



## תהליך ריתוך – גז מגן (410) (GMAW) Gas Metal Arc Welding

מעודכן: פברואר 2016

### תוכן עניינים

.....

1..... הגדרה

2..... משימות עיקריות בתהליך ריתוך – גז מגן

4..... אלקטרודה

4..... גז מגן

6..... עבודות גימור

6..... ניהול סיכונים עיקריים בתהליך ריתוך – גז מגן

6..... סיכונים בטיחותיים

6..... פיזור סיגים (שלקה)

7..... סיכוני פגיעה מחשמל

8..... סיכוני אש

9..... מגע עם עצמים חמים

10..... פציעות

11..... גורמי סיכון גהותיים

11..... סיכונים פיסיקליים

11..... עומס חום

11..... קרינה

12..... שדות חשמליים ומגנטיים

13..... חשיפה לרעש מזיק

13..... חשיפה לחומרים כימיים (נדפים וגזים)

15..... גורמי סיכון פיזיולוגיים (היבטים ארגונומיים)

18..... מניעת מפגעים (נוהג טוב)

21..... ביבליוגרפיה

### הגדרה

תהליך ריתוך – גז מגן: ריתוך באמצעות קשת חשמלית ובאלקטרודה מתכלה נצרכת המוזנת באופן רציף יחד עם גז אדיש המגן על נקודת הריתוך מחמצון [1].

**א. הכנת עמדת עבודה**

ארגון עמדת העבודה לרבות פינוי האזור מחומרים דליקים, הקצאת שטח עבודה נקי, יבש, מואר ומאוורר.

הבאת חלקים: חומרים, ציוד מגן אישי, ציוד ספציפי נחוץ (למשל ביצוע ריתוך במקום מוקף מצריך קיומן של מערכת לאספקת אוויר לרתך ומערכת יניקת אוויר מן המקום המוקף). תהליך הבאת האמצעים יבוצע לעיתים תוך שימוש באביזרי הרמה או שינוע. עיין בתהליך עזר "שינוע" מספר 444 ותקנות הבטיחות בעבודה הרלוונטיות.

**ב. הכנת חלקים (עוגדים) לריתוך**

הכנת החלקים כוללת בדרך כלל ניקוי האזור המיועד לריתוך על ידי הסרת שמנים ולעיתים על ידי השחזה זוויתית. עיין תהליכים ("השחזה") "עיבוד אברזיבי יבש" מספר 357 ו"הסרת שומנים" מספר 183.

**ג. תיאור התהליך ריתוך – גז מגן**

בשיטת ריתוך זאת מותכות המתכות על ידי קשת חשמלית הנוצרת ביניהן ובין קצהו של תיל המשמש בתור אלקטרודה (מתכת מוספת) המוזן ברציפות אל תוך אזור הריתוך מסליל (ראה איור 1). גז מגן המוזרם דרך מעבר טבעתי סביב לאלקטרודה לגומת הריתוך דרך מחזיק האלקטרודה/התיל, יוצר על ידי כך שכבת מגן בין אזור הריתוך לבין האוויר (דוחק את האוויר מאזור הריתוך) ומאפשר ריתוך ללא פגמים וחמצון [2].

כגזי המגן משמשים בדרך כלל גזים אדישים (אינרטיים) או בעלי יכולת הגבה נמוכה מאד, לדוגמא: הליום, ארגון, פחמן דו חמצני, חנקן או תערובת של גזים אלה. הרכב התיל הוא בדרך כלל זהה או דומה למתכת המרוכת (Base metal) עם ציפוי של נחושת כדי להבטיח מגע חשמלי ב"אקדח" וכדי למנוע הופעת חלודה.

מידת השימוש בריתוך בעזרת גז מגן הנה רבה יותר מאשר ריתוך בעזרת אלקטרודה מצופה מפני שבשיטה הראשונה אין צורך להסיר את הסיגים המכסים את האזור המרותך [3]. כמו כן ניתן לרתך פלדות בשיטה זאת בפרקי זמן קצרים יותר בהשוואה לשיטות ריתוך אחרות [4].

בשיטה זאת ניתן לרתך מתכות שונות כמו אלומיניום, נחושת, מגנזיום, סגסוגות ניקל, טיטאניום וסגסוגות פלדה.

תהליך ריתוך זה מבוצע תוך כדי הפעלת מתח ישר אשר אינו עולה על 40 וולט. בנוסף לכך קיימים במערכת זאת:

- מזין תיל הדוחף את תיל הריתוך ומכיל אמצעי פיקוד ובקרה למהירות התיל כאשר המתחים בתוכו אינם עולים לרוב על 40 וולט;

- בידית הריתוך ממוקם מתג ההפעלה שהמתח בו אינו עולה על 40 וולט;

- גליל גז מגן מצויד בווסת גז, מכיל גם מד-ספיקה, ולעתים גם מחמם גז, המשלימים את המערכת, הממוקמת כולה לרוב על עגלת נסיעה.

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

עקב תפוקת החום הגבוהה יש לקרר את ידית הריתוך ברגע שמרתכים בזרמים העולים על ערך מסוים (תלוי בסוג גז המגן, המשמש גם כגז קירור).

גזי המגן המקובלים לשימוש הם ארגון (Ar), פחמן דו חמצני (CO<sub>2</sub>), תערובות של ארגון עם חמצן או עם פחמן דו חמצני, או עם שניהם.

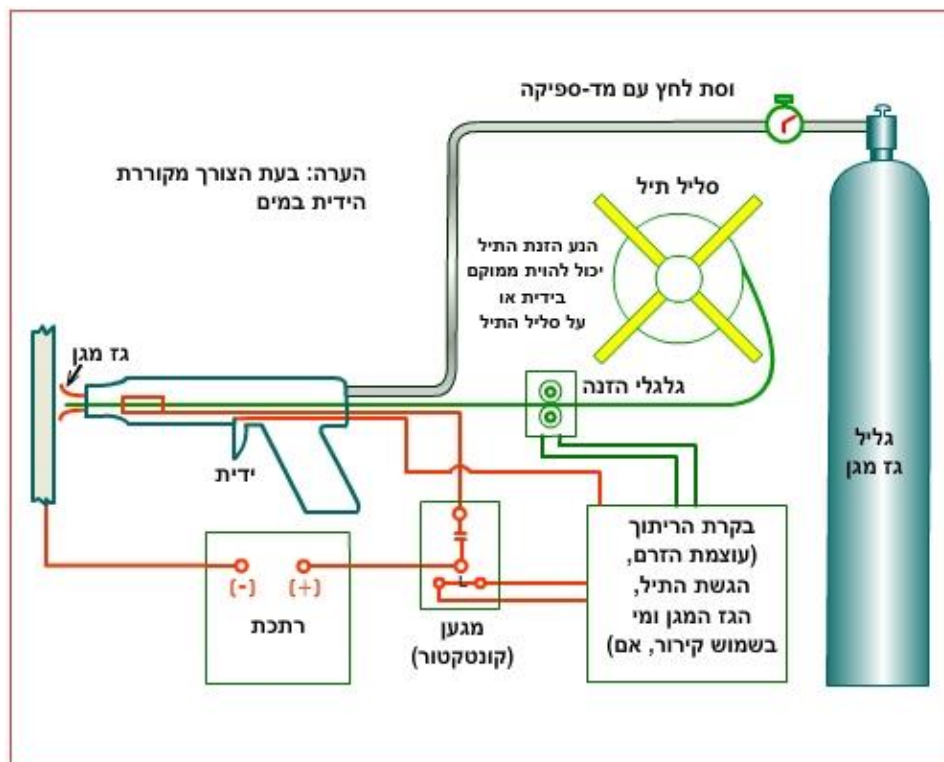
ארבע שיטות עיקריות בריתוך בגז מגן הן:

Globular mode

Short-circuiting mode

Spray mode

[5] Pulsed-spray mode



איור 1. סכימת ריתוך בקשת מתכת מוגנת בגז.

