



תהליך ריתוך – קשת טונגסטן (419) Gas Tungsten Arc Welding

מעודכן: פברואר 2016

עניינים תוכן

.....	
2.....	הגדרה
2.....	משימות עיקריות בתהליך ריתוך – קשת טונגסטן
2.....	א. הכנת עמדת עבודה
2.....	ב. הכנת חלקים (עובדים) לריתוך
2.....	ג. תיאור התהליך
4.....	אלקטרודת טונגסטן
4.....	עבודות גימור
4.....	ד. הסרת סיגים
4.....	ה. בדיקות של טיב התפר
4.....	ו. שינוע חלקים
5.....	גורמי סיכון עיקריים במשימה ריתוך קשת טונגסטן
5.....	סיכונים בטיחותיים
5.....	פיזור סיגים (שלקה)
6.....	סיכוני פגיעה מחשמל
7.....	סיכוני אש
8.....	מגע עם עצמים חמים
9.....	סיכונים גהותיים
9.....	סיכונים פסיקלים
9.....	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
21.....	ביבליוגרפיה

ריתוך קשת טונגסטן – הינו ריתוך באמצעות קשת חשמלית הנוצרת בין אלקטרודה טונגסטן (וולפרם) בלתי מתכלה יחד עם גז מגן אדיש. בריתוך משתתפת מתכת (חוט) מילוי נוספת [1].

משימות עיקריות בתהליך ריתוך – קשת טונגסטן

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.

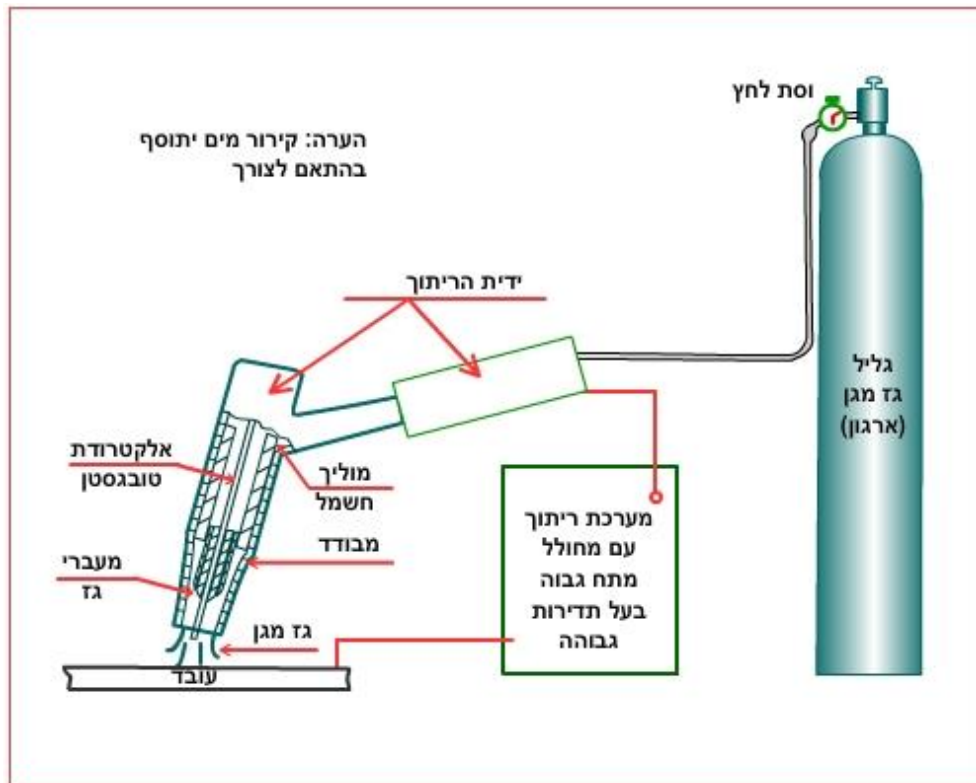
עין בתהליך עזר "שינוע" מספר 444 ותקנות הבטיחות בעבודה הרלוונטיות.

