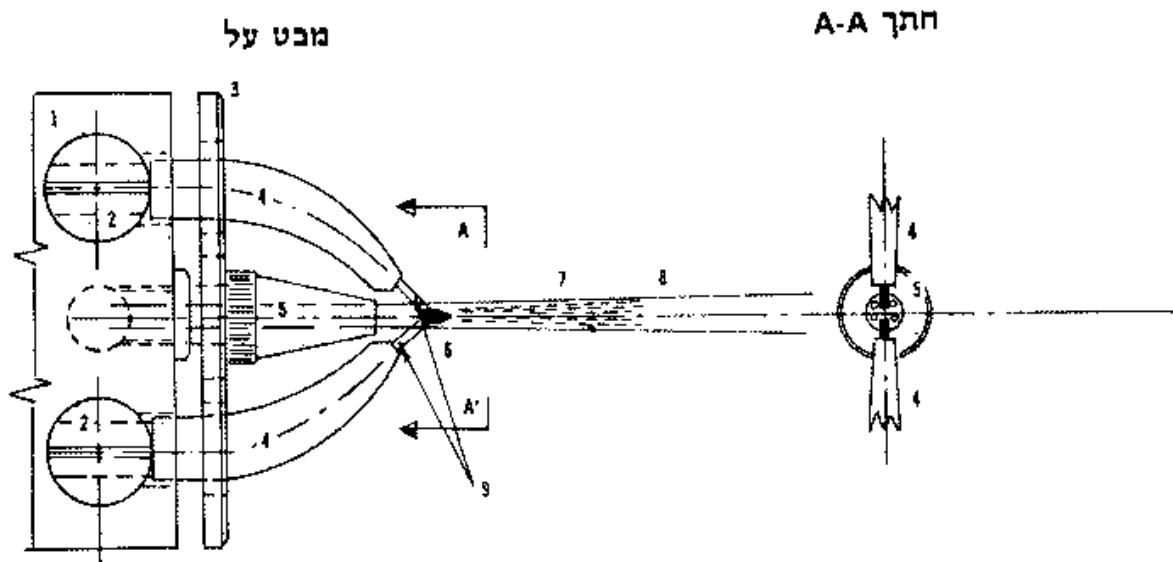
- שרשראות, גלגלי שיניים, מחברים מיכניים ורצועות יוגנו כמקובל.
- ★ עצרים מיוחדים ישמשו למניעת תנועה מקרית של מחזיקי האלקטרודות בעת עבודות אחזקה או בעת כיוונים.
- ★ במכונות ניידות, שאותן נהוג לתלות כך שתנועתן באוויר תהיה חופשית, על מערכת התלייה להיות בטוחה ויש לבדוק לעתים מזומנות כמקובל באמצעי הרמה.
- ★ אם ציוד תלוי עלול לפגוע בעובד יש להקיפו בגידור מתאים. אם הגידור בלתי אפשרי יש לצייד את המכונה בהתקן הפעלה דו-ידני שיהיה ממוקם במקום בו אין מסכנת את העובד.
- ★ מתגי הפסקת פעולה אדומים יותקנו באותם מקומות מהם מפעיל העובד את המכונה.
- ★ מגינים, מגיני פנים ומשקפיים עמידים בפני נתזים לוחטים ייבנו במקומות המתאימים או יסופקו לעובדים.

המלצות בטיחותיות לנושאי חשמל

- ★ כל מערכות ההפעלה של המכונות תהיינה מופעלות במתח לא-מסוכן: עד 120 וולט במערכות הפעלה נייחות; עד 42 וולט במערכות ניידות.
- ★ ציוד המכיל קבלים יבודד היטב ויהיה סגור לחלוטין. כל הדלתות תצוידנה במפסקים שתיליהם יגיעו למערכת הבקרה, שם יחווטו כך שתימנע כל התפרקות של הקבלים דרך המערכות ההתנגדותיות של הציוד בעת שהדלת פתוחה. נוסף לכך יהיה במערכת מתג מתאים, מופעל ידנית, שיביא להתפרקות הקבלים מהמתח הגבוה.
- ★ התקנת מתגים בדלתות, במערכת הבקרה ובמסכים למיניהם תימנע אפשרות של נגיעה בלתי מכוונת בחלקי הציוד הנמצאים תחת מתח גבוה.
- ★ הצד הראשוני של שנאי הריתוך יוארק. ההארקה תיבדק לתקינותה.
- ★ הציוד יותקן על-ידי חשמלאי מוסמך ובהתאם להוראות היצרן.

התזה בקשת חשמלית

- בשיטה זו מתיזים טיפות מתכת נוזליות על גבי עובד אותו רוצים לצפות במתכת המותזת (ראה איור 21).
- שני תיילים מוזנים למובילים מתאימים (4) ויוצרים קשת ביניהם בנקודה (6). דרך נחיר (5) מוזרם אוויר דחוס המתיז את טיפות המתכת הנוצרות בקשת הסילון (7) לעבר העובד.



1. בית מבודד עבור פיות המגע 2. פיות מגע 3. מכסה מגן מבודד חום
 4. מובילי תיל 5. פיית אוויר 6. נקודת הקשת 7. טיפות מתכת
 8. זרם האוויר 9. תילים

איור 21. סכימה של מערכת התזה בקשת חשמלית

באיור 22 נראית מערכת התזה.