## אלקטרודה

בחירת אלקטרודה משפיעה על התכונות המכניות של האזור המרותך כך שמהוה "גורם מפתח" באיכות הרתך. מומלץ שלתיל יהיו תכונות מכניות דומות לאלה של מתכת הבסיס ושלא תהיינה אי-רציפיות כמו נקבוביות ברתך. מגוון של אלקטרודות שימושיות בשיטה זאת כאשר כולן מכילות חומרים מעכבי חמצון כמו סיליקון (Si), מנגן (Mn), טיטאניום (Ti) ואלומיניום (Al) באחוזים נמוכים כדי למנוע חדירת חמצן. כמו כן ישנן אלקטרודות המכילות מתכות כמו טיטאניום (Ti) וזירקוניום (Zr) כדי למנוע חדירת חנקן. בהתאם לשיטות השונות שבריתוך בגז מגן ולמתכת הבסיס שבשימוש, קטרי האלקטרודות המשמשות בריתוך בגז מגן נע בין 0.7-2.4 מ"מ אך גם יכולים להיות גדולים יותר – 4 מ"מ. השימוש באלקטרודות קטנות יותר נעשה בשיטת Short-circuiting metal transfer בעוד שבשיטת Pulsed spray נעשה שימוש באלקטרודות בעלות קטרים של לפחות 1.6 מ"מ [6].

## גז מגן

בנוסף להגנה מפני חמצון, לגז מגן תפקידים נוספים הקשורים בעיקר בעיצוב ובאיכות תפר הריתוך [7].

בחירת גז מגן תלויה בגורמים רבים בעיקר בסוג החומר המרותך ובשיטת החשמל המסופק למערכת.

גזים אינרטיים טהורים כמו ארגון (Ar) והליום (He) שימושיים בריתוך של חומרים אל-ברזליים. בריתוך של פלדה, גזים אלה יוצרים קשת לא יציבה; בעוד שבריתוך עם הליום, ישנה התזה/טפטוף, ריתוך עם ארגון אינו מאפשר חדירה עמוקה ברתך. פחמן דו חמצני (CO<sub>2</sub>) טהור מאפשר חדירה עמוקה בחלקים המרותכים אך מעודד יצירת תחמוצות המשפיעות באופן נגדי על הרתך, גורם להתזה וריתוך של חומרים דקים הוא קשה בשימוש עם גז זה. לכן, ארגון ופחמן דן חמצני בדרך כלל מעורבבים ביחסים של 75%/25% או 80%/20% תערובת, המקטינה את ההתזה ומאפשרת לרתך חלקי פלדה דקים.

כמו כן ארגון מעורבב עם גזים נוספים כמו חמצן, הליום, מימן וחנקן. הוספה של עד 5% חמצן מעודדת Spray transfer החיונית לשיטות ריתוך בגז מגן-Spray arc ו-Pulsed spray arc. אולם השימוש בכמות גדולה יותר של חמצן גורם לגז מגן לחמצן את האלקטרודה ובכך עלולה לגרום לנקבוביות בשיקוע במקרה שהאלקטרודה איננה מכילה מספיק חומרים מעכבי חמצון. תערובת של ארגון והליום הנה אדישה (אינרטי) במלואה ושימושית בחומרים אל-ברזלים. ריכוז של 50-75% הליום מעלה את המתח ואת החום הנוצר בקשת החשמלית ובכך מאפשר ריתוך של חלקים עבים יותר. השימוש באחוזים גבוהים של הליום גם משפר את איכות הרתך ואת מהירות השימוש בזרם חילופין לריתוך של אלומיניום. מימן מוסף לארגון בריכוזים קטנים (עד לכ-5%) לריתוך חלקי ניקל ופלדת אל חלד עבה. ריכוזים גבוהים יותר של מימן (עד ל-25%) שימושיים לריתוך מתכות מוליכות כמו נחושת. אין לרתך פלדה, אלומיניום או מגנזיום תוך שימוש באחוז גבוה של מימן עקב הסיכון של חדירת מימן. בנוסף לכך, חנקן לפעמים מוסף לארגון בריכוזים שבין 25-50% בריתוך נחושת. שיטות מתקדמות בתערובות של גז מגן משתמשות בשלשה או ביותר גזים כדי לשפר את איכות התפר. תערובת של 70% ארגון, 28% פחמן דו חמצני ו-2% חמצן שימושית יותר ויותר בריתוך פלדות בעוד שבתערובות אחרות, הוספת כמות קטנה של הליום

לצמד ארגון-חמצן נותנת מתח גבוה יותר בקשת חשמלית ומהירות הריתוך עולה. לפעמים נעשה שימוש בהליום כגז בסיס ואליו מוספים כמויות קטנות של ארגון ופחמן דו חמצני [8].

הקצב הרצוי של הזרמת גז מגן תלוי בעיקר בגיאומטריה של קו התפר, מהירות, זרם, סוג הגז ושיטת העברת המתכת הנמצאת בשימוש בריתוך. ריתוך של משטחים דורש קצב זרימת גז גבוה יותר מאשר בריתוך של חלקים בעלי חריצים כיון שהגז מתפזר מהר יותר. מהירויות ריתוך גבוהות יותר דורשות אספקת גז גדולה יותר ליחידת זמן כדי לאפשר כיסוי הגנה מספק. בנוסף, זרם חשמלי גבוה יותר דורש קצב זרימת גז

מהירה יותר, ולרוב, יש צורך ביותר הליום מאשר ארגון כדי ליצור שכבת הגנה מספקת.

ארבע השיטות שהוזכרו לעיל דורשות קצבי זרימת גז מגן שונים כדלקמן:  
- עבור Short circuiting mode ו-mode pulse spray: בסביבות 10 ליטר/דקה;  
- Globular transfer: בסביבות 15 ליטר/דקה;  
- Spray transfer: 20-25 ליטר/דקה [9].

## עבודות גימור

### ד. הסרת סיגים

עם סיום ביצוע הריתוך תתבצע הסרת הסיגים שהצטברו כשכבת ציפוי על פני האזור המרותך - "לנקות את התפר". תהליך זה מבוצע בדרך כלל באופן ידני (על ידי פטיש או באמצעות השחזה). עיין תהליך עיבוד אברזיבי יבש מספר 357.

