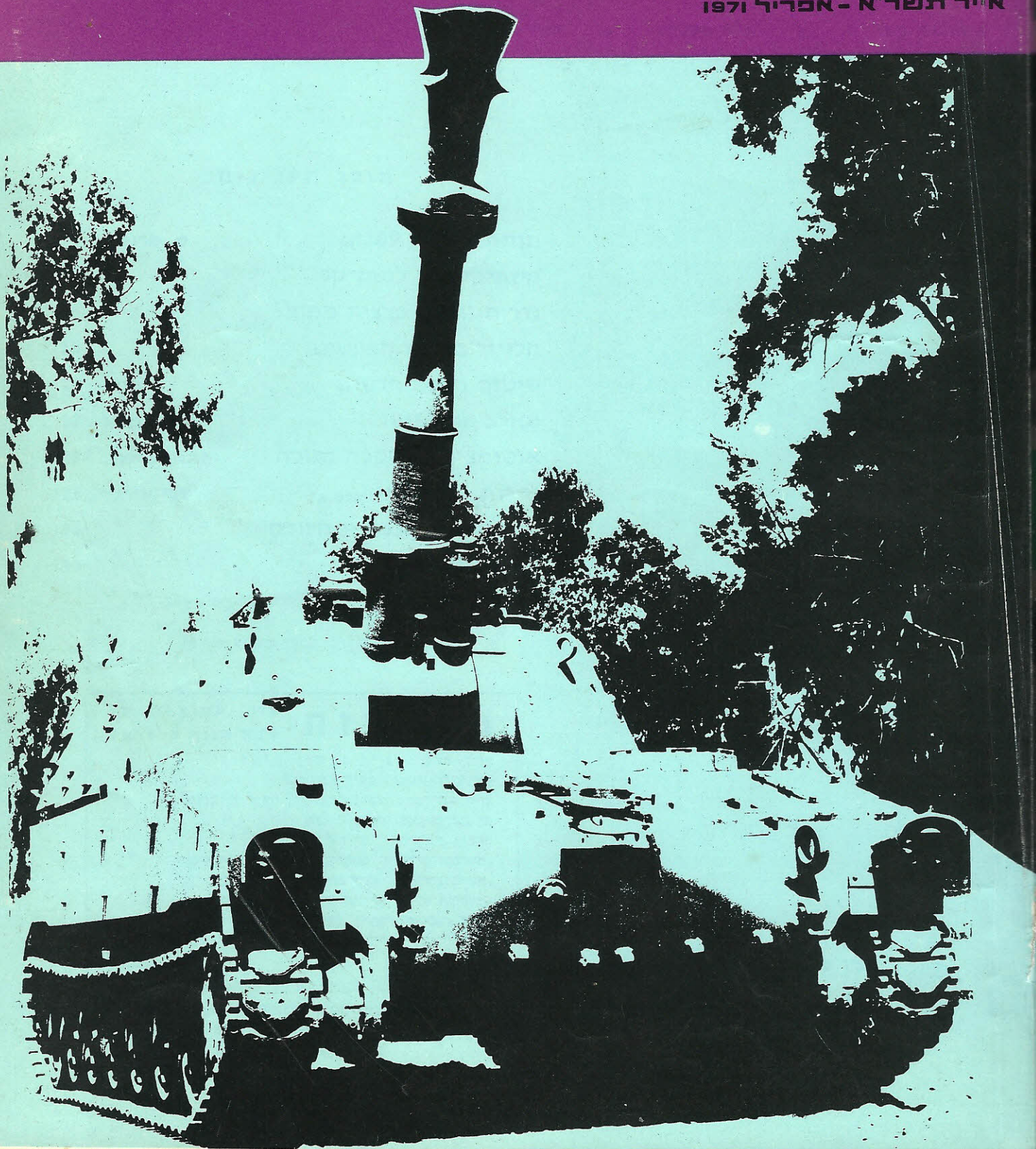


מערכות חינוך



חוברת 42

אייר תשל"א - אפריל 1971



מערכות חידוש

אפריל 1971

אייר תשל"א

חוברת מס' 42

תוכן העניינים:

- 2 ט. מרגלית תותח מתנייע M-109
- 5 משתיקי-קול לנשק-קל
- 8 גדר הגנה נגד פצצות מטול
- 10 הלייזר בשרות התעשייה
- 17 ס. מוזס שיטות חבלה חדשות
- 22 קפ' ה. מנצל מארב אוטומטי
- 23 יהונתן לוינסון אוטומציה בהשקעה נמוכה
- 28 צבי אורבך ניידות רכב צבאי (חלק ב')
- 36 חידושים בצבאות העולם
- 39 מעניין ומועיל

תמונת השער: תותח מתנייע M-109

מערכות

בית ההוצאה של
צבא הגנה לישראל

עורך ראשי: אל"מ גרשון ריבלין
סגן עורך ראשי: סא"ל צבי סיני
צוות המערכת: סא"ל ל' מרחב, סא"ל מ' ברימר,
א' גולדברשטט, רס"נ י' להט
מרכזת המערכת: מ' דרורי
"מערכות-שריון": קצין-עריכה רס"נ י' זיסקינד
"מערכות-פלס": קצין-עריכה סא"ל א' טנא
"מערכות-ים": קצין-עריכה רס"נ מ' שפיר
"קשר ואלקטרוניקה": קצין-עריכה סא"ל מהנדס י' בעל-שם

מדר המנויים: הקריה, רח' ב', מס' 29, טל' 210516
הודפס באמצעות משרד הבטחון — ההוצאה לאור
הדפסת עטיפה דפוס ניידיט בע"מ
"הדפוס החדש" בע"מ, ת"א

קצין עריכה: רס"נ פנחס עמית
עורך משנה: אברהם דושניצקי
גרפיקה: צבי גמדי



תותח מתנייע M-109

חאת: ט. חרגלית

מימד חדש של ניידות, ואפשרות להעתיק כוחות ב- מהירות מזירה לזירה. מיסודו תוכנן התומ"ת לשרת ייעוד זה. אין זה תוצר כלאיים של תהליך הסבה שבו היו קיימים שני המרכיבים היסודיים – תותח וטנק – כאלמנטים נפרדים לפני הבנייה. יש להטעים, כי בניית תומ"ת על עקרון ההסבה, יש בה בהכרח מ- שום התפשרות עם מציאות קיימת, בנוסף לתכונות המרכיבים היסודיים המצויים בשטח, ואין כל אפ- שרות לשנותם – אף אם יש בכך צורך פונקציונלי. התוצאה המתקבלת היא: תכנון שיש בו התפשרות בין הרצוי לבין המצוי.

ה-M-109 נבנה מלכתחילה כתומ"ת. התותח מותקן בצריח המצטודד 360 מעלות, דוגמת תותח המותקן בטנק. למקבע התותח מגינים, בעלי מבנה קשתי, הסוגרים את הפתח הקדמי בצריח בכל תחום ההג- בהה. שיטת מבנה מעין זו מקנה לכלי יתרונות אחר- דים, שהחשובים בהם הינם:

● צידוד וירי בתחום בלתי מוגבל (360°).

● יכולת לאטום את הכלי ולהכשירו ללוחמה אוו- מית-ביולוגית-כימית, ולפעולות הדורשות צליחה ב- מים.

ואומנם, מצוייד התותח בכמה מערכות אטימה, הני- תנות להפעלה על-ידי ניפוח באמצעות משאבת-אוויר. התותח המתנייע מצוייד במנוע דיזל מטיפוס "V" בעל 8 צילינדרים, והספק של 345 כ"ס. מהירותו המקסימלית 56 קמ"ש. בחלקה האחורי של התו- בה מותקן מעדר, המקנה לתומ"ת יציבות בעת ירי לפניים. מערכות הבקרה, באמצעותן מופעל התותח, הינן מערכות הידראוליות הניזונות מיחידת-כוח ה- כוללת: מנוע חשמלי ומשאבת גלגלי שיניים, מיכל שמן ומיכל צבירה, בו מצוי השמן תחת לחץ של גז המבטיח רציפות הספקה. פעולת המנוע החשמלי

עם פרוס יום העצמאות, הותר לפרסום מידע על ה- תותח המתנייע M-109 בעל קליבר 155 מ"מ, שנו- סף לחיל התותחנים. למעשה, אין בכלי-נשק זה כל חידוש למערך הארטילריה של צה"ל. אולם, בכל זאת נבדל התומ"ת משאר עמיתיו. ננסה לתאר את ייחו- דו של התומ"ת ותרומתו למערך הארטילריה של צה"ל.

קליבר התותח (155 מ"מ) מוכר כבר ב-צה"ל ואף טווחו אינו עולה על טווחם של תותחים בקוטר דו- מה, והמצויים כבר שנים רבות ב-צה"ל. מי שחשב כי גדולתו של התומ"ת מתבטאת בקצב האש המהיר, יתאכזב. קצב האש של התותח אינו עולה באורח חד-משמעי על תותחים דומים לו. אם כך, במה נב- דל התותח משאר עמיתיו?

התותח המתנייע M-109, הוא תוצר אמריקני. בקרב אנשי המקצוע משמשת המלה „אמריקני" לשם נרדף למושג „נוח לתפעול". ואכן, מי שנכנס לתא הלחימה של התומ"ת, לא יכול שלא להתרשם ממרחב הפעו- לה העצום וממנגוני ההפעלה הנוחים. מורגש מייד שבתכנון מערכת נשק זו, עמדה בראש שיקולי המ- תכנן הדאגה לגורם האנושי. זאת, מתוך מחשבה שנוחיות בלחימה הינה מרכיב חשוב בהגברת איכותו של הלוחם.

אין בכוונתנו ליצור את הרושם כאילו יתרונותיו של התומ"ת מתבטאים רק בנוחות התפעול. לתומ"ת תכונות טקטיות אחדות, שבהחלט יש בהן משום ית- רון על כלים דומים.

הכלי תוכנן ונבנה מחמרן, על-מנת לחסוך במשקל, וכן כדי להתאימו למשימות הדורשות יבילות-אוי- רית. משקל הכלי כשהוא מזווד וערוך לקרב – 24 טונה לערך, משקל המאפשר לצבא ארה"ב להטיסו במטוסי תובלה מתאימים ובכך להקנות לארטילריה

להלן פירוט הנתונים הטכניים העיקריים של תומ"ת
155 מ"מ M-109.

כללי

משקל התומ"ת ערוך לקרב: 24 טונה.

משקל התומ"ת בלתי מזווד: $21\frac{3}{4}$ טונה.

אורך כללי — 6.70 מ'.

רוחב כללי — 3.16 מ'.

גובה כללי — 3.12 מ'.

מרווח קרקע — 46 ס"מ.

ביצועים

מהירות מקסימלית — 56 קמ"ש.

טווח פעולה — 350 ק"מ.

מערכת היזראולית

לחץ עבודה — 875—950 פא/אינץ' רבוע.

מנוע

סוג המנוע — דיזל, קירור־מים, 8"V.

הספק — 345 כוח־סוס (נמו).

תותח

קליבר — 155 מ"מ.

טווח — 14.6 ק"מ.

תחום הגבהה — 3° — עד 75° .

תחום צידוד — 360° .

אורך קנה — 3.62 מ'.

אורך הקטע הסלול — 2.86 מ'.

מספר הסלילים — 48.

מעלה הסלילים — 1:20 קליבר.

אורכי רתיעה: ארוכה — 91.5 ס"מ.

קצרה — 58.4 ס"מ.



מבוקרת באמצעות מתג-לחץ, בתחום לחצים קבוע. כאשר יורד הלחץ במערכת מתחת ל-925 פאונד/אינץ' רבוע, מופעל המנוע, כאשר הוא עולה מעל ל-1,225 פאונד/אינץ' רבוע, מודמם המנוע. שתי ידיות הבקרה מותקנות בשני צידי התותח. ידית הבקרה השמאלית משמשת לצידוד והגבהה, וידית הבקרה הימנית משמשת להגבהה בלבד. מתג-בורר מאפשר בקרת ההגבהה באחת משתי הידיות, בהתאם לצורך. תנועת ההגבהה מתקבלת על-ידי הזרמת שמן בלחץ אל אחד משני צידי בוכנת מגבה הקשורה לתותח ולתקרת הצריח. בתוך גליל המגבה כלולה גם מערכת איזון המכילה שמן וגז בלחץ, ומבטיחה שהמאמץ הדרוש להפעלת ההגבהה או ההנמכה – יהיו שווים. הלחץ במערכת האיזון ניתן לויסות, במידת הצורך (עקב שינויים בטמפרטורת הסביבה), באמצעות משאבת-יד המותקנת בתא הלחימה. פעולת הציוד נעשית על-ידי הזרמת שמן בלחץ, אל מנוע הידראולי הקשור לממסרת הציוד – באמצעותה מועברת תנועה אל צמד גלגלי שיניים המשולבים בטבעת הציוד.

מערכת בקרה משנית (חירום), כוללת משאבת-יד להפעלת התותח והגבהתו וגלגל להפעלת צידוד באופן מכני. מנוף הקשור למצמד מאפשר ניתוק ממסרת הציוד מהמערכת ההידראולית, מנוף אחר מאפשר בחירה בין שתי מהירויות צידוד אפשריות. מנוף הציוד מצמד מפעיל שסתום-עוקף, ממסר ומתג זעיר המבטיחים זרימה חופשית של שמן במעגל סגור, כאשר ממסרת הציוד מופעלת מכנית.

מכלל הנגח, המשמש לנגיחת הפגז לבית הבליעה, מותקן בחלקו האחורי של הצריח ומופעל הידראולית. לכן די עתה בתותחן אחד, בעוד שעד כה עסקו בהנחת הפגז ובנגיחתו שלושה חיילים. מתגים זעירים אחדים מבטיחים את פעולת הנגח, אך ורק כאשר שר המערכת מוכנה לנגיחה. מתג זעיר נוסף מפעיל את הנגח אוטומטית, עם הבאת גליל הנגיחה אל מאחורי הפגז. תיבת תיזמון (timing) חשמלית, מב-

טיחה, באמצעות ממסר, שכיוון זרימת השמן יוחלף לאחר 0.9 שניות, ובכך גורמת אוטומטית להחזרת בוכנת הנגיחה לאחר פעולה והכנתה למחזור נוסף של פעולות.

למערכת הקיימת מגבלה מסוימת המתבטאת בכך שהנגח אינו קשור לתותח אלא לצריח, דבר המחייב הבאת התותח לפני נגיחה בכל ירי, למצב זייתי קבוע (כ-7°). זאת על-מנת להקביל את ציר הקנה וציר הנגח. התותח מותקן בפתח הקדמי של הצריח, באמצעות שני אצילים ממוסבים. מכלל הקנה מותקן בתוך עריסה הכוללת את מנגנון הרתיעה, המנגנון מטיפוס הידרו-פנימטי מורכב מזוג בלמי רתיעה, מחזיר ובלם החזרה, המבטיחים בלימה מבוקרת של כוחות הרתיעה, והחזרה של התותח לאחר רתיעתו ובליימת הזעזוע שעלול היה להיווצר בסוף מהלך החזרה. בלם הלוע המותקן בקצהו הקדמי של הקנה נועד להפחית את עומסי הרתיעה בשיעור של 40%. מפנה הגזים המותקן מאחורי בלם הלוע מבטיח שלא יפלטו, עם פתיחת הסדן, גזים רעילים שהם תוצרי שריפת החומר ההודף אל תא הלחימה. בעית פתיחת הסדן באופן אוטומטי נפתרה בתותח זה באופן בלתי שגרתי. זאת בשל העובדה שהסדן בורגי ומקשה שימוש בפתרונות מקובלים. הממסרת האוטומטית למחצה כוללת לוח, הקבוע מעל הסדן בו מועבד חריץ לוליני. כאשר התותח חוזר לאחר ירי, משתלב אל החריץ הלוליני זיז הקבוע בקצה ארכו-בה המחוברת לגל הפעלת הסדן. התנועה המאולצת של הזיז במסלול הלוליני גורמת לפתיחת הסדן.

לסיכום, התומ"ת M-109 איננו כלי שהכניס מהפכות במערך הארטילרי של צה"ל. אך מבנהו המודרני, מנגנוני ההפעלה המשוכללים והמרחב בתא הלחימה ותכונותיו הטקטיות האחרות הופכים אותו לאמצעי לחימה שבהחלט אין לזלזל בו. חזקה על צה"ל שידע להתגבר על מגבלותיו. □

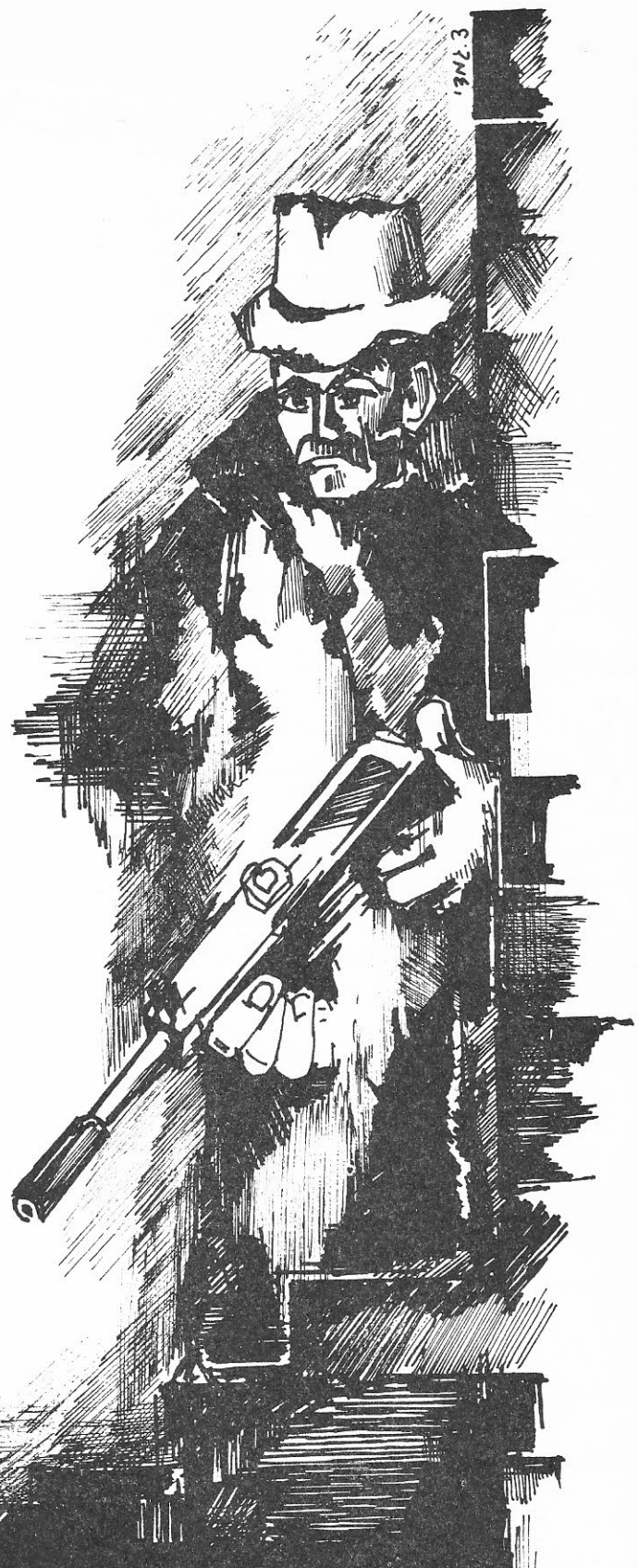
על-אף שהאמות הכריזו על משתיק-קול לנשק-קל כמכשירים בלתי-חוקיים, מופעלים הם עדיין על-ידי סוכנים חשאיים וביחידות של הכוחות המזוינים, כאשר הנסיבות מחייבות שימוש בנשק „שקט“ שקליעיו נורים במהירות נמוכה. איסור השימוש במשתיק-קול בא במטרה להגן על מנהיגי הממשלות מפני רצח. אולם, הוצאת מכשירים אלה מחוץ לחוק לא תרמה, אף במעט, להגבלת תכנונם וייצורם של אבזרים חשאיים אלה. למעשה, היא המריצה את המתכננים לייצר משתיק-קול זעירים ויעילים יותר. על-אף שמשתיק-קול הם אבזרים המיוצרים בנקל, ומופעלים על-ידי כוחות זורחיים וצבאיים, הרי שעד לפני זמן קצר לא ידע כלל „האזרח הרגיל“ כי כלי-נשק בעלי משתיק-קול מסייעים בידי „ממשלות הצללים“.

בשנת 1966 הפכו מכשירים אלה גלויים, ורארה"ב נאלצה להודות, כי כלי-נשק „שקטים“ מהווים חלק ממלאי הנשק של צבאה. הודאה זו נמסרה, לאחר לכידתו של טייס מטוס הביון U-2 פרנסיס גארי פאוארס, על-ידי כוחות סובייטיים. הסובייטיים פרסמו תצלומים המראים, בין יתר פרטי „ציוד התושיה“ של הטייס, אקדח דגם HDM בעל קליבר 0.22 מ"מ והמצוייד במשתיק-קול.

מעלותו של נשק „שקט“ מובנות מאליהן, ובמיוחד לאנר-שיצבא. אפשר אמנם להרוג זקיף או כלב-שמירה, בכל אמר-צעי קטלני אחר, אולם קשה לארוב לאויב, בטווח קטלני, מבלי שתיתן אזעקה. נשק „שקט“ עשוי לפתור בעייה זו, ויהיה גם לעזר-רב בתקיפת עמדה קדמית מבודדת, בלא לחשוש מפני אזעקת העמדות האחרות.

משתיקי הקול הנפוצים ביותר, הם גירסות שונות של משתיק-קול מסוג „מקסים“ המיוצרים על-ידי Guide Lamp Division השייכת לחברה האמריקנית General Motors עבור התרמקלע M-3.

כדי להבין את אופן פעולתו של משתיק-קול, יש להסביר בראשונה מהו הקול אותו יש להשתק. רעש הנוצר כאשר נפלטת ירייה מנשק-חם, מורכב בדרך-כלל מקול הגזים הנפ-לטים, ומקול הקליע „החותך“ את האויר.



מתוך : ORDNANCE

נשתיק-קול לנשק-קל



אקדח אמריקני אוטומטי-למחצה, בעלי קליבר 0.22 אינץ'. באקדחים מסוג זה צוידו טייסי מטוס הביון U².

רעש הירי או הדף הלוע, הוא תוצאת הגזים הנוצרים בעת פיצוץ אבק-השריפה. גזים אלה משתחררים במהירות השווה לזו של השתחררות הקליע, אולם בשל נפחם, הגדול בהרבה, רבה „פגיעתם“ באויר פייכמה וכבדה בהרבה מפגיעת הקליע באויר. התנגשות מסת הגזים באויר יוצרת את קול הנפץ.

העובדה כי קליע ה„חוצה“ את האויר יוצר רעש אופייני לו מובנת וברורה, אולם רק מעטים מבינים כי לא ניתן לשתק את קול הציית הקליע. זאת בשל מהירותו, העולה על מהירות הקול — 305 מטר לשנייה לערך.

הרעש הבלעדי שניתן לבקרו בנקל, הוא הקול שיוצר הנשק עצמו. ניתן לבקר את קולו של הקליע במעופו, על-ידי הגבלת מטען אבק-השריפה, או על-ידי הכוונת הגזים דרך פתחים בקנה לתוך תאגזים.

ת

כנון נשק-חם „שקט“ למטרות צבאיות, הוא נושא מורכב ביותר, משום שיש להתחשב בתנאים רבים. הנשק החם „השקט“ האידיאלי, חייב לענות על הדרישות הבאות:

- עליו להיות כשיר לירי מדויק בכל תנאי ההפעלה.

- עליו להיות קל, ככל האפשר, אולם בעל כובד המסייע לציביותו.

- עליו להיות מהימן, אף בתנאים הגרועים ביותר.

- עליו להיות מופעל על-ידי תחמושת תקינה.

ב

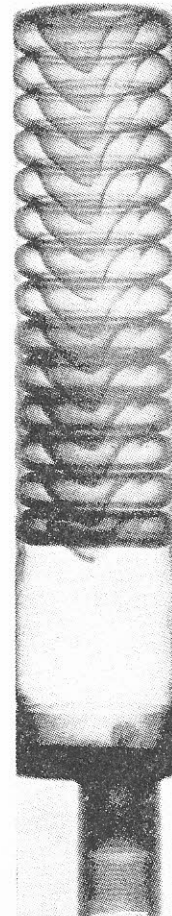
בציור 1, ניתן לראות רדיוגרמה של משתיק-קול מסוג „מקסים“. בציור נראים סלילים פנימיים הגורמים לגזים הנפלטים „תנועת-ערבול“, ועל-ידי-כך „מפריעים“ לגזים להשתחרר לתוך האויר. זוהי התצורה הבסיסית של רוב משתיקי-הקול, ומרבית המתכננים מחקים אותה. בתכנונים אחרים מפעילים קפיצים ודיסקות המשמשים כ„מלכודות“ גד, אולם אלה אינם מומלצים לשימוש צבאי.

