



## תהליך ריתוך – אלקטרודה מצופה (409) Shielded Metal Arc

### Welding

מעודכן: פברואר 2016

### תוכן עניינים

2	הגדרה
2	משימות עיקריות בתהליך ריתוך אלקטרודה מצופה
2	א. הכנת עמדת עבודה
2	ב. הכנת חלקים (עובדים) לריתוך
2	ג. תיאור תהליך ריתוך באלקטרודה מצופה
3	סוגים עיקריים של מתכות בהן נעשה ריתוך
4	סוגים עיקריים של אלקטרודות מצופות
4	סוגים עיקריים של ציפויים לאלקטרודות
6	עבודות גימור
6	א. הסרת סיגים
6	ב. בדיקות טיב התפר
6	ג. שינוע חלקים
6	גורמי סיכון עיקריים במשימה ריתוך באלקטרודה מצופה
6	סיכונים בטיחותיים
6	פיזור סיגים (שלקה)
7	סיכוני פגיעה מחשמל
8	סיכוני אש
9	מגע עם עצמים חמים
10	סיכונים גהותיים
10	גורמי סיכון פיסיקליים
10	קרינה
11	שדות חשמליים ומגנטיים
11	חשיפה לרעש מזיק
12	עומס חום
12	חשיפה לחומרים כימיים (נדפים וגזים)
14	גורמי סיכון פיזיולוגיים (היבטים ארגונומיים)
17	מניעת מפגעים (נוהג טוב)

## הגדרה

ריתוך באלקטרודה מצופה - ריתוך באמצעות אלקטרודות המצופות בחומרים המונעים פגיעה באיכות הריתוך בדרך כלל על ידי הגנה על נקודת הריתוך ממגע עם האוויר<sup>[1]</sup>.

## משימות עיקריות בתהליך ריתוך אלקטרודה מצופה

### 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 קיומם 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 (עוֹבְדִים) לריתוך

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

### ג. תיאור תהליך ריתוך באלקטרודה מצופה

בשיטת ריתוך זאת קשת חשמלית נעה בין אלקטרודה והחומר המתכתי המעובד (עוֹבְד). הרתך מצית את הקשת החשמלית על ידי נגיעה בעוֹבְד בקצה האלקטרודה. הקשת החשמלית גורמת להתכת העוֹבְד וקצה האלקטרודה. המתכת המותכת של החומר המעובד והאלקטרודה יוצרים מעין תערובת מתכות (גומת היתוך). עם העברת האלקטרודה לאורך קו החיבור ניתך החומר לאורך הקו, ותוך כדי התקררות וחזרה למצב מוצק נוצר חיבור (תפר) בין החלקים. [לסרטון הדגמה והסבר לחץ פה](#).

עם שרפת חומרי הציפוי של האלקטרודה נוצרת אווירת מגן סביב נקודת הריתוך. תוך כדי התקררות של גומת הריתוך נוצרים סיגים על התפר המורכבים מחומרי הריתוך ואי-ניקיונות.

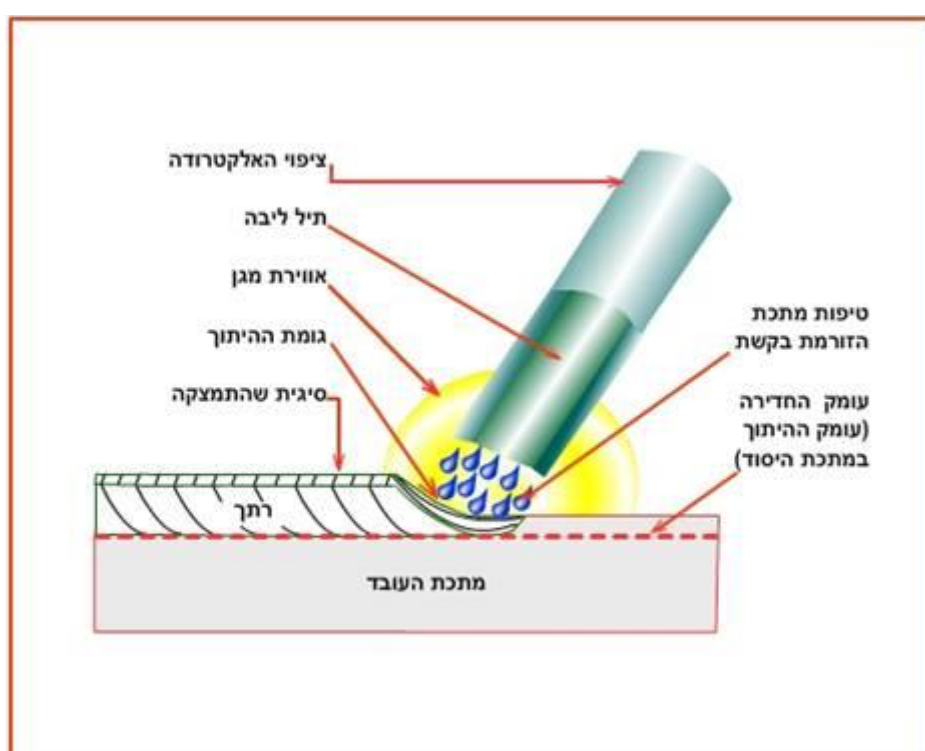
האנרגיה החשמלית מסופקת מרתכת, שהיא ספק זרם חשמלי. מתח המעגל הפתוח הוא 70 וולט (ולעתים הוא מגיע ל-100 וולט) ומתח העבודה נע בתחום שבין כ-15 וולט לכ-40 וולט. זרמי הריתוך נעים בין כ-20 אמפר לכ-600 אמפר.

