

5.2 ריתוך

ריתוך

חיבור רכיבים ממתכת ע"י חימום מקום החיבור עד למצב נוזלי או בצקי ואו וְאו הפעלת לחץ כך שנוצר רצף מתכתי .
לאחר סיום התהליך לא ניתן לראות את פני המדר .
החיבור נעשה בעזרת מתכת מוספת או בלעדיה .

הלחמה

חיבור חלקי מתכת הנעשה תמיד בעזרת חומר מילוי שנקודת ההתכה שלו נמוכה מזו של הרכבים אותם מחברים.
בשיטה זו מתכת היסוד במקום החיבור אינה מגיעה למצב נוזלי או בצקי וניתן לראות את פני המדרים המקוריים

שיטות ריתוך

מוכרות כ 200 שיטות ריתוך אשר העיקריות הן :

ריתוך בקשת – AW – arc welding

ריתוך בחמצן וגזי בעירה - שימוש בגזי בעירה ממשפחת CxHy כבוטן , פרופן ,
אצטילן , גפ"מ .

ריתוך בהתנגדות - ERW "פונקטשווץ"

ריתוך במצב מוצק

ריתוך הבזק – משמש לחיבור חוליות של שרשראות

Explosion Welding - ריתוך בפיצוץ

Electron Beam Welding - ריתוך בקרן אלקטרונים

Laser Beam Welding - ריתוך בקרן לייזר

שיטות הלחמה

בהלחמות מבדילים בין הלחמות רכות להלחמות קשות :

הלחמה רכה - Soldering שימוש בבדיל ועופר עד טמפרטורה של 450 מעלות C

הלחמה קשה - Brazing שימוש נחושת וכסף מעל 45- מעלות C .

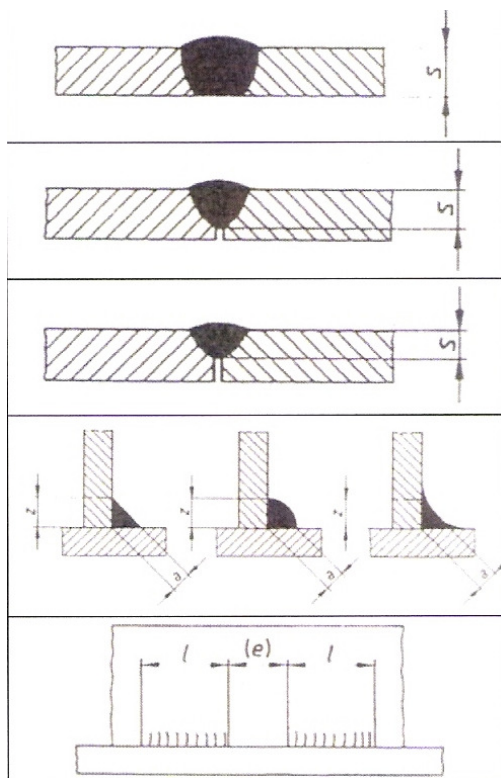
שיטות ריתוך בקשת

קשת יד - SMAW – Shield Metal Arc Welding , ריתוך נפוץ באלקטרודה ידנית.
 קשת מוגנת בגז - GMAW – Gas Metal Arc Welding (MIG)
 קשת מוגנת בגז אינרטי - GTAW – Gas Tungsten Arc Welding (TIG)
 ריתוך בקשת בתיל "לבוב" - FCAW – Flux Cord Arc Welding

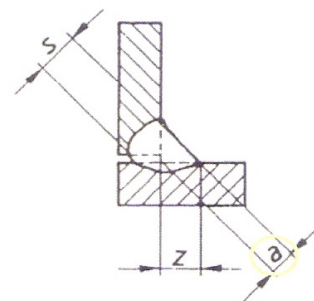
ריתוך ידני ואוטומטי

ריתוך ידני - הרחק Welder מזין ידנית תיל ובמקביל מזיז ידנית את הקשת
ריתוך אוטומטי - המפעיל Operator מפעיל מנוע אחד המזין את התיל ומנוע שני המזיז את הקשת .
ריתוך חצי אוטומטי - התיל מוזן ע"י מנוע והרתך מזיז את הקשת בצורה ידנית.