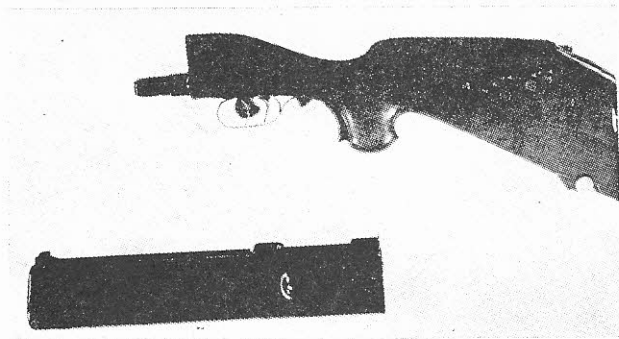
ללא הבדל בסוג הנשק החם המופעל, הרי נקבעת התוצאה הסופית על-ידי יעילותה של התחמושת. אפקט זה, מכונה „בדרך-כלל“, שוצמת העצירה. ככל שהקליע כבד ומהיר יותר, כן יגדל אפקט הנזק שלו. חלפו ימיו של „כדור מיניה“ (Minié ball) האטי, בעל קליבר 0.69 מ"מ. עתה מושם הדגש על מקדמי המשקל של הכדור, על צפיפות החתך ועל המהירות, אשר שילובם יחדיו יוצרים, בתוך רקמות הגוף הנפגע, תגובה ראשונית זעירה יותר (המוגעת התחלתית) ותגובה משנית הרסנית יותר (אפקט הנפץ).

ק

בוצה אחת של קליעים, השונים מנתוני הניתוח שצוינו לעיל, כוללת את הקליע האמריקני בעל קליבר 0.45 ואת הקליע הבריטי 0.445 לשניהם מהירות ממוצעת של 280—230 מטר לשנייה. כל זאת תוך שמירה על משקל כדור העולה על 13 גרם. נתונים אלה אידיאליים לנשק-חם „שקט“ שבו, כאמור לעיל, צריכה מהירות הקליע להיות נמוכה ממהירות הקול. כדי להסב נזק רב ככל האפשר, על הקליע, למטרות צבאיות,

צילום רנטגן של משתיק-קול „מקסים“.





משתיק־קול המותקן בתת־המקלע הגרמני „שאלדמפפר” בעל קליבר 9 מ"מ המתפרק לשני חלקים. תת־מקלע זה יוצר בכמות מוגבלת עבור המשטרה החשאית.



משתיק־קול צרפתי המוצמד לאקדח „בראונינג”.

ה יות ולכל ארץ יש נשק־חם מיוחד מתוצרתה, הרי שהיא אף מפתחת משתיק־קול התואמים לנשק זה. כלי הנשק ה„שקטים” הבאים, מדגימים בעיקר את הארץ שיצרה אותם: משתיק־קול אמריקני — מותקן באקדח אוטומטי־למחצה, בעל קליבר 0.22. באקדח זה צוידו טייסי הביון האמריקניים.

משתיק־קול בריטי — מותקן ברובה מופעל־בריש „De Lisle” בעל קליבר 0.45. רובה זה הוא שינוי של הרובה מופעל־הבריש S.M.L.E-Mk1 שהופעל בעיקר במלזיה (ציור 3). משתיק־קול גרמני — מותקן בתת־המקלע הגרמני „שאל־דמפפר” בעל קליבר 9 מ"מ. נשק זה יוצר בסדרות קטנות עבור המשטרה החשאית (ציור 4).

משתיק־קול צרפתי — מוצמד לאקדח בראונינג אוטומטי־למחצה, באמצעות תקע מסוג „ביונט” (ציור 5).

א לה הם רק דגמים ספורים של כלי־נשק „שקטים” המיוצרים עבור כוחות הצבא והכוחות החשאיים. בעת כתיבת מאמר זה, מופעלים כלים אלה על־ידי כוחות הוואט־נאם והכוחות האמריקניים. הכלים הנמצאים בשימוש במערכת הוואט־נאם כוללים: משתיק־קול צרפתיים שנלקחו שלל, משתיק־קול המיוצרים בג'ונגלים ואקדחים המצוידים במשתיק־קול תוצרת סין. □

להיות מיוצר מעופרת בעלת עטיפת נחושת וצפיפות התך שתסב נזק מקסימלי.

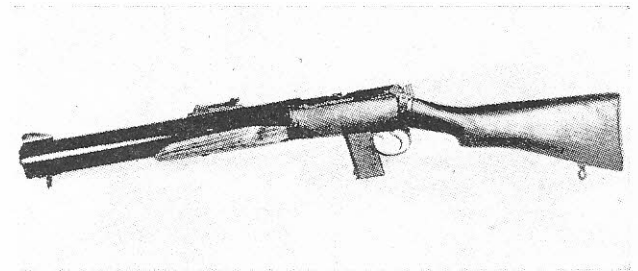
ה ארצות שהצטיינו בפיתוח משתיק־קול, החל מהתקופה שקדמה למלחמת־העולם־השנייה הן: גרמניה, ארה"ב, אנגליה וברית־המועצות.

בגרמניה, החל המרוץ להמצאת „נשק עילאי” כאשר עמד הרייך השלישי להתמוטט. אחד הפריטים שנדרשו על־ידי היטלר היה, כלי־נשק־חם, יעיל ו„שקט”. מרבית משתיקי הקול הגרמניים יוצרו על־ידי מפעלי הנשק „ולטר”, או במפעלים אחרים שקיבלו רשיון ייצור מטעמו.

הרוסים, „העתיקו” את משתיק הקול הגרמני הבסיסי „שאל־דמפפר”, שהופעל בחזית הרוסית כבר בשנות המלחמה הראשונות. משתיק זה, שיוצר לאחר־מכן ב־בריה"מ, הפך לחלק מצוידו של רובה הצלפים דגם 91/30.

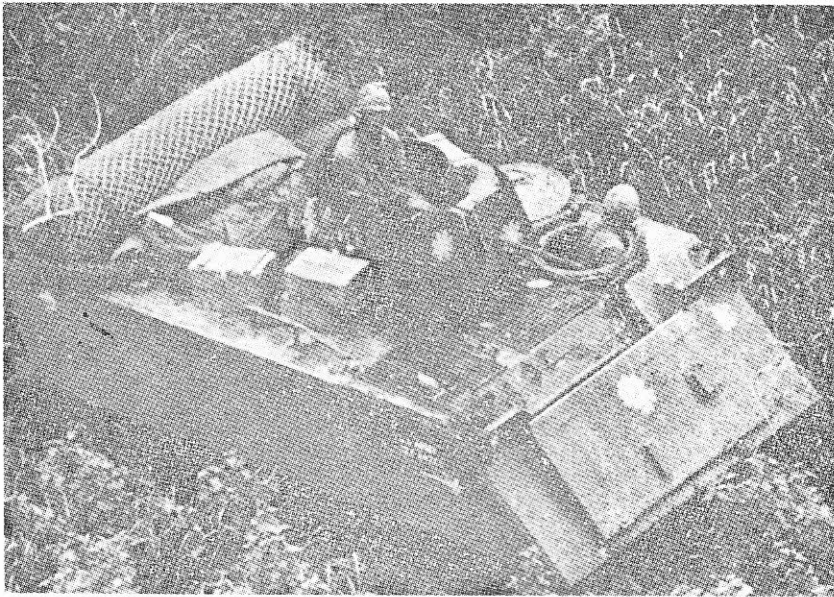
בעוד פעילות זו נמשכת ב־בריה"מ, שאפו הגרמנים „לתפוס” אחד ממקלעי הסטן הבריטיים שהיו מצוידים במשתיק־קול. נשק זה, שיוצר על־ידי הבריטים, כונה MK 2S ו־MK 35. הגירסה הגרמנית כונתה „Gerat Potsdam”, ויוצרה בכמויות גדולות. כלים אלה נלכדו אף הם בידי כוחות בנות־הברית וסופקו לכוחות המחתרת ההולנדית.

כל הארצות ייצרו כדורים מיוחדים כדי „להשתיק” ביתור יעילות את כלי הנשק, תוך צמצום מהירות הקליע. לכדורים אלה היה אפיון אחד משותף — על תרמיל הכדור הוטבע, בצבע ירוק, מספר צופן שצייין כי התחמושת הינה „שקטה” וניתנת לשימוש רק בכלי־נשק חם המצויד במשתיק־קול. ציינו כי כדי „להשתיק” נשק־חם ביעילות, יש להגביל את מהירותם של הגזים הנפלטים, עד שתפחת ממהירות הקול. נוכח סיבה זו קשה, ואף כמעט בלתי־אפשרי, להשתיק לחלוטין את קול ההדף שיוצר האקדח בגלל השטח בין התוף לקנה האקדח.



משתיק־קול המותקן בקרבין הבריטי „De Lisle”, בעל קליבר 0.45 מופעל בריח והכולל מנגנון מוטב של הקרבין S.M.L.E-Mk-1 שהופעל בעיקר במלזיה.

גדר הגנה נגד פצצות מיטול



האבידות. רק פצצת ה-R.P.G, אשר בכינון טוב מסוגלת להשמיד כיתת רובאים, נותרה בגדר בעיה. נגד נשק זה יכולה לעמוד הרשת, אך כיוני הרשת בפי החיילים האמריקניים הוא „מסנן R.P.G“.

נגמ"ש לא ייחשב כיום כמוכן למב-צע אם לא יזוודהו במערכת „מסנן R.P.G“. מערכת זו כוללת 15 מט-רים של גדר-רשת בגובה 2.50 מטר הנמצאת מלפנים ה-נגמ"ש ומצדדיו בצורת V, משקלה הקל ופשטותה מאפשרים התקנתה בדקות ספורות. יתרונה של הגדר הוא בכך שהיא גורמת לפיצוץ מוקדם של פצצת המטען החלול, ועל-ידי כך מתפזר האפקט הקטלני שלה.

לאחר ההתקפה, נותרו פצצות R.P.G על הגדר ונפערו בה חורים, אך נזק ממשי לכלי הרכב לא נגרם. לאחר התקפות אחדות כבדות, היה צורך להחליף את הגדר, אולם היה זה מחיר זול לעומת יעילותה.

באמצעות בונגלורים, אולם כל זאת היה לשוא.

כשלוך ההתקפה של הצפון ויאט-נא-מים נגרם עקב השימוש שמצאו ה-אמריקנים לגדר מרושתת, הידועה בשימושיה הביתיים. הניסיון הרא-שון לשימוש בגדר להגנת כלי-רכב משוריינים הוכיח עצמו כמעצור יעיל נגד התקפות אויב.

ציוד הלחימה שבו השתמש האויב בהתקפותיו כלל: רובה-סער AK-47, מקלע-קל R.P.D — 7.62 מ"מ, מקלע-כבד S.G.M 7.62 מ"מ מקלע כבד D.S.H.K 38/46 — 12.7 מ"מ, מטולים R.P.G-2, R.P.G-7 ומרגמה 82 מ"מ M-1937.

כדי להגן על יחידה ממונעת בהגנה סטטית, בפני כל הכלים שהוזכרו לעיל, פרט למטולים, יש כמה אמצעים. ה-נגמ"שים מגינים בפני נשק אוטומטי ומרגמות. בונקרים הב-נויים כהלכה מקטינים את שעור

כאשר כוחות צפון ויאט-נאמיים ניו-סו, בספטמבר 1968, לתקוף עמדת חניית-לילה של כוחות אמריקניים, הם מצאו את עצמם עומדים נגד משהו השונה מאמצעי ההגנה הר-גילים של האמריקנים. במשך תשעה ימים, תקפו הצפון ויאט-נאמים ארבע פעמים, הם הסתייעו במר-גמות, מקלעי R.P.G, כלי-נשק או-טומטיים ולאחר מכן הסתערויות עזות. הם ניסו לעבור את גדרי ה-תיל באמצעות סולמות ולפוצצם

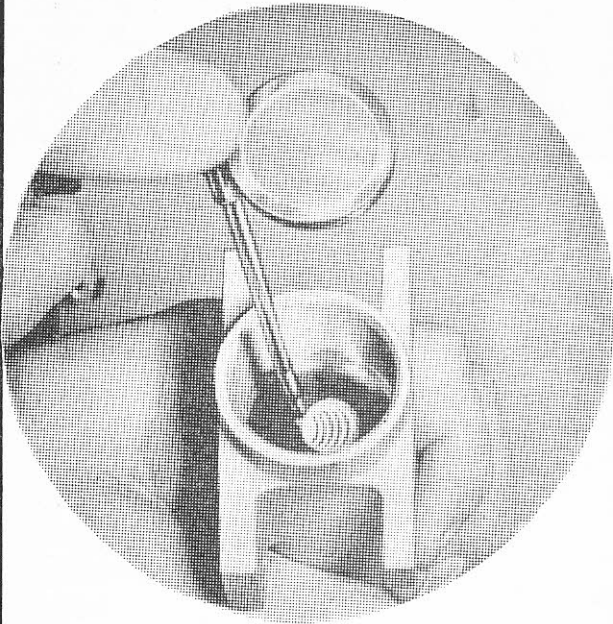


אחרי התקפות רבות עם מטולי R.P.G, נמ-צאו על גדר הגנה פצצות (ראה חץ) וחורים רבים נפערו בה.

מתוך: Armor

Allen

ציווד בקרה אופטי



מערכות מיוחדות

- * לתעשייה האווירית * לאלקטרוניקה
- * לבדיקת מגוועים, * לתעשיית הטכסטיל
- * וגופי מטוסים. * לתעשייה הכמיקלית
- * להנדסת אגיות * לתעשיית תרופות ומזון
- * וכל כלי שייט * לתעשיית הרכב
- * לבקרת טנקים * למכוננים מדעיים.
- * וכלי ירייה

Look...INSIDE with ALLEN

סוכנים בישראל:



אליעזר סקר בע"מ

חיפה, דרך העצמאות 33, ת"ד 91, טל. 41177

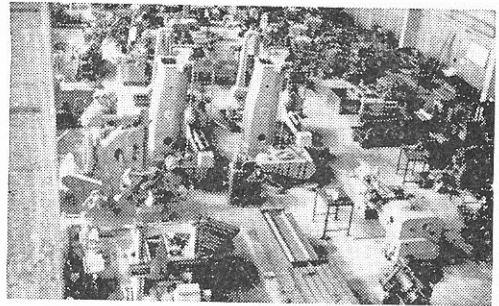
פרסום שפי חיפה



מנחם אורמן

ושות' בע"מ

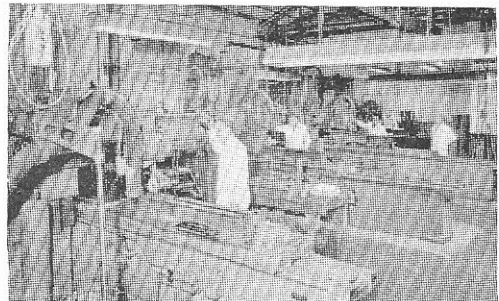
אזור תעשייה יהוד.
ת.ד. 56, מל. 759759



קניה ומכירה של מכונות בענף המתכת: מפעלנו שמח להודיעכם כי רכש מלאי נוסף של 150 מכונות עבוד שבבי חדישות וצוד עזר נוסף.

השחזה מדוייקת:

1. כמו כן מעמיד מפעלינו לרשות לקוחותינו מחלקת השחזה מדוייקת לגופי מכונות, מובילי מהרסות וכו' עד — 5 — מ' אורך.
2. השחזה עגולה של מיסבי כזוריים וטבעות עד ל — 3 מטר קוטר.
3. מחלקת השחזה עגולה במכונות מדגם CINCINNATI אוניברסליות להשחזה עגולה.



- ⊙ שפוף ובנית מכונות בציווד מיוחד חדיש.
- ⊙ עבוד שבבי כבר בכרסום — חריטה — הקצעה.
- ⊙ העברה והרכבת מפעלים.
- ⊙ בצוע בדיקות שלזינור למכונות בענף המתכת.

הלייזר בשירות התעשייה

מרכיב נכבד בכלי העזר העומדים לרשות התעשייה. שלא כלייזר האודם, מעורר סוג זה של לייזרים באמצעות מתח חשמלי. הסיבה העיקרית שלייזר זה מתפשט בחוגי התעשייה היא מהירות פעולתו. לייזר האודם ואפילו לייזר ה-YAG, אינם מסוגלים להדביק את קצבי העבודה המתאפשרים עם לייזר ה- CO_2 . ה- CO_2 , מסוגל לספק נצילות של 25%, בעוד שניצולות לייזר האודם הן 1%–3% ואילו לייזר ה-YAG עשוי להגיע לכדי 10%.

הלייזר הקטן ביותר מבין שלושת הסוגים הבסיסיים, הוא הלייזר המוליך-למחצה המורכב מ"סנדוויץ". כאשר שני ה"חלקים המנוגדים של ה"סנדוויץ" נמצאים במתח חשמלי, מוקרנת אנרגיה ממקום החיבור של שני החלקים. האנרגיה ה"מתקבלת עשויה להיות בצורת אור נראה או אור תת-אדום בלתי-נראה. סוג זה של לייזר אינו משמש למטרות עיבוד. מעבדות הלייזרים ב"ארה"ב, מפתחות כיום יחידות לייזר בעלות נצילות גבוהה ביותר. לאחרונה פיתחה חברת "סיל" בניה" לייזר-גז בעל עוצמה גבוהה, הניתן להצבה על שולחן. הן הלייזר — Gas Transport "Laser", מספק הספק רציף בגודל של קילורואט. המפתח ליחיד זה החדשה הוא השימוש בקי"רור. הודות לטכניקה החדשה המושגת על קירור מאולץ אין עוד

תוך פחות מ-10 שנים, "יצא" הלייזר מתחום המעבדה ו"נכנס" לשלבי ייצור, באמצעות הלייזר פותח דור חדש של כלי-ייצור. בתחומי עבודה רבים כגון: חיתוך, קידוח, הקצעה וריתוך, צפוי ללייזר עתיד נכבד והוא עשוי להיות לעזר רב. יתר על כן, אפילו דוגמות שטח (surface designs) ניתנות לביצוע על-ידיו. כן חודר הלייזר לתחומי המדידה המדויקת, הבחינה והבקרה.

הלייזר התעשייתי

כיום נמצאים בשימוש שלושה סוגים של לייזר למטרות תעשייתיות. שני סוגים לעיבוד או ריתוך מתכות, ואילו סוג שלישי משמש בעיקר למטרות מדידה ובדיקות. הלייזר השימושי הראשון שיבנה, היה לייזר האודם (ruby) והוא עדיין נמצא בשימוש נרחב. לייזר זה הוא המוכר ביותר מבין כל הלייזרים הגביריים שהם היחידים, מתוך כל אותם לייזרים מסחריים, המיוצרים באמצעות הבהק אור. על סוג זה נמנה אף הלייזר הקרוי YAG (Yttrium, Alu-) minum, Garnet) שלאחרונה הוגבר השימוש בו במידה ניכרת. סוג נוסף של לייזר הוא הלייזר זר CO_2 (Carbon dioxide), השייך למשפחת הלייזרים של המצב הגזי. לאחרונה רבה ההתעניינות סביבו שכן, לפי דעת מומחים רבים, עתיד הוא לשמש

במאמר הראשון (חוברת 41), עמדנו על עקרונות פעולתו של מכשיר הלייזר, סקרנו שטחים אחדים בהם בא הלייזר לידי שימוש. מאמר זה, מתאר שטחי תעשייה נוספים המסתייגים עם בלייזר. לנוכח התפתחותה המהירה של הטכנולוגיה, ופיתוח מכשירי לייזר משוכללים יותר, אין לראות במאמר זה "סוף - פסוק".

בזו היתר ניתן לציין שהכלי החותך אינו נוגע כלל בחלק הנחתך, ולכן אין כל צורך בניקוי או בהשחזה. נוסף על כך, אין איזור העיבוד מושפע מחום.

נציין להלן שימושים אחדים בתעשייה, המסתייעים במכשירי לייזר. מיום ליום גודלת רשימת השימושים, זאת בעקבות פיתוח מכשירי לייזר משוכללים. בעתיד יתפוס הלייזר מקום מרכזי בכל ענפי התעשייה.

חיתוך — חיתוך רגיל של מיגוון חומרים, הפך כבר להס-טוריה, עבור המשתמשים בלייזר. התעשייה האלקטרונית היתה הראשונה שראתה בלייזר כלי-עזר רב-שימושי בחיתוך. לדוגמה, הלייזר הוכיח עצמו על הצד היותר טוב בעיבוד נגדים לערך הדרוש. נסביר זאת: נגד רגיל מורכב משכבות מתכתיות דקות ביותר המותקנות על-גבי מצעים קרמיים או חמרניים. הלייזר חותך את הנגד למידה הדרושה ומביא אותו לערכו הרצוי. אחת המערכות שתוכננה במיוחד למטרה זו על-ידי חברת „תיקרוניקס“, הוא מתקן מבוקר-סרט. תוך 0.5 שניות מסוגל לייזר ה-YAG להביא לערך הדרוש נגדים בעלי קרום דק, עד כדי $\pm 0.5\%$ של ערך נקוב. הן לייזר ה-YAG והן לייזר ה- CO_2 הולמים סוג זה של שימוש. אף סימון על-ידי חריטה באמצעות לייזר, הוכח כיעיל בחיתוכם של מצעים קרמיים ושל מצעי זכוכית הנועדים לשימוש בעת ייצור מעגלים משולבים (Integrated Circuits). הלייזר מנקב סידרת חורים זעירים בתוך לוח גדול, אשר אינם חודרים אל המצע, לאחר מכן שוברים את הלוח בהתאם לסימונם של החורים. הסיבולות אמורות להיות מספיקות לשימוש זה.

לפני זמן קצר, פורסם על תהליך של שבירה מבוקרת. לפי דברי המפרסם, ניתן להפריד הודות לתהליך זה, חומרים שבירים כגון: חומרים קרמיים, זכוכית, קוארץ חד-גבישי וספיר. התהליך מתבצע באופן הבא: קרן הלייזר מחממת את פני השטח, ומתרכזת בנקודה כלשהי. באופן זה נוצר לחץ, שבעקבותיו מתבצעת שבירה מבוקרת מוגבלת. ההפרדות

צורך להשתמש בשיטת הפיזור המקרי של החום, שיטה אשר הגבילה את העוצמה ל-50 ואט/מטר. הלייזר החדש מספק 1 קילואט/מטר וחברת „סילבניה“ מקווה להכפיל עוצמה זו. גם אוניברסיטת „קורנל“ טוענת, כי השיגה התקדמות חשובה במאמציה להעלאת היחס עוצמה/ממדים. לא מכבר בישר מדען מאוניברסיטת „קורנל“ על פיתוח שני לייזרים כימיים טהורים. לייזרים אלה, פועלים ברציפות ללא מקור אנרגיה חיצוני. התפוקה מבוצעת אך ורק הודות לאנרגיה, המשוחררת באמצעות תגובות כימיות. בהתאם לדברי דובר אוניברסיטת „קורנל“, הרי שביטול מקור האנרגיה החיצוני, הופך את הלייזרים החדשים למועמדים ראשיים למערכת נישאת (portable). הלייזר החדש, עשוי לפעול ברמות עוצמה הגבוהות מאלה של הלייזר CO_2 , והוא נועד אף לספק נצילות הגבוהה ב-50%. לא הכל תמימי דעים שאמנם עתידים „סופר-לייזרים“ אלה, להחליף בעתיד הקרוב את ה- CO_2 , וזאת משני טעמים:

● מומחי „קורנל“ טוענים שהלייזר החדש שלהם ישולב לבסוף בשימושים תעשייתיים רגילים.

● דובר של יצרן מכשירי CO_2 מצביע על העובדה, שקיימות עדיין בעיות רבות בלייזר החדש, הדורשות פתרון. לדוגמה: אחד מהחומרים הכימיים הוא גז פלואור אשר קשה מאוד להתסינו ולטפל בו. חומר כימי אחר הוא תוצר של דויתריום אשר מחירו יקר.

מי יצדק לבסוף? מוקדם עדיין לקבוע. ההסטוריה של התפתחות הלייזר, רצופה הפתעות. הבלתי-אפשרי בימינו, עשוי בהחלט להיות מציאותי בעתיד.

מדוע לייזר?

