

INIS DOCUMENT
IL8001812

השפעת זרזית ההשחזה של האלקטרודה כריתוכי טונגסטן-גז-אציל
304L (TIG) אוטומטיים על ההפר כפחי פלבי"ם
ר' מארק, י' שריר, ע' שטרן
אדר תש"ס - מרס 1980

12

INIS input
MF prepared

English title and abstract included

LEGAL NOTICE

This publication is issued by the Nuclear Research Centre - Negev, Israel Atomic Energy Commission. Neither the Nuclear Research Centre - Negev, nor its contractors, nor any person acting on their behalf or on behalf of the Israel Atomic Energy Commission

make any warranty or representation, express or implied, with respect to the accuracy, completeness, or usefulness of the information contained in this publication, or that the use of any information, apparatus, method or process disclosed in this publication will not infringe upon privately owned rights, or

assume any liability with respect to the use of, or for damages resulting from the use of any information, apparatus, method or process disclosed in this publication.

Mention of commercial products, their manufacturers, or their suppliers in this publication does not imply or connote approval or disapproval of the products by the Nuclear Research Centre - Negev or by the Israel Atomic Energy Commission.

הודעה משפטית

פרסום זה מתא לאור על-ידי הקריה למחקר גרעיני—נב, והתעדה לאנרגיה אטומית של ישראל.

הקריה למחקר גרעיני — נב זושפגלים מטעמה או בשמה, או מטעם התעדה לאנרגיה אטומית של ישראל או בשמה

אינם אחראים או ערבים, אחריות או ערבות כלשהי, במפורש או שלא במפורש, לדיוק, לשלמות ולשימוש מותר של המידע הכלול בפרסום זה או לכך שהשימוש בכל מידע, מכשיר, שיטה או תהליך הודון בפרסום זה לא יפגע בזכויות פרטיות של אחרים,

ואינם מקבלים על עצמם כל התחייבות בגין זה שימוש או נזקי השימוש בכל מידע, מכשיר, שיטה או תהליך הודון בפרסום זה.

הציון של מוצרים מסחריים, של יצרנים או של ספקים בפרסום זה אין משמעו אישור המוצרים על-ידי הקריה למחקר גרעיני — נב או על-ידי התעדה לאנרגיה אטומית של ישראל.

This publication and more information about its subject matter may be obtained at the following address:

Scientific and Technical Information Department
Nuclear Research Centre - Negev
P. O. Box 9067
84 110 Beer-Sheva, ISRAEL

ניתן להשיג את הפרסום הזה וכן מידע נוסף בנושא הפרסום על-ידי מניח לכתובת:

יחידת המידע
הקריה למחקר גרעיני — נב (קמ"ט)
9067 ת"ד
באר שבע 84 110

השפעת זווית ההשחזה של האלקטרודה בריתוכי טונגסטן-זג-אציל (TIG) אוטומטיים

על התפר בפחי פלכ"ם 304L

ו' מארק, י' שריר, ע' שטרן

אדר תש"ם - מרס 1980

תקציר

נחקרה השפעת זווית ההשחזה של האלקטרודה, בריתוכי-התכה אוטומטיים בשיטת טונגסטן-זג-אציל (TIG) באופיין dcsp, על עומק החדירה ורוחב התפר בפחי פלכ"ם 304L בעוביים של 1.5 מ"מ ו-8 מ"מ בזרמי ריתוך שונים. נמצא שבפחים דקים מתקבלים תפרים רחבים ועמוקים יותר לאלקטרודות בזוויות השחזות חדות יותר, ואילו בפחים עבים מתקבלים ..צרים צרים ועמוקים יותר לאלקטרודות עגולות (זווית השחזה 180°). מובא הסבר לתוצאות המבוסס על סקר ספרות.

THE EFFECT OF ELECTRODE VERTEX ANGLE ON AUTOMATIC TUNGSTEN-INERT-GAS WELDS
FOR STAINLESS STEEL 304L PLATES

Victor MAAREK, Yitzhak SHARIR, and Adin STERN

March 1980

ABSTRACT

The effect of electrode vertex angle on penetration depth and weld bead width, in automatic tungsten-inert-gas (TIG) dcsp bead-on-plate welding with different currents, has been studied for stainless steel 304L plates 1.5 mm and 8 mm thick. It has been found that for thin plates, wider and deeper welds are obtained when using sharper electrodes, while, for thick plates, narrower and deeper welds are produced when blunt electrodes (vertex angle 180°) are used. An explanation of the results, based on a literature survey, is included.

תוכן הענייניםעמוד

1	מבוא	1
1	סקר ספרות	2
7	תיאור הניסויים	3
8	תוצאות	4
8	ריתוכי פחים דקים בזרמים בינוניים ונמוכים	4.1
10	ריתוכי פחים עבים בזרמים נמוכים	4.2
11	ריתוכי פחים עבים בזרמים גבוהים	4.3
14	מדידת המתח כתלות בזרם הריתוך בזוויות השחזה שונות של האלקטרודה	4.4
15	דיון ומסקנות	5
16	סיכום	6
17	הבעת תורה	
18	סימוכין	

1 מכוא

השליטה על עומק החדירה ורוחב התפר בריתוך היא בעלת חשיבות ניכרת. בריתוכי טונגסטן-זג-אציל (TIG) הפרמטרים המקובלים המשפיעים על צורת התפר הם הזרם, מהירות הריתוך ואורך הקשת.