תכנון וחישובי ריתוכים



תכנון חוזק של ריתוך מתבסס על חוזק גבוה של הנתך ביחס למתכת האם , על מנת להבטיח חיבור עמיד יש לתכנן שטח אפקטיבי של ריתוך אפקטיבי שיעמוד במאמצי המתיחה \ גזירה \ פיתול שמתפתח בין החלקים המחוברים .
 שטח אפקטיבי של ריתוך "מיילט" הוא השטח של קו האמצע של הריתוך .



תקנים ריתוך .

תקן ישראלי 127 " מבחני הסמכה לרתכים " מבוסס על התקן הארופאי EN 287
מפרט , תחומי הסמכה, תנאי בדיקה, דרישות קבלה והתעדה למבחני הסמכה .

תקנים ארופאים

תקן BS EN 288-3/2 - דרישות ממפרטי הריתוך

תקן BS EN 287-1 – הסמכת רתכים

תקן BS – 4872 - הסמכת רתכים (פחות מחמיר) מוכר ע"י תקני BS 5167 - ליצור
לקולטי אוויר ו BS 2971 להקמת צנרת גז בלחץ נמוך מתחת ל 17 בר .

תקן ASME Boiler and Pressure Vessel – IX Welding and Brazing Qualification

תקן ותיק שיצא בפעם ראשונה בשנת 1937 , מכסה את הדרישות להסמכת רתכים ותהליכי
ריתוך ותהליכי הסמכה WPQ בתקני ASME Boiler & Pressure Vessels . ובתקני
הצנרת של ASME Piping Code

תקן ריתוך - AWS D 1.1 American welding Society

תקן של האיגוד האמריקאי לריתוך ומגדיר דרישות לריתוך קונסטרוקציות של מבנים סטטיים
ודינאמיים .

מסמכי ריתוך

מפרטי ריתוך – WPS – Welding Procedure Specification

מסמך כתוב של היצרן שכולל הוראות מפורטות איך יש לבצע את הריתוך .
מפרט ריתוך אחד יכול לכסות תחום עוביים , קטרים , וחומרים (לפי קבוצת ה P- number)
- ראה דוגמה בנספח א .

רשומות הסמכה - PQR - Procedure Qualification Record

דגם מרותך בהתאם למפרט הריתוך , הדגם נבדק תחת פיקוח של Inspection Body ,
לאחר השלמת הריתוך מבצעים לדגם בדיקות ללא הרס (רדיוגרפיה) ובדיקות חוזק מכניות
, אם הבדיקות תקינות מאשרים את מפרט הריתוך , מסמך הבדיקה כולל את הנתונים
המופעים ב WPS תוך ציון ערכים מדויקים שבוצעו (ערכים הנמצאים בתחומי הערכים
שמוגדרים ב WPS)

הסמכת רתכים - WPQ - Welder Performance Qualification

כמעט כל התקנים התקנות והוראות היצרן דורשים שאדם העוסק בריתוך יהיה מוסמך .
ההסמכות ניתנות לפי סוג הריתוך , קבוצת החומר , ומצב הריתוך .
הסמכה "גבוהה" מסמיכה גם את מצבי הריתוך נמוכים יותר .
ההסמכה מבוצעת ע"י בדיקה רדיוגרפית של דגם מרותך
בדר"כ לתעודת ההסמכה יש תוקף מוגבל ונדרש מהרתך המעוניין לשמור על הסמכתו
להימנע הפסקת עבודה לתקופה הגדולה מ 6 חודשים .