כבל הידית, מחזיק האלקטרודה, כבל העוֹבֵד והצבתית לחיבור אל העוֹבֵד משלימים את המעגל החשמלי [2].

תהליך הריתוך מבוצע תוך כדי הפעלת זרם ישר או זרם חילופין. הבחירה לשימוש בזרם ישר או בזרם חילופין תלויה בסוג וצורה של החומר המרותך.

בכדי לאפשר ביצוע בדיקות ויזואליות של טיב התפר ועבודות גימור (שיוף או ליטוש) לאזור התפר מבצע הרתך הסרת סיגים. הסיגים מוצאים בעזרת טוחן ידני או ע"י הפעלת לחץ מכני

[3].



איור מס' 1: סכימת הריתוך באלקטרודה מצופה (Burgess, 1995, המקור - Hobart Brothers, Inc).

## סוגים עיקריים של מתכות בהן נעשה ריתוך

ריתוכים נעשים במתכות שונות לדוגמה פלדה רגילה, פלדת אל-חלד, פלדה מגלוונת ומתכות אל-ברזיליות כדוגמת אלומיניום.

בהתאם לסוגן, הפלדות עשויות להכיל מתכות שונות, לדוגמא: פלדת אל חלד/נירוסטה בנוסף לברזל ומנגן, מכילה ניקל וכרום מתכתי, שיעור כרום בנירוסטה יכול להגיע עד 35%. מתכות מגולוונות מכילות אבץ שמקורו בתהליך הגליון.

## סוגים עיקריים של אלקטרודות מצופות

ההרכב הכימי של המתכות/הסגסוגות שמהן בנויות האלקטרודות בדרך כלל דומה להרכב המתכות שהאלקטרודות מיועדות לרתך.

American Welding Society החברה האמריקאית לריתוך מסווגת אלקטרודות המצופות לסוגים שונים בהתאם לשימוש אשר נעשה מהן [4]. לדוגמא:

- א. אלקטרודת פלדת פחמן (Carbon steel electrode).
- ב. האלקטרודה מכילה פלדת פחמן כחומר בסיסי עם תוספות של מתכות כמו ניקל וכרום בהתאם לסוג האלקטרודה. שימוש עיקרי: חיבור של פלדת פחמן.
- ג. אלקטרודה אלומיניום (Aluminum and aluminum alloy). המרכיב הבסיסי של האלקטרודה הוא אלומיניום וסגסוגותיו.
- ד. אלקטרודת פלדת אל חלד (Stainless steel electrode). מכילה כרום 16%, ניקל 8%, מוליבדן 1-2%.
- ה. אלקטרודת ניקל וסגסוגת ניקל (Nickel and Nickel alloy electrode). המרכיב העיקרי של האלקטרודה הוא ניקל וסגסוגותיו. שימוש: בחיבור ניקל לפלדה ומשטח פלדה (Surfacing steel) לניקל.