אולם נמצא שלא די בקביעת פרמטרים אלה בריתוכי TIG אוטומטיים; בריתוכים שונים שכוצעו כאותם תנאי זרם, מהירות ואורך קשת על אותו דגם התקבלו תפרים שונים בצורתם. יתר-על-כן לא ניתן היה לחזור על אותן תוצאות למרות השמירה על אותם תנאי ריתוך.

כבדיקת התופעה הזאת נמצא שקיים פרמטר חשוב נוסף המשפיע על גיאומטריית האמבט, והוא זווית ההשחזה של האלקטרודה.

בעבודה הנוכחית נחקרה השפעת זווית ההשחזה של האלקטרודה על עומק החדירה ורוחב האמבט בריתוכי TIG אוטומטים בפחי פלב"ם 304L, במטרה לתת למתכנני הריתוך אפשרות לקבוע פרמטר חשוב זה לצורך קבלת הדירות בתוצאות. חשוב לציין שבבריתוכים ידניים אין חשיבות לזווית-ההשחזה של האלקטרודה, כיון שרתך טוב מתגבר על השפעתה על-ידי שינוי שאר הפרמטרים.

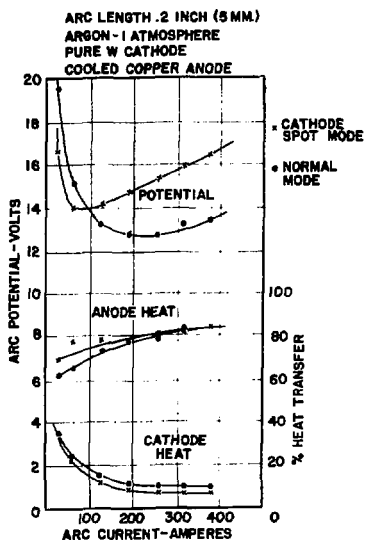
2 סקר ספרות

עם התפתחות טכניקות מתוחכמות לריתוכי TIG ועם חמרת הדרישות מהריתוכים, נורעת חשיבות מרובה להדירות בשליטה על עומק החדירה של התפר ועל רוחבו.

אחד הפרמטרים החשובים, אשר לא זכה לתשומת לב מתאימה, הוא זווית ההשחזה של האלקטרודה. הדעות אשר פורסמו עד כה בנושא זה חלוקות. חוקרים אחרים^(1,2,3) הכחינו בין אלקטרודות עגולות לבין אלקטרודות מושחזות בריתוכי TIG באופיין dcs (זרם ישר, קוטביות ישרה), כלומר בריתוכים בהם האלקטרודה משמשת כקתודה. לפי טענת חוקרים אלה

אלקטרודה מושחזת יוצרת כיווץ של עמוד הפלסמה, הגורם להגדלת צפיפות הזרם בקשת ולעליה במתח. כתוצאה מכך הקשת חמה יותר ומתקבל תפר עמוק יותר.

Petrie and Pfender⁽¹⁾ אף מצאו שצפיפות הזרם בקשת הנוצרת מאלקטרודה מושחזת גדולה ב-50% מזאת שבאלקטרודה עגולה. Jackson⁽²⁾ צירף עקומות מתח-זרם עבור שתי אלקטרודות אלו כמתואר בצירור 1.

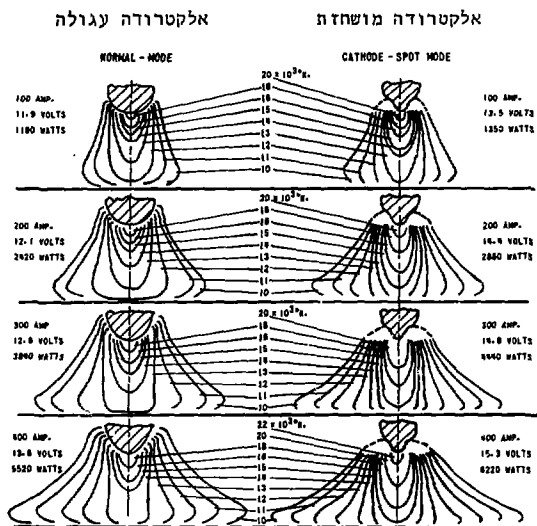


ציור 1

עקומות מתח-זרם בקשת
ואופייני מעבר החום
באלקטרודה מושחזת
ואלקטרודה עגולה
(מסומך 2).

אלקטרודה עגולה = normal mode
אלקטרודה מושחזת = cathode spot mode

לפי ציור 1 יש לאלקטרודה עגולה מתח קשת גבוה יותר בזרמים שעד 100 A, ואילו בזרמים גבוהים יותר המצב הפוך. כתוצאה מכך הספק הקשת, השווה למכפלת הזרם במתח, גבוה יותר באלקטרודה מושחזת בזרמים גבוהים מ-100 A, ולהפך בזרמים נמוכים כמתואר בצירור 2.



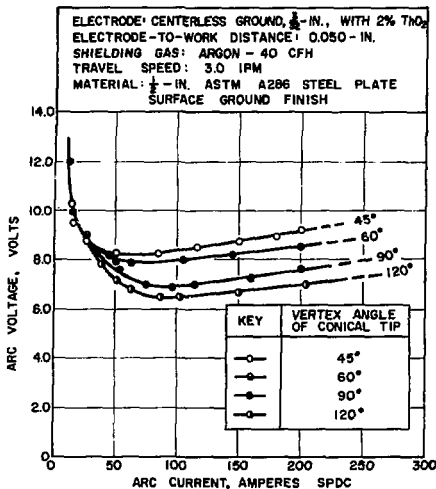
ציר 2 איזותרמות של קשת ארגון במקרה של אלקטרודה מושחזת ואלקטרודה עגולה (מסימון 2).