הסמכת רתכים

מרבית תקנים היצור והתכנון דורשים הסמכה של רתכים. לא תמיד מוגדר באופן ברור למי יש סמכות להסמיך רתכים (בדדקטיבה הארופאית Third party או Notified Body Organization, בתקן ישראלי 127 : מעבדה "מוכרת" , (אין הגדרה למעבדה מוכרת ובפועל הסמכות לפי ת"י 127 נתינות ע"י כ 20 מפקחי ריתוך מוסמכים , מעבדות הסמכה פנימיות ובמספר מעבדות לבדיקות ללא הרס). עיקר הדרישות בתקנים מתייחסות לצורת הבדיקה וקריטריוני המעבר של הבחינות שמבוצעים לדגמים : כמות הדגמים , בדיקת רדיוגרפיה , בדיקת כפיפה , בדיקת נגיפה , בדיקת מתיחה .

ההסמכה ניתנת לפי :

סוג הריתוך

קבוצת החומר המרותך (קבוצות ה P)

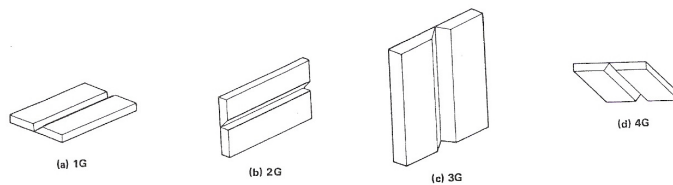
סוג וגודל הדגם : צינורות , לוחות בתחום עוביים בין 1/2 ל 2 פעמים עובי הדגם תנחות הריתוך .

קבוצות חומרים קבוצות ה P

- P-1 פלדות "שחורות" - הקבוצה הנפוצה .
- P-3 פלדות חצי כרומוליות (P1)
- P-4 פלדות כרומוליות (P22)
- P-5B פלדות כרומוליות (P91)
- P-8 פלדות אל-חלד

תנחות ריתוך

ריתוך חריץ בלוח (Groove) :



1G ריתוך כלפי מטה

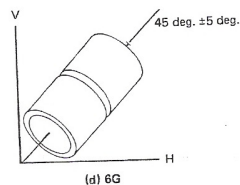
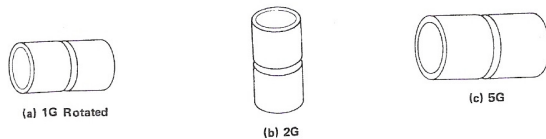
Down Head

2G ריתוך אופקי -

Horizontal

3G ריתוך אנכי - Vertical

4G - מעל לראש - Over Head



ריתוך צנרת

5G צינור אופקי

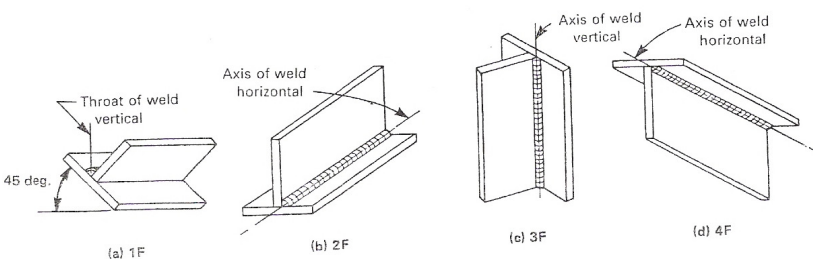
6G - צינור ב 45 מעלות

QW-461.4 GROOVE WELDS IN PIPE – TEST POSITIONS

ריתוך "מיילת" (Fillet)

1F - ריתוך כלפי מטה

2F - ריתוך אופקי



QW-461.5 FILLET WELDS IN PLATE – TEST POSITIONS

אלקטרודות (לריתוך בקשת יד)

בכל האלקטרודות תיל מרכזי לו תכונות דומות או משופרות מאילו של מתכת האם Over Matching . התיל מצופה באחד משלושה סוגי ציפוי :

רוטליות -

צלוליתית - (6010 ו 6013) תאית (צלולזה) נשרפת ויוצרת גז ולחץ בראש האלקטרודה שגורם לסיגים (שלקה) ולחומר להידחף כלפי מאמבט ומתכת האם – נחשבת קלה ונוחה לריתוך גם על חלודה וליכלוך , כגון.