### ה. בדיקות של טיב התפר

בדיקת טיב התפר תעשה באמצעות:  
בדיקה ויזואלית של טיב הריתוך (בדיקה חיצונית);  
בדיקת אל-הרס, למשל באמצעות קרני X-ray.  
עיין תהליכים "ביקורת טיב-ויזואלי" מספר 118 ו"בדיקות אל הרס – פולטי קרינת X-ray" מספר 111.

### ו. שינוע חלקים

שינוע חלקים כבדים שרותכו נעשה תוך שימוש בצידוד הרמה, כולל במקרה הצורך עגורנים על פי המפורט בתקנות הבטיחות בעבודה (עגורנים מפעילי מכונות הרמה אחרות ואתתים), התשנ"ג - 1992. עיין תהליך עזר "שינוע" מספר 444.

## ניהול סיכונים עיקריים בתהליך ריתוך – גז מגן

### סיכונים בטיחותיים

### פיזור סיגים (שלקה)

זיהוי:

סכנת פגיעה בעור (פנים, צוואר, זרועות) ועיניו של הרתך מחתיכות סיגים חמים העפים בזמן תהליך ריתוך.

בקרה:

לצורך מניעת פגיעה עקב התעופפות סיגים מומלץ:

לבצע עבודות ריתוך תוך הצטיידות במסכת רתכים. בכדי לבצע בדיקה ויזואלית של נקודות הריתוך, הרתך נאלץ להסיר את המסכה. בכדי למנוע את הצורך בהסרת המסכה, מומלץ כי הרתך ישתמש במסכה בעלת חלון כפול, אחד בעל זכוכית כהה ואחר בעל זכוכית מגן שקופה. הרמת החלון הכהה תאפשר ראייה דרך החלון השקוף ומניעת פגיעה מחתיכות סיגים.

שימוש בביגוד בעל שרוולים ארוכים, סינר עור, כפפות רתכים, מסכת ריתוך לכל הפנים וקובע מגן בהתאם לתקן ישראלי 4141 חלק 12 [10]. הביגוד יהיה מסוג כזה שיוריד למינימום את פוטנציאל ההצתה, הבעירה, לכידת גיצים והתחשמלות. יש לקחת בחשבון שחומרי טקסטיל מהם עשוי הביגוד, אשר עברו טיפול כימי להורדת פוטנציאל הדליקות שלהם, עלולים מחד גיסא לאבד מכושרם לעכב בעירה, עקב כביסות חוזרות, ומאידך גיסא, לכלוך ושמן גם פוגע בתכונות ההגנה. לכן, יש לפעול לפי הוראות היצרן בנוגע לאופן הניקוי. בנוסף, בדים אשר עלולים לעבור התכה, עלולים להידבק לגוף העובד תוך כדי גרימת כוויות חמורות. גיצים עלולים להיקלע בשרוולים מקופלים. לכן מומלץ שהשרוולים והצווארון יהיו מופשלים ומכופתרים. בנוסף, מומלץ שלא יהיו כיסים בחזית הבגד. כאשר יש כיסים, עליהם להיות סגורים וריקים. מומלץ שמכנסיים ואוברולים יהיו נטולי חפטים. על המכנסיים לכסות את הנעליים, למניעת היכנסות של גצים לתוך הנעליים.

להגנת עובדים הנמצאים בקרוב לעמדת הריתוך, מומלץ להשתמש במסכי הפרדה ניידים או קבועים בהתאם לתקן ישראלי 5093 לבידוד אזור הריתוך משאר אזורי העבודה [11].

## סיכוני פגיעה מחשמל

### זיהוי:

הרתך עלול להיפגע כתוצאה מהתחשמלות/מכת חשמל הנובעים משימוש בזרם חשמלי לצורך הריתוך.

מכת חשמל (שוק) הנה תוצאה של מעבר זרם דרך הגוף בעוצמה הגורמת לתופעות פיזיולוגיות שליליות. חומרת המכה תלויה בכמות הזרם, משך ההופעה ומסלולו. הזזת מערכת הריתוך ממקומה על ידי משיכת כבלי ידית הריתוך או העוֹבֵד עלולה לגרום לקריעת הכבל הראשוני בעל מתח חשמלי גבוה, הפלת מכל הגז ודליפה מצינור של נוזל קירור העלול להיקרע.

### בקרה:

לצורך מניעת פגיעה עקב התחשמלות: בכל שיטות הריתוך אשר בהן יש שימוש בחשמל יש להשתמש בציוד חשמלי תקני, תקין ובדוק בהתאם לחוק החשמל, התשי"ד - 1954 ובשיטות עבודה בטוחות בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן - 1990, למשל:

במקרה שניתן, יש לבחור את שיטת שימוש בחשמל הבטיחותית ביותר. לדוגמא: באם פעולת הריתוך יכולה להתבצע הן בזרם ישר והן בזרם חילופין יש לקחת בחשבון שזרם חילופין מסוכן יותר לאדם במקרה של מכת חשמל מבחינת עוצמת הפגיעה. לפיכך השימוש בזרם ישר מועדף בבצוע עבודות ריתוך.

על מנת להקטין את סכנת ההתחשמלות בריתוך המבוצע עם זרם חילופין אין להשתמש ישירות בזרם מרשת החשמל אלא יש להפריד בין מעגל רשת החשמל למעגל הריתוך על ידי שימוש בשנאי ריתוך. שימוש בשנאי יאפשר עבודה במתח נמוך (עד 120 וולט למערכות נייחות ועד 36 וולט למערכות ניידות) [12].

מעגל הריתוך יהיה מוארק. הרתכת תהיה מוארקת.  
מערכת הריתוך תיבדק תקופתית על ידי חשמלאי מוסמך. הבדיקות תתועדנה ותשמרנה.

יש להקפיד שידית הריתוך תקינה ובידודה אינו פגום.

## סיכוני אש

### זיהוי:

ריתוך בסמוך לחומרים דליקים עלול לגרום להתלקחות, במיוחד כשמדובר בחומרים דליקים בעלי נקודת הבזקה נמוכה מטמפרטורת החדר וכן במצבים בהם מבצעים ריתוך בסמוך לתהליכי ייצור או כאשר נעשה שימוש בחומרים דליקים. שימוש בגז מימן שהוא דליק עלול לגרום לסיכוני התלקחות.

חלקיקים חמים עלולים להגיע לחומרים הדליקים ולגרום לפרוץ שריפה.

בקרה:

עבודה לפי נוהל "בטיחות בעבודות חמות" המבטיח נקיטת אמצעי הגנה וזהירות למניעת היווצרות מצב בו תתאפשר התלקחות של חומרים דליקים במהלך בצוע תהליך הריתוך. נוהל זה יכול התייחסות לאמצעי זהירות ומגן שיש לנקוט לפני התהליך. דוגמא לנוהל עבודות חמות ניתן למצוא בתקן ישראלי 4348 - מניעת שריפות בעת ריתוך, חיתוך ועבודות אחרות בחום וב-NFPA 51B [13,14].