## סוגים עיקריים של ציפויים לאלקטרודות

הסוגים של ציפויי האלקטרודות העיקריים הם:

- א. אלקטרודה המכילה ציפוי מסוג Rutile: המרכיבים העיקריים לחומרי ציפוי הם טיטניום דיאוקסיד, קלציום קרבונאט ומעט תאית. שימוש באלקטרודה מסוג זה הוא הנפוץ ביותר. אלקטרודה מסוג זה מקנה יציבות בקשת החשמלית ומפחיתה את תופעת ההתזה (Spatter).
- ב. אלקטרודה בסיסית המכילה ריכוז גבוה של קלציום קרבונאט או פלואוריד כחומר ציפוי. אלקטרודה זאת הנה בעלת חומר שטף עמיד בפני לחות, בעלת כושר התזה נמוך ובעלת כושר הסתערות (striking) טוב של הקשת החשמלית. שימושית בריתוך פלדות פחמן ופלדות דלות סגסוגת. מקנה תכונות מכניות טובות כך שקיים סיכון נמוך בהופעת סדקים בקו התפר.

ג. אלקטרודה המצופה בתאית (cellulose) ומכילה טיטניום דיאוקסיד (TiO<sub>2</sub>), חול ומגנזיום סיליקאט. אלקטרודה מסוג זה הנה בעלת כושר חדירה גבוה. היתרון שבאלקטרודה זו הוא ביצירת שכבת סיגים דקה באזור הֶרְתֵךְ. שימושית בעיקר בריתוך במהירות גבוהה של צנרת.

ד. אלקטרודה המצופה באבקת ברזל כמרכיב עיקרי. מאפשרת יצירת אזורי ריתוך בעלי כושר חדירה גבוה. שימושית בעיקר בפלדות סטרוקטורליות בתנוחות שטחית או אופקית-אנכית. מקנה תכונות הצתת הקשת החשמלית טובות.

ה. אלקטרודה המכילה סגסוגות שונות נטולות ברזל ומשטחיות (Surfacing). שימושית בתהליכים מסוימים כמו בבניית משטחים מסוג "worn surfaces" המקנים גימור עמיד בפני בלאי. דוגמא: אלקטרודת אלומיניום המכילה 5% סיליקון בחומר הציפוי מקנה נזילות גבוהה למתכת בטמפרטורת הריתוך [5].

ו. אלקטרודות המכילות ניקל כחומר ציפוי לריתוך ברזל יציקה.

כפי שצוין באתר של חברת [Zika Israel](http://Zika Israel), כיום ציפוי לאלקטרודה עלול להכיל 20-30 תרכובות אורגניות ואי-אורגניות. חומר החיבור המחזיק את החומר המסולק על פני האלקטרודות הוא "זכוכית נוזלית" (מורכבת בעיקר מסיליקה אמורפית). התפקיד המרכזי של ציפוי האלקטרודה הוא לשחרר גז. הגז המשתחרר מציפוי האלקטרודה מכונה גז מגן כמו פחמן דו חמצני אשר תפקידו להבטיח שהאוויר לא נכנס לקשת הערבוב ובכך נמנע פגם ברתך. הקרבונאטים שבציפוי האלקטרודה מפורקים ע"י חום בקשת כדי ליצור פחמן דו חמצני.

בנוסף לכך, ציפוי האלקטרודה מייצב את הקשת החשמלית, דואג לאספקת חומר ריתוך וליצירת סיגים כדי להסיר חמצן מן הרתך, מוסיף סגסוגת מתכתית ושולט בצמיגות המתכת.

קיים ציפוי לאלקטרודה מסוג בסיסי כפול המורכב מטבעות ציפוי חיצוני ופנימי בחתך של הציפוי כאשר היסודות קשי יינן (כגון תרכובות פלואור, פלואורספאר) נמצאים בטבעת החיצונית. כאשר הקשת ניצתת בין קצה האלקטרודה לעוֹבֵד, הציפוי הפנימי המכיל את החומרים תומכי הקשת מונע את השפעת החומרים מעכבי הקשת הנמצאים בטבעת החיצונית של הציפוי [6].

**א. 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.

**ב. בדיקות 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.

**ג. שינוע חלקים**

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

**גורמי סיכון עיקריים במשימה ריתוך באלקטרודה מצופה****סיכונים בטיחותיים****פיזור סיגים (שלקה)****זיהוי:**

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

**בקרה:**

לצורך מניעת פגיעה עקב התעופפות סיגים מומלץ:

- א. ביצוע 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 זכויות מגן שקופה. הרמת החלון הכהה תאפשר ראייה דרך החלון השקוף ותמנע פגיעה מחתיכות סיגים.

ב. יש לעשות שימוש בביגוד בעל שרוולים ארוכים, סינר עור, כפפות רתכים, מסכת ריתוך לכל הפנים וקובע מגן [7]. הביגוד יהיה מסוג כזה שיוריד למינימום את פוטנציאל ההצתה, הבעירה, לכידת גיצים והתחשמלות.