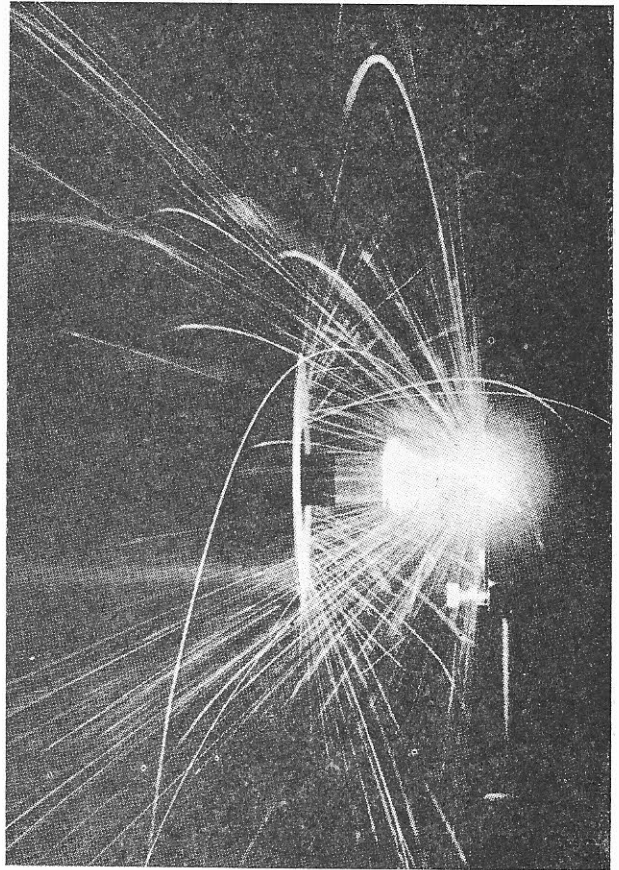
יתכן שגורם נכבד אשר תרם לגילויי ההתעניינות בשטחי ריתוך וקידוח חומרים, הוא יכולתו לבצע פעולות במחיר נמוך ובמהירות רבה, העולה על זו שבטכניקות מקובלות. קיימים יתרונות נוספים המטים את הכף לזכות השימוש בלייזר.

במהירות גבוהה מבוצע מזה זמן, כאשר הלייזר מאדה חומר לצדדים, בעוד שהחלק סב על מכונת האיזון.

בשיטות המקובלות אין כל אפשרות לאזן את החלק כאשר הוא סב במהירות. השיטה המסתייעת בלייזר, מהירה ומדייקת והולמת להפליא עבודות ייצור.

חברות אחדות חוקרות את אפשרות התאמת הלייזר ל"ניקור" שאריות יציקה מחומרים פלסטיים. כיום מבוצעת עבודה זו בעיקר ביד. יצרני המכונות מעוניינים לאמץ לעצמם שיטה זו, ולצרף לה שימושי ייצור נוספים. יצרני המכונות מנצעים אמנם מלגות פרטים על שימוש בקרן לייזר, אולם ידוע כי כמה מיצרני המכונות הגדולים, מיישמים כבר את הלייזר בתהליכי הייצור.

אפשר גם להשתמש בלייזר לשם צריבת צילום, שכן הוא מסוגל להסיר את הציפוי בדיוק רב ובמחיר הנמוך מזה המושג בתהליכים המקובלים.



בציר נראה לייזר אודם בעל אנרגיה גבוהה, בעת פעולת קידוח. במרכז מטר הניצוצות מתהווה, עליידי איזור בלוח פלדת אל-חלד, מכתש בקוטר של 0.020 אינץ'.

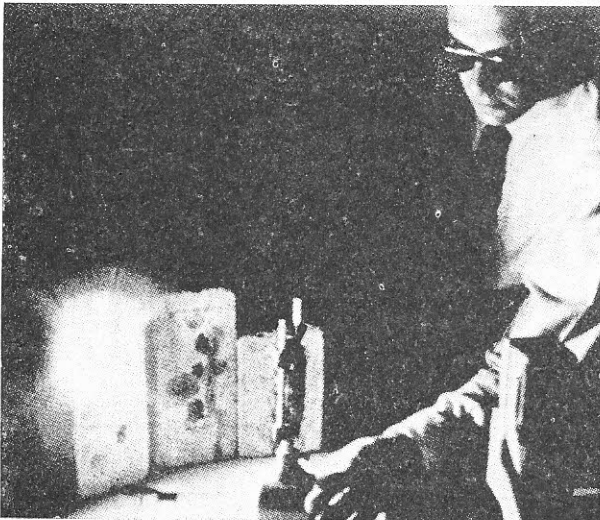
נעשות בדיוק של 0.025 ס"מ לערך מקו ההפרדה שנקבע, ובקצב של 3 מטר לדקה לערך. משערים שתהליך זה יחליף את הטכניקה המקובלת של ביקוע יהלומים. קו ההפרדה יכול להיות בכל צורה שהיא, ואינו מוגבל למישור מסוים. עד לאחרונה השתמשו לעבודות עיבוד בלייזרים מידפקים (Pulsed Lasers) בלבד. בעיקר בשל כושרם לייצר כנדרש את ציפיות האנרגיה הגבוהה.

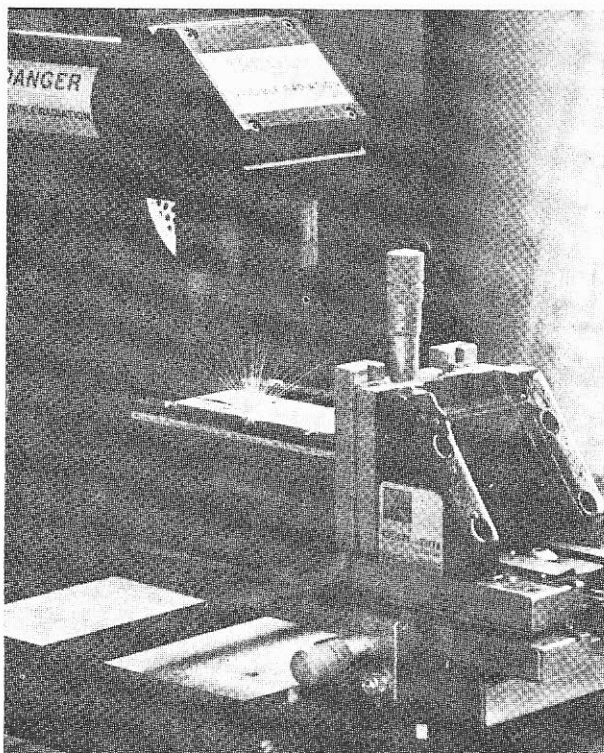
לאחרונה פיתחו מעבדות "Coherent Radiation" תהליך מעורב של חיתוך בעזרת לייזר. תהליך המתבסס על לייזר-גל-רצוף המסתייע בחמצן. הלייזר מחמם את המתכת עד לנקודה בה יכול החמצון להתחיל בפעולה. בהמשך, מספקת הקרן חום נוסף לשם קיום החמצון באופן, שסילון החמצן יוון ברצף פות עד לרגע החיתוך. תהליך חדש זה הוכיח עצמו בחיתוך מתכות קשות ביותר. טיטניום לדוגמה, שעוביו 6 מ"מ, נחתך בקצב של 2.8 מטר לשניה. עד לפיתוח תהליך זה, היה גבול העובי המקסימלי 6 מ"מ, זאת בגלל שבלייזר ה- CO_2 , בעל אורך גל של 10.6 מיקרון, עוררה ההחזרה בעיה חמורה. יש להעיר כי בעיה זו לא היתה קיימת בחומרים בעלי מקדם ההזרה נמוך. עץ, ו-Lucite עד עובי של 20 מ"מ, נחתכו בעזרת לייזר 70wCW בלבד.

שטח האלקטרוניקה הוא רק תחום אחד מבין יתר התחומים שבהם הוכיח הלייזר את עצמו כבעל ערך ניכר. איזון דינמי

קידוח — הקידוח מייצג שדה פעולה נרחב ביותר עבור הלייזר. לייזר בעל עוצמה מספקת מסוגל לקדוח כל חומר במהירות כזו שאין כל אפשרות להתחרות בה בשיטות אחרות. מקדח-לייזר הוכיח כבר את עצמו בקשת שימושים רחבה. התהליך — מהיר, וקצב של מאות אחדות חורים לדקה הוא סביר בהחלט. עומקו של החור אינו מהווה יותר בעיה, כפי שהיה עד כה. באמצעות הלייזר CO_2 לדוגמה, המסוגל לספק אלפי דפקים (Pulses) לשניה, ניתן לפגוע באותה נקודה כמה וכמה פעמים עד אשר מושג עומק החור הדרוש. בשל חוסר האפשרות למנות את כל שימושי הקידוח האפשריים באמצעות הלייזר, נציין דוגמות אחדות בלבד, המבליטות את טווח השימושים הנרחב. חורים במוצצים לתינוקות; חורי-ריק (ואקום) במבלטים שעוצבו בעיבוד חשמלי; חורים בצינורות סיבי זכוכית בעלי דפנות דקים; חורים במיסבי אבני-אודם לשימוש בשעונים; חורים בחלקים מוקצפים;

בציר נראה לייזר CO_2 של חברת "טילבניה". זהו הלייזר בעל המימדים הקטנים ביותר ועוצמתו גבוהה מאוד. הלייזר כאן מחמם גוש רמץ עד ללהט. הלייזר מסוגל לייצר טמפרטורות הגבוהות פי שלוש מאלה הקיימות על-פני השמש.



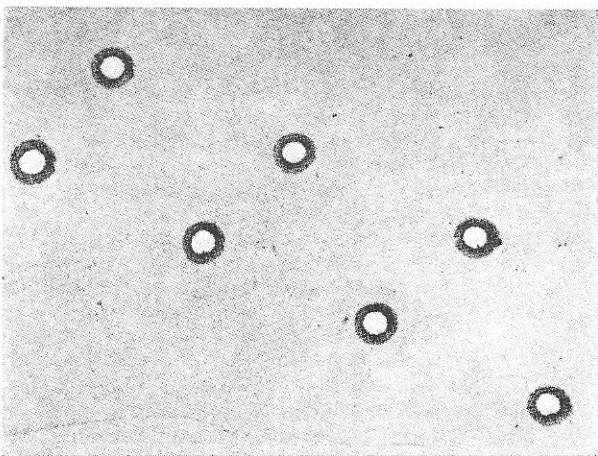


בציור נראה לייזור המיוצר על ידי חברת "Perkin Elmar". לייזור כאן מבצע פעולת חיתוך. באמצעות לייזור ניתן לחתוך מתכות שקשה או בלתי אפשרי לחתוךן בשיטות אחרות.

העקת מיקום נמדדת בנקל על ידי מתקני לייזור, כמו למשל מכונות המיועדות לבקרת סימוניהן של מכונות כלים, מבצעות זאת בדיוק של ± 0.00001 אינץ'. מתקנים רבים מסוג זה מחוברים למחשב.

מכשירי לייזור רבים משמשים לבדיקת מערך ישר של מבנים המשתרע על פני מרחקים, החל מסנטימטרים בודדים בלבד וכלה ב-30.5 מטר. מכשירים מעין אלו הוכיחו את עצמם כיעילים ביותר, למשל ביישור שלדות מטוסים ענקיים.

חומרים בלתי מוליכים ניתנים לעיבוד בהצלחה באמצעות לייזור. בציור נראה פט "מיילר" בעובי 0.010 אינץ' קוטר החורים 0.012 אינץ', הסיבולת היא 0.010 — ± 0.003 . מערכת לייזור מסוגלת לנקב חורים בקצב של 10,000 לדקה.



חורים פורקי-לחץ במגופות-לחץ; חורים לקליטת תיל-מחזיק באומי פליז; חורים בכפתורי ניילון; חורים בפיות של מכלי ריסוס (ארוסולים).

עד כה ניתן היה לקדוח באופן רגיל רק חורים קטנים (0.05—1.0 מ"מ). לאחרונה פותחה, על ידי חברת "לייזר סיסטמס", מערכת אופטית חדשה, אשר פתרה בעיה זו. עדשת "axicon" שבמערכת הופכת את קרן הלייזר הגלילית, לצורה טבעתית המסוגלת לנקב חורים בקוטר העולה על 5 ס"מ.

לנוכח שימושיו הרבים של הלייזר, זכאים אנו לשאול אם אמנם מסוגל הלייזר לקדוח ולחדור דרך כל חומר. התשובה הינה חיובית.

אולם לא בכל מקרה תהא זו הדרך הטובה לביצוע המשימה. כדוגמה בלבד נציין מקרה בו לא הוכיח הלייזר את שימושו: צרכן רצה לקדוח חור זעיר בתחתית של בקבוק תרמוס עשוי זכוכית. הלייזר לא ביצע במקרה זה עבודה מספקת. הפתרון לבעיה זו היה דווקא "יריה" לתוך הזכוכית בכדורית רגילה, כמו ברובה ציד, החור שנתקבל היה אידיאלי מבחינת הצורה והגודל.

ריתוך — השימוש העיקרי של מכשיר לייזור בעבודת ריתוך, נמצא עדיין בשטחים שאין להן מענה בתהליכים המקובלים.

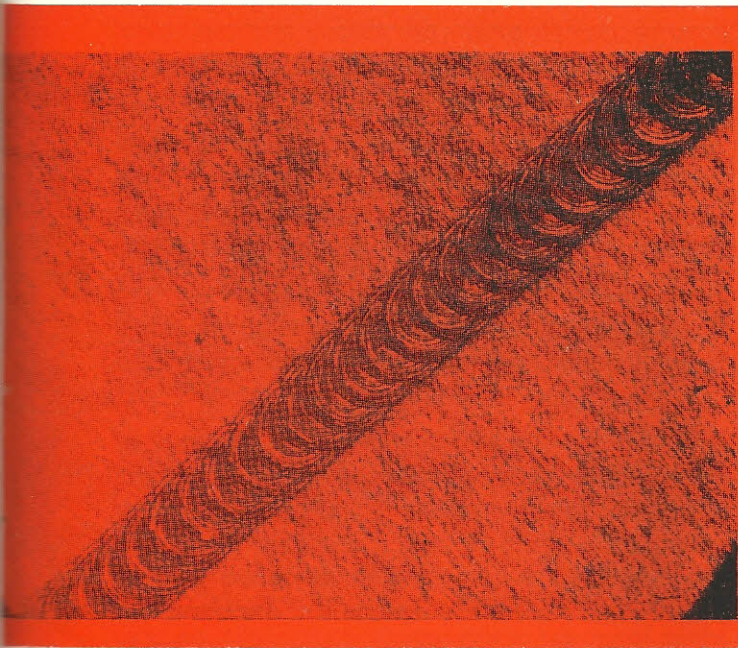
יש להטעים כי עובי החומר מוגבל בדרך-כלל ל-0.5 מ"מ, אומנם רותכו כבר בעזרת הלייזר חומרים עבים בהרבה. הן ריתוך נקודתי והן ריתוך תפר ניתנים לביצוע, אולם התוצאות המתקבלות דומות לתוצאותיהן של שיטות מקובלות. רוב עבודות הריתוך המבוצעות באמצעות לייזר, מיושמות על חלקים זעירים, במיוחד בשטח האלקטרוניקה. לדוגמה, תילים זעירים, שבמקרים אחדים כבר מוטבעים בחומר, ניתנים לריתוך בקביעות. מכסים זעירים מרותכים בריתוך תפר, רצועות פלדה אל-חלד ולהבי משור מרותכים בצורה דומה. קופסות פח אטומות הרמטית, חומרים פלסטיים מותכים יחדיו בלא כל קושי.

מדוע אפוא, מיושם הריתוך בעזרת לייזור על מספר שימושים ההולך ורב?

ראשית, חומרים רבים אינם ניתנים בשיטות אחרות לריתוך. גוה. חומרים אל-מוליכים לדוגמה, לא ניתנים לריתוך-התנגדות, אולם אפשר לרתכם בנקל בעזרת הלייזר.

סיבה נוספת ליתרונן של הלייזר היא, שהוא מסוגל להגיע למקומות שאין אפשרות להגיע אליהם בצורת ריתוך אחרת, כגון מיכלי-זכוכית התומים. כמו-כן מן הראוי להעיר כי הלייזר אינו מזהם את החלק המרותך, ואין איזור הריתוך מושפע מהום. בעזרת הלייזר CO₂ הושגו מהירויות ניכרות. באחד המקרים רותך חומר דמוי חלתי-דבש במהירות של 46 מטר לדקה.

מדידה — על-אף העליה החדשה שחלה לאחרונה בשימוש בלייזר למטרות עיבוד, הרי שרוב מכשירי הלייזר משמשים לצרכי מדידה, בחינה ומעקב. הלייזרים משמשים בדרך-כלל בצורה המונית למדידת איבוך וספקטרוסקופיה.



בציור נראית תמונה שצולמה על-ידי חברת "Laser Systems", המראה ריתוך ב"הבר" בעובי 0.005 אינץ' כשרוחב הריתוך 0.015 אינץ'.

מכשירי לייזר למטרות מדידה ובדיקה, עשויים להיות זולים יחסית. לייזר-גז אופייני בעל עוצמה נמוכה, המשמש למטרות בדיקה ומדידה, מחירו כ-300 דולר ואולי אף פחות.

עיבוד של עשרות סוגי חומרים — מבין עשרות רבות של חומרים, מסוגל הלייזר לאייד כל חומר מוגדר ולעבד את מרבית החומרים. חומרים מוליכים ופריכים, קשים ורכים, מתכתיים ואל-מתכתיים, כולם עובדו על ידו בהצלחה. קיימות מספר הגבלות בתהליכי עיבוד מקובלים, מחמת תלותם בתכונות החומר. הלייזר לעומת זאת, תלוי בתכונות התרמיות של החומר. חומרים אחדים, כשהם גלויים לאנרגיה העצומה המשוחררת על-ידי הלייזר, בוערים, מתפחים ורותחים. דוגמות לכך מצויות בין חומרים המחזקים בסיב זכוכית, אשר לפי דברי המומחים טרם „נכנעו" ללייזר.

כללית, נקודות הרתיחה והאיוד של חומר קובעות באיזו מידה מתאים חומר זה לעיבוד בעזרת לייזר. ככל שנקודת האיוד גבוהה יותר, כן העיבוד בעזרת לייזר קשה יותר, ככל שנקודת הרתיחה והאיוד של חומר מסויים קרובות יותר זו לזו, כן קשה יותר החומר לעיבוד.

אחד מהשימושים הראשונים בלייזר היה קדיחת חורים במבלטי יהלומים ששימשו למשיכת תילים. מכל מקום, חומרים אל-מתכתיים אינם מהווים כלל חתך ייצוגי נרחב לחומרים המעובדים באמצעות לייזר. כיום משתמשים בלייזר ב-88% מכלל המתכות, אולם משקיפים משוכנעים שהיחסים עוד ישתנו במידה ניכרת, במיוחד כשחומרים פלסטיים יותאמו יותר ויותר לעיבוד בלייזר.

רשימת החומרים שעובדו בהצלחה על-ידי הלייזר ארוכה ומגוונת. בין המתכות המייצגות ניתן לציין: פלדה, פלדת אל-חלד, חמרן, פליו, קרביד-טונגסטן וניקל. כמה סגסוגות יוצאות דופן, בעלות קושיות גבוהה המכבידה על עיבודן,

מכשירי לייזר שימשו בהצלחה במדידת נקבים ארוכים בעלי קוטר קטן. בהתאם לדבריהם של חוקרי חברת „רוקוול" ניתן למדוד בעזרת טכניקה זו קוטר, עגלגלות, מיקום, זוויתיות, קוניות, חיספוס והתנגשות חורים שקוטרם מ"מ 0.25-4 ס"מ ואורכם פי 220 מהקוטר. דיוק זה אמור להיות טוב לגבי חורים שקוטרם 1.0 ס"מ בערך.

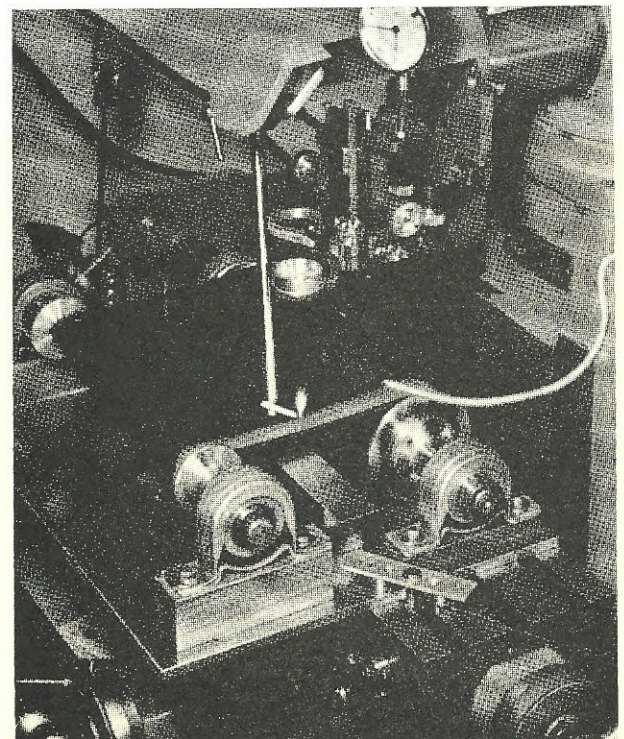
שימושים נוספים של לייזר, בעל עוצמה נמוכה, שאינו משמש למטרות עיבוד הם: מרכוז, קביעת פלסים, שיפועים, מישורים ושטחיות. כן משמש הלייזר לגילוי חסמים (obstructions) וזיהומים, מדידת החומר, עוביו ואחידות העובי.

אחת מהטכניקות של הלייזר שזכתה לפרסום נרחב ביותר היתה ההולוגרפיה (ראה „מערכות-חימוש" חוברת מס' 34). חברות אחדות משתמשות בהולוגרפיה לשם בדיקת איכות ולמעקב. באמצעות טכניקה זו אפשר לבדוק צמיגים בשעה שהם מסתובבים, וכל פגם, ולו גם הזעיר ביותר, נחשף באמצעות ההולוגרפיית הלייזר. ההולוגרפיה משמשת גם למדידת פגמים במספר רב של חומרים — סדקי התעייפות, גופים טמונים בחומר, התרות של חיבורים ופגמים שונים, וכולם מתגלים באמצעות מדידת איכות זו.

בעזרת הלייזר שופרו לאין ערוך טכניקות צילום חדשות, וניתן לצלם מאורעות במהירות רבה. אפשר כיום „לתפוס" גל-הלם בחזית חרוט, בבדיקה במערת רוח.

חברת „פורד" מצאה ללייזר שימושים נוספים כמו: תירת דגמי חימר תלת-ממדיים והפיכת הצורה לנתונים מפורטים, לשם הכנסתם לסרטי הבקרה של מכונות-כלים אוטומטיות.

ניקוב חורים בגומי הוכח כפשוט באמצעות הלייזר. בציור נראית זולאת גומי המנוקבת ב-11,000 נקבים. את הפעולה ביצע לייזר של חברת "Laser Systems".



מעובדות עתה בעזרת הלייזר. בין הסגסוגות הללו ניתן לציין: אינקונל, רֶנֶה-41, הסטאלי וטנטלום.

קרני הלייזר לחיתוך בדים

קרני הלייזר, אשר זכו עד כה לשימושים בשטחי חים רבים — מן המישור הצבאי ועד לניתוחי עיניים וניתוחי מוח, פלשו לאחרונה גם לשדה ההלבשה: היה זה כאשר הופעל המכשיר הראשון לחיתוך אריגים בקרני לייזר במפעל „גנסקו“ בעיר האמריקנית. פרידריקסבורג.

המכשיר, שמחירו נאמד בחצי מיליון דולאר, חותך כמויות עצומות של אריגים במהירות גדולה ובמתכונת קבועה מראש. החיתוך הינו מדויק ביותר, ואינו מותיר כל שיירים.

„זהו הצעד הגדול ביותר שנעשה בענף שלנו מאז המצאת מכונת-התפירה“, הכריזו מנהלי המפעל.

לפי שעה יש למכשיר החדש מיגבלה רצינית. מחירו הגבוה מאפשר את הפעלתו הריווחית רק במפעלי ענק, שום מפעל קטן, או אפילו בינוני, לא יוכל לעמוד בהוצאות. „אבל“, מתנבאים מומחי חברת המטוסים „יון“, — שפיתחה את המכשיר, „כל זה ישתנה בעתיד הקרוב, כאשר יופקו מכשירי לייזר קטנים יותר וזולים יותר“.

„ידיעות אחרונות“ מיום 19 מרץ 1971.

כמ־כֶּן גם סגסוגות אל-ברזליות כגון: מונל, פליז וארד מרותכות ללא קשיים.

על־פי עדותם של כמה רתכים, ריתכו הם כמעט כל סוג פלדה הניתן להשגה בשוק. לדוגמה — 4340 שעבר טיפול תרמי. יתר־על־כן, רתך אחד טען כי ריתך טיל Kovar בעזרת לייזר, מאחר ואין כל אפשרות לרתכו בשיטה אחרת כלשהי.