ב. הכנת חלקים (עובדים) לריתוך

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

ג. תיאור התהליך

בריתוך בעזרת קשת טונגסטן מוגנת בגז, קשת חשמלית נוצרת בין אלקטרודת טונגסטן בלתי מתכלה לבין האזור המרותך, תוך שחרור חום הגורם להיתוך של קצוות חלקי המתכת המרותכת. גז מגן, דוגמת ארגון או הליום מוזרם דרך מעבר טבעתי מסביב לאלקטרודה כדי לשמור על אווירה אדישה כפי שמתואר באיור 1. בשיטה זו משתמשים במוט מזין של חומר מילוי המוסף באופן ידני לגומת הריתוך. שיטת ריתוך זו שימושית בריתוך של מתכות אל-ברזליות וסגסוגות כמו פלדת אל חלד, סגסוגות ניקל, נחושת-ניקל, פליז, כסף, נחושת; כמו כן סגסוגות ומתכות בעלות משמעות גהותית תעשייתית [2]. שיטת ריתוך בקשת טונגסטן מומלצת לשימוש למשל, בריתוך אלומיניום באיכות גבוהה [3].



איור 1. סכמת ריתוך בקשת טונגסטן מוגנת בגז (Burgess, 1995), המקור- (Hobart Brothers, Inc).

מאחר שבמרבית עבודות הריתוך אסור מגע בין אלקטרודות הטונגסטן לבין החומר המרותך (מסיבות מטלורגיות), קיים במערכת, התקן מיוחד המספק מתח גבוה (3000 וולט או יותר) בתדירות גבוהה (אלפי הרץ) לשם הצתת הקשת.

כאשר פעולת הריתוך של גז המגן אינה מספקת לקירור ידית הריתוך, מקררים אותה במים המסופקים בדרך כלל מהתקן קירור הבנוי בתוך הרתכת. (במקרים מיוחדים מקררים גם את הכבל הנושא את זרם הריתוך אליה). ריתוכים ידניים בשיטה זו הם האמינים ביותר מבחינת אי-היווצרותם של פגמים.

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

יש להימנע משימוש בזרם חילופין בעת ריתוך עם אלקטרודת טונגסטן המכילה תוריום או לחילופין יש לדאוג לקיום מערכת יעילה לשאיבת הנדפים. זאת משום שהנזק הקיים בשאיפת נדפי תוריום יכול להגיע או לחרוג מערכי הסף המותרים כאשר מרתכים בעזרת זרם חילופין.

אלקטרודת טונגסטן

זיהוי:

תוריום אוקסיד הנו חומר המוסף לאלקטרודות טונגסטן בלתי מתכלות המיועדות לשימוש בריתוך. תוסף זה משפר את יכולת הצתת הקשת החשמלית, את יציבות הקשת ומקנה אורך חיים גדול יותר לאלקטרודה.

עבודות גימור

ד. הסרת סיגים

עם סיום ביצוע הריתוך יש לדאוג להסרת 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 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, יעשה תוך שימוש בציוד 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.

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 זכוכית מגן שקופה. הרמת החלון הכהה תאפשר ראייה דרך החלון השקוף ותמנע פגיעה מחתיכות סיגים.
- ב. שימוש חובה בביגוד בעל שרוולים ארוכים, סינר עור, כפפות רתכים, מסכת ריתוך לכל הפנים וקובע מגן [5]. 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 פוגעים 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 חפתים. על המכנסיים לכסות על הנעליים, למניעת כניסה של גיצים לתוך הנעליים.

ג. שימוש במסכי הפרדה ניידים או קבועים לבידוד אזור הריתוך משאר אזורי העבודה להגנת עובדים הנמצאים בקרוב לעמדת הריתוך [6].