ג. 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. גצים 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 כניסה גיצים לתוך הנעליים.

ד. להגנת העובדים הנמצאים בקרבת עמדת הריתוך, מומלץ להשתמש במסכי הפרדה ניידים או קבועים לשם בידוד אזור הריתוך משאר אזורי העבודה [8].

## 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.

### בקרה:

לצורך מניעת פגיעה עקב התחשמלות: בכל שיטות הריתוך אשר בהן יש שימוש בחשמל יש להשתמש בציוד חשמלי תקני, תקין ובדוק, בהתאם לחוק החשמל ובשיטות עבודה בטוחות לפי תקנות הבטיחות בעבודות חשמל, למשל:

א. במידה שניתן, יש לבחור את שיטת השימוש 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.

ב. 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 ניחות ועד 36 וולט למערכות ניידות) [9].

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

## 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 שימוש בחומרים דליקים. חלקיקים חמים עלולים להגיע לחומרים הדליקים ולגרום לפרוץ שריפה.

### בקרה:

א. 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 יכלול התייחסות לאמצעי זהירות ומגן שיש לנקוט לפני התהליך.

ב. דוגמא לנוהל עבודות חמות ניתן למצוא בתקן ישראלי 4348 - מניעת שריפות בעת ריתוך, חיתוך ועבודות אחרות בחום (דצמבר 2004) ובתקן אמריקאי NFPA 51B [10].

ג. לדוגמא: ניקוי מכלים/צנרות המכילות 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.

ד. בנוסף יש צורך בהצבת צופי אש לזיהוי מיקום נפילת הגיצים. במידה והוחלט שלא להעמיד צופה אש, יש צורך בבדיקה סופית לאחר ביצוע הריתוך על ידי 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.



ה. יש להקפיד 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 על ידי כיסוייה בחומר שימנע את הידלקותה כגון חול לח, - או לוח מתכת. במקרה כזה, חייבים למנוע סיכוני התחשמלות.

ו. כל הפתחים ברצפה ובקירות ברדיוס של 11 מטר ממקום הריתוך, שעלולים לחשוף אזורים סמוכים (שמכילים חומרים דליקים) על ידי מעבר הגיצים דרכם, צריכים להיות מכוסים, על מנת למנוע מגיצים להגיע לאזורים אחרים בעלי פוטנציאל דליקות.

ז. יש לפנות חומרים דליקים הסמוכים לצד השני של הקיר, לוח מתכת, תקרה או גגות, שבמגע עם צנרת, יש סיכון של הצתתם על ידי מעבר חום. כמו כן יש לדאוג לניקוי מכלים/צנרות המכילים חומרים דליקים.

ח. אמצעי כיבוי אש חייבים להיות ממוקמים בסמוך לאזור הריתוך.

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

## מגע עם עצמים חמים

### זיהוי:

הרתך עלול להיפגע בכוויות כתוצאה ממגע עם מתכת חמה.

### בקרה:

א. חובה להשתמש בביגוד בעל שרוולים ארוכים, מכנסיים ארוכים, סינר עור, כפפות רתכים, מסכת ריתוך לכל הפנים וקובע מגן. הביגוד יהיה מסוג כזה שיוריד למינימום את פוטנציאל ההצתה, הבעירה, לכידת גיצים והתחשמלות (תקן ישראלי 4141 חלק 12- ציוד מגן אישי לעיניים: ציוד להגנת העיניים והפנים בעת ריתוך ותהליכים נלווים, 2004).

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.

**קרינה****זיהוי:**

מבטים של הרתך לאזור הריתוך בזמן פעולת הריתוך עלול לגרום לנזק לראייה עקב חשיפה לקרינה בתחום הנראה (Visible), האינפרא-אדום (IR) והאולטרא-סגול (UV) [11].

**הערכה:**

המקור העיקרי לקרינה על-סגולה (Ultraviolet radiation (UV)) בתהליך ריתוך – אלקטרודה מצופה הנה בקשת החשמלית.

המקורות לקרינה תת-אדומה – Infrared Radiation (IR) בתהליך הזה הנו בחלקי מתכת חמה.

עבור ריתוך באלקטרודה מצופה נמצא ערך חשיפה לקרינה על-סגולה (UV) 0.11 mW/cm<sup>2</sup> בשימוש בפלדה [12].