Savage et al. (4) חקרו את השפעת זווית ההשחזה של אלקטרודה בזרמים של 100-300 A.

מסקנותיהם היו כדלקמן:

(א) הגדלת זווית ההשחזה מ- 45° ל- 120° בזרמים מעל 20 A גורמת לירידה במתח הקשת,

כמוצג בציר 3.



ציור 3

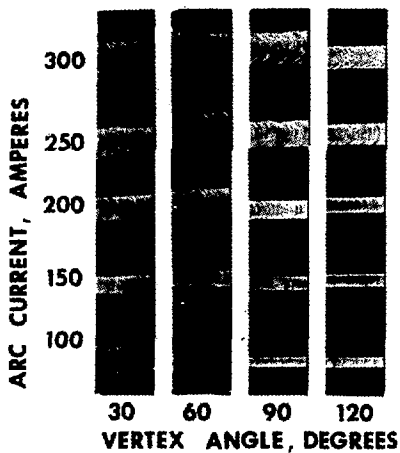
השפעת זווית ההשחזה של האלקטרודה על עקומת המתח-זרם של הקשת (מסומן 4).

על-פי ציור 3, ככל שהאלקטרודה "מושחזת יותר" (זווית חדה יותר) המתח גבוה יותר.

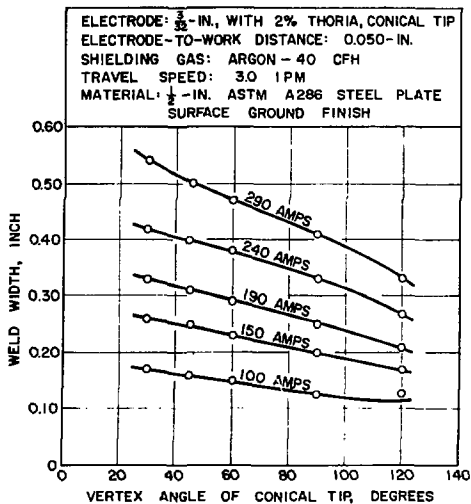
(ב) בהסתכלות ישירה על הקתודה והקשת נמצא שעם עליית הזרם מ-100 A ל-300 A נקודת התחלת פריצת הקשת על הקתודה עלתה (תופעת טיפוס של הקשת). אותה תופעה התקבלה עם הקטנת זווית ההשחזה של האלקטרודה. ההסבר לתופעה הזאת היה שקיים חתך פליטה מסויים וקבוע המתאים לצפיפות זרם מסויימת קבועה שבה הקשת פורצת. תופעת הטיפוס של הקשת גרמה להגדלת אורך הקשת ולכן גם לעליית המתח דבר המסביר את התוצאות שנמצאו במסקנה (א).

(ג) כתוצאה מכך השחזת האלקטרודה (לזווית חדה יותר) גורמת לקבלת תפר רחב יותר בעקר בזרמים הגבוהים, כמתואר בציורים 4, 5. ביון שהקשת היא קונית בצורתה, ככל שהיא ארוכה יותר, ובהנחה ששטח הפריצה שלה קבוע, כך היא פוגעת בשטח רחב יותר.

EFFECT OF TIP ANGLE

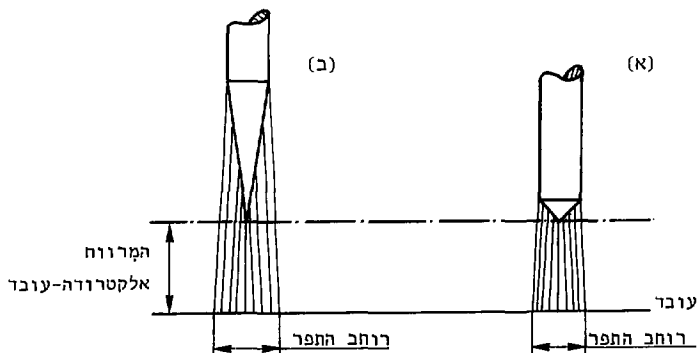


(ב)



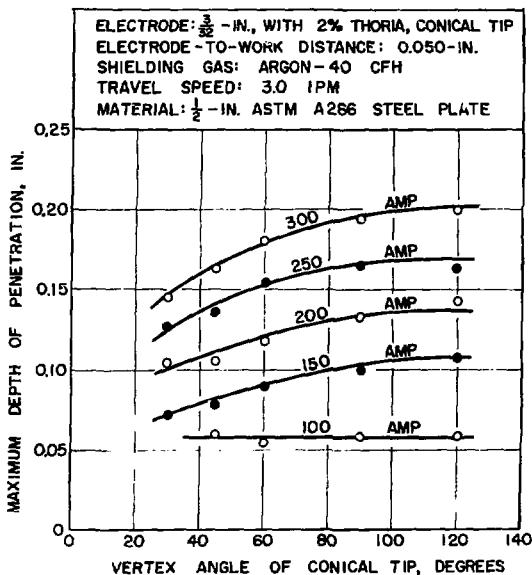
(א)

ציור 4 (א) השפעת זווית ההשחזה על רוחב התפר בזרמים שונים;
(ב) צילום מקרוגרפי של התפרים.
(מסימור 4).