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) [7].

ג. מעגל הריתוך יהיה מוארק. הרתכת תהיה מוארקת.

ד. מערכת הריתוך תיבדק תקופתית על ידי חשמלאי מוסמך. הבדיקות תתועדנה ותשמרנה.

ה. הסיכונים אמנם קיימים כולל אלה הקשורים בנזילות של נוזל קירור מצידוד הריתוך (במקרה שקיימת מערכת קירור) והעלולות לגרום לקצר בין המעגל הראשוני למעגל המשני ולהביא בכך את המתחים הגבוהים אל הרתך. כמו

כן יש להקפיד שידית הריתוך תקינה ובידודה אינו פגום. ביחס למי קירור המסופקים בדרך כלל מהתקן קירור שברתכת, רצוי מאד שמים אלה יהיו מזוקקים כדי למנוע הולכת זרם חשמלי על ידי יונים המצויים במים לא מזוקקים ובסופו של דבר כדי שלא יהיו תחת מתח בעת תקלה או נזילה.

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 יכול 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 וב- NFPA 51B [9,8].
- ג. לדוגמא: הרחקת חומרים דליקים מהאזור, 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 גילי גז מהאזור וכיוצא בזה.
- ד. בנוסף יש צורך בהצבת צופי אש לזיהוי מיקום נפילת הגצים. 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. 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 על ידי כסויה בחומר שימנע את דליקותה כגון חול לח, או לוח מתכת. במקרה כזה, חייבים למנוע סיכוני התחשמלות (NFPA 51B).

- א. כסוי כל הפתחים ברצפה ובקירות ברדיוס של 11 מטר ממקום הריתוך, העלולים לחשוף אזורים סמוכים (שמכילים חומרים דליקים) על ידי מעבר הגיצים דרכם, על מנת למנוע מגיצים להגיע לאזורים אחרים בעל פוטנציאל דליקות.
- ב. פינוי חומרים דליקים הסמוכים לצד השני של קיר, לוח מתכת, תקרה או גגות, או שבמגע עם צנרת, יש סיכון של הצתתם על ידי מעבר חום.
- ג. מיקום אמצעי כיבוי אש חייבים בסמוך לאזור הריתוך.
- ד. ביצוע פעולות הריתוך צריכות תוך כדי לבישת כפפות עמידות אש. הכפפות צריכות להיות יבשות, ומבודדות, למניעת סכנת התחשמלות.

מגע עם עצמים חמים

זיהוי:

הרתך עלול להיפגע מכוויות 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 בהתאם לתקן ישראלי 4141 חלק 12.
- ב. שילוט בשלט אזהרה במידה ויש סיכון שעובדים אחרים יבואו במגע עם החלקים החמים.
- ג. הפרדת אזור הריתוך משאר אזורי העבודה, על מנת למנוע לבטח מגע של עובדים לא מורשים בחלקי ריתוך חמים.

קרינה**זיהוי:**

כיון שתוריום הנה מתכת רדיואקטיבית במידה מזערית, יש לנהוג בזהירות במהלך שימוש באלקטרודת טונגסטן.

מבט לאזור הריתוך בזמן פעולת הריתוך עלול לגרום לנזק לראייה עקב חשיפה לקרינה בתחום הנראה (Visible), האינפרא-אדום (IR) והאולטרא-סגול (UV).

המקור העיקרי לקרינה על-סגולה (Ultra Violet radiation (UV)) בתהליך ריתוך – קשת טונגסטן הנה בקשת החשמלית.

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

בתחום האור הנראה הפליטה הנה של אור כחול (Blue light) אשר בחשיפה ממושכת פוגע באופן פוטוכימי בקרנית העין [10].

הטכניקה של שימוש בגז אדיש מגדילה את עוצמת הקרינה האלקטרומגנטית הנפלטת כתוצאה מיצירת קשת חשמלית בסדר גודל אחד לעומת זו הנפלטת בריתוך – אלקטרודה מצופה.