ריתוך בעמצעות לייזר כדאי במיוחד כאשר מרתכים מתכות מעורבות, כסף רותך עם חמרן מאולגן ועם בריליום. עד עתה נחשב צירוף זה כבלתי אפשרי כלל לריתוך. מומחים בנושא

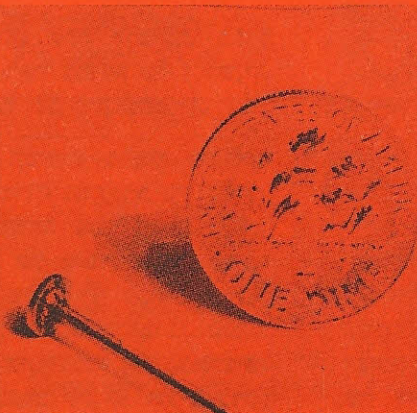
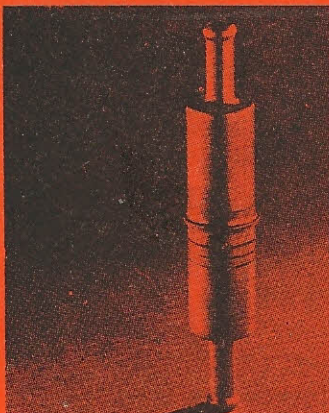
המומחים תמימי דעים ביניהם כי רשימה זו תגדל, כאשר יגבר הצורך בשיטות עיבוד חדשות של הסגסוגות העל־חדישות. חומרים פלסטיים נראים היום, כחומרים המהווים עתודה ניכרת לעיבוד בעזרת לייזר. כדוגמת מייצגות נציין את החומר האקרילי, הפוליאטילן, הניילון, הדראלין, הפוליסטרן הן המוקצף והאיצטל. חומרים נוספים זכו להצלחה חלקית בלבד, ואילו לוחות מעגלים־מודפסים על בסיס אפוקסי, לא הצליחו כלל בשימוש בלייזר, היות והם נשרפים, רותחים ומתפחמים. גם חומרים פינולים ווינילים לא נראים כמבטיחים כיום ביותר, שכן אין הם מתפחמים בלבד אלא אף פולטים אדים. אך למרות האמור לעיל, אפילו במקרים אלה הושגו הצלחות מסוימות.

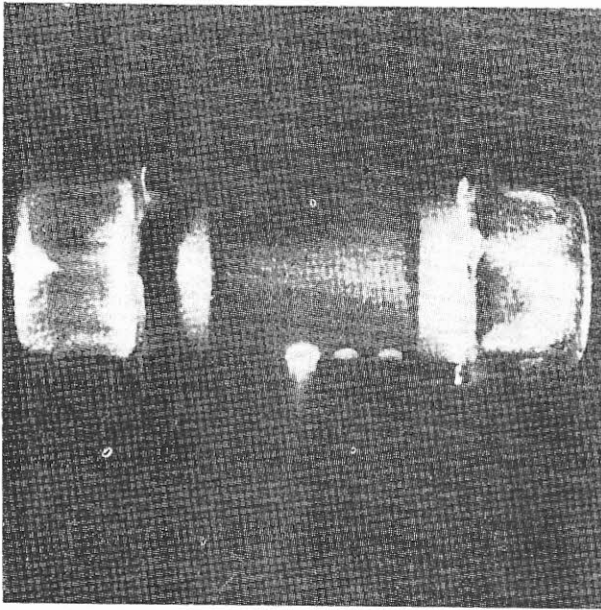
בחומרים אל־מתכתיים אחרים, הפך הלייזר לתהליך עיבוד מקובל. זכוכית, קוארץ, חומרים־קרמיים ואבני אודם, הם רק אחדים מבין החומרים האל־מתכתיים הקשים יותר הניתנים לעיבוד. גומי סינטיטי (Latex) וטבעי, וכן תרכובות אחרות המבוססות על גומי, נקדחות ונחתכות בעזרת לייזר בתהליכי ייצור שונים. הנייר הוכיח עצמו כמתאים במיוחד לחיתוך על־ידי לייזר. בתעשיית הבגדים שוקלים ניצול הלייזר לגזירת בדים. כפי שפורסם משתמשים הרוסים בטכניקה זו כבר זמן־מה.

לריתוך, בעיות המיוחדות לו. לא כל אותם חומרים שניתנים לחיתוך באמצעות לייזר, ניתנים גם לריתוך על־ידי. סגסוגות־העל שרבות מהן לא ניתנות למעשה לריתוך בשיטות מקובלות, הן בין החומרים שרותכו בהצלחה באמצעות לייזר. ריתוך בקנה מידה נרחב מבוצע בטנטלום, צירקוניום, טיטניום, קולומביום וטונגסטן. תוצאות מצויינות הושגו גם בחמרן על סגסוגותיו.

אפילו פלדת אל־חלד מחוסמת ניתנת לריתוך ללא קושי רב.

דוגמת של ריתוכי לייזר אופיניות זעירות. משמאל, מילוי מסנן של קו דלק שרותך על־ידי לייזר CO_2 של חברת Laser Systems, במרכז, צינור (עובי דופן הצינור 0.010 אינץ'), המרותך לדיסקית בעובי 0.025 אינץ' על־ידי לייזר של חברת Spacerays. מימין צילום של חברת L.B.M. המראה טרנזיסטור המרותך באמצעות לייזר לצמד תרמי.





אחד השימושים המוצלחים ביותר של לייזר בהפעלה אוטומטית. בצילום נראית קרן לייזר הפוגעת בנגד פחם ומשנה את התנגדותו, ועלידי כך מביאה אותו לערכו הרצוי.

צמצום במידות — על-אף שלייזר לצרכי ייצור, בעל עוצמה גבוהה, הוא על-פירוב בממדים גדולים למדי, הרי שכיום נמצאות בשוק אף יחידות לייזר הנישאות ביד. יש הדים לכך ממעבדות המחקר, שיחס הכוח לממד יעלה באורח בולט בעתיד הקרוב. חברת „סילבניה“ הוציאה לשוק מכונת לייזר CO₂ הניתנת להצבה על שולחן. המכונה מספקת 1.000 ואט למטר אורך צינור, ובזאת הגיעה לגידול פי 20 לעומת לייזרי-גז מקובלים בגודל דומה.

מחירים נפוחים יחסית — מכונות-לייזר עלולות בין 18.000 — 100.000 דולאר ליחידת CO₂, מחיר לייזר האודם נופל ממחיר זה במידת-מה. ההבדל במחירים נובע מקיצור משך העבודה בלייזר היקר יותר. אמנם גם הלייזר הזול מסוגל לבצע את אותה עבודה באיכות שווה שמבצע היקר ממנו, אולם פעולתו אינה מהירה כל כך.

המחיר מהווה עדיין את המחסום הגדול ביותר להפצת השימוש בלייזר. אך ככל שהלייזר חודר לשוק ותועלתו ניכרת, כן נראים יותר ויותר צרכנים פוטנציאליים, המוכנים לשאת בחלק ממחיר התאמתו של הלייזר לשימושים מיוחדים.

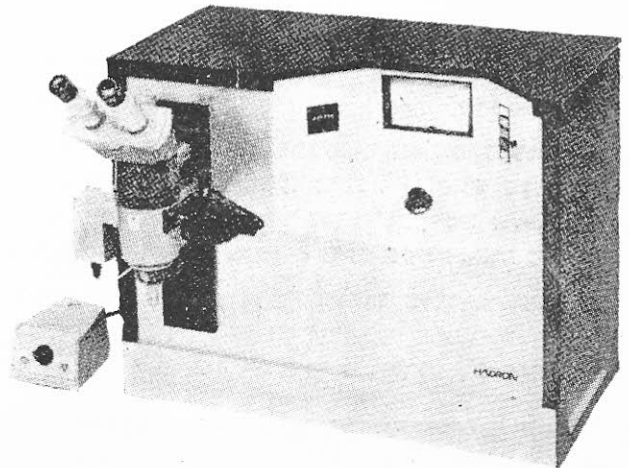
שכירת לייזר — חברות לייזר רבות מפעילות מעבדות לייזר, ומזמינות לקוחות פוטנציאליים לשלוח להם חומרים לבדיקה או לניסוי. שירותים מעין אלו, נותנים לצרכן הפורטנציאלי את כל המידע הדרוש לו, כדי לקבוע אם אמנם עונה הלייזר לצרכיו אם לאו. באופן זה חוסכים מן הצרכן את הסיכון בהשקעת אלפי דולרים בציוד לייזר. יצרנים רבים של לייזורים לצרכי תעשייה מציעים גם שירותי ביצוע עבודות.

טוענים, שכל צירוף של מתכות נכנע לריתוך, בתנאי שכל מתכת בפני עצמה תינתן לריתוך.

ללייזר נמצא שימוש רב באיטום, על-ידי ריתוך חומרים אל-מתכתיים שונים, כמו לדוגמה — חיתום שקיות פלסטיק. החוקרים צופים „ריתוך“ גומי יהיה אף הוא אפשרי בסופו של דבר. בריתוך, כמו בעיבוד, לא היתה ההצלחה רצופה. חומרים מסויימים הוכיחו עצמם כ„עקשניים“. נסיונות לרתך אל-חלד 303 וכן כמה סגסוגות חמרן נכשלו בשל סידוק ודרשו מילויים. גם רנה-41 והסטלוי גילו נטיה לסידוק, בעיקר בשל הדפק קצר מדי. טיטניום ואל-חלד נחשבים בלתי ניתנים להירתך אחד לשני.

מכונות ייצור

מכונות-כלים-לייזר, אינן נחשבות עוד לנדירות. מיגוון רחב של מכונות ייצור שעמדו במבחן ואף הוכיחו עצמן הלכה למעשה ניתנים להשגה בגדלים רבים ושונים, וברמות שונות של יכולת ביצוע. אחדות מהמכונות מסוגלות לחתוך, לרתך ולקדוח. רוב המומחים בדעה כי בשל מהירותה של מכונת-כלים לייזר של המחר, אין ספק שהיא תהיה מונעת כמעט תמיד באוטומציה. כבר עתה ניתן להשיג כלים אלה. ציוד

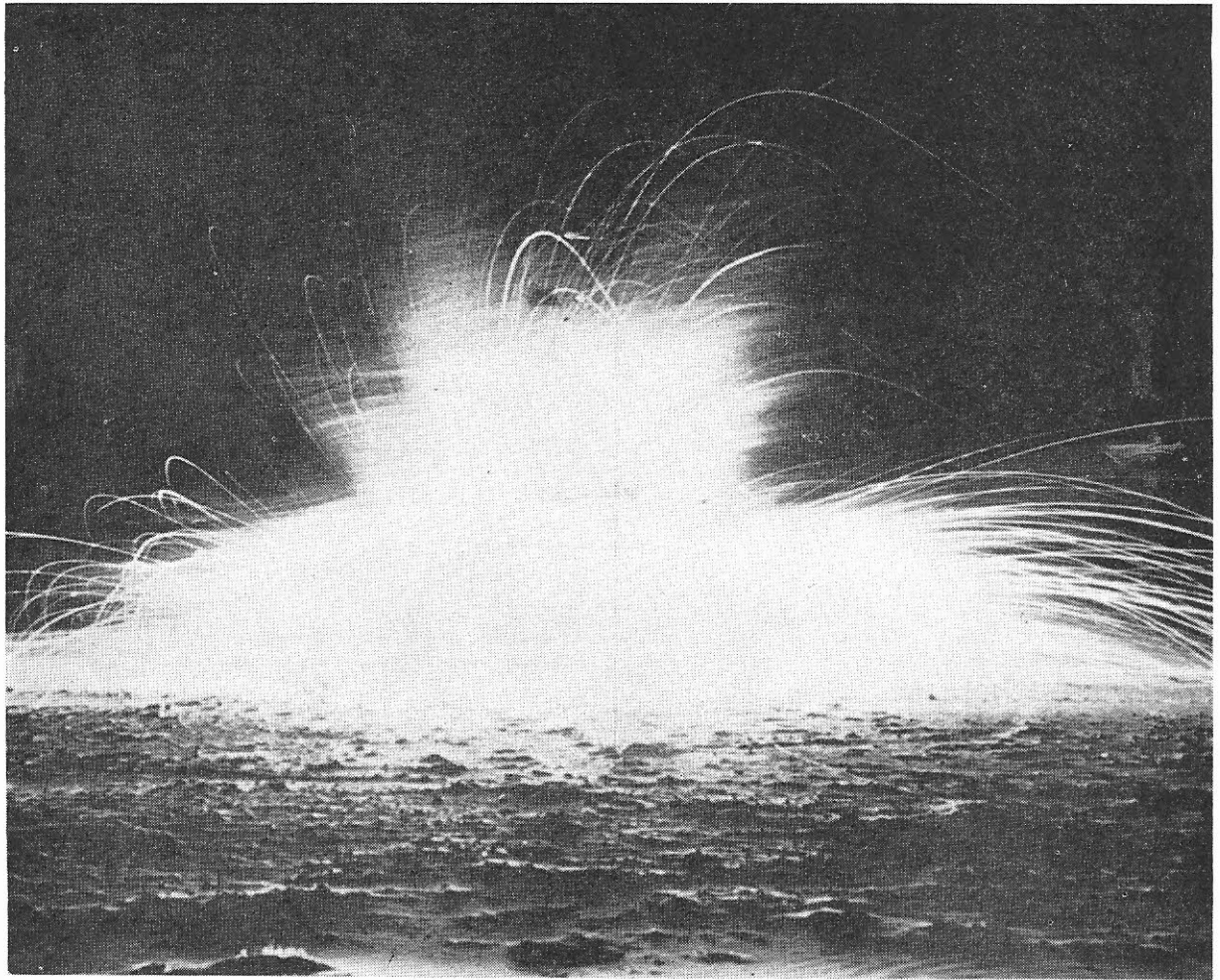


מכונת-כלים לייזר קטנה למטרות רבי-שימושיות המבצעת ריתוכים וקידוחים.

קידוח לייזור אוטומטי מלא ניתן עתה לרכישה. בשוק נמצאת כיום מכונה המפתחת 150 ג'אול בהדפק של 1 לשניה, והיא מתוכננת לקידוח סגסוגות-על מבוקרת מספרית.

גורם רציני ביותר המגביל את השימוש בלייזר בתהליכי ייצור, הוא לפי דעת מומחים — מידת ההתאמה בין הלייזר לבין אופן השימוש בו. המומחים בדעה שטכנולוגיית הלייזר מתקדמת דיה כדי לשמש במיגוון של שימושים. מה שנותר עדיין לחקור, הוא מידת התאמתו של הלייזר לסוגים המיוחדים של השימושים בו וניצול היתרונות הטמונים בו. הלייזר המסוגל לקדוח 400 חורים בדקה, אינו מנצל את הפוטנציאל שלו, אם מזינים אותו לסירוגין בקצב של 50 חורים בדקה בלבד.

שיטות חבלה חדשות



אפשר להגיע לתוצאות הניתנות לתכנון מראש, באמצעות כמויות קטנות יותר של חומר־נפץ. חומרי החבלה הצבאיים הם, בדרך־כלל, מטיפוס חנ"מ ט.ג.ט. — C_3 או C_4 לדוגמה, ולא חומר־הדף. ה־חנ"מ וחומר הנפץ

ומרי־נפץ מצויים שנים רבות בשימוש רחב למטרות חבלה. מחקרים אחרונים בתחום שימוש זה, הביאו להבנה טובה יותר של תופעת הריסוק על־ידי הפיצוץ, ובעקבותיה לשיפור הטכניקות של הפיצוץ. עקרונית, כיום

חומר־נפץ־הודף טיפוסי	חנ"מ טיפוסי	תפקיד עיקרי
ליצור לחץ או הדף.	לנפץ חומר	קצב הריאקציה
קצב הבעירה נמדד בסנטימטר/שניה.	קצב הפיצוץ נמדד בקילומטר/שניה.	לחץ מקסימלי
גזים אצורים כליל בלחץ של 4,000 אטמוספירות לערך.	לחץ בחזית גל הניפוץ עד 270,000 אטמוספירות.	השפעת אצירה
כדי להעביר אנרגיה חייבים הגזים להיות אצורים כליל או חלקית.	אין צורך באצירה.	

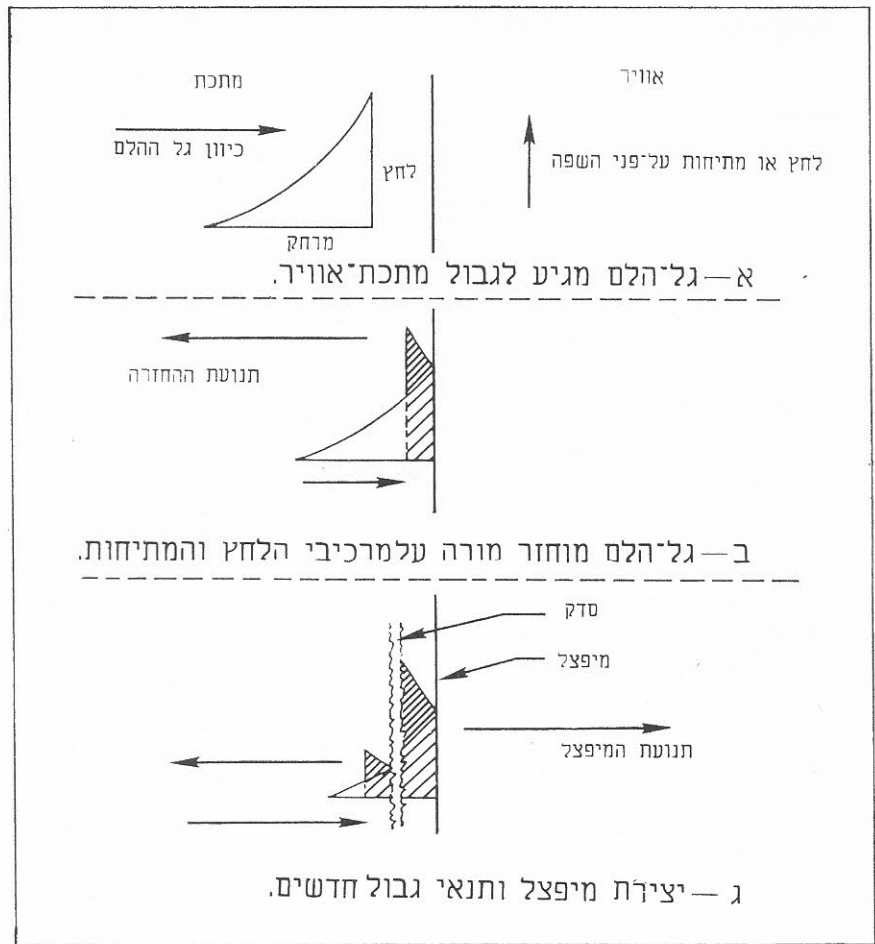
מאת:

ס. נוזיס

ההודף, נבדלים הן באופן השימוש בהם, והן באופן פעולתם. הטבלה בעמוד 17 מראה את ההבדלים בתכונות של חומרי הנפץ האלה.

הנזק ממטען חנ"מ שהתפוצץ על לוח מתכת, תלוי בכמה גורמים: סוג ה"חנ"מ, גודל המטען וצורתו, החומר שבמתכת וסוגו, שיטת הניפוץ.

כאשר מתנפץ מטען חנ"מ גלילי על לוח מתכת עבה, עלול הלוח להתפצל או להיגזר (Scabbed or spalled). בעת הפיצוץ מוחדר לתוך הלוח גל-הלם חזק, או גל-לחץ בעל מהירות גדולה. בשנים האחרונות נלמדו ביסודיות צורת הגל, עוצמתו ורצף התנועה שלו. במסגרת מאמר זה די להטעים, כי כאשר מגיע גל-הלם זה, או גל-לחץ, לשפת הלוח השניה (או כל שפה או דופן של הלוח) הוא יחזור כגל-מתח. עקרונית פירוש התופעה, שהשטח התחתון של הלוח מנסה לנוע בכיוון תנועת גל ההלם, הרחק ממטען ה"חנ"מ המפוצץ. אם ההלם המוחזר גדול דיו, תהיה עוצמת המתיחה מעבר לגבול האלסטיות של החומר, ותתקבל תופעת הפיצול. ציור 1 מתאר את רצף פעולת הפיצול.

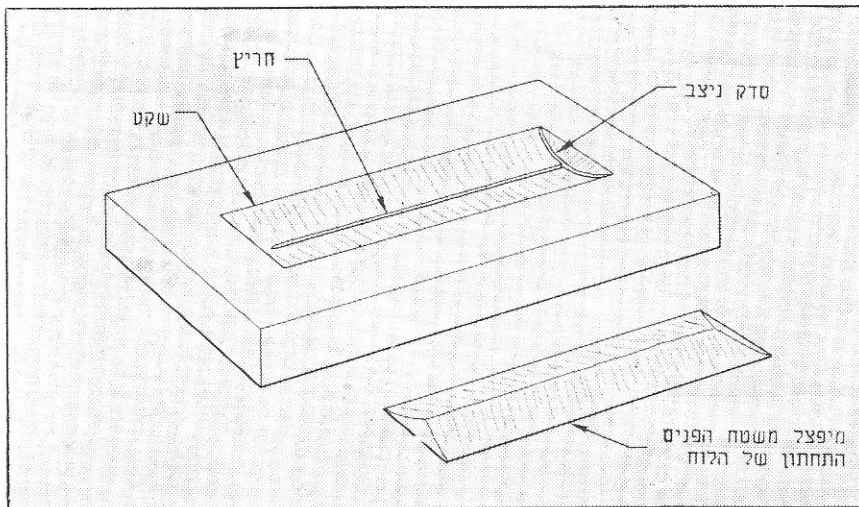


„מטען סרט“

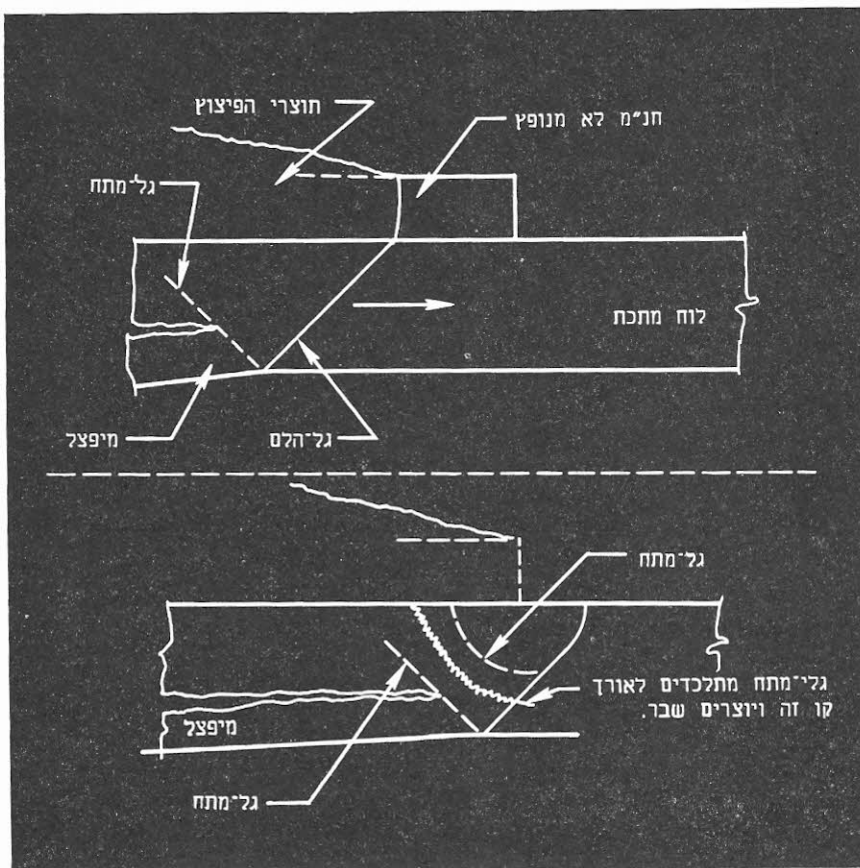
שיטה מקובלת לחיתוך פלדה היא השימוש ב„מטעני סרט“. המושג „מטען סרט“ משמש לזיהוי פס חנ"מ צר ור ארוך, בדומה לזה שניתן להשיג בחי-תוך גוש חנ"מ פלסטי של C_3 או C_4 .

ציור 1: רצף פעולות של התהוות מיפצל, להלן תהליך ההתהוות.

- א — כאן נראה גל ההלם המיוצר מפיצוץ מטען חנ"מ בתנועתו בתוך לוח המתכת. (לשם הנוחיות הן גל ההלם והן גל המתח נראים מאותו צד של הקו האופקי היות ובחלק א' לא קיים רכיב של מתח).
- ב — מורה על הרגע בו גל ההלם הוחזר בחלקו מגבול מתכת-אוויר. המתכת ליד הגבול נמצאת במצב מתיחה, אולם רכיב המתיחות אינו מספיק כדי לשבור את המתכת.
- ג — המתכת נסדקה ונוצר גבול חדש. נוצר מפצל אחד או כמה, בתלות בגיאומטריה של המטען. כל הלוח עשוי להיורק בשלמות, או בכמה חלקים.