ציור 5 תיאור סכימטי של השפעת זווית ההשחזה של האלקטרודה על רוחב התפר.
(א) זווית קהה.
(ב) זווית חדה. נראית תופעת הטיפוס של הקשת.

- (ד) שטח חתך התפר אינו משה עם שינוי זווית ההשחזה של האלקטרודה. הזרם בלבד משפיע על שינוי חתך האמבט. נמצא ששטח החתך פרופורציוני לריבוע הזרם.
- (ה) כתוצאה מהמסקנות (ג), (ד) עומק החדירה גדל עם הגדלת זווית ההשחזה. התופעה הזאת מודגשת יותר בזרמים גבוהים והיא אינה ליניארית (ציור 6).



ציור 6 הקשר בין עומק החדירה לבין זווית ההשחזה של האלקטרודה עבור זרמים שונים (מסימוך 4).

- (ו) לכן יחס הרחוב לעומק קטן עם הגדלת זווית השחזה האלקטרודה.
- (ז) נמצא גם שטמפרטורת חוד האלקטרודה גבוהה יותר בזוויות השחזה גדולות. התוצאה הזאת מתיישבת יפה עם העובדה שלאלקטרודות מושחזות בזוויות חדות יותר יש אורך חיים גדול יותר.

(5) Chihoski נתן הסבר מתימטי המבוסס על השתנות ההתנגדות החשמלית עם הזרם

באלקטרודה ובקשת.

לעימת מחקרים אלו, ובהתבסס על העובדה שהתוצאות שהובאו לעיל לא תמיד התאימו לתוצאות עבודות אחרות, הציעו Spiller et al.⁽⁶⁾ מודל שונה להשפעת זווית ההשחזה על עומק החדירה ורוחב התפר. הם הבחינו בין שלושה מצבי ריתוך-התכה (bead-on-plate) לפי דרגת עומק החדירה ביחס לעוכי הפח:

- (א) ריתוכים בפחים עבים בהם עומק החדירה נמוך מ-30% מעוכי הפח. במקרה זה בזוויות השחזה גבוהות (120°) מתקבלים תפרים עמוקים יותר וצרים יותר.
- (ב) ריתוכים בפחים בינוניים בהם עומק החדירה נמוך מ-70% וגבוה מ-30% מעוכי הפח. במקרה זה אין השפעה לזוויות ההשחזה על עומק החדירה אלא רק על רוחב התפר, הגדל עם הקטנת הזווית.
- (ג) ריתוכים בפחים דקים בהם עומק החדירה גבוה מ-70% מעוכי הפח. במקרה זה מתקבלים ריתוכים עמוקים יותר בזוויות השחזה קטנות (30°) ואין השפעה של זווית ההשחזה על רוחב התפר.

3 תיאור הניסויים

בוצעו ריתוכי-התכה (bead-on-plate) אוטומטיים על פחי פלביים 304L בעוביים 1.5 מ"מ ו-8 מ"מ בזרמים שונים, ובזוויות השחזה 20° , 30° , 40° , 60° , 90° ו- 180° של האלקטרודה.

פחים אלה רותכו בשיטת TIG כזרם ישר וקוטביות ישרה (dcsp) במכונת ריתוך מתוצרת Hobart (ארה"ב), מודל CYBERTIG CT300, בגיבוי ארגון בספיקה של 8 ליטר לדקה.

הדגמים נוקו לפני הריתוך להסרת שמנים ורוחבו ללא גריעת חום. ידית הריתוך חוברת למיתקן אורכי בו היא נעה מעל הדגם בניצב לו במהירות קווית קבועה. מרווח האלקטרודה היה קבוע לכל הניסויים, 1.5 מ"מ. כל הריתוכים בוצעו באלקטרודות טונגסטן - 2% תוריה.

נעשו סדרות ניסויים כדלקמן:

- (א) ריתוכי פחים דקים בזרמים נמוכים ובינוניים:

פחי פלביים 304L בעוכי 1.5 מ"מ רותכו בזרמים של 100 A, 80 A, 60 A, במהירות

ריתוך של 150 ס"מ לדקה בשימוש באלקטרודה בקוטר 1.6 מ"מ בכל אחת מזוויות ההשחזה.

(ב) ריתוכי פחים עבים בזרמים נמוכים:

רוחכו פחים בעובי 8 מ"מ בזרמים של 60 A, 80 A, 100 במהירות ריתוך של 150 ס"מ לדקה בשימוש באלקטרודה בקוטר 1.6 מ"מ בכל אחת מזוויות ההשחזה.

(ג) ריתוכי פחים עבים בזרמים גבוהים:

רוחכו פחי פלבי"ס בעובי 8 מ"מ בזרמים של 150 A, 200 A, 250 A במהירות ריתוך של 15 ס"מ לדקה בשימוש באלקטרודה בקוטר 2.4 מ"מ בכל אחת מזוויות ההשחזה.

בריתוכים במהירות גבוהה יותר (150 ס"מ לדקה) התקבלו תפרים לא אחידים

ומחוררים (ראה סעיף 4.3).

(ד) מדידת המתח כתלות בזרם הריתוך:

נבדק מתח הריתוך כתלות בזרם בזוויות ההשחזה השונות במטרה לקבל את האופיין

מתח-זרם לכל זווית. המתח והזרם נקראו ממדי-מכשיר הריתוך.