קרינת UV הנפלטת מן הקשת החשמלית הנה מאד חזקה ויכולה לגרום לשחרור גז אוזון עקב פעולתה של קרינת UV עם חמצן אטמוספרי [11].

הערכה:

א. מומלץ להשתמש באלקטרודות טונגסטן נטולות תוריום (באם קיימת אפשרות כזו). קיימות חלופות כמו שימוש באלקטרודות טונגסטן המכילות זירקוניום (Zr), לנטנום (La) וציריום (Ce). השימוש באלקטרודת טונגסטן המכילה 2% תוריום עדיף מאשר זו המכילה 4% תוריום [12].

ב. בריתוך של סגסוגות אלומיניום נמדדו ערכי קרינה אולטרה סגולה $7.2\text{-}\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ובריתוך של פלדה נמדד ערך קרינה של $0,1\text{ mW}/\text{cm}^2$ [13].

הסוכנות לענייני גהות סביבתית של הצבא האמריקני U.S. Army Environmental Hygiene Agency פיתחה אינדקס למדידת סיכונים הנובעים מן הקשת החשמלית שבריתוכים שונים המכונה Welding Hazard Index. בבדיקות עבור ריתוכים בקשת טונגסטן תוך שימוש בחלקי מתכות שונות ובגזי מגן שונים נמדדו זמני חשיפה מקסימליים לקרינה אולטרה סגולה (tmax UV) ול- Blue light (tmax Blue light) הנתונים בשניות כפי שמופיעים בטבלה 1 [NFPA 51B]:

זמן חשיפה מקסימלי ל- Blue light (שניות)	זמן חשיפה מקסימלי ל- UV (שניות)	מתכת הבסיס	זרם (אמפר)
120	50	פלדה רכה	100
18	30	פלדה רכה	250
60	700	פלדה רכה	100
12	110	פלדה רכה	250
110	4000	אלומיניום	50
33	1000	אלומיניום	100

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 1283-00-00-0 [14], השימוש במשקפיים או במסכה מיוחדת מיועד לרתך וכן לעובדים הנמצאים בקרבת מקום.
- ב. מספר הכהות של העדשות/זכוכיות המגנות על העיניים נקבע על פי דרגת ההיחלשות הנראית לעין [15]. מספר הכהות מציין את כמות האור הניתנת למעבר דרך העדשות כך שכלל שהמספר נמוך יותר, כך העדשה מסננת פחות אור הנפלט מן הקרינות השונות [16]. 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 [17].
- ג. 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 [18].

ד. 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.

ה. אחסון אלקטרודות טונגסטן המכילות תוריום יעשה תוך הגנה בפני קרינה מייננת.

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 מופעל ציוד חשמלי. שדות בעלי תדירות נמוכה מ- 300 Hz המכונה (ELF) Extremely Low Frequency. חשיפות תעסוקתיות של ELF בטווח שבין 1-300 Hz לא יכולות לעבור את הערך הגבול העליון המחושב בעזרת המשוואה:

$$BTLV = 60/f$$

כאשר f זהו התדר הנתון בערכי Hz, BTLV זהו ערך שטף צפיפות מגנטי ביחידות של milliTesla [19].

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) [20].

חשיפה לרעש מזיק

זיהוי:

רעש היינו כל צליל בלתי רצוי.

הרעש המזיק היינו רעש בעל יכולת לגרום לפגיעה בשמיעה.

לפי תקנות בטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים ברעש), התשמ"ד-1984, הרעש שמפלוסו 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 7 תהליכי ריתוך – קשת טונגסטן, נמצאו ערכים בין 80 עד 91 A(dB) ממוצע המפלסים המדודים 84dBA [פרויקט מיפוי סיכונים גהותיים פוטנציאלים בתעשייה 1994 – 2000, דו"ח מסכם. המכון הארצי לבריאות תעסוקתית וסביבתית, רעננה 2004].