לדוגמא: ניקוי מכילים/צנרת המכילים חומרים דליקים, הזרמת גז אינרטי להורדת ריכוזי חמצן (בעת הצורך), בדיקה באמצעות גלאים ניידים שלא קיימת אווירה נפיצה באזור



המיועד לריתוך, מיקום אמצעי כיבוי אש לרבות מטפים, צינורות כיבוי ומזנק, הרחקת גלילי גז מהאזור וכיוצא בזה.

בנוסף יש צורך בהצבת צופי אש לזיהוי מיקום נפילת הגיצים. במידה והוחלט שלא להעמיד צופה אש, יש צורך בבדיקה סופית לאחר ביצוע הריתוך ע"י ממונה העבודה. הביקורת צריכה להיעשות כשעה לאחר סיום פעולת הריתוך. יש לשקול ביצוע ביקורות נוספות במקרים ובהם יש חשש לבעירה נסתרת. צופי אש צריכים לעבור הכשרה בנוגע להליך הדיווח ונוהל חירום.

הקפדה על שמירת מרחק הפרדה בין תהליך הריתוך לחומרים דליקים (לפחות 11 מטר). מומלץ להעביר את העבודה למקום בטוח כשקיימים סיכוני אש, או לחילופין לפנות מאזור העבודה את כל החומרים (והציוד) הדליקים. במקרה שבו הרצפה עשויה חומר דליק, מומלץ להעביר את מקום העבודה למקום אחר. אם לא ניתן, יש להגן עליה ע"י כסויה בחומר שימנע את דליקות כגון חול לח, או לוח מתכת. במקרה כזה, חייבים למנוע סיכוני התחשמלות.

כסוי כל הפתחים ברצפה ובקירות ברדיוס של 11 מטר ממקום הריתוך, העלולים לחשוף אזורים סמוכים (שמכילים חומרים דליקים) ע"י מעבר הגצים דרכם להיות על מנת למנוע מגצים להגיע לאזורים אחרים בעלי פוטנציאל דליקות.

פינוי חומרים דליקים הסמוכים לצד השני של קיר, לוח מתכת, תקרה או גגות, או שבמגע עם צנרת, שיש סיכון של הצתתם על ידי מעבר חום.

מיקום אמצעי כיבוי אש חייבים בסמוך לאזור הריתוך.

ביצוע פעולות הריתוך תוך כדי לבישת כפפות עמידות אש. הכפפות צריכות להיות יבשות ומבודדות למניעת סכנת התחשמלות.

## **מגע עם עצמים חמים**

### **זיהוי:**

הרתך עלול להיכוות ממגע עם מתכת חמה ואלקטרוודות. כמו כן 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.

### **בקרה:**

א. חובה להשתמש בביגוד בעל שרוולים ארוכים, מכנסיים ארוכים, סינר מעור, כפפות רתכים, מסכת ריתוך לכל הפנים וקובע מגן. הביגוד יהיה מסוג כזה

- שיריד למינימום את פוטנציאל ההצתה, הבעירה, לכידת גצים והתחשמלות בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז – 1997.
- ב. במידה ויש סיכון שעובדים אחרים יבואו במגע עם החלקים החמים, יש לשלטם בשלט אזהרה.
- ג. יש להפריד את אזור הריתוך משאר אזורי העבודה, על מנת למנוע לבטח מגע של עובדים לא מורשים בחלקי ריתוך חמים.
- ד. אין לגעת בתיל החורג מהידית ויש לקצצו בקוצץ תיל מיוחד.
- ה. יש להצטייד בקוצץ תיל מיוחד טרם ביצוע ריתוך בשיטה זו.



איור 2. מערכת לריתוך בקשת מוגנת בגז.

## פציעות

### זיהוי:

כיון שבשיטה זאת משחילים תיל ריתוך אל תוך ידית הריתוך בעזרת מערכת הזנת תיל מכנית, 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 של הרתך ולגרום לפציעות קשות.

### בקרה:

יש להקפיד ולהתבונן בקצה הידית, המופנה לכיוון שאין איש ניצב בו, עד ליציאת קצה התיל ממנה ואז להפסיק את הזנתו.

## גורמי סיכון גהותיים

## סיכונים פיסיקלים

## עומס חום

### זיהוי:

במהלך ביצוע עבודות ריתוך עולה הטמפרטורה סביב התפר והמתכות העוברות התכה וחיבור. עליית טמפרטורה זו במיוחד בתנאי אקלים חם ולח, עלולה להוביל להגברת עומס החום על הרתך וכן על עובדים בסביבת עבודתו.

### בקרה:

מומלץ לבצע עבודות ריתוך באזור מאוורר. יש להקפיד על שתייה מרובה על ידי הרתך והעובדים סביבו. מומלץ לבצע את עבודת הריתוך תוך הגדרת פרקי זמן המיועדים למנוחה שיתבצעו באזור מאוורר בנפרד מאזור ביצוע הריתוך.

## קרינה

### זיהוי:

עוצמת הקרינה הנפלטת בתהליך זה גבוהה בסדר גודל אחד מאשר הקרינה הנפלטת בתהליך ריתוך באלקטרודה מצופה. עוצמות פליטה של קרינות מסוג UV-B ו-UV-C חזקות יותר 4. הסיכון הוא בעיקר סנור העיניים וכוויות בעור.

### הערכה:

בריתוך של סגסוגות אלומיניום במרחק של 1 מטר ממוקד הריתוך נמדדו ערכי קרינה אולטרה סגולה בין  $0.18-3.7 \text{ mW/cm}^2$  [15].

### בקרה:

בעת ביצוע עבודות ריתוך להגנה נגד הקרינות חובה להשתמש באמצעי מיגון אישיים - במסכת רתכים בהתאם לתקן ישראלי 4141 חלק 12 תוך כדי הרכבת זכוכית בעלת דרגת כהות מרבית שמאפשרת ראיית אמבט הריתוך עם הגנה צדדית בעת ריתוך

בשיטת גז מגן. השימוש בעדשות בעלות דרגת כהות מסוימת במשקפיים או במסכה מיוחדת מיועדת למבצע הריתוך וכן לעובדים הנמצאים בקרבת מקום.

מספר הכהות של העדשות/זכוכיות המגנות על העיניים נקבע על פי דרגת ההיחלשות הנראית לעין [16]. מספר הכהות מציין את כמות האור הניתנת למעבר דרך העדשות כך שכל שהמספר נמוך יותר, כך העדשה מסננת פחות אור הנפלט מן הקרינות השונות [17]. מספר הכהות מציין את דרגת הכהות המסופקת על ידי עדשות נתונות כאשר הרתך בוחר לעצמו את המספר הנוח לו ביותר ושמקנה ראייה טובה בעת ביצוע תהליכי ריתוך מסוגים שונים [18].