**בקרה:**

א. בעת ביצוע עבודות ריתוך חובה להשתמש באמצעי מיגון אישיים - במסכת רתכים או משקפי מגן עם הגנה צדדית כולל זכוכיות מגן על פי תקן ישראלי 00-00-12830, ציוד להגנת העיניים, הפנים והצוואר מפני קרינה, הנוצרת בעת ריתוך ופעולות דומות. השימוש במשקפיים או במסכה מיוחדת מיועד למבצע הריתוך וכן לעובדים הנמצאים בקרבת מקום.

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

- בשימוש באלקטרודות בעלות קטרים של (inches: 1/16, 3/32, 1/8, 5/32 יש להשתמש בזכוכית מס' 10;

- בשימוש באלקטרודות בעלות קטרים של (inches: 3/16, 7/32, 1/4 יש להשתמש בזכוכית מס' 12 [13].

ג. למניעת פגיעה בעובדים ובעוברי אורח בסמוך לעמדות הריתוך, מומלץ לבודד את אזור הריתוך על ידי מחיצות קבועות או ניידות העשויות מחומרים בלתי בעירים ובלתי מתלקחים. 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-300Hz בשדות מגנטיים מכונה בשם Extremely Low Frequency (ELF) [14].

### הערכה:

חשיפות תעסוקתיות של ELF בטווח שבין 1-300 Hz לא יכולות לעבור את ערך הגבול העליון המחושב בעזרת המשוואה:

$$BTLV = 60/f$$

כאשר  $f$  זהו התדר הנתון בערכי Hz, BTLV זהו ערך שטף צפיפות מגנטי ביחידות של milliTesla [15].

רמת החשיפה הממוצעת היומית לשדות מגנטיים שאליהם נחשפים רתכים על פי ניטורים 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 [16].

## חשיפה לרעש מזיק

### זיהוי:

רעש היינו כל צליל בלתי רצוי.

הרעש המזיק היינו רעש בעל יכולת לגרום לפגיעה בשמיעה.

לפי תקנות בטיחות בעבודה הרעש שמפלסו המשוקלל על פני הזמן עולה על 85 dB(A) לחשיפה במשך 8 שעות הינו רעש מזיק [17].

### הערכה:

בהתאם לתוצאות בדיקות של מפלס הרעש, שבוצעו במהלך פרויקט מיפוי סיכונים גהותיים בתעשייה 1994-2000 עבור 183 תהליכי ריתוך - אלקטרודה מצופה, נמצאו ערכים בין 65 עד 103 dB(A). ממוצע המפלסים המדודים \*82dB(A) [18].

## בקרה:

- א. יש להקפיד על שימוש בציוד מגן אישי להפחתת החשיפה לרעש (לרבות אוזניות, אטמים) בהתאם לתוצאות ניטור הרעש [19].
- ב. הקפדה על בצוע תהליכים רועשים בסביבה בה נמצא מספר מינימלי של עובדים, אשר אינם נחוצים לצורך ביצוע התהליך (תזמון תהליכים).
- ג. שילוט אזור העבודה כאזור מרעיש.
- ד. בצוע הדרכות לגבי היבטי הסיכונים בחשיפה לרעש.

## עומס חום

### זיהוי:

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

### בקרה:

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

## חשיפה לחומרים כימיים (נדפים וגזים)

### זיהוי:

**נדפים** בריתוך הם תערובת של תחמוצות מתכתיות, סיליקאטים ופלוואורידים. נדפים נוצרים כאשר מתכת מחוממת מעל נקודת הרתיחה שלה והאדים הנוצרים מתעבים ליצירת חלקיקים מוצקים בגודל של 1-5 מיקרון.

הרכב הנדפים תלוי בהרכב העוֹבֵד, האלקטרודה, הציפוי של האלקטרודה וחומרי הריתוך flux. אם מתכת הבסיס עברה ציפוי או צביעה, הנדפים יכולים לכלול גם שאריות מהחומרים שנכללו בצבע או ציפוי.

הנדפים עשויים להכיל תחמוצות ברזל, תחמוצות מנגן, פלוואורידים, תחמוצת סיליקון ותרכובות של טיטניום, ניקל, כרום, מוליבדן, ונדיום, טונגסטן, נחושת, קובלט, עופרת ואבץ.

**גזים** בריתוך אלקטרודה מצופה נפלטים כתוצאה מחימום ציפוי האלקטרודה, פלאקסים, צבעים או ציפויים על גבי המתכות המרותכות. הגזים העיקרים שמשתחררים בתהליך זה הם תחמוצות פחמן, תחמוצות חנקן, פלואורידים ואזון.