- ציור 2: נזק טיפוסי של מטען סרט.
- בפלדה נוצר שקע באזור שהיה מכוסה על-ידי הסרט.
- מצידו האחורי של הלוח נזרק מיפצל.
- הלוח נחתך או נחריץ באורך למי-דות הסרט לערך.
- בקצה הסרט מהצד הרחוק מנקודת הייזום נוצר בלוח שבר אופייני המכונה „סדק ניצב“.



ציור 3: התהוות "סדק ניצב".

נגשים בקו בתוך הלוח, מתחת לציר המטען, ויוצרים חתך ארוך. יש להטעים כי הסדק הניצב שבקצה הסרט, נוצר כהרף-עין, לפני שהחריץ האורכי מגיע לקצה המטען, ובכך תוחם את התהוות החריץ המרכזי לאורך הסרט.

ב־1952 לערך, החל ד"ר פולטר מ"מכון סטנפורד למחקר", בסדרת ניסויים שהביאו להבנה טובה יותר בתופעת הניפוף והתנגשויות גלי ההלם, ויצרו שיטה חדשה בחיתוך פלדה. כפי שתואר ב"מטען סרט", ניפוף סרט חנ"מ על לוח מתכת יוצר בלוח גל'הלם שנע בכיוון הניפוף, אם מטען הסרט מפוצץ בו זמנית משני קצותיו, שתי ההתפוצצויות ושני גלי ההלם המתלווים לפיצוץ, יתקרבו זה לזה ויתנגשו. הלחץ בנקודת ההתנגשות (בשל גל ההלם והפיצוץ), יהיה לפחות כפליים מהלחצים הרגילים שאפשר לצפותם. נוסף על־כך, שני גלי ההלם המתנגשים, מוחזרים אחד ממשנהו באופן מורכב למדי. הגלים נוטים שוב להפריד את הלוח במקום ההתנגשות. תופעות אלה תורמות לסימון הלוח או חיתוכו באופן יעיל ביותר. בשימוש על־ידי התנגשות גלי ההלם, ניתן לחתוך צינורות ומוטות עגולים בדיוק רב. כדי לבצע חיתוך מדויק, משתמשים במטען צורתי — צורת מסוין. לדוגמה: חותכים מדף חנ"מ פלסטי בעובי של 6.5 מ"מ בצורת מעין, כאשר אורך הדף כפול מרוחבו, וכורכים את המטען סביב המוט. כך שחודיו הארוכים של המעוין נפגשים. אם המטען מפוצץ בו־זמנית, בשתי הנקודות הקצרות, יחתך המוט. פיצוץ שתי נקודות בו־זמנית נראה מסובך, אולם ניתן

כאשר יוזמים ניפוף "סרט" כזה, במידות המתאימות על לוח פלדה, מבחינים (כמתואר בציור 2) בנוזקים הבאים:

- הפלדה משוקעת בשטה, שהיה מכוסה על־ידי הסרט.
- מצדו האחורי של הלוח נפלט מיפצל.
- הלוח נחתך או נחרץ באורך, כמעט בהתאם למידת הסרט.
- בקצה הסרט, בצד הרחוק מנקודת הפיצוץ, נוצר בלוח

שבר אופייני, המכונה סדק ניצב (cross fracture).

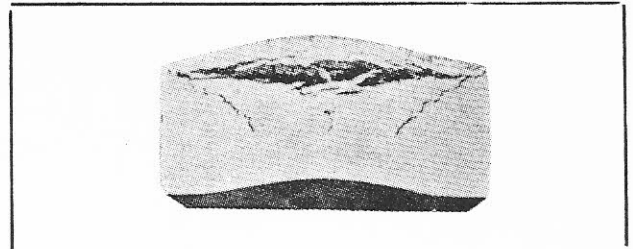
כדי להשיג תופעה זו, צריך להיות היחס בין רוחב הסרט לבין עוביו 4:1. כן צריך עובי הסרט להיות מחצית מעובי הלוח שאותו רוצים לחתוך, אפשר להשתמש בכל אורך שהוא.

כאשר מפוצצים "מטען סרט", מתחולל גל'הלם חזק בלוח המטרה, שנע בכיוון הניפוף. גל זה נוטה לנוע לכיוון השטחים העליונים והתחתונים של הלוח, ויוצר מיפצל מצדו האחורי של הלוח.

ד"ר דרומנד מ"מכון סטנפורד למחקר", המכון לחקר מדעי הטבע של אוניברסיטת סטנפורד בארה"ב, סיכם תופעה זו (הנראית בציור 3) כך: בקצה המרוחק מנקודת הפיצוץ (בשל היווצרות והתפרקות עומס פתאומי), מוטל גל'מתה שני חזרה לתוך הלוח. במקום בו מתנגשים שני גלי המתה, נחרץ הלוח ועל־ידי כך נוצר הסדק הניצב. תנאים דומים של העמסה ופריקה, מתחוללים לאורך שני צדי הסרט. גלי המתה מת-

בציור 5 נראה נזק שגרם מטען דומה למטרה הדומה לציור 4. ההבדל בין שני המטענים הוא, כי המטען בציור 5 כוסה עד לקצותיו בשכבת בוץ עבה. הסדקים הנראים בארבע פינות הלוח מוכרים בכינוי „סדקי־פינה” והם נוצרים מגלי ההלם המוחזרים מדפנות הלוח. בחקרה תופעה זו לראשונה. אפשרות ההעברה של גלי־הלם חזק דרך בוץ רטוב לא הובנה כראוי עד אז. תחילה חשבו שהנזק המוגבר היה כתוצאה מגזי הפיצוץ שהיו נתונים בלחץ גבוה, ונשארים במגע עם הלוח למשך זמן ארוך מהרגיל בגלל פעולת הפיקוק של הבוץ. על־אף שהשפעה זו קיימת והיא בעלת חשיבות בהגדלת ההרס, הרי שההשפעה העיקרית נובעת מהעברת גלי־הלם דרך חומרי רים רטובים. עובדה זו נראית בבהירות כשכיסוי הבוץ מופרד מהמטען בשכבה דקה של חומר פלסטי מוקצף. על־אף שהבוץ עדיין מצוי סביב המטען, ומכיל את הגזים סביבו, מקטין החומר הפלסטי בעל הצפיפות הנמוכה את עוצמת ההלם המורעברת ללוח, ולא נוצר השבר הפינתי.

יעילות ההפעלה של מטענים מצופי בוץ על בטון, גדולה מאשר על לוחות פלדה. במטרות בטון פריכות תוצאה זו מודגשת יותר. לפיכך בעת „תקיפת” קירות בטון, צריך לערום סביב המטען חול ועליו לשפוך מים (אם מטען חפור באדמה, אפשר לשפוך מים לתוך הבור). „תקיפת” בטון במטען לא מפוקק.



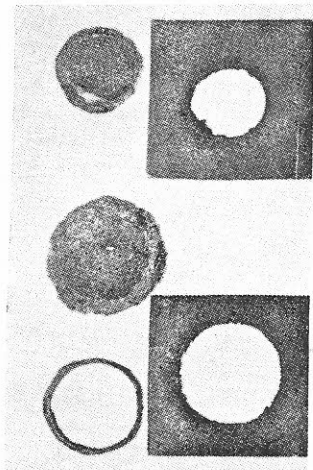
ציור 4: נזק טיפוסי שנגרם ממטען חשוף של חומר נפץ C₃ הממוקם על לוח פלדה עבה.

לעשות זאת על־ידי שימוש בשתי פיסות פתיל רועם, באורך זהה, המוצאים בצורה מתאימה.

פיקוק בעזרת בוץ

ניצול ההשפעה של פיקוק מטען באמצעות בוץ, היא אחת השיטות החשובות בתחום החבלה. על־אף שהחוצבים והכורים משתמשים מזה זמן רב במטענים מפוקקים בבוץ לחציבה בסלעים קשים, לא „העריכו” אנשי החבלה טכניקה זו. השימוש בפיקוק מטען באמצעות בוץ, חול רטוב, או כל חומר רטוב אחר, הוא שיטה זולה ויעילה ביותר בהגדלת יכולת ההרס של מטען חנ״מ. ציורים 4 ו־5 מדגימים פיצוץ בשני מטענים זהים, אחד חשוף (ציור 4) והאחר (ציור 5) מחופה בבוץ. בציור 4, נראה הרס ממטען חשוף הממוקם על לוח פלדה עבה. המטען היה מטיפוס חנ״מ C₃, קוטרו 10 מ״מ בערך ועוביו 50 מ״מ בערך. המטרה היתה לוח פח רבוע בקוטר 18 ס״מ ובעובי 7.5 ס״מ.

ציור 5: נזק שגרם מטען וכן מטרה היתה למטרה בציור 4. ההבדל בין שני המטענים הוא, כי המטען בציור 5 כוסה עד לקצותיו בשכבת בוץ עבה. הסדקים הנראים בארבע פינות הלוח מוכרים בכינוי „סדקי־פינה”, והם נוצרים מגלי ההלם המוחזרים מדפנות הלוח.

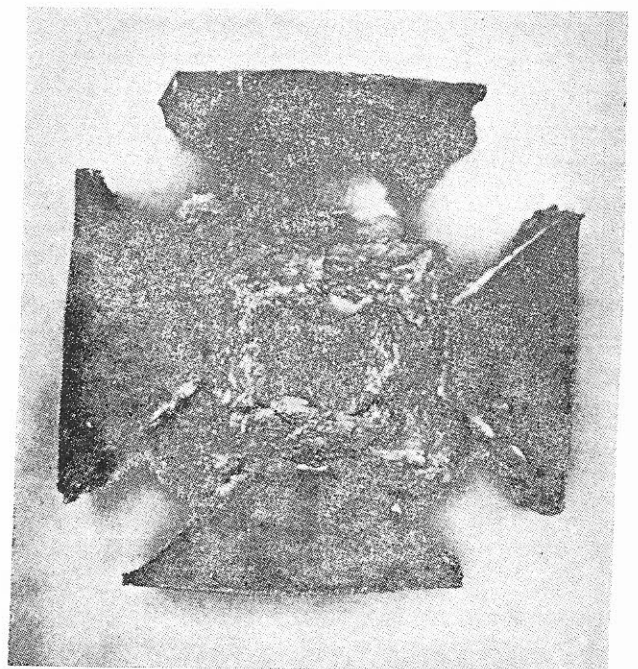


ציור 6: חיתוך בחומר נפץ בייחוס מהמרכז

מצריכה כמות כפולה או משולשת של חנ״מ, לעומת הכמות הנדרשת בעזרת מטען מפוקק.

פיצוץ תת־מימי

אחת השיטות המעניינות שפותחה לא מכבר היא הרס מבני בטון תת־מימיים. נוסחות שהיו בתוקף עד אז, הראו כי להריסת מבנה תת־מימי, השתמשו בכמות חנ״מ הקטנה, מה־כמות הדרושה להרס מבנה דומה, הממוקם על היבשה. נוסחה זו נראתה הגיונית בשל השפעת הפיקוק של המים סביב למטען. אולם למעשה, מטען חנ״מ שהרס באופן מוחלט מבנה בטון על היבשה, הותיר מבנה תת־מימי דומה, ללא נזק כמעט. לגלי־ההלם המוחזרים, השפעה רבה בשבירת גושי בטון קט-



בסדרת חורים הנקדחים בקרקעית הנמל. כמות החול המסולקת מוגבלת בגלל השפעת הפיקוק של המים. פיצוץ כמות מתאימה של מטעני בועות בקרקעית הנמל, זמן קצר לפני פיצוץ המטענים העיקריים, עשוייה להגדיל בהרבה את כמות החול המסולקת.

סיכום

מומחי התבלה עדיין אינם מסוגלים להשיג את התוצאות ה"אדירות" הנראות בסרטים: האומנות טרם השיגה את הדמיון.

על־אף שמאמר זה דן בעיקר בחבלות למטרות צבאיות, להרבה מהמושגים שתוארו השלכה ישירה על טכנולוגיות אחרות. הבנה וידע ביצירת גלי־הלם, תוצרי פיצוץ, החזרת גלי־הלם, היווצרות סדקי־פינה, והתנגשויות־הלם, הם בעלי ערך לשימוש אורחיים ולשימושים צבאיים כאחד. על־פי הידע הנורכחי, אי־אפשר לקבוע בדיוק אם כמות מסוימת של חנ"מ תמלא משימה מוגדרת ללא תוכנית ניסויים מוקדמת. אולם בקיאות באופן הפעולה של חומרי־נפץ על הומר המטרה תצמצם את היקף הניסוי המוקדם. □

נים. בגוש תת־מימי, מועבר חלק ניכר מהאנרגיה בהלם הפיץ צוץ דרך הבטון למים, והאנרגיה הנותרת בכל הלם מוחזר, אינה מספקת לשבור את הגוש. במילים אחרות, המים מפקקים את גוש הבטון כשם שעושה זאת חומר הנפץ. הסברה היתה, שאם תיווצר שכבת גבול של אויר סביב הבטון התת־מימי, יגיב גוש הבטון כאילו הוא על־פני הקרקע. כדי ליצור שכבה גבולית של אויר, מוקמו סביב הגוש מטעני חנ"מ קטנים ליצירת בועות. מטענים אלה פוצצו מספר אלפיות שניה לפני המטען העיקרי. המוצרים הגזיים ממטענים קטנים אלה, עטפו בשלימות את גוש הבטון, שנהרס על־ידי המטען העיקרי. כדוגמה ליעילות הטכניקה של מטעני בועות, נוכחו שכאשר מפוצצים מטען חנ"מ, נגד צד אחד של גוש־בטון, בצורת קוביה, שצלעותיו של 1 מטר מעוקב, הבחינו רק במכתש זעיר במקום הפיצוץ. בניסוי דומה מוקמו ארבעה מטעני בועות קטנים על החלק העליון של הקוביה, ועל שלושת הפיאות הצדדיים הניצבים. המטענים הקטנים פוצצו 15 אלפיות השניה לפני המטען העיקרי, שמוקם על הצד הנותר של הקוביה. בניסוי זה, כותשה הקוביה לחלוטין.

קיימת סברה שבעזרת טכניקה משוכללת של מטעני בועות, ניתן לבצע פיצוץ תעלות תת־מימיות. ניסויים מעשיים להוכחת טכניקה זו טרם נעשו. לפיצוץ תעלות בנמל, מניחים דינמיט,

י. ברלינר

בית מסחר לברזנטים
וניסויים למכוניות

ביצוע כל מיני עבודות תפירה

טלפון 825073

תל־אביב, דרך שלמה 72

קינג בע"מ

ייצור מיסבים
לכנועים

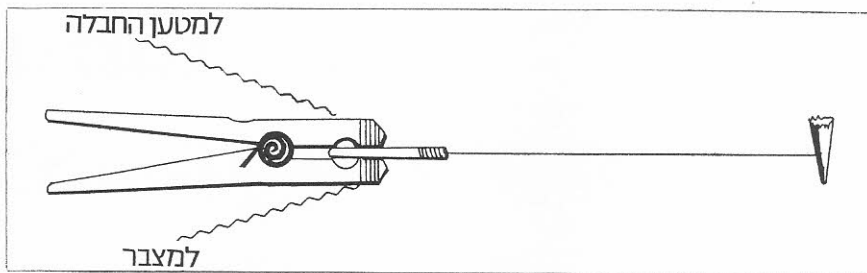


חולון — איזור התעשייה — רח' הכתת 13

ט.ל. 846609

מארב אוטומטי

נואת קפ' ה. כונצל



מראה מקרוב של תיל ממעיד.

„נענו לאורך השביל לכיוון הבסיס הנמצא מעבר לגבול. שמונה מביננו אומנו כצלפים, וזה עתה סיימנו תצפית מוצלחת על מחנה אמריקני. לפתע נשמעו מספר התפוצצויות עזות, הוטלת ארצה פצוע. עלינו על מארב. תוך שניות אחדות נתברר כי 6 מבין חיילנו נהרגו וחשביעי נפצע. חוליתנו כללה חיילים המאומנים היטב לצלפות ותצפית. האמריקנים, לעומת זאת, לא סבלו כלל אבידות. מארב זה לא הצליח בגלל כושר ההסתתרות והסבלנות של האמריקנים, אלא בגלל כושר ההמצאה שלהם.”

מארב זה, שתואר בפי אחד מחיילי צפון ויאטנאם, כלל אך ורק שלושה מוקשי „קלי מור” ומצבר. חיילי האויב, השמידו עצמם למעשה כאשר עלו על אחד מכלי הנשק היעילים ביותר בוויאטנאם — המארב האוטומטי. מטי.

המארב האוטומטי מסייע במניעת הסתננות כוחות אויב, ובניתוק דרכי ההספקה שלו. הוא מחליף מארבי „אנוש”, ואפשר לשלבו במערכות הגנה יחידתיות, להגברת הבטיחות. נוסף טכניקות אחדות, אולם רק אחת הצליחה, והיא פועלת על-פי העקרון שהאויב, בלי ידיעתו, משלים מעגל חשמלי המפעיל נפצים

קיימים שלבים אחדים, הקשורים בהתקנת כלי הנשק טרם הפעלתם.

ביצוע סיור יסודי של השטח, פעולה התורמת בקביעת מקום ההתקנה המתאים.

בחירת מקום ההרג ומיקום מנגנון ההפעלה.

התקנת הקליימורים, פתילים רועמים ומנגנון ההמעדה, השלמת ההסוואה.

הרחקת כל האנשים פרט למפעיל המחבר את המצבר למערכת הקליימורים. למארב זה יתרונות אחדים, ואפשרויות השימוש בו תלויות אך ורק על-ידי תושיית ודמיון המפעילים. את המארב יכולים להתקין כוחות הנמצאים בבסיס-אם מרוחק. מבחינת הסוואה ומשמעת, מארב זה הוכיח עצמו על הצד היותר טוב והאפקט המתקבל הוא קטלני. ניתן להתקימו כך „שיפגוש” כמה כוחות אויב, ויכול „לשמור” על המקום 24 שעות ביממה. למתקן זה נודעת גם חשיבות בגרימת דמורליזציה בכוחות האויב. אולם יש לציין גם את חסרונו שהוא — על כוחותינו זדעת את מיקומו המדוייק, כדי שלא יפגעו בטעות.

חשמליים שמפעילים מטענים גדולים יותר. מרכיביו של כלי-נשק זה הם:

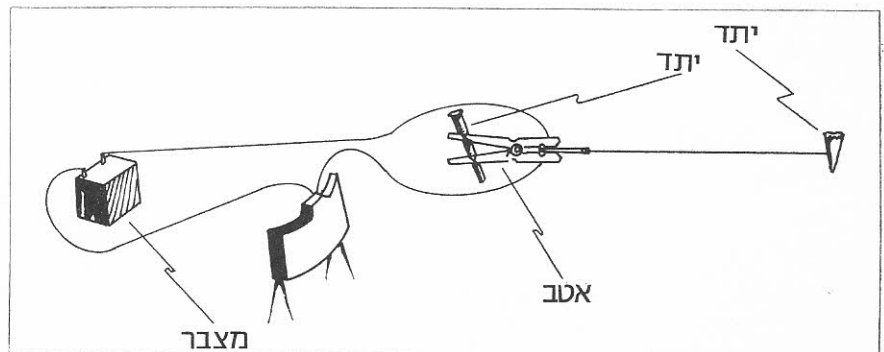
מקור-כוח (מצבר BA 200/u, או BA 1090/u) מצבר תאי-יבש.

מעגל חשמלי (תיל המשמש להפעלת הקליימור).

מערכת הפעלה ותיל ממעיד.

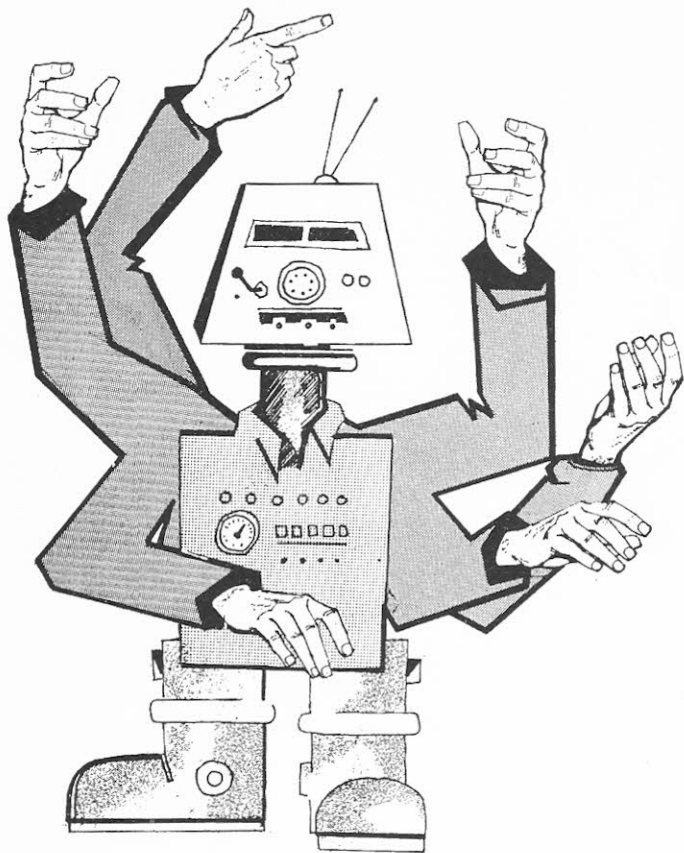
נפץ (חשמלי).

מטען (קליימור ופתיל רועם).



חיבור של המארב האוטומטי.

מארבים מסוג זה, אשר מפעילהם מוטסים על-ידי מטוקים, מסוגלים לכסות שטח גדול, המונע חדירה לשטחים גדולים.



אוטומציה בהשקעה נמוכה

מאת: יהונתן לוינסון

חברת „פורד“ ביארה ב את מפעל המנועים החדש שלה. הידיעות בעיתונות ספרו על: „גושי צילינדרים המיוצרים על-ידי מוח אלקטרוני, המוון על-ידי כבלים באורך של 42 ק"מ, והמספק הוראות ל-42 מכונות אוטומטיות. כל אחת מהמכונות מבצעת כ-500 פעולות עיבוד, ללא מגע אדם, ומבוקרת לגבי דיוק הפעולה והמוצר על-ידי מוח אלקטרוני.“

תיאור מפעל אוטומטי זה זכה לפרסום רב. יש בו סממנים של מדע דמיוני, דבר המגרה את סקרנות הציבור. על-אף שהיא גובלת במדע דמיוני, מתארת הדוגמה דלעיל בתמציתיות את המושג אוטומציה:

„פעולה שנעשתה בעבר על-ידי פועל, נעשית כיום על-ידי מכונה.“

מדוע, אם כן, מרבים להשתמש במלה „אוטומציה“ בעת האחרונה אם אכן קיימת האוטומציה זה זמן רב? מהו היחס המיוחד בין מיכון לאוטומציה?

בעבר, כונה השימוש במכונה — מכניזציה, או מיכון; כלומר — הטלת פעולות שנעשו קודם לכן ביד, על מכונות. השימוש בכוח הקיטור לדוגמה, תרים רבות בכיוון זה.

מאז ימי המהפכה התעשייתית באנגליה, החלו הפועלים לפקח על פעולות המכונות לבקר ולתקן את שטעון תיקון. על-אף שהמכניזציה הקלה על מאמציו הפיזיים והרוחניים של הפועל, הרי שבקרת המכונה התישה במקרים רבים את הפועל ולפרקים היתה מעבר ליכולתו. האוטומציה משחררת

בכל חלקי העולם התעשייתי, ניטשת כיום, „המערכה להנהגת האוטומציה“. בארצות אירופה ובארצנו מכוונת „מ ע ר כ ה“ זו בעיקר למפעלים קטנים או בינוניים, אותם צריך ללמד על האפשרויות הגלומות באוטומציה ולשכנעם להנהיגה. יש להסביר להם את האפשרויות להגברת התפוקה הטמונות בהנהגת טכניקות של „אוטומציה בהשקעה נמוכה“ (Low Cost Automation).

באנגליה, בה קיימות בעיות ייצור, שיווק וכוח-אדם-מקצועי, הדומות במידה רבה לאלה הקיימות בישראל, פועלת מועצה מיוחדת, ליד מניסטריון הטכנו-לוגיה, שתפקידה ללמד, באמצעות כ-20 מכונים מיוחדים, ולכוון את הנהגת האוטומציה בהשקעה נמוכה בתעשייה.

אוטומציה ומיכון

השאלה הראשונה הנשאלת למקרא הכותרת „אוטומציה בהשקעה נמוכה“ היא: — אוטומציה, מהי?