נתונים ערכים עבור דרגת הכהות הדרושה בזכוכית המגנה על העיניים במסכת רתכים בעת ביצוע ריתוך בשיטת גז מגן:

בשימוש באלקטרודות שאינן מכילות ברזל בגדלים (inches) 5/32, 1/8, 3/32, 1/16; יש להשתמש בזכוכית מספר 11;

בשימוש באלקטרודות המכילות ברזל בגדלים (inches) 5/32, 1/8, 3/32, 1/16; יש להשתמש בזכוכית מספר 12 [19].

למניעת פגיעה בעובדים ובעוברי אורח בסמוך לעמדות הריתוך, מומלץ לבודד את אזור הריתוך על ידי מחיצות קבועות או ניידות העשויות חומרים בלתי בעירים ובלתי מתלקחים בהתאם לתקן ישראלי 5093. במידה ואין מחיצות, יש להורות באמצעות שילוט ונהלים על לבישת ביגוד מגן ואמצעי הגנה על הפנים והעיניים. על המחיצות לאפשר החלפות אוויר בגובה הרצפה ומעל לגובה המחיצה.

## שדות חשמליים ומגנטיים

### זיהוי:

שדות חשמליים ושדות מגנטיים נוצרים כאשר נעשה שימוש בחשמל. שדות אלה נוצרים כאשר נעשה חיבור לחשמל על ידי מוליכים חשמליים, או כאשר מופעל ציוד חשמלי. תדירות נמוכה מ- 300 Hz בשדות מגנטיים מכונה בשם Extremely Low Frequency (ELF) [20].

הערכה:

חשיפות תעסוקתיות של ELF בטווח שבין 1-300 Hz לא יכולות לעבור את ערך גבול העליון המחושב בעזרת המשוואה:  $BTLV = 60/f$

כאשר  $f$  זהו התדר הנתון בערכי Hz, BTLV זהו ערך שטף צפיפות מגנטי ביחידות של milliTesla [21].

רמת החשיפה הממוצעת היומית לשדות מגנטיים שאליהם נחשפים רתכים על פי נטורים שפורסמו על ידי NIOSH נמצאה בערך של 8.2 mGauss עבור טווח עוצמות חשיפה של 1.7-96.0 mGauss (1 Tesla (T) = 10000 G) [22].

## חשיפה לרעש מזיק

### זיהוי:

רעש היינו כל צליל בלתי רצוי.

הרעש המזיק היינו רעש בעל יכולת לגרום לפגיעה בשמיעה.

על פי תקנות בטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים ברעש), התשמ"ד-1984, הרעש שמפלסו המשוקלל על פני הזמן עולה על 85 dB(A) לחשיפה במשך 8 שעות היינו רעש מזיק.

### הערכה:

בהתאם לתוצאות בדיקות של מפלס הרעש, שבוצעו במהלך פרויקט מיפוי סיכונים גהותיים בתעשייה 1994-2000 עבור 306 תהליכי ריתוך בגז מגן, נמצאו ערכים בין 70 עד 99 dB(A). ממוצע המפלסים המדוּדים הינו 85 dB(A) [פרויקט מיפוי סיכונים גהותיים פוטנציאליים בתעשייה 2000 – 1994, דו"ח מסכם. המכון הארצי לבריאות תעסוקתית וסביבתית, רעננה 2004]1.

### בקרה:

יש להקפיד על שימוש בצידוד מגן אישי להפחתת החשיפה לרעש (לרבות אוזניות, אטמים) בהתאם לתוצאות ניטור הרעש [23].  
הקפדה על בצוע תהליכים רועשים בסביבה בה נמצא מספר מינימלי של עובדים, אשר אינם נחוצים לצורך ביצוע התהליך (תזמון תהליכים).  
שילוט אזור העבודה כאזור מרעיש.  
בצוע הדרכות לגבי היבטי הסיכונים בחשיפה לרעש.

## חשיפה לחומרים כימיים (נדפים וגזים)

ריכוז נדפי תחמוצות ברזל הנוצרים במהלך תהליך ריתוך בגז מגן גבוה מריכוזם בתהליך ריתוך באלקטרודה מצופה.

---

1 הנתונים האלה מתייחסים רק לעוצמות הרעש ולא למשך החשיפה

הגזים העיקריים הנפלטים בריתוך מסוג זה הם תחמוצות חנקן (NOx), אוזון (O3) ופחמן חמצני (CO) [24]. בשיטת ריתוך זאת ריכוז אוזון המשתחרר גבוה יותר מאשר בתהליך ריתוך באלקטרודה מצופה. קצב קבלת פחמן חמצני כתוצאה מפרוק של פחמן דו חמצני המשמש כגז מגן תלוי בצפיפות הזרם החשמלי, קצב זרימת הגז ובסוג המתכת העוברת ריתוך.

#### **הערכה:**

הריכוזים המרביים המותרים לנדפים בריתוך בסביבת העבודה הוגדרו בתקנות הבטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים במתכות מסוימות), התשנ"ג – 1993 ובחברת ערכים מרביים מותרים של ACGIH. הנתונים לגבי המצאות חומרים שונים בתהליך ואחוז תוצאות חריגות של הניטור שלהם (על סמך הנתונים של פרויקט מיפוי סיכונים גיהותיים בתעשייה 1994-2000 והנתונים של המעבדה הארצית לגהות תעסוקתית) מוצגים בטבלאות של גורמי סיכון בתהליך [26,25].

#### **בקרה :**

- א. יש לבצע תהליכי ריתוך במקום מאורר היטב מכיוון שבריתוך בחלל לא מאורר קיים סיכון להצטברות רבה של נדפים וגזים. כמו כן רוב גזי המגן השימושיים בשיטה זו אינם ידועים כרעילים (פחמן דו חמצני, הליום, ארגון) אולם עלולים לגרום להורדת ריכוז החמצן באוויר בעת דליפה ובמקומות סגורים ולא מאוררים ולהקשות בכך על הנשימה.
- ב. מומלץ לצייד עמדות ריתוך באורור מאלץ מסוג יניקה מקומית. פתחי היניקה חייבים להיות ממוקמים במקומות שאינם עולים על גובה פניו של העובד, על מנת לא לגרום לתנועת נדפים וגזים דרך אזור נשימתו של העובד. המיקום האופטימלי של המנדף הנייד ליניקה מקומית הוא במרחק של קוטר של צינור מהקשת החשמלית.
- ג. מהירות זרימת האוויר בפתח היניקה של עמדת ריתוך צריכה להיות לפחות 0.5 מטר/שניה על פני קשת הריתוך. כמו כן ניתן להשתמש באקדח השואב נדפים ממקור פליטתם ומוסבים בעזרת זרנוק לתוך מערכת פליטה. אקדח מסוג זה מאד יעיל עבור משטחים ישרים ואנכיים או בפינות וסביב אוגנים (Flanges) [27].
- ד. בעבודות ריתוך אשר מתבצעות בחלל מוקף, יש להצטייד במסכות להגנה נשימתית המחברות למקור אוויר טרי.