בקרה:

- א. הקפדה על שימוש בצידוד מגן אישי להפחתת החשיפה לרעש (לרבות אוזניות, אטמים) בהתאם לתוצאות ניטור הרעש [21].
- 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 העוברות התכה וחיבור. עליית טמפרטורה זו במיוחד בתנאי חום ולחות, עלולה להוביל להגברת עומס החום על הרתך.

בקרה:

- א. מומלץ לבצע עבודות ריתוך באזור מאוורר.
- ב. יש להקפיד על שתייה מרובה על ידי הרתך ועובדים 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:

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

גזים בריתוך-קשת טונגסטן נפלטים כתוצאה מחימום צבעים או ציפויים על גבי המתכות המרותכות. הגזים העיקריים שמשחררים בתהליך זה הם תחמוצות חנקן ואוזון.

הערכה:

כיון שהאלקטרודה הנה בלתי מתכלה ולא עובר זרם דרך מקל המילוי, מעט מאד נדפים נוצרים בתהליך זה.

ריכוז הנדפים הנוצרים בריתוך בקשת טונגסטן נמוכים מאשר בריתוך – אלקטרודה מצופה וריתוך בגז מגן. קשת טונגסטן בעלת אנרגיה גבוהה יוצרת ריכוזים גבוהים של חנקן דו חמצני (NO₂) בעמדת הרתך.

השימוש בארגון כגז מגן גורם לשחרור ריכוזים גבוהים יותר של חנקן דו חמצני מאשר בשימוש בהליום.

הריכוזים המרביים המותרים לנדפים בריתוך בסביבת העבודה הוגדרו בתקנות הבטיחות בעבודה בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים במתכות מסוימות), התשנ"ג – 1993 ובחברת ערכים מרביים מותרים של ACGIH.

בקרה :

א. 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 מאווררים ולהקשות בכך על הנשימה. יש לבצע תהליכי 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. בעמדות 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 עובדים 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 מופרדות 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.

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. כמו כן הכבל המחבר את דושת ויסות הזרם, שהיא שלט רחוק שהרתך מפעיל ברגלו מונח לרוב על הארץ, דבר היכול לגרום שאחרים ייתקלו בו וימעדו.

בקרה:

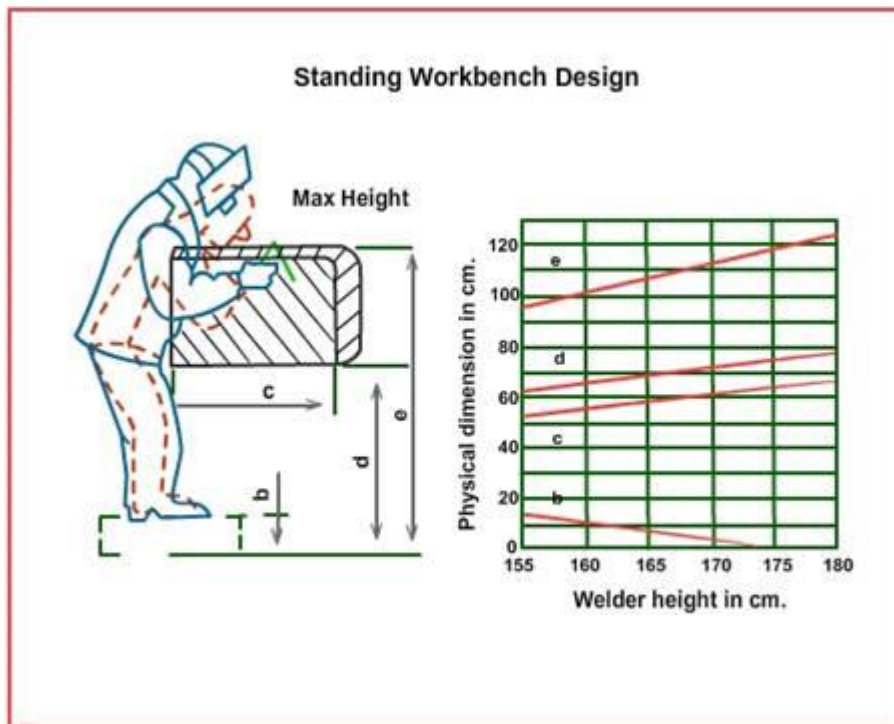
הרמת משאות תבוצע עם ציוד הרמה כגון עגורן בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה (עגורנים מפעילי מכונות הרמה אחרות ואתתים), התשנ"ג – 1992. בתהליך הריתוך, על הרתך להקפיד לבצע את עבודתו באחת מן התנחות עמידה או ישיבה כפי שמפורטים בתרשימים הבאים [23]:

הדגמה של עמדת הריתוך הנעשה על ידי רתך בעמידה

גובה מקסימלי: Maximal height

מימדים פיסיקליים של הציוד (נתונים בס"מ): Physical dimension

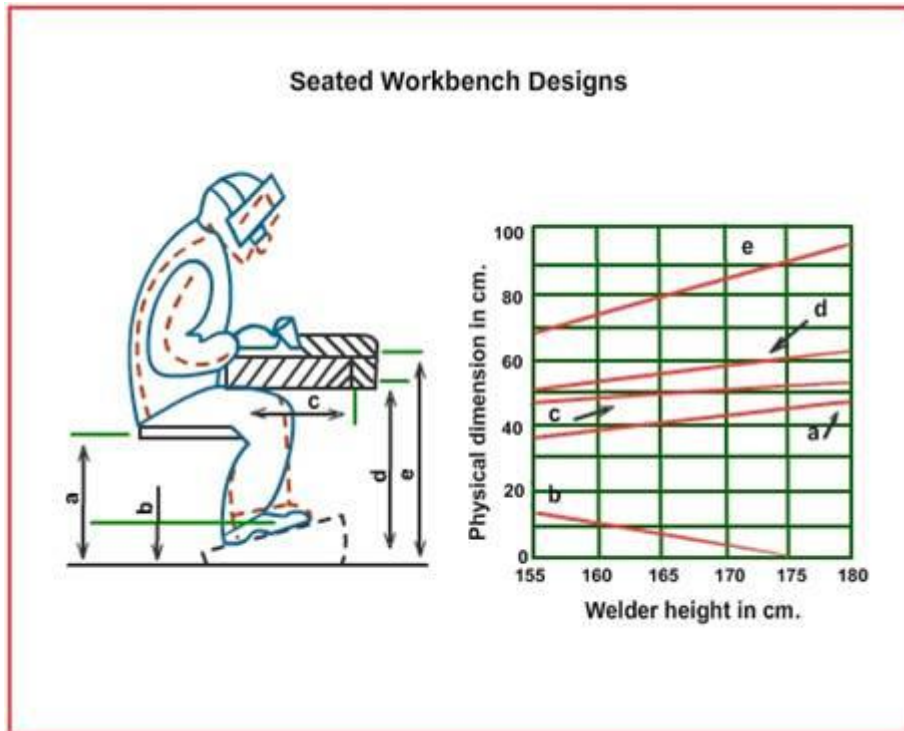
גובה של הרתך (ס"מ): Welder height



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' 3.

הדגמה של עמדת ריתוך הנעשה על ידי רתך בישיבה



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	

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

איור 4: תנוחה מומלצת לרתך המבצע ריתוך בישיבה. Golavatzuk 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.

מומלץ לכופף את קצה המוט הרחוק מהקשת החשמלית כדי למנוע היפגעות מהסובבים את הרתך. כמו כן יש להעביר את הכבל המחבר את דושת ויסות הזרם במסלול כזה שאין מעבר אנשים בו. כמו כן בעת הצורך יש לכסותו בהתאם.