דלות מימן (7018) Basic , low Hydrogen , מימן מזיק לפלדה ויכול לגרום לסדקים לכן על מנת לשפר את הריתוך משתמשים באלקטרודות דלות מימן , קשה לרתך באלקטרודות הללו . על מנת להבטח את הוצאת המימן יש לחמם את האלקטרודה בתנור ל $300 \pm 25 \text{ C}^\circ$ ל 3-6 שעות , חימום שמבטיח הוצאה של מים מהאלקטרודה , לאחר ההוצאה שי להשתמש האלקטרודה בתוך 1-4 שעות . חברת זיקה פתרה חלק מבעיית החימום ע"י הכנסת האלקטרודות דלות המימן לאריזת וואקום (זיקה 4V) . אלקטרודות דלות מימן משפרות עמידות לנגיפה , מקטין מאמצים פנימיים ומאפשר הקטנת טמפרטורת החימום המוקדם .

לפי תקן American welding society AWS מוגדרות אלקטרודות במספר בן 4 ספרות , שתי הספרות הראשונות הינן מאמץ הקריעה של התיל ב KPa , E7018 = אלקטרודה לה חוזק של 70,000 Psi שהן 490 MPa .

UN 6010 Z 610

AWS:	SFA 5.1	E-6010
BS:	639	E-4332 C19
DIN:	1913	E-4332 C4
ISO:	2560	E-432 C19

תקנים

אלקטרודה עם ציפוי צלולזה דק. לריתוך בכל המצבים נולל ניצב כלפי מעלה ומטה ומעל לראש לפלדות פחמניות בעלות חוזק קריעה עד 520 נ/ממ"ר. ריתוך קוי צמורת, דודי לחי, מנגיט, מנגיט אנוית, מיכלי אחסנה מיכלי דלק וצנורות דלק. מצטיינת בריתוכי שרשרת, החפץ אוטום והקרת קורי א. מראה חפר שטוח וזלא פגם. הסרת הפיגים קלה ביותר.

צורה	מגנן	פחמן
	0.50	0.12

תאור ומטלות:

מצבי ריתוך:

הרכב כימי טיפוסי (מתכת הרתך) %

צורה	מגנן	פחמן
	0.50	0.12

סוג הציפוי: צוללחה

סוג הזרם: ישר (+)

חוזק נגיפה שרפי V	התארכות יחסית %	חוזק כניעה נ/ממ"ר	חוזק מתיחה נ/ממ"ר
80J @ 0°C	24	380	480-550

אישורים: LR ABS BV GL (Z-610 UN 6010)

משקל עטיפה (ק"ג)	משקל עטיפה (ק"ג)	משקל 100 מ"מ/ק"ג (בערך)	תחום הזרם (באספר)	אורכים מ"מ	קוטרים מ"מ
15.0	5.0	1.8	60 - 90	350	3/32 2.5
15.0	5.0	2.9	80 - 125	350	1/8 3.25
15.0	5.0	4.3	120 - 180	350	5/32 4.0
15.0	5.0	6.6	160 - 230	350	3/16 5.0
15.0	5.0	9.5	220 - 280	350	1/4 6.0

Z 4

AWS:	SFA 5.1	E-7018
BS:	639	E-5144 B 26
DIN:	1913	E-5144 B 10
ISO:	2560	E-514 B 26

תקנים

אלקטרודה דלת מימן לריתוכים בהם נדרשות תכונות מכוניות או צילומי רטנגן בעלי איכות מעולה. לעבודות בהם לא ניתן לעשות שחרור מאמצים אחרי הריתוך. מתאימה לבניית אנוית, מיכלים ללוחץ, מיכלי דלק, צנרת וקונסטרוקציה כבדה.