#### **הערכה:**

הריכוזים המרביים המותרים לנדפים בריתוך בסביבת העבודה הוגדרו בתקנות הבטיחות בעבודה ובחברת ערכים מרביים מותרים של ACGIH [20].

הנתונים לגבי הימצאות 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 [21].

#### **בקרה :**

א. מכיוון שבריתוך בחלל לא מאוורר קיים סיכון להצטברות רבה של נדפים וגזים, יש לארגן עמדות ריתוך במקום מאוורר היטב.

ב. מומלץ לצייד עמדות ריתוך באוורור מאולץ 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 אגן (flanges) [22].

ד. בעבודות ריתוך אשר מתבצעות בחלל מוקף, יש להצטייד במסכות להגנה נשימתית המחוברות למקור אוויר טרי.

ה. בעמדות ריתוך חובה לבצע ניטור סביבתי על ידי בודקים מוסמכים בהתאם לתדירות הקבועה בחוק (תקנות הבטיחות בעבודה).

ו. במידה ותוצאות הניטור מצביעות על ערכי חשיפה הגבוהים מרמת הפעולה, העובדים החשופים חייבים לעבור בדיקות רפואיות.

ז. על מנת למנוע חשיפת העובדים שלא עוסקים 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.

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.

## **גורמי סיכון פיזיולוגיים (היבטים ארגונומיים)**

### **זיהוי:**

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

### **בקרה:**

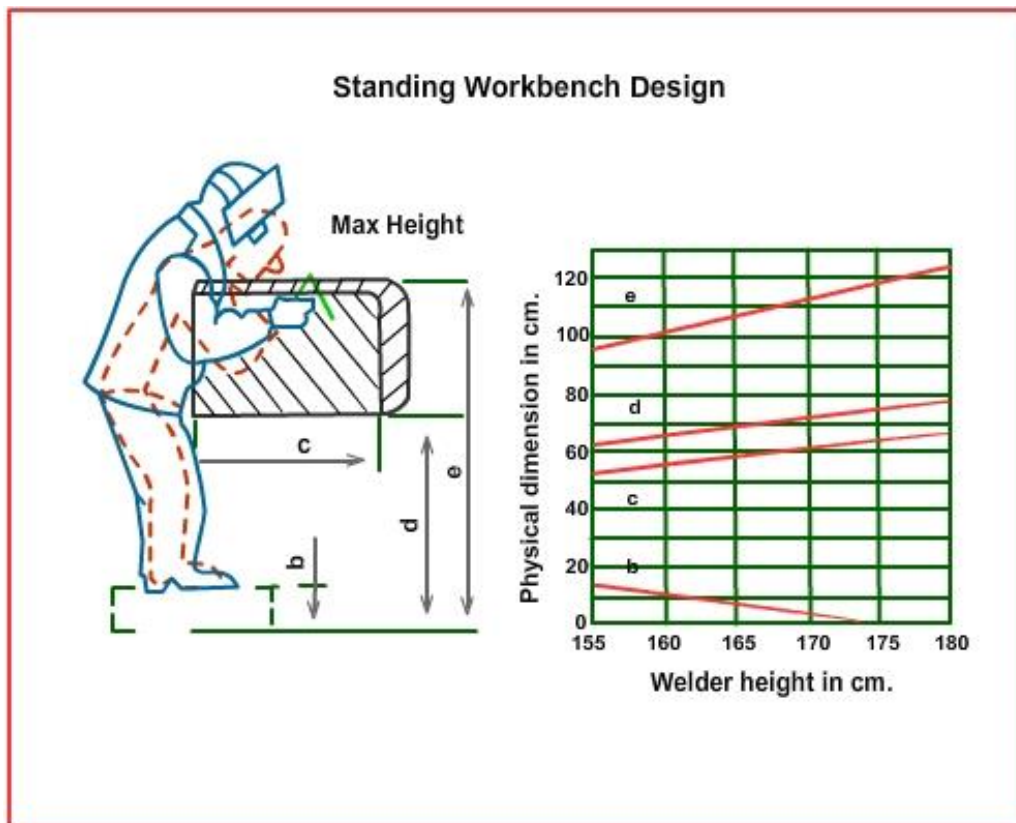
הרמת משאות תבוצע עם ציוד הרמה כגון עגורן. בתהליך הריתוך, על הרתך להקפיד לבצע את עבודתו באחת מן התנוחות עמידה או ישיבה כפי המתואר באיורים הבאים [23].