מניעת מפגעים – (נוהג טוב)

ניהול היבטי הבטיחות והגהות בעבודה בתהליך ריתוך – קשת טונגסטן 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).

ניהול פנקס הדרכה לרבות תיעוד מועד ההדרכה, המדריך והחומר הנלמד.

עם כניסתו של עובד חדש או שינוי עמדת העבודה של העובד יש לדאוג לביצוע הדרכה בנוגע לסיכונים בתהליך בו עוסק העובד, אמצעים 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 תאונות 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.

ח. שימוש במים מזוקקים למערכת קירור.

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, מיקום 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 0-00-1283, 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 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, יבוצע ניקוי של 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 ניטורים 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. 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. Burgess, W.A.: Recognition of Health Hazards in Industry, Second Edition, John Wiley & Sons, 1995.
3. The Welding Institute, Job knowledge for welders 6: Tungsten inert gas (TIG or GTA) welding, 2004. < www.twi.co.uk/j32k/protected/band_3/jk6.html >
4. י. שביט: בטיחות בריתוך חשמלי, הוצאת המוסד לבטיחות וגהות, 1996.
5. תקן ישראלי 4141 חלק 12 - ציוד מגן אישי לעיניים: ציוד להגנת העיניים והפנים בעת ריתוך ותהליכים גלויים, מכון התקנים הישראלי, 2004.
<<http://www.sii.org.il/standard.nsf/Standards/1041411200?OpenDocument>>
6. תקן ישראלי 5093 – דליקות של וילונות לשימוש מוסדי או ציבורי, מכון התקנים הישראלי, 2000. >
<<http://www.sii.org.il/standard.nsf/Standards/1050930000?OpenDocument>>
7. Standard Z49.1: Safety in Welding, Cutting and Allied Processes, American National Standard Institute, 2005. <<<http://www.aws.org/technical/facts/Z49.1-005-all.pdf><
8. 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>>
9. 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>>
10. Appendix 6430-T2 Assessment of and Protection from Welding Arc Radiant Hazards <http://www.jlab.org/ehs/manual/EHSbook-503.html>
11. Welders Health and Safety Guides / Canadian Center for Occupational Health and Safety. <<http://www.ccohs.ca/products/publications/pdf/weldersampleguide.pdf>>
12. Welding and Cutting- Risks and Measures. <<http://www.esab.com/esabhtml/pdf/weldinga.pdf>>
13. Ultraviolet Radiation Guide Navy Environmental Health Center Technical Manual NEHC-TM92-5, April 1992. <<http://www-nehc.med.navy.mil/od/Documents/UVD0C.PDF>>
14. תקן ישראלי 1283-00-00-0: ציוד להגנת העיניים, הפנים והצוואר מפני קרינה, הנוצרת בעת ריתוך ופעולות דומות, מכון התקנים הישראלי, 1988.
15. Sliney, D.H.: Light and Infrared Radiation, Encyclopedia of Occupational Work. <<http://www.ilo.org/encyclopedia/?d&nd=857100220&prevDoc=857000271>>
16. 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 >

-
17. Harris, J.: A Look at Auto-Darkening Welding Helmets, Eye Protection, AutoInc Magazine, 2002.
<<http://www.asashop.org/autoinc/jan2002/collision.cfm>>
18. תקן ישראלי 5093 – דליקות של וילונות לשימוש מוסדי או ציבורי, מכון התקנים הישראלי, 2000.
<<http://www.sii.org.il/standard.nsf/Standards/1050930000?OpenDocument>>
19. 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.
20. 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>>
21. תקנות בטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז – 1997.
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>
23. CCOHS - Canadian Cent for Occupational Health and Safety. OSH Answers, Safety Hazards, Welding, Ergonomics .
>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 ואתרים), התשנ"ג – 1992.