צורה	מגנן	פחמן
	1.20	0.10

הרכב כימי טיפוסי (מתכת הרתך) %

סוג הציפוי: בסיסי

סוג הזרם: חילופין ישר (+) 70V -






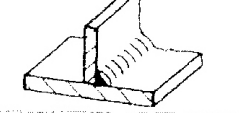
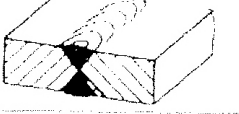


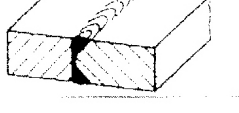

יבוש קדם: 2 ש/300°C

חוזק נגיפה שרפי V	התארכות יחסית %	חוזק כניעה נ/ממ"ר	חוזק מתיחה נ/ממ"ר
100J @ -20°C	25	450	530-590

אישורים: LR ABS BV GL (Z-4)

משקל עטיפה (ק"ג)	משקל עטיפה (ק"ג)	משקל 100 מ"מ/ק"ג (בערך)	תחום הזרם (באספר)	אורכים מ"מ	קוטרים מ"מ
13.5	4.5	2.6	75 - 100	350	3/32 2.5
13.5/18.0	4.5/6.0	3.8/4.9	110 - 140	350/450	1/8 3.25
13.5/18.0	4.5/6.0	5.6/7.2	140 - 190	350/450	5/32 4.0
18.0	6.0	10.5	190 - 240	450	3/16 5.0
18.0	6.0	14.3	230 - 330	450	1/4 6.0

כל הערכים הינם לצורך מידע בלבד.

illustration	Symbole
	
	∇
	∇
	Y
	⤸
	△
	X
	K
	Y
	K
	∇

סוגי וסימני ריתוך

קיימים סימונים מוסכמים לצורות הריתוך השונות כפי שהן מתוארות בשרטוטים. התקנים מוגדרים בתקנים ויש לשים לב להבדלים בין התקנים הארופאיים/ישראליים לתקנים האמריקאים.

תקן : AWS A2.4 Standard :
 Symbols for Welding Brazing and
 Nondestructive Examination - ריכוז
 סימונים מוסכמים בנוספח ב

מדריך ריתוך		עדכון : 0
פרק : מיפרט ריתוך (WPS)		תחולה : 24.02.97
נושא : ריתוך משולב - "טיג" + אלקטרודה מצופה		דף : 1 מתוך 1
מיפרט ריתוך מס' : CTB08-10		תהליך : ידני - ריתוך ארגון
מתברים		
תכן המחבר : השקה (ראה ציור)		
חומר התמך : אין		
מתכת היסוד		
הגדרת חומר : TP347		
מס' פי : 8 ; מס' קבוצה : 1		
תחום עובי דופן : כל העוביים		
מרותך ל : TP347		
מס' פי : 8 ; מס' קבוצה : 1		גז מגן
תחום העובי : כל העוביים		סוג גז המגן : ארגון ; אחוז רכיבים : 100%
מתכת המילוי (שודש "טיג")		קצב זרימה : 8 - 10 ליטר/דקה
סוג : ER 347 ; לפי תקן : AWS A5.9		גז גיבוי : ארגון 100% ; גז מגן נגרר : אין
קוטר תיל חומר מילוי : 2.5 - 3.2 מ"מ ;		אופייניים חשמליים (שודש "טיג")
מס' F : 6 ; מס' A : 8 ;		סוג זרם : ישר (DC) ; קוטביות : ישרה
מתכת המילוי (2) - ריתוך מילוי באלקטרודה		זרם (תחום) : 90 - 150 אמפר [A] - לפי הקוטר
סוג : E347-16 ; לפי תקן : AWS A5.4		מתח (תחום) : 16 - 10 וולט [V]
קוטר האלקטרודה : 2.5 - 4.0 מ"מ		אלקטרודה : 2.4 מ"מ ; סונגסטן + 2% תוריה
מס' F : 5 ; מס' A : 8		אופייניים חשמליים (2)
תנוחה		סוג זרם : ישר (DC) ; קוטביות : ישרה
תנוחת עבודה : G5 + G2		זרם (תחום) : 80 - 150 אמפר [A] - לפי הקוטר
תנוחה של המדר : היקפי - ראה איור		מתח (תחום) : 26 - 20 וולט [V]
אחר : אין		טכניקת ריתוך
חימום מוקדם		(1). אופן תנועה : משיכה בלבד (ריתוך "טיג")
טמפ' החימום : אין		מהירות התקדמות : 100 - 150 מ"מ/דקה
אופן החימום : אין		(2). אופן תנועה : משיכה עם טוויה
טיפול תרמי לאחר הריתוך		ניקוי
תחום טמפ' החימום : אין		שיטת הניקוי : השחזה לפני ריתוך
אופן החימום : אין		ניקוי בין זחלים : הסרה יסודית של השלאקה
הוכן ע"י : נוימן יצחק	חתימה : יצחק נוימן	תאריך : 27.02.97
גבדק ע"י : כאהן משה	חתימה : אשכ כאהן	תאריך : 27.02.97