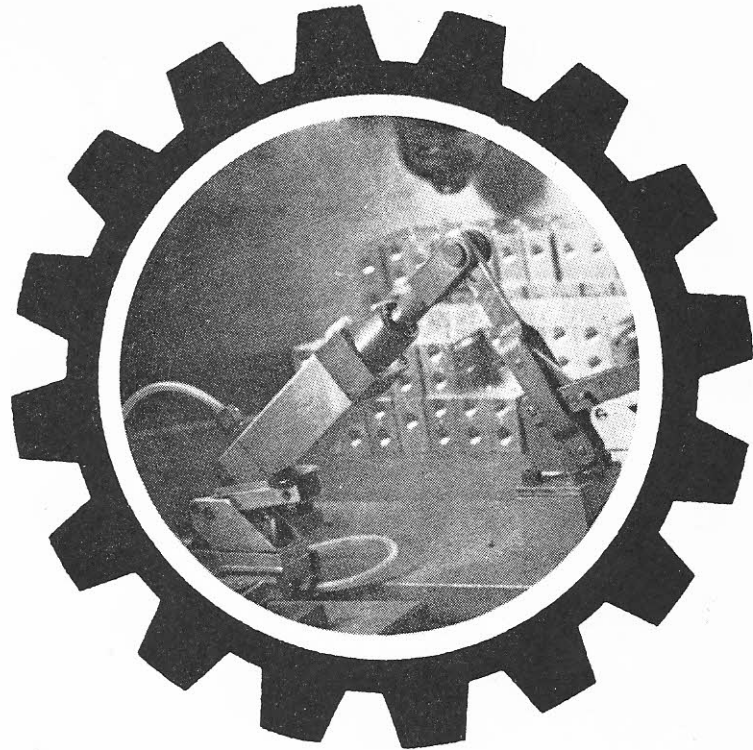
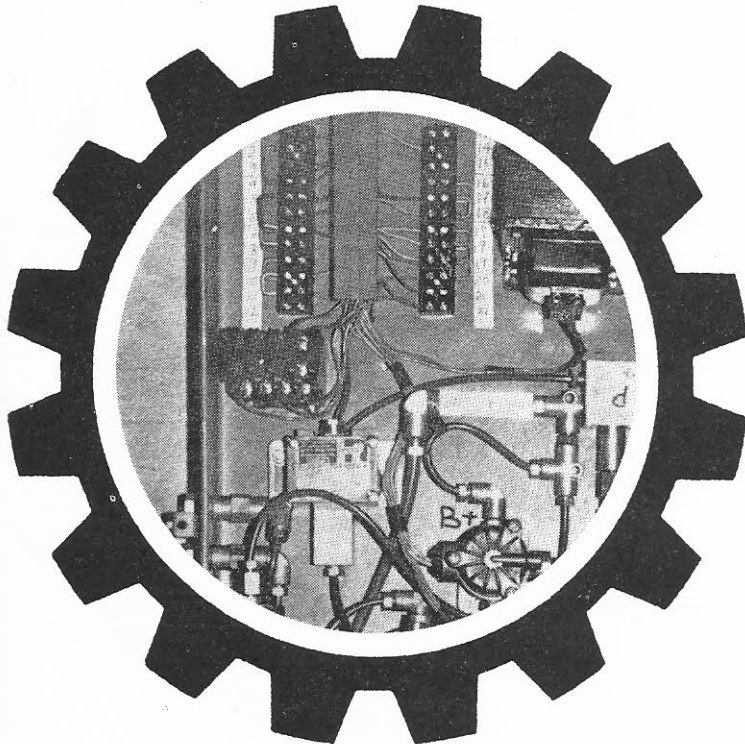
בקרב ציבור רחב מתקשרת המילה „אוטומציה“, עם מפעלים עצומים הכוללים מספר רב של מכונות אוטומטיות, שכולן מבוקרות על-ידי לחיצה על כפתור אחד.

אומנם, זהו סוג האוטומציה המגיע לכותרות העיתונות, ואשר לו ניתן פרסום רב. הדוגמה להלן ממחישה זאת. ב-1958 חנכה

עילים מכונות ייצור כמתואר לעיל, ניתן להצדיק את יוקר המערכת, בשל הייצור ההמוני של המפעל. דא־עקא רוב המפְעילים אינם נכללים בקבוצה זו. המפעלים הגדולים בעלי אוטו מציה מלאה, לא זו בלבד שהם חייבים להקטין בקנה־מידה גדול את ההוצאות המתלוות להכנסת האוטומציה, אלא הם גם לא היו יכולים לשאת את ההפסד המתלווה להפסד בגמישות הייצור הקיים במפעל קטן שאין בו מכונות אוטומטיות. לדוגמה, אין צורך בקניית מיכון אוטומטי יקר, כדי לייצר סוג מסויים של כיסא, מה גם שקיימת האפשרות שכיסא זה יאבד את המוניטין שלו במהירות, או שידוע מראש כי מספר מועט של קונים ידרשו כיסא זה, ויהיה צורך להכניס לייצור כיסא מסוג אחר. האוטומציה בהשקעה נמוכה, באה כפתרון לאותם מפעלים החייבים להכניס אוטומציה, אך אין להם צורך באוטומציה מלאה. דרגת ביניים בין „מיכון“ לבין „אוטומציה“, ובאמצעותה ניתן לשפר את הפרייון בהוצאות מינימליות. התכונות המאפיינות שיטה זו מראות, כי היא שונה לגמרי מסוג האוטומציה הגובל במדע דמויני. תכונות האוטומציה בהשקעה נמוכה הן:

- שימוש במרכיבים זולים סטנדרטיים.
- המרכיבים ניתנים לחיבור בצורת „מכנו“ (קוביות משחק לילדים), על־ידי עובדים בלתי מקצועיים יחסית.
- המרכיבים מיועדים לספק לפועלי הייצור „יד שלישית“ ולא להחליפם.
- שיפור המכונה עשוי להיות בתחילה פשוט, אך אפשר לפתח את המערכת באורח הדרגתי, עד אשר מקבלים מכונה מבוקרת בצורה מתוחכמת יחסית.

לוח פיקוד לאבטחת מכבש עם תריס, כולל מיכל.



מתקן לדיפנת חלקים לייצור שסתומי פיקוד.

את הפועל גם מהעומס של הבקרה, ומטילה אותו על המכונה. האוטומציה דרושה במיוחד באותם המקרים שבהם ההתקדמות וההתפתחות במיכון, ייצרו מכונות שפעולותיהן מהירות מדי לבקרה על־ידי הפועל. לדוגמה — במפעל פלדה חדש, מיוצרת המתכת במהירות הדומה לזו של הדפסת עיתונים, לכן דרושים אמצעי בקרה המגלים פגמים בלוחות הפלדה שנעים במהירות כה רבה, עד כי עין אדם אינה יכולה לעקוב אחריהם ולבקרם. התכונה המיוחדת והחשובה ביותר של האוטומציה היא, ההזנה החוזרת (feedback) — המשוב. זוהי מערכת בקרה „המתקנת“ את הפקודה הניתנת למכונה, בהתאם להבדל בין תוצר המכונה לבין התוצר הדרוש. מכונה הפועלת עם מערכת משוב, מסוגלת „להחליט“. כאן מתבטא ההבדל המכריע בין „מיכון“ לבין „אוטומציה“. בעוד שבמיכון אין תכונת המשוב קיימת הרי באוטומציה תכונה זו קיימת. אף בני־אדם משתמשים בתת־הכרתם בתכונת המשוב. ניטול לדוגמה, פעולה פשוטה של הושטת היד כדי לקחת מלחיה מהשולחן. מקום המלחיה, יכול להיחשב כמידע הנקלט במוח, שעל־פיו ניתנת הוראה ליד להתקרב למלחיה. המוח הוא המתקן את הפקודה, וכך יכולה היד להגיע למלחיה. המוח מתקן ברציפות את מהירות תנועת היד וכיוונה. מערכת המשוב, במקרה זה, היא חוש הראיה המודד את ההפרש בין המלחיה והיד, מעדכן את המוח המפעיל את הידיים, ומתקן את פעולתם ומצבם בכל עת. בהתאם למרחק הידיים מהמלחיה.

אוטומציה בהשקעה נמוכה

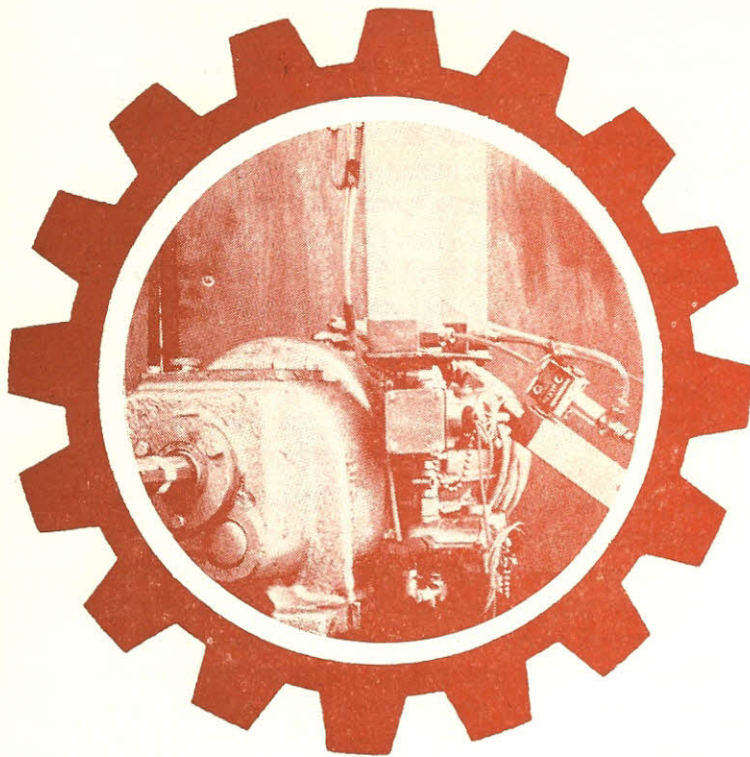
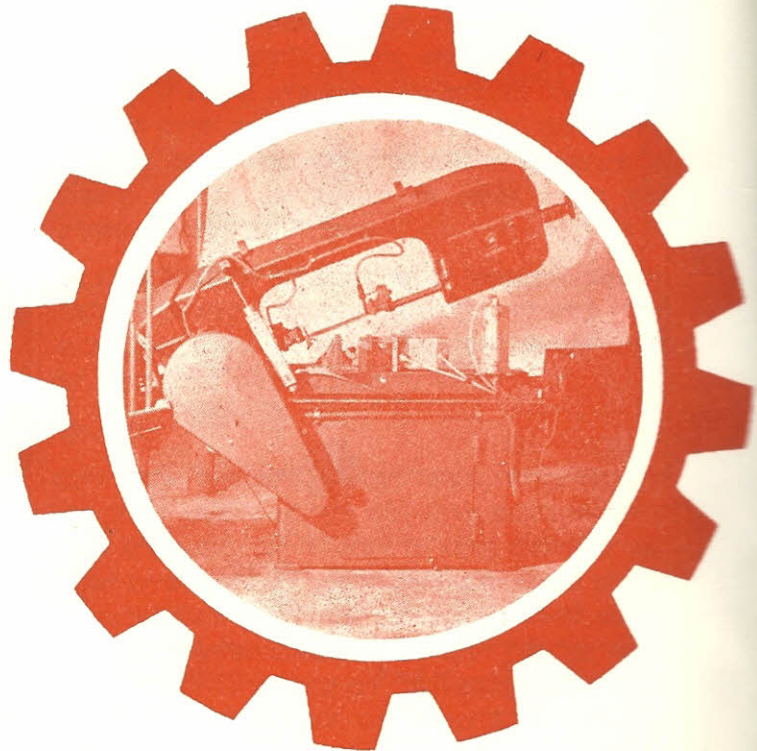
אוטומציה בהשקעה נמוכה עלולה להיות, לפעמים, מערכת יקרה. לדוגמה, במכונות ייצור המבוקרות מספרית, עלולות המערכות להיות יקרות מאוד. אולם, במפעלים גדולים, המפְ

כדי להשיג פריון גבוה, חייבת התעשייה להשקיע מאמץ ניכר כדי להשתמש בפוטנציאל האנושי העומד לרשותה, בצורה התכליתית ביותר. מחקר שנערך לאחרונה, בתעשיית עיבוד עץ באנגליה, הוכיח שחברות רבות הרשו, ללא כוונה, לעובדים מקצועיים לבצע רוב הזמן משימות בלתי-יצרניות שחשיבותן בתהליך הייצור היא משנית. להלן סוגי פעולות הממחישות קביעה זו:

- העברת חומרים בין תהליכי הייצור השונים.
- הצבה, מיקום, הידוק והזנת חומרים תוך כדי פעולות הייצור.
- נשיאת המשאות הכבדים והעברתם תוך כדי פעולות הייצור.
- פעולות אלה, שנעשו על-ידי הפועלים המקצועיים מעידות על ניצול גרוע של כוח-אדם. כוח הידראולי מתאים במיוחד לביצוע המשימות הבלתי-יצרניות הנ"ל.

טכניקת האוטומציה בהשקעה נמוכה, מצמצמת את עבודת הפועל המושקעת בכל פעולה, ומשאירה את המפעיל רענן כך שהוא מסוגל להתרכז בחלק החשוב של תהליך העיבוד או הייצור. התוצאה איכות המוצר עולה, ומספר הפגמים פוחת. יתר-על-כן, המכונה אינה נתונה, כמו האדם, למצבים של עייפות או טעות אנוש. היא מבצעת את תפקידה באותו טיב בדיוק בכל שעות היום, ופעולותיה אחידות והתוצאה המתקבלת — איכות גבוהה.

משור סרט אוטומטי.



מנוע בעל מהירות משתנה מופעל צילינדר.

כוח הידראולי ופנימטי עבור אוטומציה בהשקעה נמוכה

השימוש באויר דחוס כמקור-כוח, גדל במהירות במשך 10 השנים האחרונות, ועתה הוא מקובל בכל ענפי התעשייה. ברוב מפעלי הייצור קיימת אספקת אויר דחוס, בהישג ידם. כוח פנימטי מספק את הדרישות לאוטומציה בהשקעה נמוכה, שכן המרכיבים זולים יחסית; רוב השסתומים אינם יקרים; וקיים מבחר רב של שסתומים. כן קיים מבחר רב של צילינדרים, ורוב המרכיבים ניתנים להשגה בחנויות. ייתכן שהיתרון הגדול של הציוד הפנימטי טמון באפשרות התאמתו למצבים שונים. המכונות הקיימות, ניתנות להסבה לפעולה פנימטית-אוטומטית בקלות ובמהירות. צילינדר-אוויר ניתנים להתקנה ישירה, בנקודה בה דרוש הכוח. בדרך-כלל, כל הדרוש להתקנת אוטומציה מופעלת פנימטית הוא זיוי חיבור אחדים וכמה אמצעים לחיבור מוט הבוכנה למנגנון הקיים במכונה והמופעל ביד.

בתחום האוטומציה בהשקעה נמוכה, אין לכוח ההידראולי אותו המוניטין לו זכה הכוח הפנימטי. זאת, בעיקר משום שהמרכיבים יקרים יותר ויחידת כוח הידראולית, בניגוד למדחסים, אינה מצוייה בדרך-כלל במפעל. למרות זאת, לכוח ההידראולי אותם היתרונות של אפשרות התאמה, בדומה לכוח פנימטי. במקום בו דרושים כוחות גדולים, או בקרת מהירות ומהלכי תנועה מדויקים, „מושך“ יותר השימוש בכוח הידראולי. הידוק, ייצוב וכבישה, הם תהליכים הצורכים את „שרירי“ הכוח ההידראולי.

אוטומציה בהשקעה נמוכה – בישראל

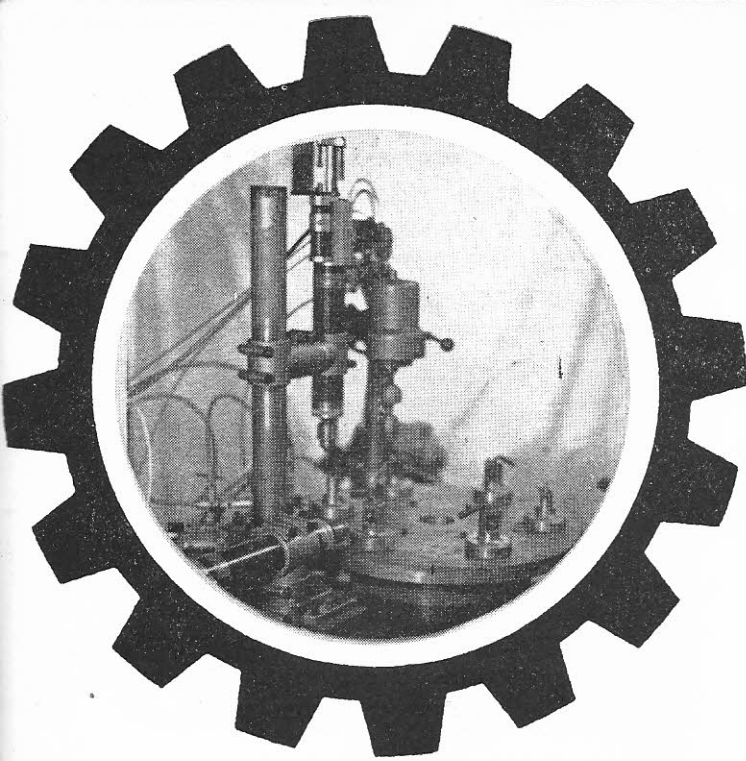
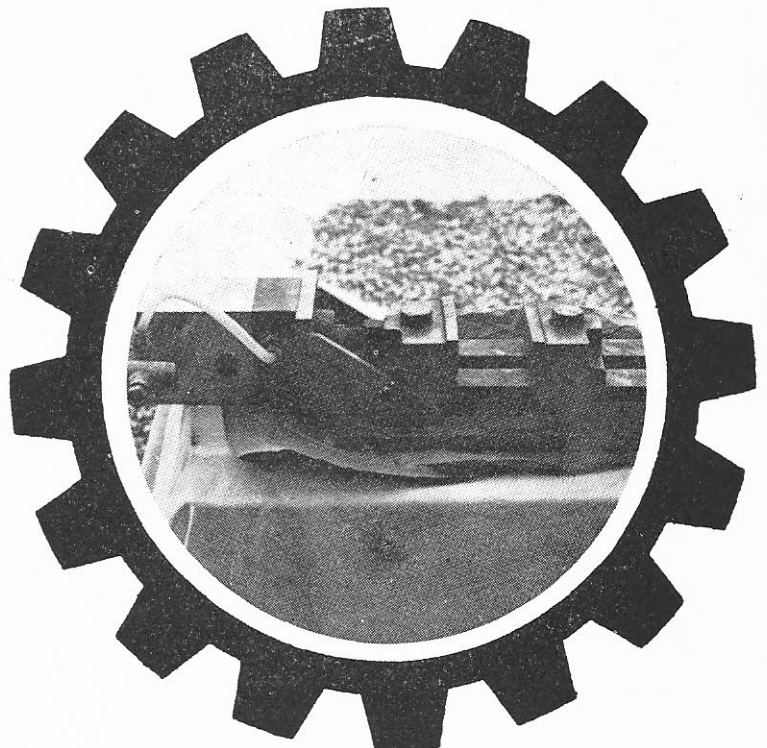
בשנים האחרונות אנו עדים לעליה תלולה בהיקף הייצור התעשייתי בישראל. קצב הכשרת כוח-אדם מקצועי, מפגר בהרבה אחר דרישות התעשייה, וכתוצאה מכך הפכה בעיית כוח-האדם המקצועי לאחת הבעיות „הבוערות“ של התעשייה. יתר-על-כן, בשל העליה בהיקף הייצור, נוצר צורך בהתאמת מפעלים קיימים, בעלי אפשרות ייצור של מוצרים רבים ומגוונים לייצור המוני של מספר פריטים מוגבל (מצומצם יחסית), אך בסדרות גדולות.

ההתפתחות התעשייתית יצרה שדה-פעולה נרחב לעוסקים באוטומציה. נציג להלן דוגמות אחדות הממחישות את החיסכון בהשקעה כספית ובכוח-אדם, הנגרם על-ידי הכנסת טכניקות של אוטומציה בהשקעה נמוכה.

משורר פ ר ט – מחירו של משורר שאינו אוטומטי, הוא כ-4,000 ל"י. על-ידי תוספת אבזרים של מערכת האוטומציה, במחיר 1,500 ל"י, ניתן להסב את המשורר לאוטומטי לחלוטין. כלומר, המשורר הותך ומזין את עצמו. כן ניתן להוסיף גם התקן פשוט (צפצפה) שיופעל משאזל החומר לניסור.

הפיכת משורר לאוטומטי משחררת אדם מהמכונה. להשוואה בלבד נציין כי מחירו של משורר סרט אוטומטי חדש, מאותו דגם, הוא כ-11,000 ל"י, בעוד שמחיר משורר המוסב לאוטומטי, בטכניקת האוטומציה בהשקעה נמוכה, הוא 5,500 ל"י בלבד. מקרה זה – במפעל להכשרה מקצועית, של ילדים נפגעי-שיתוק, מיוצר חלק שתהליך ייצורו כולל קדיחת חור. הפיכת מלחצי קדיחה המופעלות ביד, למלחציים פנימיות, הכפילה את כמות החלקים שנוקדחו. ההשקעה הכספית היתה כ-350 ל"י. מחיר זה – לצורך ייצור חלק, יש לבצע הברגה מדוייקת על-גבי צינור. ההברגה נעשית בשישה שבבים. תפיסת החומר

מלחציים פנימיות



מתקן קדיחה לשלושה חורים. החלקים מותקנים על-גבי שולחן מסתובב. בתום כל קידוח מסתובב השולחן באופן אוטומטי.

היא פנימית. עם הפעלת המחרטה „נוטלת“ הסכין שישה שבבים, כל אחד בעומק הגדול מהקודם. בגמר השבב האחרון, נעצרת המחרטה.

ההשקעה במקרה זה, הסתכמה במאות ל"י. את החרט המומחה החליף פועל לא מאומן, ותפוקת המכונה גדלה.

מחרטות-צריח – ייצור המוני של פריט מסויים נעשה על-ידי מחרטת-צריח. בהשקעה של כ-12,000 ל"י (מחיר זה כולל מחרטה משומשת) נתקבלה מחרטת-צריח אוטומטית, המסוגלת לייצר רק פריט אחד. אולם ההשקעה כדאית כאשר פריט זה דרוש בסדרות גדולות. מחירה של מחרטת-צריח אוטומטית חדשה, דומה הוא כ-80,000 ל"י. גם במקרה זה מופעלת המחרטה על-ידי פועל לא מאומן, במקום חרט מומחה, ותפוקת המכונה גדלה.

אין בדוגמות שהובאו כדי למצות את כל האפשרויות הטמונות בטכניקת האוטומציה בהשקעה נמוכה. אולם הדוגמות דלעיל מוכיחות כי טכניקה זו עשויה להיות דרך לפתרון בעיות של ייעול וחיסכון בהוצאות ייצור.

סיכום

בטרם פונים לאוטומציה בהשקעה נמוכה, יש להיזהר מפני להיטות-יותר בהפעלת טכניקות אלה. פזיזות בתחום זה, עלולה להיות הרת סכנות. לפני כל שינוי יש להיות בטוחים, כי אכן השינוי דרוש למפעל, וכי המכונה בה עומדים להכניס שינויים אכן הגיעה לשיא אפשרויות הייצור שלה. יש לשקול אם אין זה ראוי יותר להחליפה במכונה משוכללת יותר, או לוותר עליה, במקום להוציא כספים כדי לזכות בתוספת קטנה בלבד, והכרחי לבדוק אם השימוש במכונה יצדיק אוטומציה חל-קית.

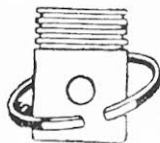
□

בוכנות מוביליה בע"מ

תל-אביב, רח' עשר טחנות 16

ת.ד. 13041

טלפון: 770360, 772883



ייצור בוכנות וטבעות לבוכנה
למנועי שריפה ולקומפרסורים

● ספק של משרד הכמחון

● תחת השגחת מכון התקנים

בית יציקה

הידרו לחץ

- יציקות אל ברזליות
- יציקות לחץ
- יציקות חול
- יציקות מבלט-יד (קוקיליים)

○
רח' סלמה 46, תל-אביב, טל. 825113

"מאיר"

חברה למכונות ומשאיות בע"מ
בבעלות מאיר קז ובניו,

הסוכנים הבלעדיים בישראל של

VOLVO

תל-אביב, רח' קרליבך 23, טל. 269191.

●
חברתנו מפעילה עתה גם מכונות כשיטת

LEASING

בתנאים נוחים.

תל-אביב, רח' אבן גבירול 9, טל. 222205.