(ה) בדיקות מטלוגרפיה:

בכל הריתוכים נלקחו דגמי מטלוגרפיה בהם נמדדו עומק החדירה ורוחב התפר.

המטלוגרפיה כללה ליטוש מיכני על ניירות לטש ובהמשך על בדים עם משחת יהלום

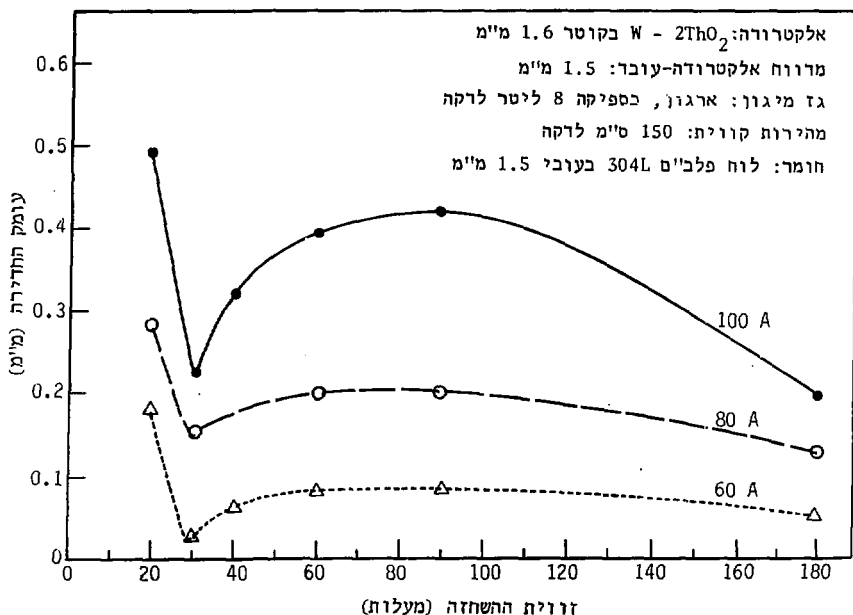
עד $1 \mu\text{m}$ ואיכול כימי בטבילה בתמיסת HNO_3 מהולה למשך כמה שניות. הצילומים

בוצעו במיקרוסקופ MEF-2 מתוצרת Reichert (אוסטריה).

4 תוצאות

4.1 ריתוכי פחים דקים בזרמים בינוניים ובמכסים

בציור 7 מובא גרף המתאר את עומק החדירה כתלות בזווית השחזת האלקטרודה בזרמים שונים.



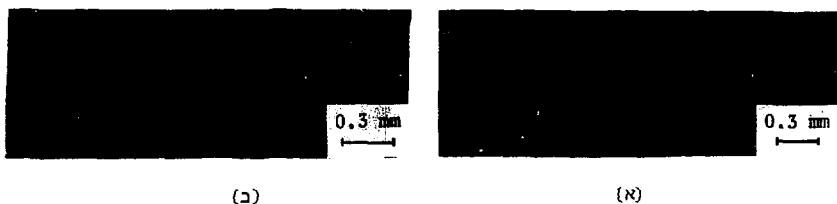
ציור 7 תלות עומק החדירה בריתוך פחי פלבי"ם 304L בעובי 1.5 מ"מ בזוויות ההשחזה של האלקטרודה עבור זרמים שונים.

בזוויות הקטנה ביותר (20°) התקבל עומק חדירה מכסימלי. חדירה מינימלית התקבלה בזוויות השחזה של 30° ו- 180° .

מתוך ציור 7 נמצא שאפקט זה, של קבלת עומק חדירה מכסימלי, הולך ומתחזק עם עליית הזרם.

אין חוקיות או קשר פשוט בין שני פרמטרים אלו. נמצא קשר מורכב הכולל ירידה למינימום, עלייה למכסימום וירידה נוספת פחות חדה.

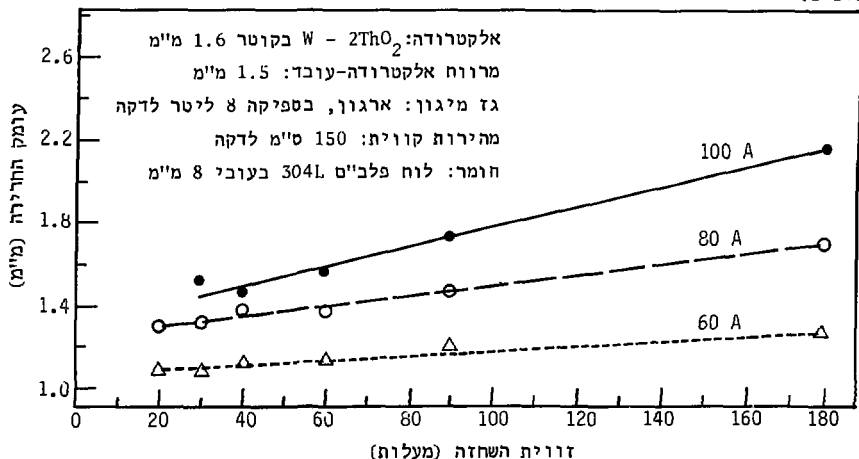
לא נמצא קשר בין רוחב התפר לבין זווית ההשחזה. כל התפרים היו רחבים ובעלי אותה צורה. בציור 8 מובא חתך מייצג של ריתוכים אלה. התפרים רחבים וחעומק משתנה עם זווית ההשחזה.