AMERICAN WELDING SOCIETY



STANDARD WELDING SYMBOLS

Basic Weld Symbols and Their Location Significance	FILLET	PLUG OR SLOT	SPOT OR PROJECTION	SEAM	FLARE OR GROOVE	
					SQUARE	BEVEL
LOCATION SIGNIFICANCE						
ARROW SIDE						
OTHER SIDE						
BOTH SIDES						
NO ARROW SIDE						
OTHER SIDE SIGNIFICANCE						

Supplementary Symbols	WELD ALL AROUND	FIELD WELD	MELT-THRU	FLUSH	CONTOUR	
					CONCAVE	CONCAVE
WELD ALL AROUND						

Location of Elements of a Welding Symbol	FROM SYMBOL	CONTOUR SYMBOL	FLARE OR GROOVE SYMBOL	TYPICAL WELDING SYMBOLS	BACK OR BACING WELD SYMBOL	DOUBLE BEVEL GROOVE WELDING SYMBOL	WELDING SYMBOLS FOR COMBINED WELDS	FLASH OR URSET WELDING SYMBOL	SEAM WELDING SYMBOL	PROJECTION WELDING SYMBOL	FLARE V AND FLARE BEVEL-GROOVE WELDING SYMBOL	SQUARE GROOVE WELDING SYMBOL	SLOT WELDING SYMBOL	SPOT WELDING SYMBOL	FLUSH-CONTOUR SYMBOL	ARROW-SIDE AND OTHER-SIDE MEMBER OF JOINT	CONCAVE CONTOUR SYMBOL

Supplementary Symbols Used with Welding Symbols	WELD-ALL-AROUND SYMBOL	FIELD WELD SYMBOL	FILLET WELD SYMBOL	MELT-THRU SYMBOL	FLARE V AND FLARE BEVEL-GROOVE WELDING SYMBOL	SQUARE GROOVE WELDING SYMBOL	SLOT WELDING SYMBOL	SPOT WELDING SYMBOL	FLUSH-CONTOUR SYMBOL	CONCAVE CONTOUR SYMBOL

Basic Joints—Identification of Arrow Side and Other Side of Joint and	WELDING SYMBOL	ARROW SIDE OF JOINT	OTHER SIDE OF JOINT	WELDING SYMBOL	ARROW SIDE OF JOINT	OTHER SIDE OF JOINT	WELDING SYMBOL	ARROW SIDE OF JOINT	OTHER SIDE OF JOINT

DESIGNATION OF WELDING PROCESSES BY LETTER	WELDING SYMBOL	ARROW SIDE OF JOINT	OTHER SIDE OF JOINT	WELDING SYMBOL	ARROW SIDE OF JOINT	OTHER SIDE OF JOINT	WELDING SYMBOL	ARROW SIDE OF JOINT	OTHER SIDE OF JOINT

FROM AWS STANDARDS A2.068

AMERICAN WELDING SOCIETY