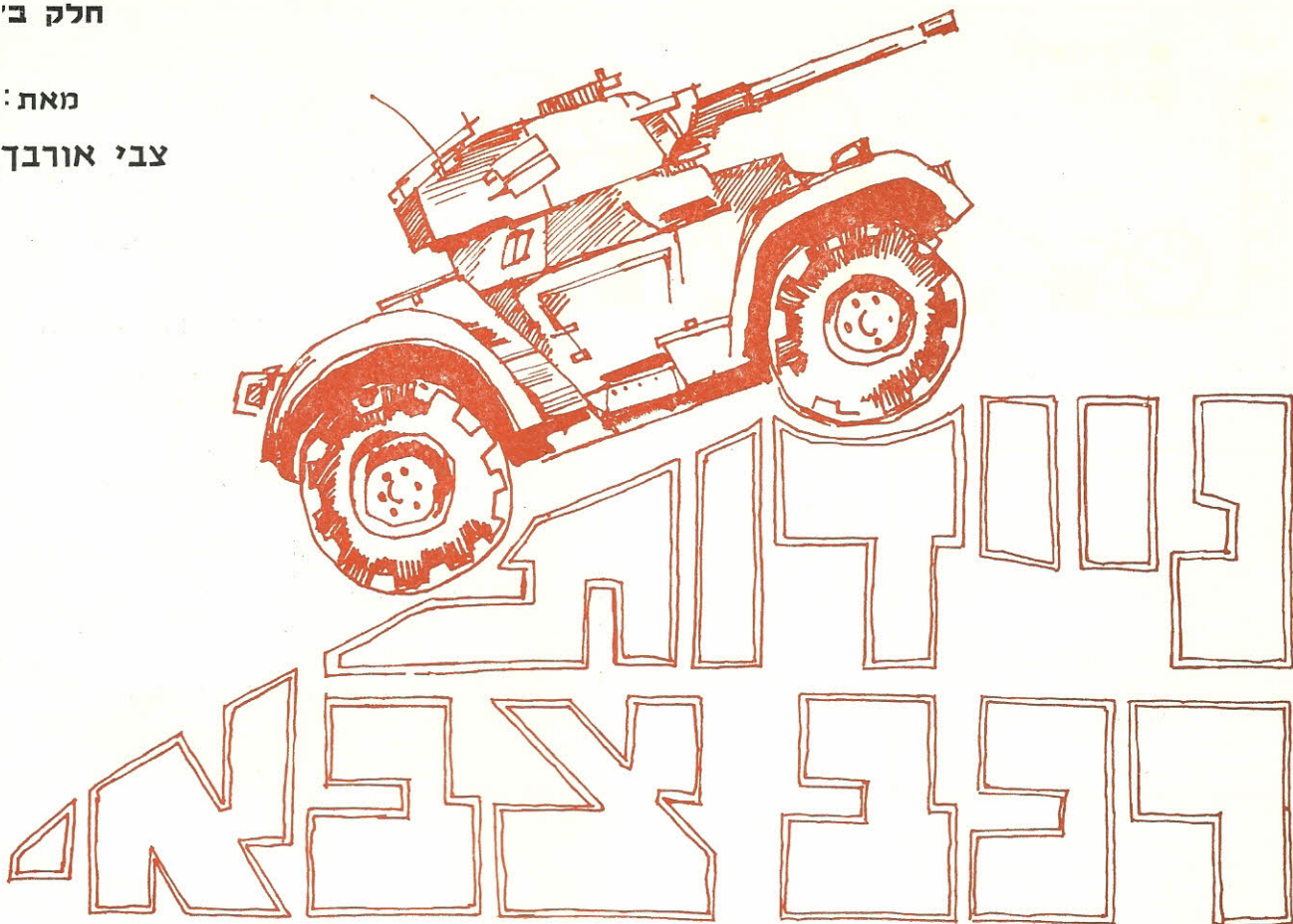
●
מוסך מרכזי מודרני לשרותים

"מאיר" בע"מ.

פתח-תקוה, קרית מטלון, טל. 911133.

●
טרקטורים ומנועים

בולינדר - פנטה



במאמר הראשון (חוברת 41), עמדנו על חלק מהתכונות הנדרשות מרכב צבאי. מאמר זה, בדומה לקודמו מפרט תכונות נוספות

מעבר מכשולים

בדוננו על תנועה בשדה, אין לצפות לחר-קיות קבועה של פני השטח. למעשה, זוהי קשת רחבה של מכשולים טבעיים ומלאכותיים המשתנים בצורתם, בממדיהם ובתדירות הופעתם. בתקופה האחרונה נערשו מחקרים אחדים במגמה לנסות למצוא דרך להגדרה אנליטית של סוגי השטח השונים, תוך שימוש בתורת הגלים וביסטיסטיקה. אולם תורות אלה לכשעצמן, נמצאות עדיין בשלב ראשוני של פיתוח. השיטה המעשית להערכת תכונות הרכב, מבחינת מעבר מכשולים, מתבססת עד היום על בדיקה תיאורטית ופיזית על-

גבי מספר מצומצם של מכשולים מייצגים אופייניים. נסקור, בהמשך, דוגמות עיקריות אחדות, תוך הדגשת הדרישות מהרכב הצבאי ומבלי להיכנס לחישובים מפורטים. נתעכב על שלושה סוגי מכשולים:

- מדרגה — מכשולים אנכיים.
- תעלה.
- מכשולי-מים.

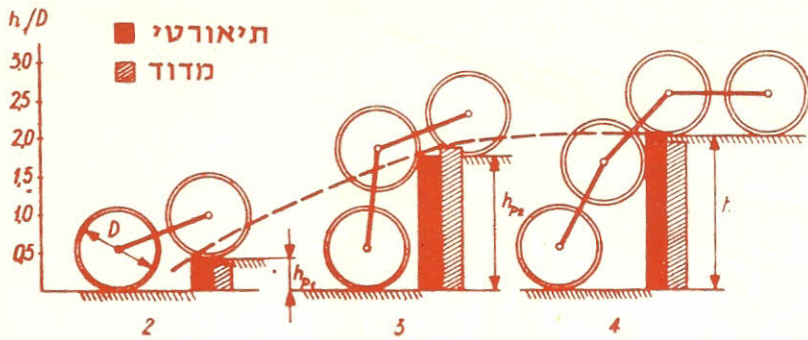
מעבר מדרגה ומכשולים אנכיים

בציור 16, מוצגות צורות יסוד אחדות של מעבר מדרגה אנכית בודדת על רכב אופני

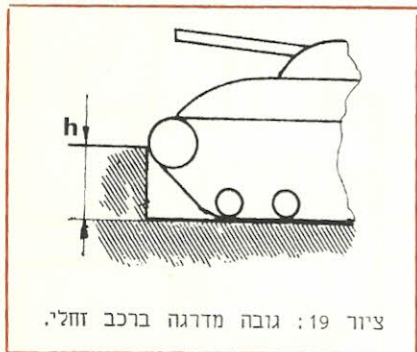
4x2 ו-4x4. בציור סומנו המידות והכוחות הפועלים בכל מקרה, תוך הזנחת ההתנגדות לגלגול ($f = 0$), שהינה קטנה יחסית לכוחות האחרים.

על-ידי משוואות פשוטות אחדות, אפשר להגיע לנוסחה אנליטית שתבטא את היחס בין גובה המדרגה (h) וקוטר האופן (D) כתלות של ממדי הרכב, של מיקום מרכז הכובד, ושל שיעור מקדם ההיאחזות.

בציור 17 מוצגת תוצאה גרפית אופיינית מחישוב כזה. למען פשטות החישוב, מבוטא ססת תוצאה זו על הנחות שונות ומת-עלמת ממספר גורמים. מהעקומות ניתן לראות היטב את השפעת שיעור מקדם



ציור 18: גובה המדרגה כתלות במספר הסרנים ברכב פרקי.



ציור 19: גובה מדרגה ברכב זחלי.

הרכב ובין הקרקע — ציור 20 א'. ברכב זחלי מוגדרת זווית זו, כזווית בין המשק לגלגל המניע (או הסרק) העובר דרך ה־נקודה הקיצונית הנמוכה ובין הקרקע — ציור 20.

השפעתה של זווית הגישה במעבר מכ־שולים אנכיים מודגמת בסידרת הציור־ריים הבאים (ציור 21). ברור, איפוא, שכל

גל לעבור הוא: $h = 0.5 D$, דהיינו — גודל רדיוס האופן. במציאות מגיע רק חלק מכלי הרכב, מקבוצה זו ליכולת המקסימלית הנ"ל. הדבר נובע ממגבלות שונות שלא כאן המקום לפרטן. (ברכב 4×2 כגבול העליון נחשב השיעור $h = 0.3 D$ — 60% מרדיוס האופן). רכב רבי־סרנים ובמיוחד רכב פרקי, מסוגלים לטפס על מדרגות בגובה רב הרבה יותר, ראה ציור 18.

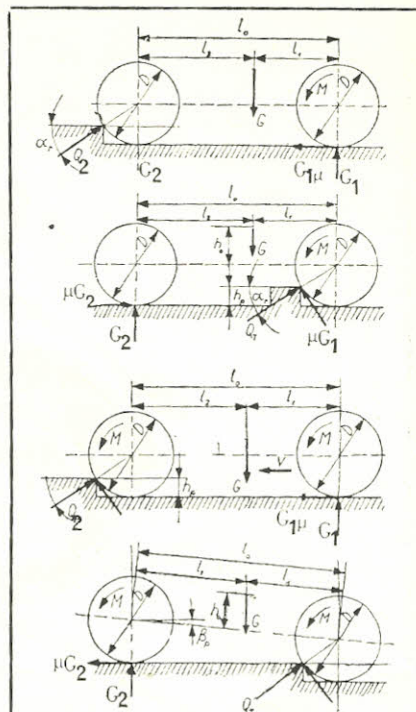
הגבול התיאורטי העליון שרכב מסוגל לעבור הוא $h < 2D$, אולם במציאות הושגו תוצאות נמוכות בהרבה מהנזכר לעיל. הרכב האופני הפרקי המשוכלל ביותר — „הטויטטר” — מסוגל לטפס עד לגובה של 90 ס"מ $h \approx 0.8 D$. כלומר $h \approx 0.8 D$. המגבלות, שבעטין אין הרכב מסוגל לעבור מדרגות גבוהות יותר, נעוצות בגבול החופש בפרק, בחוסר היאחזות מספקת ובבעיות גיאומטריות נוספות.

לא נתקלנו בספרות המקצועית בניתוח אנליטי לגבי רכב זחלי, אך הנתון האמרי פירי המקובל הוא: גובה מדרגה שרכב זחלי מסוגל לעבור הוא „גובה” האופן הקדמי — ציור 19. לפי הנתונים המצויים בידנו יהא רכב זחלי מקובל מסוגל לעבור מדרגה בגובה מקסימלי של כ־100 ס"מ.

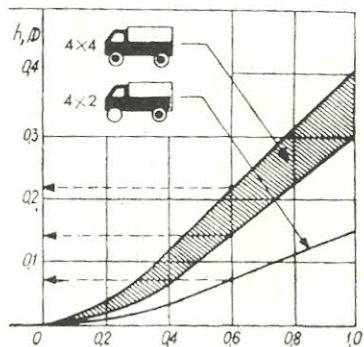
עד כאן התייחסנו בעיקר לקריטריון h/D , תוך התעלמות ממגבלות נוספות של הרכב, אשר במקרים רבים מונעות השגת הביצועים האופטימליים במעבר מכשור לים אנכיים. נתרכז להלן בנתונים גיאומטריים אחדים של הרכב.

זווית גישה

זווית גישה (angle of approach) מוגדרת כזווית בין המשק לאופן הקדמי, העובר דרך הנקודה הקדמית הנמוכה ביותר של



ציור 16: צורות שונות של מעבר מדרגות על־ידי רכב אופני.



ציור 17: התלות בין גובה מדרגה יחסי לקוטר האופן לבין מקדם ההיאחזות.

ההיאחזות μ על היחס h/D . המסקנות העיקריות שניתן להסיק עד כה, לגבי גובה מדרגה h שהרכב מסוגל לעבור הן:

- לרכב בעל הנעה בכל האופנים, תהיה עדיפות ניכרת במעבר על־פני רכב בעל הנעה בשני אופנים.

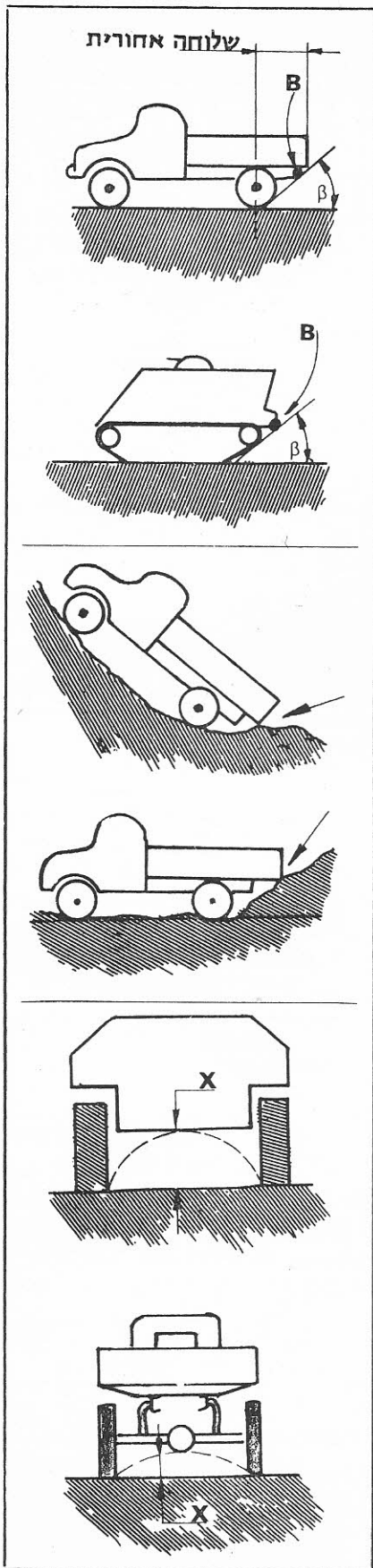
- גובה המדרגה, אותה מסוגל הרכב לעבור, יחסי לקוטר אופניו.

- כושר מעבר מדרגה מותנה בשיעורו של מקדם ההיאחזות בין הרכב והקרקע.

על־פי השוים וגם על סמך תוצאות ני־סויים מעשיים מסתבר, שהגובה המקסימלי (התיאורטי) של מדרגה שרכב 4×4 מסו־



ציור 20: זווית גישה α ברכב אופני.



שווית זו תגדל, כן יהיה הרכב עביר יותר. כדי להגדיל זווית זו יש לקצר ככל האפשר את השלוחה הקדמית, או להגביה הנקודה הקדמית A — ראה ציור 20. זווית הגישה האידיאלית היא כמובן 90° , ואומנם רבים מכלי הרכב המודרניים, מתוכננים בהתאם לכך. המינימום המקובל בתכנון כלי-רכב צבאיים הוא 45° — 50° .

זווית עזיבה

זווית עזיבה (angle of departure) דומה בהגדרתה לזווית גישה, אלא שזו מתייחסת לחלקו האחורי של הרכב. השיבותה מתבטאת בעיקר בעת, "עזיבת" המכשול — ציור 22. כדי להשיג ברכב אופני זווית עזיבה β גדולה ככל האפשר, יש למקם נקודה B קרוב, ככל-האפשר, לציר הארץ פן האחורי (שלוחה אחורית מינימלית) וגבוה מהקרקע. השפעתה של זווית העזיבה גדולה במיוחד ביציאה מתעלה או ואדי — ראה ציור 23. בדרך-כלל הדרישה שה ברכב צבאי מודרני $\beta_{\min} \approx 50^\circ$ אך גם כאן מושגת כבר ברכב אופני מודרני זווית בת 90° בקירוב, הנחשבת לזווית אידיאלית.

מרווח קרקע ומרווח גחון

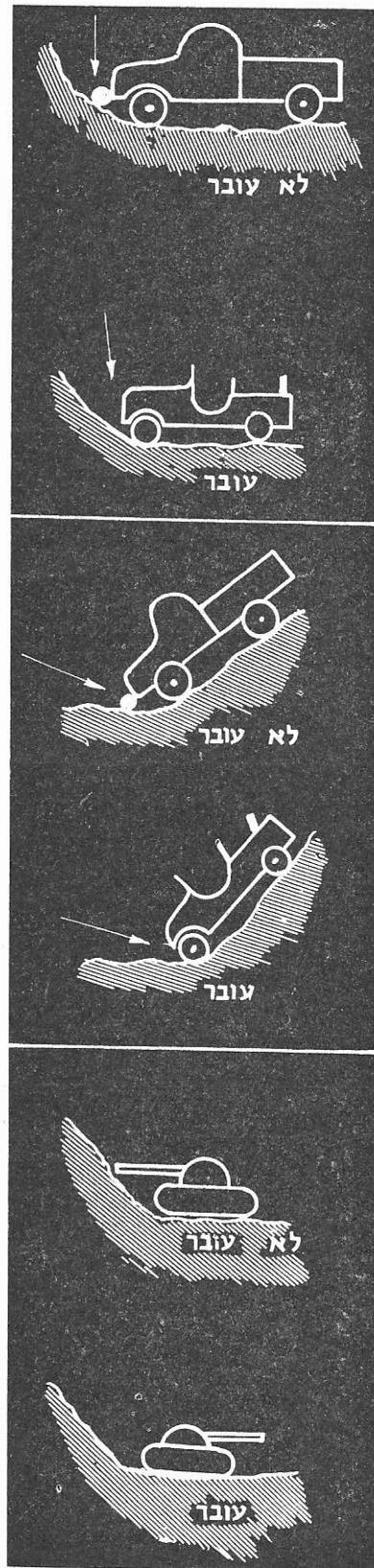
למרווח בין מישור המגע של הרכב והקרקע, לבין החלקים הנמוכים ביותר בתחתית גוף הרכב, חשיבות רבה ביותר בעת מעבר מכשולים. לרוב, נוהגים להביא בחשבון רק מרווח אחד לצרכי השוואה — "מרווח קרקע" (או מרווח גחון רוחבי) המוכר כ-"ground clearance", המופיע בדרך-כלל כאחד מנתוני הרכב.

דבר זה מוצדק כל עוד מדובר ברכב זחלי, שם מרווח זה נתון וקובע למעשה את יתר מידות המרווח, אך ברכב אופני שונה המצב. בציור 24 ניתן לראות את מרווח הקרקע — X. ברכב זחלי זהו המרווח בין הגחון לבין הקרקע. ברכב אופני זהו

ציור 22 (משמאל למעלה): זווית עזיבה β ברכב אופני זחלי.

ציור 23 (במרכז): השפעת זווית העזיבה במכשולים אנכיים.

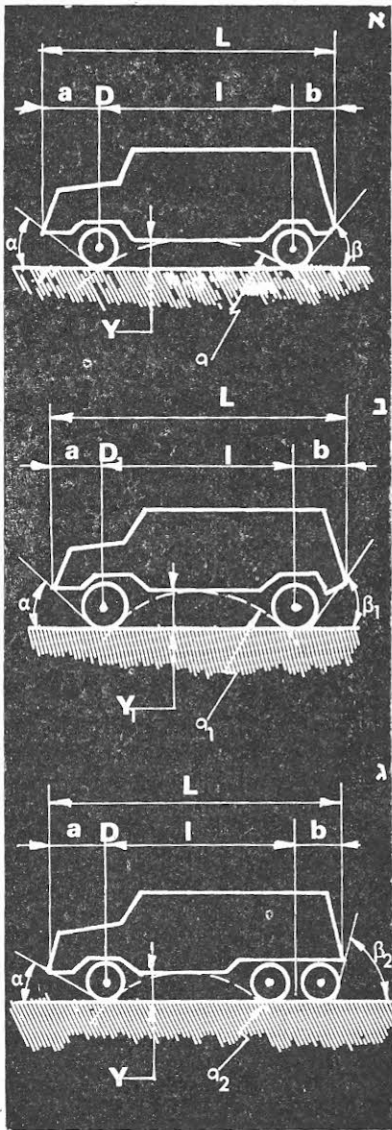
ציור 24 (למטה): מרווח קרקע רוחבי ברכב זחלי ואופני.



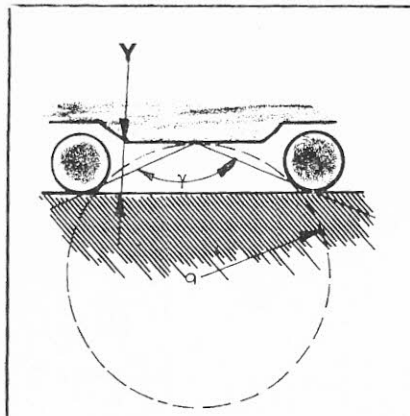
ציור 21 השפעת זווית הגישה על מעבר מכשולים אנכיים.

האופנים ממרכז הרכב (הגדלת l), כלומר להקטנת המרווח האורכי ρ . אחד הפתרונות היות היעילים, במקרה זה, הוא הגדלת קוטר האופנים ל- D_1 — ציור 27. עליידי כך אפשר להשיג, ברכב בעל אותם ממדים (a, b, l, L) זוויות α_1 ו- β_1 גדולות יותר, ובאותה הזדמנות מגדילים את מרווח הקרקע x_1 ומרווח הגחון האורכי y_1 . ראינו בפרקים קודמים כי הגדלת האופנים תורמת גם לתכונות אחרות של ביצועי הרכב.

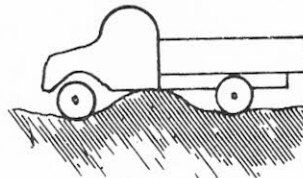
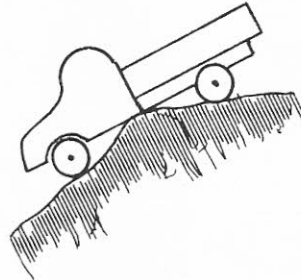
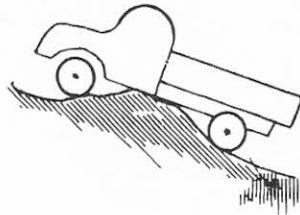
אולם לא תמיד ניתן ליישם פתרון זה. זאת בגלל מגבלות שונות כגון: גובה הרכב, גודל הכוח המניע, מרווחים הדרו



ציור 27: השפעת גודל וכמות אופנים על התכונות הגיאומטריות.



ציור 25: מרווח גחון אורכי ברכב אופני.



ציור 25: השפעת מרווח גחון אורכי על מעבר מכשולים אנכיים.

המרווח בין הקרקע לבין הנקודה הנמוכה ביותר במרכז הרכב, אשר, בדרך כלל היא הדיפרנציאל.

שיעור מרווח הקרקע קובע באיזו מידה יוכל הרכב לעבור מכשול הנמצא בין עקבות האופנים או הזחלים. שיעור זה חשוב במיוחד בקרקע סלעית, או בקרקע רכה, שם העקבות („קוליס“) עמוקים. כאשר מדובר במכשול אנכי מסוג אחר, שרוחבו שווה למרחק בין העקבות או גדול ממנו, אין למרווח הקרקע (\times) השפעה כלל, כיוון שהסרן יעלה כגוף קשיח (מידת הר עליה של האופנים זהה למידת העליה של הנקודה התחתונה בדיפרנציאל). גם ברכב זחלי דומה המצב.

המרווח העיקרי שיקבע את יכולתו של רכב אופני במעבר מכשולים, הוא מרווח הגחון האורכי — ראה ציור 25.

מרווח זה מתואר בשלוש הצורות הבאות:

● מידה אנכית y — בין הקרקע לבין הנקודה הנמוכה ביותר במרכז הרכב (חייב להיות $y > \times$).

● רדיוס המרווח האורכי ρ של העיגול הדמיוני המשיק לנקודה הנ"ל ולאופנים (השאיפה היא ל- ρ קטן ככל האפשר).

● זווית הרמפה γ (break angle) — בין המשיקים לאופנים מהנקודה הנ"ל, (השאיפה היא ל- γ קטן ככל האפשר).

להדגמת חשיבותו של מרווח זה, תוארו בציור 26 שלוש צורות אופייניות של מעבר מכשולים אורכיים; מרווחי הקרקע המינימליים הרצויים ברכב צבאי הם בגדלים כדלקמן:

□ ברכב אופני „קטן“ — 25 ס"מ $\times =$

□ ברכב אופני כבד — 30–40 ס"מ $\times =$

□ ברכב זחלי 40–50 ס"מ $\times =$

□ מרווח גחון אורכי ברכב אופני

200 ס"מ $\rho <$ (60 ס"מ $y >$).