- ה. בעמדות ריתוך חובה לבצע ניטור סביבתי על ידי בודקים מוסמכים בהתאם לתדירות הקבועה בחוק על פי תקנות הבטיחות בעבודה (ניטור סביבתי וניטור ביולוגי של עובדים בגורמים מזיקים), התשנ"א – 1990.
- ו. במידה ותוצאות הניטור הסביבתי מצביעות על ערכי חשיפה הגבוהים מרמת הפעולה, העובדים החשופים חייבים לעבור בדיקות רפואיות.
- ז. על מנת למנוע חשיפת העובדים שלא עסוקים ישירות בעבודות ריתוך מומלץ לארגן עמדות ריתוך בשטח מופרד. כך מומלץ להפריד בין עובדי מנהלה, עובדי יצור, עובדי מחסנים מאזורים בהם מבצעים תהליכי ריתוך. כמו כן מומלץ כי משרדים המיועדים לרתכים וכן עמדות מנוחה יהיו מופרדים מעמדות הריתוך.
- ח. במידה ותוצאות הניטור מצביעות על ערכי חשיפה הגבוהים מרמת הפעולה בחשיפה לנדפים, עד לשיפור תנאי העבודה, יש לבצע ריתוכים כשהרתך מצויד במסכה עם מסנן לנדפים.
- ט. מומלץ לסגור את ברז מכל הגז כל אימת שמסיימים עבודת ריתוך. יש להתייחס להוראות המופיעות בתקן ישראלי 637 [28].

## גורמי סיכון פיזיולוגיים (היבטים ארגונומיים)

### זיהוי:

במהלך ביצוע עבודות ריתוך העובדים נחשפים להרמת חלקים כבדים, ביצוע תנועות מחזוריות וממושכות, עמידה שפופה או ביצוע תנועות לא נוחות.

### בקרה:

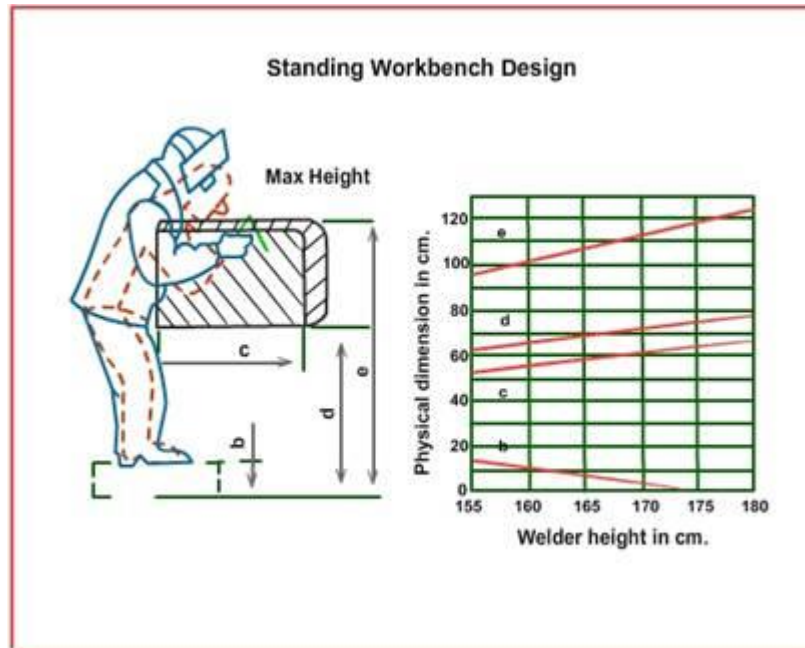
הרמת משאות תבוצע עם ציוד הרמה כגון עגורן בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה (עגורנים מפעילי מכונות הרמה אחרות ואתתים), התשנ"ג – 1992. כמו כן על הרתך להקפיד לבצע את עבודתו באחת מן התנוחות עמידה או ישיבה כפי המתואר באיורים הבאים [29].

### הדגמה של עמדת הריתוך הנעשה על ידי רתך בעמידה

גובה מקסימלי: Maximal height

ממדים פיסיקלים של הציוד (ס"מ): Physical dimension

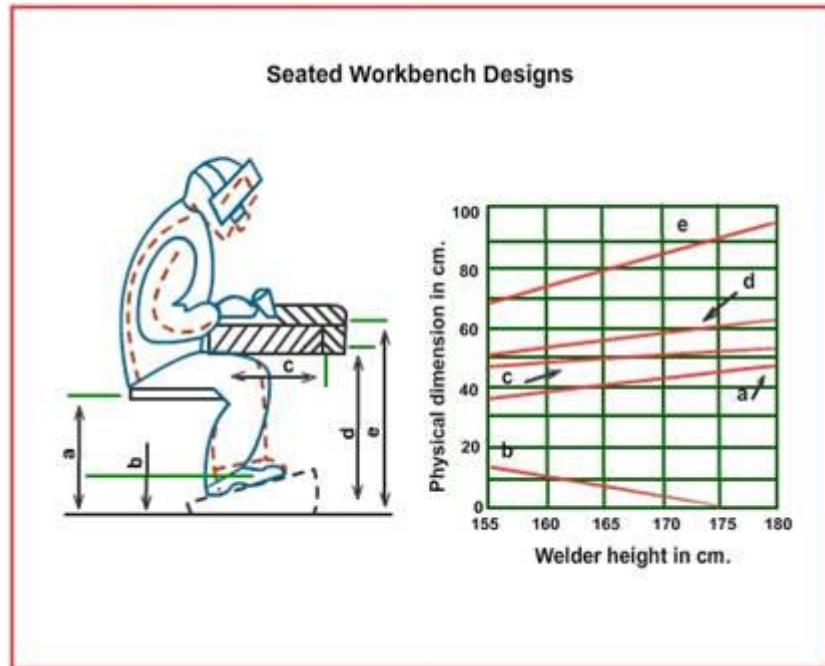
גובה של הרתך (ס"מ): Welder height



איור 3: תנוחה מומלצת לרתך המבצע ריתוך בעמידה. Golavattjuk et.al. Creation of optimum labor conditions for electric welders with regard to ergonomic requirements. IIW Colloquium on Welding and Health, Lisbon, 1980. עבור רתך בגובה 1.55-1.75 מטרים המבצע עבודת ריתוך בעמידה, מומלצת הגבהה לגופו על מדרגה בעלת גובה עד ל-11 ס"מ כאשר המרחק שבין ברכיו עד לקצהו השני של עמדת העבודה לא יעלה על 65 ס"מ, הגובה שבין הרצפה עד לעמדת הריתוך לא יעלה על 77 ס"מ והגובה שבין הרצפה עד לקצה העליון של עמדת הריתוך לא יעלה על 122 ס"מ כפי המתואר באיור מס' 2.