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

גובה מקסימלי: Maximal height

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

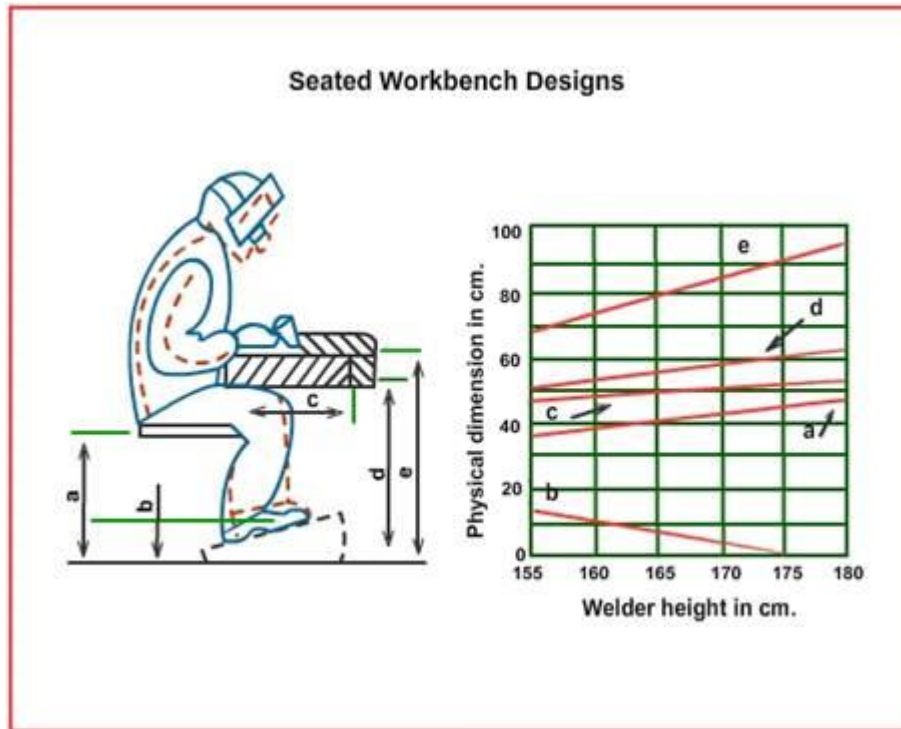
גובה של הרתך (ס"מ): Welder height



איור 2: תנוחה מומלצת לרתך המבצע ריתוך בעמידה. 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 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 2.

## הדגמה של עמדת ריתוך הנעשה על ידי רתך בישיבה



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

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 3: 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 בתהליך ריתוך – אלקטרודה מצופה, 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 ל לבצע הדרכה בנוגע לסיכונים שבריתוך באלקטרודה מצופה, האמצעים להפחתת הסיכונים לרבות אמצעי מיגון אישי, התנהגות בעת אירוע חריג לרבות תאונה וכמעט תאונה [24].

ב. שילוט הסיכונים באזור העבודה, לרבות סיכונים גהותיים ובטיחותיים. שילוט בדבר הצורך בשימוש בצידוד מגן אישי. שילוט בדבר איסור עישון [25,26].

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

ד. תזמון תהליכים – ביצוע 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 ניידות העשויות חומרים בלתי בעירים ובלתי מתלקחים.

ו. שימוש באמצעי הרמת משאות כגון עגורן בהרמת חלקים לצורך ריתוך [27].

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

### **2. סיכוני פגיעה מחשמל**

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

- א. שימוש בחשמל בשיטה 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 וצנרות המכילים חומרים דליקים, הזרמת גז אינרטי להורדת ריכוזי חמצן (בעת הצורך), בדיקה באמצעות גלאים ניידים שלא קיימת אווירה נפיצה באזור המיועד לריתוך, למקם אמצעי כיבוי אש לרבות מטפים, צינורות כיבוי ומזנק.
- ב. עבודה בהתאם לנוהל "בטיחות בעבודות חמות" המבטיח נקיטת אמצעי זהירות והגנה למניעת התלקחות עקב הריתוך.
- ג. הצבת צופה אש לאחר ביצוע הריתוך לזיהוי מיקום נפילת הגיצים. במידה והוחלט שלא להעמיד צופה אש, יש צורך בבדיקה סופית לאחר ביצוע הריתוך.

### **4. מגע עם עצמים חמים**

שימוש בביגוד בעל שרוולים ארוכים, מכנסיים ארוכים, סינר עור, כפפות רתכים, מסכת ריתוך לכל הפנים, קובע מגן ונעלי עבודה עמידים בפני גצים.