ציור 8 צילום מקרוגרפי של ריתוך פח פלבים 304L בעובי 1.5 מ"מ בזרם 100 A. (א) זווית השחזה 30° ; (ב) זווית השחזה 20° .

4.2 ריתוכי פחים עבים בזרמים נמוכים

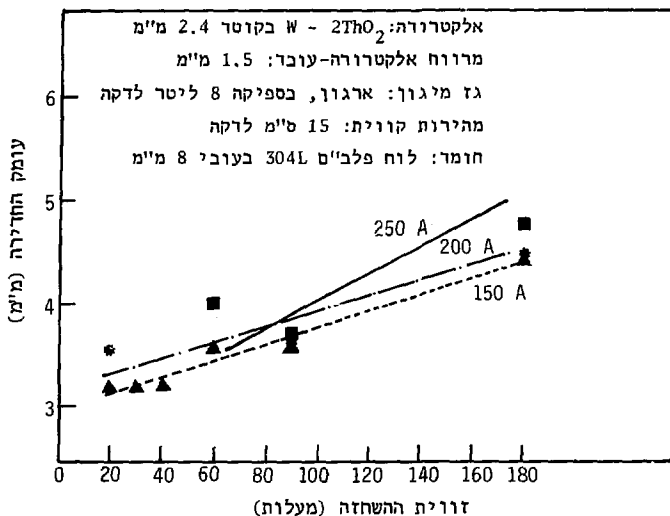
ציור 9 מתאר את עומק החדירה בפח פלבים עבה (8 מ"מ) כתלות בזווית ההשחזה בזרמים שונים.



ציור 9 תלות עומק החדירה בריתוך פחי פלבים 304L בעובי 8 מ"מ בזווית ההשחזה של האלקטרודה עבור זרמים שונים.

לפי ציור 9 עומק החדירה עולה עם העלייה בזווית ההשחזה. אפקט זה הולך וגדל עם העלייה בזרם, כלומר שיפוע הגרף הולך וגדל עם עליית הזרם.

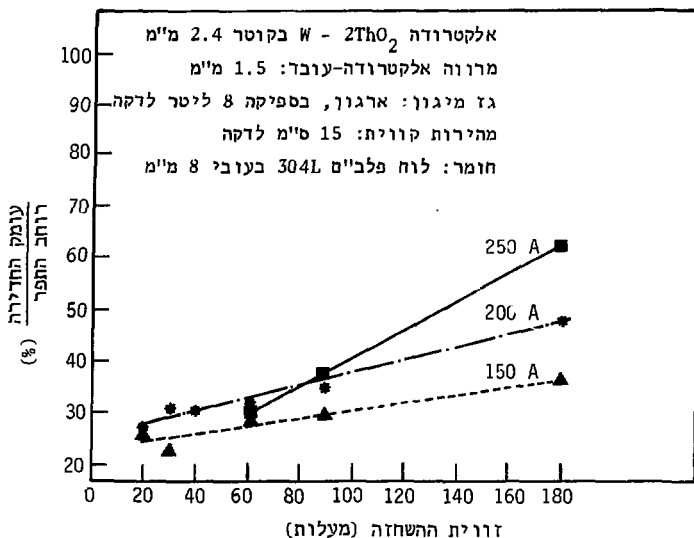
בציור 12 מוצג הקשר בין עומק החדירה לבין זווית ההשחזה של האלקטרודה בריתוך פחי פלבי"ם 304L עכים בזרמים גבוהים שונים.



ציור 12 תלות עומק החדירה בריתוך פחי פלבי"ם 304L בעובי 8 מ"מ בזווית ההשחזה של האלקטרודה עבור זרמים גבוהים שונים.

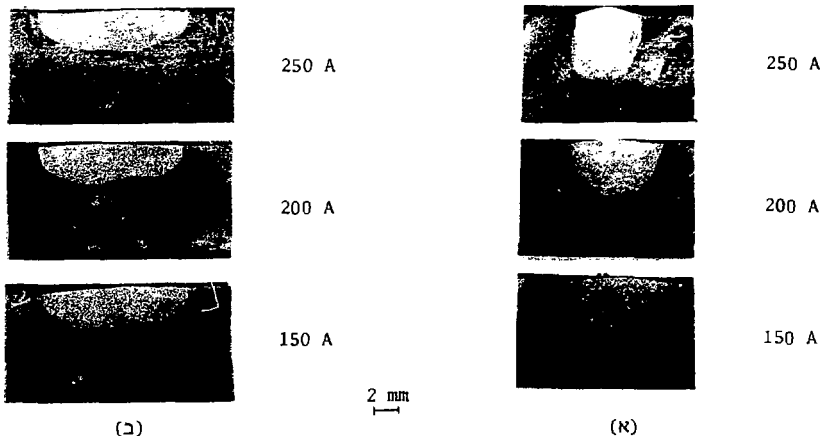
לפי ציור 12 עומק החרייה עולה עם עליית זווית ההשחזה של האלקטרודה. תלות עומק החדירה בזווית ההשחזה משתנה עם הזרם (בזרמים 150±250 A) כמו במקרים הקודמים. גם במקרה זה לא נמצא קשר בין זווית ההשחזה של האלקטרודה לבין רוחב התפר; אבל בריתוכים שבוצעו בזווית השחזה של 180° (אלקטרודה עגולה) התקבל התפר הצר ביותר (והעמוק ביותר). לכן לזווית השחזה כזאת היחס של עומק החדירה לרוחב התפר הוא הגדול ביותר. נמצא שיש קשר ליניארי בין יחס זה לבין זווית ההשחזה של האלקטרודה עבור מקרה זה, כמתואר בציור 13.