## הדגמה של עמדת ריתוך הנעשה על ידי רתך בישיבה



a: גובה המושב:  
 גובה השענה של כף  
 הרגל: b  
 מרחק הגעה מרבי אל  
 השולחן: c  
 גובה שולחן הריתוך: d  
 גובה מקסימלי של החומר  
 המרותך: e

a = seat height	d = height of the Welding table
b = foot rest height	e = maximum height of the piece being welded
c = maximum reach on the table	

איור 4: תנוחה מומלצת לרתך המבצע ריתוך בישיבה. Golavatjuk et.al. Creation of optimum labor conditions for electric welders with regard to ergonomic requirements. IIW Colloquium on Welding and Health, Lisbon, 1980. עבור רתך בגובה 1.55-1.75 מטרים המבצע עבודת ריתוך בישיבה, מומלץ לשבת על ספסל בגובה 38-46 ס"מ כאשר רגליו תהיינה מוגבהות בעזרת משענת אשר גובהה עד 12 ס"מ, המרחק שבין ברכיו של הרתך עד לפנים שולחן העבודה הוא 38-53 ס"מ, המרחק שבין הקצה התחתון של שולחן העבודה מהרצפה הוא 51-61

ס"מ והמרחק שבין הקצה העליון של שולחן העבודה מהרצפה הוא 68-95 ס"מ בהתאם לגובהו של הרתך.

## **מניעת מפגעים (נוהג טוב)**

ניהול היבטי הבטיחות והגהות בעבודה של תהליך ריתוך – גז מגן מומלץ לבצע תוך הקפדה על התנאים הבאים:

### **1. כללי**

א. הדרכה לעובדים אחת לשנה לפחות, על ידי מדריך מוסמך אשר אושר לכך ע"י מנהל המפעל (בעלים).

יש לנהל פנקס הדרכה לרבות תיעוד מועד ההדרכה, המדריך והחומר הנלמד.

עם כניסתו של עובד חדש או שינוי של עמדת העבודה של העובד יש לדאוג לביצוע הדרכה לגבי סיכונים שבריתוך גז מגן, אמצעי הפחתת סיכונים לרבות אמצעי מיגון אישי, התנהגות בעת אירוע חריג לרבות תאונה וכמעט תאונה [30].

ב. שילוט הסיכונים באזור העבודה, לרבות סיכונים גהותיים ובטיחותיים. שילוט בדבר הצורך בשימוש בציוד מגן אישי. שילוט בדבר איסור העישון [31,32].

ג. הגדרת שיטה (נוהל) להעברת מידע לגבי מפגעי בטיחות וגהות בתהליך העבודה, באמצעות מנהל המחלקה או נאמן בטיחות מחלקתי. יש לעודד את העברת מידע מהעובדים להנהלה, באמצעות דיווח על מפגעי בטיחות וגהות, כמעט תאונות או תאונת עבודה.

ד. תזמון תהליכים – יש לבצע תהליכי ריתוך בזמן בו נמצאים מינימום אנשים באזור התהליך. כך ימנע מצב של חשיפת אנשים שאינם חיוניים לתהליך לסיכונים גהותיים ובטיחותיים. כך למשל ביצוע תהליכי ריתוך מסיבים בשעות בהן האיוש במקום העבודה היינו נמוך או חלקי.

ה. בידוד של אזור הריתוך על ידי מחיצות קבועות או נידות העשויות חומרים בלתי בעירים ובלתי מתלקחים.

ו. שימוש באמצעי הרמת משאות כגון עגורן בהרמת חלקים לצורך ריתוך [33].

ז. הפעלת הרתכת תבוצע לפי הנחיות היצרן לרבות הנחיות הבטיחות.

### **2. סיכוני פגיעה מחשמל**

שימוש בציוד חשמלי תקני, תקין ונבדק בהתאם לחוק החשמל ובשיטות עבודה בטוחות לפי תקנות הבטיחות בעבודות חשמל כגון:

- א. בחירת שיטת שימוש בחשמל הבטיחותית ביותר (שימוש בזרם ישר).
- ב. בריתוך המבוצע עם זרם חילופין אין להשתמש ישירות בזרם מרשת החשמל אלא יש להפריד בין מעגל רשת החשמל למעגל הריתוך על ידי שימוש בשנאי ריתוך.
- ג. מעגל הריתוך יהיה מוארק. הרתכת תהיה מוארקת.
- ד. מערכת הריתוך תיבדק תקופתית על ידי חשמלאי מוסמך.

### 3. סיכוני אש

למניעת היווצרות מצב בו תתאפשר התלקחות של חומרים דליקים במהלך בצוע תהליך הריתוך יש לדאוג ל:

- א. הרחקת חומרים דליקים מהאזור, ניקוי מכלים/צנרות המכילים חומרים דליקים, הזרמת גז אינרטי להורדת ריכוזי חמצן (בעת הצורך), בדיקה באמצעות גלאים ניידים שלא קיימת אווירה נפיצה באזור המיועד לריתוך, מיקום אמצעי כיבוי אש לרבות מטפים, צינורות כיבוי ומזנק.
- ב. הצבת צופי אש לזיהוי מיקום נפילת הגצים. במידה והוחלט שלא להעמיד צופה אש, יש צורך בבדיקה סופית לאחר ביצוע הריתוך.
- ג. אחסון גלילי גז הרחק ממקורות חום, הצתה והתלקחות.
- ד. הפרדת גלילים מלאים מריקים באחסון.
- ה. שילוט צנרת גזים לפי תקן 712.

### 4. מגע עם עצמים חמים

מומלץ השימוש בביגוד בעל שרוולים ארוכים, מכנסיים ארוכים, סינר מעור, כפפות רתכים, מסכת ריתוך לכל הפנים, כובע מגן ונעלי עבודה עמידים בפני גצים.

### 5. קרינות

בעת ביצוע עבודות ריתוך חובה להשתמש באמצעי מיגון אישיים - במסכת רתכים או משקפי מגן עם הגנה צדדית כולל זכוכיות מגן על פי תקן ישראלי 0-00-00-1283, ציוד להגנת העיניים, הפנים והצוואר.

### 6. רעש מזיק

- א. הקפדה על בצוע תהליכים רועשים בסביבה בה נמצא מספר מינימלי של עובדים, אשר אינם נחוצים לצורך ביצוע התהליך (תזמון תהליכים).
- ב. ביצוע ניטור סביבתי לרעש כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה.
- ג. ביצוע בדיקות שמיעה לעובדים אשר חשופים לרעש מזיק בהתאם לתוצאות ניטור הרעש.

ד. שימוש בציוד מגן אישי להפחתת חשיפה לרעש.

## 7. עומס חום

- א. ביצוע עבודות ריתוך באזורים מאווררים וממוזגים.
- ב. הקפדה על שתייה מרובה על ידי הרתך והעובדים סביבו.
- ג. ביצוע עבודת הריתוך תוך הגדרת פרקי זמן המיועדים למנוחה שיתבצעו באזור מאוורר בנפרד מאזור ביצוע הריתוך.