על ספק-הזרם מוצבים מזיני התילים המוליכים אותם אל מבער ההתזה. העובד מחזיק את המבער בידו ומניע אותו כלפי העובד באופן הגורם לריסוס העובד בטיפות המתכת באופן אחיד.

סיכונים ואמצעי בטיחות בשעת התזה בקשת חשמלית

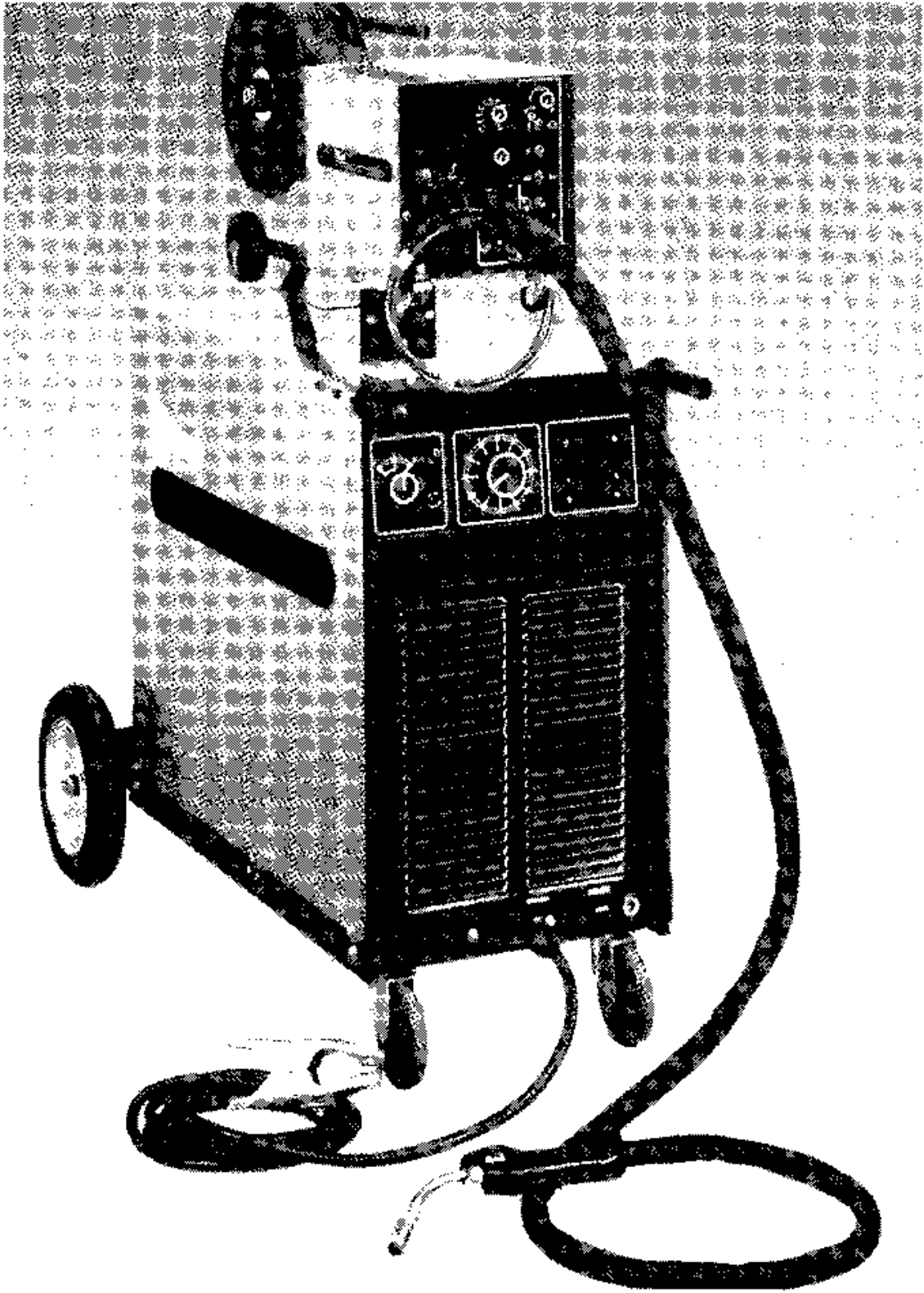
★ הצטברות אבק מתכת בתוך המבער עלולה ליצור קצר שיתיך את חלקי המבער ויגרום שריפה וכוויות. יש לנקות מדי פעם את המבער ולהקפיד לשמור על כל הוראות היצרן.

★ אם תולים את המבער על מתלה כלשהו יש לוודא את הארקת המתלה לשם מניעת הלם חשמלי עקב תקלה.

★ עקב התעופפות טיפות מתכת נזולית בחלל האולם יש לוודא סילוק כל חומר דליק והכנת אמצעים מספיקים לכיבוי אש (ראה פרק 3 סעיף "מניעת אש").

★ ציוד מגן אישי כולל ביגוד לא דליק, מסיכת פנים וראש, כפפות עור ומשקפיים בדרגת כהות שעדיין מאפשרת ראיית נקודת ההתזה על העובד, בדרך כלל בדרגה בין 9 - 12.

★ רעש בעוצמה גבוהה נוצר בעת פעולת ההתזה. יש להשתמש בפקקי אוזניים מיוחדים.



איור 22. מערכת התזה בקשת חשמלית