לפי ציור 13 מתקבל שהגדלת זווית ההשחזה של האלקטרודה גורמת להגדלה ליניארית של היחס בין עומק החדירה לבין רוחב התפר עבור זרם מסויים (150±250 A). השתנות היחס הזה כתלות בזווית ההשחזה של האלקטרודה (שיפוע הקו) גדולה ביותר עבור זרם של 250 A. השתנות זו (שיפוע הקו) גדלה עם הזרם.



ציר 13 תלות היחס בין עומק החדיירה לבין רוחב התפר בריתוך פחי פלבי"ם 304L בעובי 8 מ"מ בזווית ההשחזה של האלקטרודה עבור זרמים גבוהים שונים.

צורות התפרים בריתוכים אלה מוצגות בציר 14.

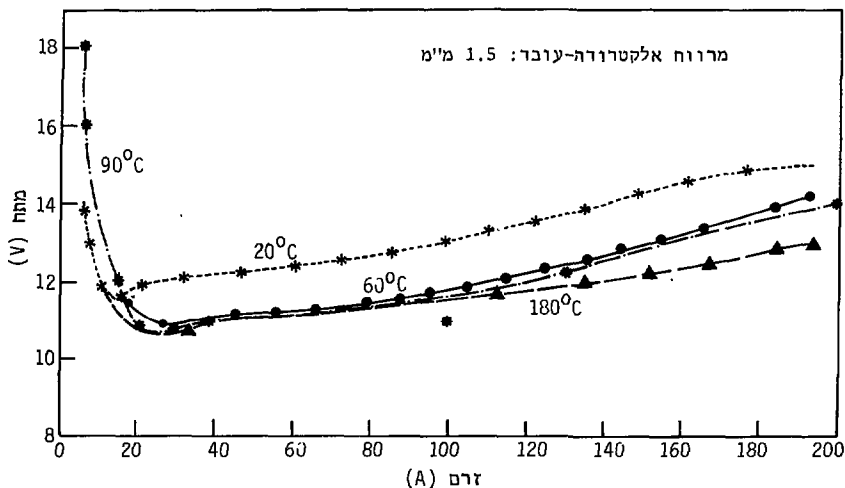


ציר 14 תחכים מטלוגרפיים של התפר בריתוך פחי פלבי"ם 304L בעובי 8 מ"מ בזרמים גבוהים שונים:
 (א) באלקטרודה מושחזת בזווית של 180° (אלקטרודה עגולה);
 (ב) באלקטרודה מושחזת בזווית של 60° .

ציור 14 (א) לזרם 250 A אינו אופייני לריתוכי TIG בצורתו או ביחס בין עומק החדירה ובין רוחב התפר. מציור 14 (ב) רואים שאין שינוי רב בעומק עם הגדלת הזרם והריתוכים רחכים ורדודים.

4.4. מדידת המתח כתלות בזרם הריתוך כזוויות השחזה שונות של האלקטרודה

נראה שעם הקטנת זווית ההשחזה של האלקטרודה, המתח עבור זרם ריתוך מסויים עולה. הפרש המתחים בין זוויות השחזה שונות הולך וגדל עם הזרם; בזרם של 200 A הפרש המתחים המכסימלי בין זוויות השחזה שונות הוא 2 V (ראה ציור 15).



ציור 15 עקומות מתח-זרם בריתוך פחי פלב"ם 304L באלקטרודות בעלות זוויות השחזה שונות.

5 דיון ומסקנות

נמצא שבפחי פלבי"ם דקים (בעובי 1.5 מ"מ) עומק החדירה הוא מכסימלי בזווית ההשחזה הקטנה ביותר (20°). ברייתובי פחים אלה התפרים המתקבלים הם רחבים, אור. גם כפחים עבים בזוויות השחזה קטנות מ- 180° הריתוכים רחבים ורדודים בכל הזרמים אולם באלקטרודה מושחזת ב- 180° מתקבלים תפרים עמוקים וצרים. התופעה הזאת של קבלת תפר עמוק וצר באלקטרודות מושחזות ב- 180° מורגשת יותר ככל שהזרם גדול יותר.

ניתן להסביר תוצאות אלה בעזרת שלוב של שתי תופעות: צורת היווצרות הקשת כתלות בזווית ההשחזה וצורת מעבר החום כתלות בעובי הפח:

- (א) בזוויות השחזה קטנות יש מתח קשת גבוה יותר כפי שאכן נמצא בעבודה היוכחית (ציור 15). העלייה הזאת במתח נובעת מהגדלת אורך הקשת (תופעת הטיפוס של הקשת) כפי שהדבר הוצג בסקר התיאורטי בפרק 2. העלייה במתח גורמת לעלייה בהספק החום המועבר לחומר (ההספק פרופורציוני ישר למכפלת המתח בזרם הריתוך). לעומת זאת כתוצאה מהגדלת אורך הקשת התפר המתקבל רחב יותר. מכאן שיחס הספק החום לשטח התפר (צפיפות החום) לא חייב להיות גדול מאשר באלקטרודה מושחזת בזווית גרולה יותר; אבל בזוויות השחזה קטנות סביר לצפות לתפרים רחבים. לעומת זאת בזוויות השחזה גדולות הקשת קצרה יותר ולכן השטח שהיא מכסה על העובד קטן יותר ויש לצפות במקרים אלה לתפרים פחות רחבים. בנוסף לכך כתוצאה מהצרת הקשת עם התקצרותה נוצר כיווץ ענן הפלסמה. כיווץ זה הולך וגדל עם העלייה בזרם; הקשת גלילית יותר וצפיפות האנרגיה שלה גבוהה יותר.
- (ב) בפחים רקים מעבר החום הוא מישורי (כמו בלוח אינסופי). אי-לכך החום המועבר לחומר מהקשת מתפזר לצדדים וגורם להיווצרות תפר רחב ורדוד. לעומת זאת בפחים עבים מעבר החום הוא תלת-כיווני; החום מתפזר לצדדים אך חודר גם לעומק ולכן יש אפשרות לקבל תפרים עמוקים. אפשרות כזאת תלויה בזווית ההשחזה של האלקטרודה, כפי שהוסבר ב-(א).

כתוצאה מכך אפשר לנצל את זווית ההשחזה של האלקטרודה כפרמטר נוסף ברייתובי TIG אולם פרמטר זה תלוי בעובי החומר אותו מרתכים. בפחים רקים (לפחות עד 1.5 מ"מ לפי העבודה הנוכחית), המוגדרים כפחים בהם מעבר החום הוא מישורי, רצוי להשתמש

בזווית השחזה של 20° כי אז בזרם מסויים מתקבל עומק החדירה המכסימלי. אין אפשרות להימנע מתפר רחב בעזרת הפרמטר הזה.

השימוש החשוב ביותר בזווית השחזה של אלקטרודה ספציפית הוא לצורך קבלת ריתוך עמוק וצר נתון בפחים עבים, המוגדרים בפחים בהם מעבר החום הוא תלת-כיווני. ככל שעובי החומר גדול יותר כך ישפיע אפקט השחזה האלקטרודה.

במקרים אלה שימוש באלקטרודות מושחזות ב- 180° יתן תפר עמוק מאוד וצר. ניתן על-פי זה להוריד את זרם הריתוך לקבלת עומק חדירה רצוי ועל-ידי כך לרתך בהספק (heat-input) נמוך יותר אשר לו בדרך כלל יתרונות מבחינה מטלורגית (מבנה החומר באזור המושפע מחום ובתפר, גודל האיזור המושפע מחום) ומבחינת החוזק (מאמצים שאריתיים, גודל האיזור המושפע מחום, דפורמציות). כלומר, יעילות הריתוך עולה כתוצאה מכך. השימוש באלקטרודה מושחזת ב- 180° לריתוך פחים עבים מאפשר שימוש בזרמים גבוהים בלי לקבל את תופעת ההתכווצות והתעלות (puckered weld); לכן ייתכן שניתן על-ידי זה לרתך פחים עבים בלי צורך בפזה מסויימת וכלי צורך בחומר מילוי.

6 סיכום

נחקרה השפעת זווית ההשחזה של האלקטרודה על עומק החדירה ועל צורת התפר בריתוכי-התכה כשיטת TIG באופיין dcsp על פחי פל"ם 304L בעוביים שונים ובזרמים שונים. בפחים רקים התקבלו ריתוכים רחבים אשר בהם עומק החדירה גדול ביותר כאשר לאלקטרודה היתה זווית השחזה של 20° . בפחים עבים ניתן לקבל ריתוכים עמוקים וצרים על-ידי שימוש באלקטרודות מושחזות ב- 180° . במקרה זה היחס בין עומק החדירה ובין רוחב התפר יכול להגיע עד כדי 100%, דבר לא מקובל בריתוכי TIG.

תוצאות אלה הוסברו על-ידי שילוב של שתי תופעות: צורת היווצרות הקשת כתלות בזווית ההשחזה וצורת מעבר החום כתלות בעובי החומר.

הבעת תודה

אנו מודים ל-ג' אליה על השעות הנוספות הרבות והקשות שהקדיש לעבודות הריתוך ול-י' שריג על ביצוע הבדיקות המטלוגרפיות.

Referencesסימוכין

1. T. W. Petrie and E. Pfender, "The influence of the cathode tip on temperature and velocity fields in a gas-tungsten arc", *Weld. J.*, Supplement 49, 588-s-596-s (1970).
2. C. E. Jackson, "The science of welding", *Weld J.*, Supplement 39, 129-s-140-s (1960).
3. D. R. Milner, G. R. Salter, and J. B. Wilkinson, "Arc characteristics and their significance in welding", *Brit. Weld. J.* 7, 73-88 (1960).
4. W. F. Savage, S. S. Strunck, and Y. Ishikawa, "The effect of electrode geometry in gas tungsten-arc welding", *Weld. J.*, Supplement 44, 489-s-496-s (1965).
5. R. A. Chihoski, "The rotating of power between the gas tungsten arc and electrode", *Weld. J.*, Supplement 49, 69-s-82-s (1970).
6. K. P. Spiller, A. Weldl, and G. J. MacGregor, "Effect of electrode vertex angle on fused weld geometry in TIG-welding", in *Proc. Conf. on Advances in Welding Processes (Cambridge, 14-16 April 1970)*, The Welding Institute, Cambridge, 1971, pp 83-88.

CRIMINAL DIVISION - 100-100000