### **5. קרינות**

בעת ביצוע עבודות ריתוך השימוש באמצעי מיגון אישיים - במסכת רתכים או משקפי מגן עם הגנה צדדית כולל זכוכיות מגן על פי תקן ישראלי -00-00-01283, ציוד להגנת העיניים, הפנים והצוואר הינו חובה.

### **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 בצידוד מגן אישי להפחתת חשיפה לרעש.

## 7. עומס חום

- א. ביצוע עבודות ריתוך באזורים מאווררים וממוזגים.
- ב. הקפדה על שתייה מרובה על ידי הרחק 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 מציפויים וצבעים, מומלץ כי לפני תחילת ביצוע תהליכי ריתוך, יבוצע ניקוי של המתכות ויוסרו שאריות של ציפויים וצבעים (ראה תהליכים "טיפול שטח- מכני" מספר 244 ו"טיפול שטח כימי" מספר 251).
- ב. מומלץ לצייד עמדות ריתוך באוורור מאולץ מסוג **יניקה מקומית**.
- ג. ביצוע בדיקה תקופתית של יעילות המערכות ליניקה מקומית.
- ד. ביצוע ניטורים סביבתיים לנדפים ועשן כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה.
- ה. ביצוע מעקב רפואי וניטור ביולוגי באמצעות מרפאות תעסוקתיות בהתאם לנדרש בתקנות, לאור הערכת הריכוזים בנטור סביבתי.
- ו. שימוש במסכה להגנה נשימתית בהתאם לתוצאות ניטור סביבתי במידה שהריכוזים המתקבלים גבוהים מרמת הפעולה.
- ז. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם 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, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1995.
4. Filler Metals OnLine™ welding rod, welding electrode, welding wire < <http://www.fnumbers.com> >
5. Materials Engineering Group <<http://www.meg.co.uk/meg/app03.htm>>
6. זיקה אלקטרודות (2004) בע"מ. יתרונות האלקטרודות בעלות הציפוי הכפול מאת: מהנדס ישראל פטרוניוס- זיקה אלקטרודות (2004) בע"מ <<http://www.zika.co.il/default.files/ArticleDoubleCoating.htm>>
7. תקן ישראלי 4141 חלק 12- ציוד מגן אישי לעיניים: ציוד להגנת העיניים והפנים בעת ריתוך ותהליכים גלויים, 2004.
8. תקן ישראלי 5093 – דליקות של וילונות לשימוש מוסדי או ציבורי, 2000.
9. American National Standard Institute; Standard Z49.1:2005 <<http://www.aws.org/technical/facts/Z49.1-2005-all.pdf>>
10. NFPA 51B: Standard for Fire Prevention During Welding, Cutting, and Other Hot Work, 2003. <<http://webstore.ansi.org/ansidocstore/product.asp?sku=51B03PDF>>
11. Canadian Center for Occupational Health and Safety <<[http://www.ccohs.ca/oshanswers/safety\\_haz/welding/eyes.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/welding/eyes.html)>>
12. Ultraviolet Radiation Guide Navy Environmental Health Center Technical Manual NEHC-TM92-5, April 1992. <<<http://www-nehc.med.navy.mil/od/Documents/UVD0C.PDF>>>
13. 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><
14. 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)>
15. 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.
16. 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>>
17. תקנות הבטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים ברעש), התשמ"ד-1984.

---

18. פרויקט מיפוי סיכונים גהותיים פוטנציאליים בתעשייה 2000 – 1994, דו"ח מסכם. המכון הארצי לבריאות תעסוקתית וסביבתית, רעננה 2004. <http://risks.medinformbureau.com/index.html>

19. תקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז-1997.

20. תקנות הבטיחות בעבודה. גהות תעסוקתית ובריאות העובדים במתכות מסימות (התשנ"ג – 1993).

21. המעבדה הארצית לגהות תעסוקתית, אגף פיקוח אל העבודה, משרד התמ"ת, מאגר בדיקות סביבתיות. החומר לא פורסם.

22. 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)>

23. 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)>

24. תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), התשנ"ט – 1999.

25. פקודת הבטיחות בעבודה (נוסח חדש), תש"ל-1970.

26. חוק למניעת העישון במקומות ציבוריים והחשיפה לעישון, תשמ"ג-1983

27. תקנות הבטיחות בעבודה (עגורנאים מפעילי מכונות הרמה אחרות ואתים), התשנ"ג – 1992.