## 8. חומרים כימיים

- א. לאור הסיכונים בפליטת נדפים וגזים בתהליך ריתוך הנגרמים חלקם מצפויים וצבעים, מומלץ כי לפני תחילת ביצוע תהליכי ריתוך, יבוצעו ניקוי המתכות והסרת שאריות של צפויים וצבעים (ראה תהליכים "טיפול שטח-מכני" מספר 244 ו"טיפול שטח כימי" מספר 251).
- ב. ציוד עמדות ריתוך באוורור מאולץ מסוג **יניקה מקומית**.
- ג. ביצוע בדיקה תקופתית של יעילות המערכות ליניקה מקומית.
- ד. ביצוע נטורים סביבתיים לנדפים ועשן כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה.
- ה. ביצוע מעקב רפואי ונטור ביולוגי באמצעות מרפאות תעסוקתיות בהתאם לנדרש בתקנות, לאור הערכת הריכוזים בנטור סביבתי.
- ו. הקפדה על שימוש במסכה להגנה נשימתית, בהתאם לתוצאות ניטור סביבתי במידה שהריכוזים המתקבלים גבוהים מרמת הפעולה.
- ז. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, וכיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.
- ח. הצטיידות בגליונות בטיחות לחומרים שבשימוש (לרבות תוצרי פרוק אפשריים בעת פעולת ריתוך).

1. פרדו, א., ריבשטיין, מ., מיימן, מ., ואח.: דפדפת רשימות תהליכים תעשייתיים והגדרותיהם, אוניברסיטת תל-אביב, המכון לבריאות תעסוקתית, דצמבר 1993.
2. שביט, י.: בטיחות בריתוך חשמלי, המוסד לבטיחות וגהות, 1996.
3. Burgess, W.A.: Recognition of Health Hazards in Industry, Second Edition, John Wiley & Sons, 1995.
4. Job knowledge for welders4: Solid wire MIG welding  
<[http://www.twi.co.uk/j32k/protected/band\\_3/jk4.html](http://www.twi.co.uk/j32k/protected/band_3/jk4.html)>
5. Welding and Gas Metal Arc Welding (GMAW), The University of Kansas, School of Engineering.  
  
[www.engr.ku.edu/~rhale/ae510/websites\\_f02/welding\\_and\\_gmaw.ppt](http://www.engr.ku.edu/~rhale/ae510/websites_f02/welding_and_gmaw.ppt)
6. Cary, Howard B. and Helzer, Scott C.: Modern Welding Technology p. 121, Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, 2005.
7. The Welding Institute (TWI) World Center for Materials Joining Technology.  
< [http://www.twi.co.uk/j32k/protected/band\\_3/jk4.html](http://www.twi.co.uk/j32k/protected/band_3/jk4.html) >
8. Cary, Howard B. and Helzer, Scott C.: Modern Welding Technology p. 357-59, Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, 2005.
9. Cary, Howard B. and Helzer, Scott C.: Modern Welding Technology p. 123-25, Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, 2005.
10. תקן ישראלי 4141 חלק 12 - ציוד מגן אישי לעיניים: ציוד להגנת העיניים והפנים בעת ריתוך ותהליכים נלווים, מכון התקנים הישראלי,  
2004. <http://www.sii.org.il/standard.nsf/Standards/1041411200?OpenDocument>
11. תקן ישראלי 5093 – דליקות של וילונות לשימוש מוסדי או ציבורי, מכון התקנים הישראלי,  
2000. <http://www.sii.org.il/standard.nsf/Standards/1050930000?OpenDocument>
12. Standard Z49.1: Safety in Welding, Cutting and Allied Processes, American National Standard Institute, 2005.  
<<http://www.aws.org/technical/facts/Z49.1-2005-all.pdf>>
13. תקן ישראלי 4348: מניעת שריפות בעת ריתוך, חיתוך ועבודות אחרות בחום, מכון התקנים הישראלי,  
2004. <http://www.sii.org.il/standard.nsf/Standards/1043480000?OpenDocument>
14. NFPA 51B: Standard for Fire Prevention During Welding, Cutting, and Other Hot Work, National Fire Protection Association, 2003.  
<<http://webstore.ansi.org/ansidocstore/product.asp?sku=51B03PDF>>
15. Ultraviolet Radiation Guide Navy Environmental Health Center Technical Manual NEHC-TM92-5, April 1992. <http://www-nehc.med.navy.mil/od/Documents/UVD0C.PDF>

- 
16. Sliney, D.H.: Light and Infrared Radiation, Encyclopedia of Occupational Work. <http://www.ilo.org/encyclopedia/?d&nd=857100220&prevDoc=857000271> < >
17. The Welding Institute, Job knowledge for welders 29: Health, safety and accident prevention- arc welding < [http://www.twi.co.uk/j32k/protected/band\\_3/jk29.html](http://www.twi.co.uk/j32k/protected/band_3/jk29.html) >
18. Harris, J.: A Look at Auto-Darkening Welding Helmets, Eye Protection, AutoInc Magazine, 2002. <<http://www.asashop.org/autoinc/jan2002/collision.cfm>>
19. Appendix 6430-T2 Assessment of and Protection from Welding Arc Radiant Hazards taken from OSHA 1910.252 (b)(2)  
(ii).<http://www.jlab.org/ehs/manual/EHSbook-503.html>><
20. Occupational Safety and Health Administration [http://www.osha.gov/dts/hib/hib\\_data/hib19900207.html](http://www.osha.gov/dts/hib/hib_data/hib19900207.html)
21. 2015 TLVs® and BEIs®. Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical and Physical Agents & Biological Exposure Indices. ACGIH® Worldwide Signature Publication.
22. Department of Health and Human Services, Center for Disease Control & Prevention, The National Institute of Occupational Health and Safety. NIOSH Fact Sheet: EMFs in the Workplace," Publication No. 96-129.<<http://www.cdc.gov/niosh/emf2.html>>
23. תקנות בטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז – 1997.
24. Ferry and Ginter: Welding Journal p. 396, Volume 32, 1953.
25. פרויקט מיפוי סיכונים גהותיים פוטנציאליים בתעשייה 2000 – 1994, דו"ח מסכמ. המכון הארצי לבריאות תעסוקתית וסביבתית, רעננה 2004.
26. המעבדה הארצית לגהות תעסוקתית, אגף פיקוח על העבודה, משרד התמ"ת, מאגר בדיקות סביבתיות. החומר לא פורסם.
27. CCOHS - Canadian Center for Occupational Health and Safety. OSH Answers, Safety Hazards, Welding, Ventilation. <[http://www.ccohs.ca/oshanswers/safety\\_haz/welding/ventilation.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/welding/ventilation.html)>
28. תקן ישראלי 637: גלילים לגזים: שסתומים, מכון התקנים הישראלי, <http://www.sii.org.il/standard.nsf/Standards/1006370000?OpenDocument> .1981
29. CCOHS - Canadian Center for Occupational Health and Safety. OSH Answers, Safety Hazards, Welding, Ergonomics. [http://www.ccohs.ca/oshanswers/safety\\_haz/welding/ergonomics.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/welding/ergonomics.html)<
30. תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), התשנ"ט – 1999.
31. פקודת הבטיחות בעבודה (נוסח חדש), תש"ל- 1970.
32. חוק למניעת העישון במקומות ציבוריים והחשיפה לעישון, תשמ"ג-1983
33. תקנות הבטיחות בעבודה (עגורנאים מפעילי מכונות הרמה אחרות ואתרים), התשנ"ג – 1992.