הפתרונות הגיאומטריים

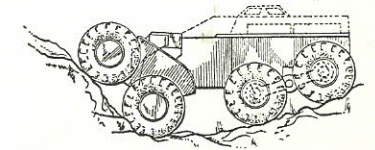
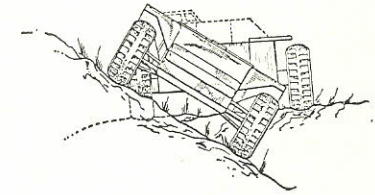
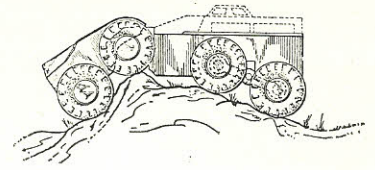
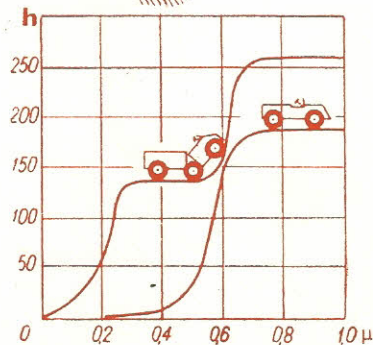
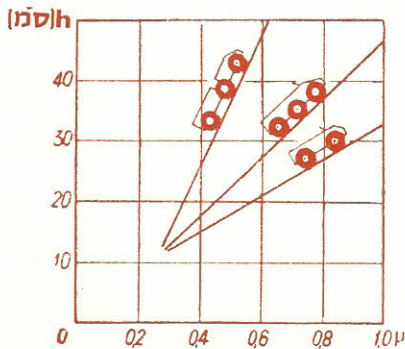
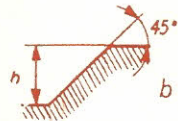
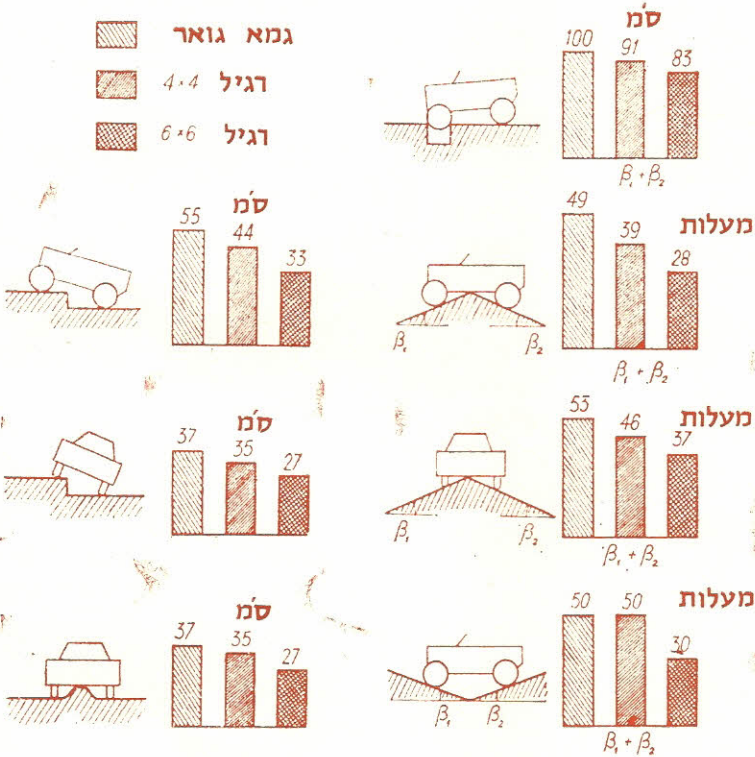
ברכב אופני

נבחן בקצרה מהם יחסי הגומלין בין הנתונים הגיאומטריים של הרכב האופני, הקובעים את עבירותו במכשולים אנכיים ומהם הפתרונות המקובלים. ראינו לעיל, כי כדי

להשיג זוויות גישה ונזיבה גדולות, יש להקטין את מידת השלוחה הקדמית (a) והאחרית (b) של הרכב. אם נבחן רכב נתון, שאורכו מוכתב עליידי דרישות פונקציונליות — ציור 27 א' ברור, איפוא, שהדרישה להקטנת a ו-b גורמת להרחקת

ציור 29: השוואת מעבר מכשולות.

- גומא גואר
- רגיל 4*4
- רגיל 6*6



ציור 28: „הטויסטר“.

שים להיגוי וכדומה. לפיכך רצוי לדאוג בכל מקרה להשיג נתונים גיאומטריים טובים המגביהים את הנקודות „הרגישות“ בתחתית הרכב, במרכזו ובקצוותיו. (רבים טועים עדיין בחושבם רק על המרווח \times ומשויים, על-כן, גובה נקר דות אלה לתחתית הסרן).

פתרון אחר לבעיה זו הוא על-ידי ריבוי סרנים — ציור 27 ג' ממחיש פתרון זה. על-ידי הוספת סרן נוסף מגדילים בצורה ניכרת את המרווח האורכי (הקטנת הרדיוס $\rho_1 > \rho_2$ מבלי לשנות את המרווח y). כמובן שאם נוסף סרן רביעי, ונהפוך, על-ידי כך את הרכב ל- 8×8 , ניצור מצב טוב יותר. יש לשים-לב לעובדה שעל-ידי הור ספת סרנים, מקרבים למעשה את הגיאר מטריה של הרכב האופני, מבחינת המרי ווחים, לזו של רכב זחלי. ראינו בפרקים הקודמים את היתרונות של ריבוי סרנים לגבי תכונות אחרות של הרכב. התכונן המודרני ביותר בתחום זה של גאומט-ריית הרכב, הוא הרכב הפרקי articulated vehicle, שהוזכר כבר בהקשר לתכונות אחרות. רכב מסוג זה בנוי משתי יחידות המחוברות ביניהן על-ידי חיבור פרקי המאפשר שינוי הזוית ביניהן ב-3 משור רים. ציור 28 מדגים מעבר מכשולים שר-נים על-ידי הרכב הפרקי „טויסטר“. ל-סיום נושא זה נביא השוואה של שלושה

חישובים שונים שאומתו, בדרך-כלל, בי-ניסויים יהא רכב „טוב“ מסוגל לעבור תעלות כאלה, כשהן בעלות דפנות קשיות חות עד רוחב של $l_1 \approx 0.85 D$.

תעלות ברוחב זה, אינן מהוות כלל בעיה לרכב זחלי.

בציור 30 נראית תעלה אשר רוחבה עולה על קוטר האופן, אך, עם זאת, היא רדודה למדי. כאן אפשרות המעבר תלויה בעומק התעלה. רכב אופני המסוגל לעבור מדרגה h והוא בעל מרווחים וזוויות טובים יחצה תעלה מסוג זה.

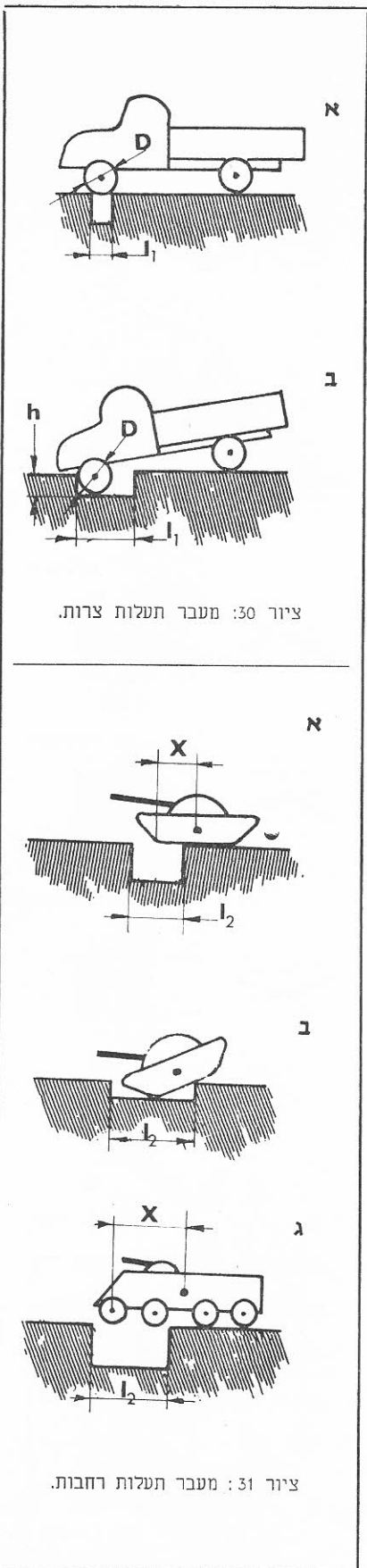
□ מקרה ב' (ציור 31) במעבר תעלות רחבות יותר, הגורם המשפיע הוא אורך המגע של הרכב בקרקע ומיקום מרכז הכובד של הרכב — ביחס לרוחב התעלה — ציור 31 א'. כל עוד גדול מרחק מרכז הכובד \times מרוחב התעלה l_2 — יעבור הרכב. אם תנאי זה, לא יתקיים (עם זרובה מתאימה) נקבל מצב המתואר בציור 31 ב' והרכב לא יצליח לעבור (כשעומק התעלה גדול מגובה מדרגה עליה יכול הוא לטפס). ככלל מקורב אפי שר לקבוע שרכב יחצה תעלה שרוחבה קטן במקצת ממחצית אורך המגע שלו. רכב זחלי מודרני צולח תעלות שרוחבן 1.5—3.5 מטר בהתאם לאורך הרכב.

ברכב אופני התנאי העיקרי לכושר מעבר תעלות הוא ריבוי סרנים. רכב 4×4 אינו מסוגל כלל לדלג מעל לתעלה, כי ברגע שהסרן הקדמי מאבד את המגע עם הקרקע — נכנס חרטומו לתוך התעלה. מבחינת צליחת תעלות עדיף רכב 8×8 בעל 4 סרנים — ראה ציור 31 ג'. כאן דומה המצב לזה של רכב זחלי מבחירי נת צורת המעבר, ואומנם משיגים ביצור עים הקרובים לאלה של רכב זחלי (מעל 2 מטר). מעניין לציין שדווקא במקרה זה, נחות רכב פרקי מרכב קשית, אלא אם כן מצליחים לנעול את הפרק בעת מעבר תעלה, או לחצות את התעלה על-גבי קרע קעיתה.

במרוצת השנים פותחו שיטות שונות שמטרתן להגדיל את ביצועי הרכב האר פני בעת מעבר תעלות. נזכיר כאן שתי דוגמות:

● התוף הקדמי — בדומה לקיים בחלק מהזחל"מים.

● גלגלי תמיכה בין הסרנים, שאפשר להנמיכם בעת מעבר תעלה.



ציור 30: מעבר תעלות צרות.

ציור 31: מעבר תעלות רחבות.

כלי-רכב אופניים מבחינת מעבר מכשולים אנכיים. בציור 29 מוצג רכב פרקי מסוג „גאמה-גואר“ 6×6 , של צבא ארה"ב והי מחליף את הנג. („קומנדקאר“) בהשוואה עם כלי-רכב 4×4 ו- 6×6 „רגילים“.

נסכם את תכונותיו העיקריות של הרכב, שיקבעו את ביצועיו במעבר מכשולים אנכיים, הדברים אינם מובאים לפי סדר חשיבותם.

□ כוח והיאחזות הגדולים די הצורך ביחס למשקל הרכב.

□ ברכב אופני הנעה בכל האופנים, ריבוי סרנים.

□ אופנים בקוטר גדול, או ברכב זחלי — אופן הנעה גבוה.

□ זוויות גישה ועזיבה גדולות ככל היר אפשר.

□ מרווח קרקע ומרווח גחון אורכי מקסימליים.

□ גם ברכב אופני וגם בזחלי עדיף הר פתרון של רכב פרקי.

□ מרכז כובד נמוך, וככל האפשר במרכז הרכב, (לא הוכחנו זאת במסגרת המאמר, אך הדבר נובע ישירות מהמשוואות על-פי ציור 16).

□ מתלה בעל מהלך גדול „הסופג“ את הפרשי הגובה.

□ חוזק מתאים של מערכות ברכב — עמידה בפני הלמים הנוצרים בעת התקף לות במכשול.

נוסף על אלה יש להטעים כי גם טכניקת הנהיגה תשפיע בצורה מכרעת על „כושרו“ של הרכב לעבור מכשולים אנכיים, ובמיוחד במקרים גבוליים.

מעבר תעלה

נסקור בקצרה מקרים אופניים אחדים. ניתן להבחין בכמה צורות יסוד של מעבר תעלה. אמת-המידה הבסיסית תהיה ריר חב התעלה ביחס לממדי הרכב, אולם נבדוק גם במקרים מסויימים את השפעת העומק.

□ מקרה א' (ציור 30 א') תעלה צרה יחסית לקוטר האופן $D < l_1$, זהו המקרה הפשוט ביותר. הרכב האופני יוכל לעבור אותה בנקל, בתנאי, שקוטר אופניו גדול מספיק יחסית לרוחב התעלה. לפי

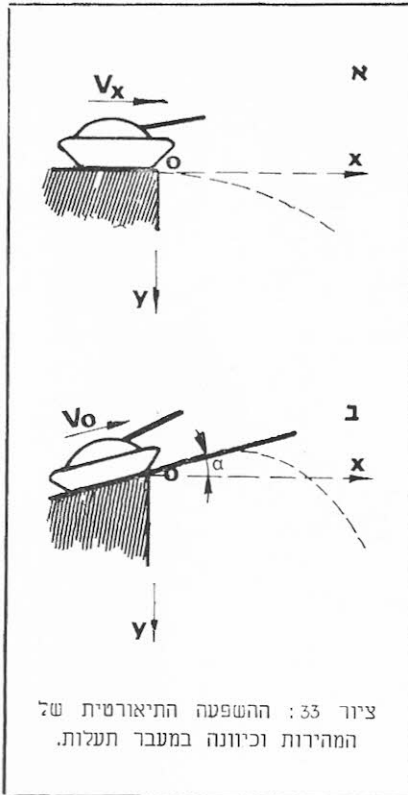
ומהירות שקולה V_0 בזווית α נקבל מסלול פרבולי שבתחילתו עולה ורק ל־ אחר מכן יורד. נראה שאם הרכב נוסע במסלול אופקי במהירות של 10 קמ"ש לערך, והרוחב שהוא מדלג הוא 2 מ' , תהיה הירידה הפרבולית:

$$Y = \frac{1}{2} g \left(\frac{l}{V_x} \right)^2 \approx 2.2 \text{ m}$$

כאשר תגדל המהירות לכדי 35 קמ"ש לערך, תהיה הירידה 0.2 מטר בלבד. הדבר ממחיש את השפעת המהירות בעת מעבר תעלות. המצב מבחינה זו יעיל הרבה יותר, כאשר הדילוג נעשה תוך מהירות V_0 בזווית α (ציוור 33). אם הרכב נוסע על־גבי משוער, או על־ידי האצה פתאומית וחזקה לפני הדילוג, יתקבל מומנט המעביר את מרכז הכובד לאחור ואפקט של רכיב מהירות אנכי.

מן האמור לעיל נראה, שההצלחה במעבר תעלות תלויה רבות בטכניקת הנהיגה בנוסף לתכונות הרכב. ניצול נכון של מהירות תאוצת הרכב או תאוצתו בכל שלבי הדילוג מעל תעלה, חשוב לעתים יותר מן התכונות הבסיסיות של הרכב. הניתוח המלא, המתחשב בכל הגורמים המשפיעים (כולל מהירויות, תאוצות, טיב המתלה וכו') הינו מסובך למדי, ויכול לשמש נושא למאמר גדול נפרד.

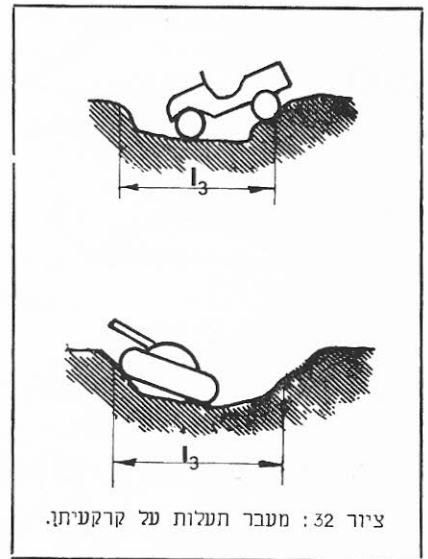
(מאמר שני בסידרה)



ציוור 33: ההשפעה התיאורטית של המהירות וכיוונה במעבר תעלות.

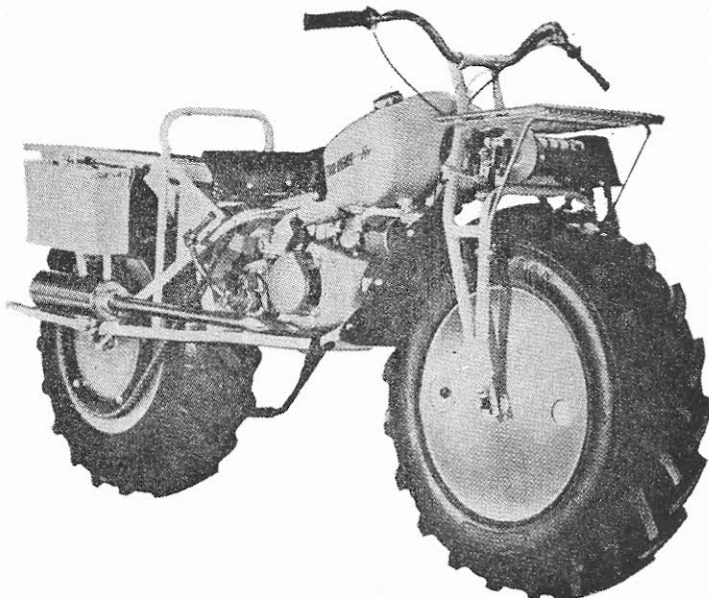
מבחינה תיאורטית ניתן היה לנתח מקרה של דילוג על־שני תעלות, בהקשר לחוקי „הזריקה האופקית” או „משופעת” — כמודגם בציוור 33, ששם קיים הקשר הפרבולי בין המרחק x והגובה y . ברור שאם לרכב מהירות אופקית V_x יתקבל בדילוג מסלול פרבולי יורד — ציוור 33 א'

□ מקרה ג' (ציוור 32), כאשר התעלות הן רחבות מאוד, יחסית לאורך הרכב. מעבר תעלה במקרה כזה, מבוסס תמיד על תנועה על־גבי קרקעית התעלה. כאן תלוי כושר צליחת התעלה, בכושר מעבר מכשולים אנכיים, כמוסבר בפרק הקודם. המגבלות העיקריות הן במעבר הדפנות, בירידה ובעליה מן התעלה. תכונות הרכב שיקבעו הצלחה או כישלון, הן שוב, כוח הנעה יחסי, גיאומטריה של הרכב וכיו"ב. לסיכום פרק זה נציין כי הסתפקנו כאן רק בהצגה תמציתית תיאורית־איכותית בעיקרה, במגמה להצביע על צורות ובעיות אופייניות.



אופנוע בעל עבירות גבוהה

חברת „רוקון” האמריקנית, מייצרת רכב דו־אופני, בעל הנעה בשני האופנים, המיועד לשימוש בשטחים קשים לעבירות. לרכב אופנים חלולים, מחמרן, המאפשרים לו למעשה לעבור כל סוג של קרקע או מים. משקל האופנוע 90 ק"ג לערך, ואפשר לשאתו בטנדר או במכונית סטיישן. הרכב תוכנן כך שיוכל לצלוח נחלים עד עומק של 60 ס"מ, ולצוף על פני מים עמוקים יותר. האופנוע מסוגל לטפס במדרונות עד 60° , לעבור על־פני ביצות, ולטפס מעל סלעים. באופניו החלולים הוא מסוגל להחטין זלג או מיי־שתייה. חמרן האופנים הוא תרכובת של סגסוגות 3003, 5052, 6061-T6.



"משיח"

מתכות, פרופילי אלומיניום
ומוצרי מתכת

רח' 330 מס' 13 — יפו
טל. 825525 — 824953



"MASHIACH"

METALS ALUMINIUM PROFILS
METALS GOODS

Jaffa, 13, 330 Str.
Tel. 825525 - 824953

אסבסטוס וניאיקלים

חברה בע"מ

יצרני סרטי בלמים, מעצורי דיסק
ובטנות למצמדים לרכב אזרחי וצבאי

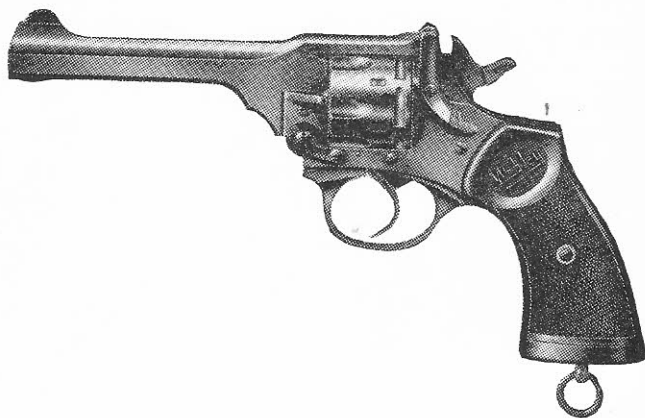
חומי, חבל, סרטי ובדי אסבסט

ת. ד. 86 תל-אביב טל. 778121-3



דרך פתח-תקוה 28, טל. 36423

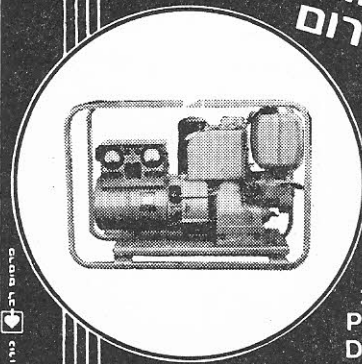
נשק תחמושת ואביזרים
חומר נפץ ומכשירי פיצוץ



דיזל גנרטורים

להספקת מאור וכח
ולשעת חרום

DALE
GENERATING PLANT



הפעלה:
חשמלית
ידנית
אוטומטית

גדלים:
1 Kw - 1000 Kw

מצוידים במנוע דיזל
קרור אויר וקרור מים:
Perkins, Scania-Vabis,
Dorman, Ruston, Ford,
Lister.

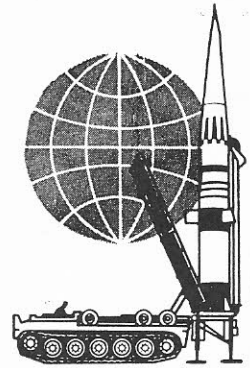
הספקה מיידית מהמלאי • שרות • חלקי חילוף
הסוכנים והמפיצים בישראל

י.א. קורץ ובנו בע"מ

חברה להנדסה

תל-אביב דרך שלמה 48 טלפון 822464

חידושים בצבאות העולם



ממסרת כוח הידרומכנית לרכב זחלי

ממסרת-כוח הידרומכנית (ציור 1) מעבירה, באופן אוטומטי, כוח דרך ההגה מוחל אחד למשנהו בכלי-רכב זחליים, ומאפשרת להם לפנות בצורה חלקה במידת הכוח הדרושה. הממסרת מפותחת על-ידי חברת ג'נרל-אלקטריק בשיתוף פיקוד הנעת הטנקים של צבא ארה"ב.

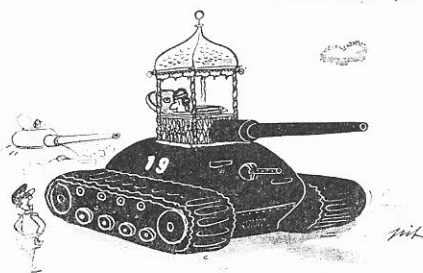
הממסרת מבטלת את הצורך בבלמי הגה, מצמידים והתקני החלפת הילוכים. המערכת נבחנת כיום בניגמ"ש M113A1 APC



תרמילי כדור מחמרן

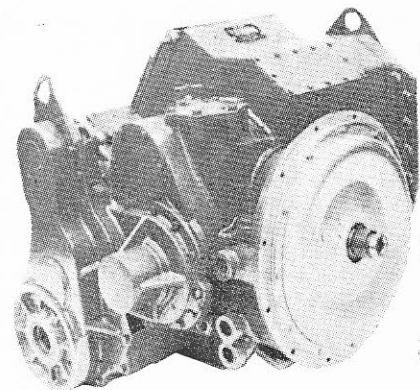
מעבדת החומרים של חיל האוויר האמריקני, הוכיחה על יסוד נסיונות והדגמה, כי השימוש בסיגי חמרן לתרמילי הכדור, בהשוואה לנחושת ששימשה למטרה זו בעבר, תחסוך 28 אחוזים ממשקל התרמיל, ו-10 אחוזים במחיר.

משהשתמשו בחמרן לתרמילי הכדור של המקלע 7.62 מ"מ (Minigun), הוכח כי חסכו במשקל בכ-32% ממשקל הנחושת, והחסכון במחיר מוערך כסנט 3.5 אגו"ר (רות) לכל כדור.



זה עתה הגעתי מהודו.

רעיון הממסרת משלב בקרה של עניבה סגורה, עם תכונה של יחס משתנה אינרסופי של נתיב כוח הידרומכני מפוצל. באמצעות כיוונון אוטומטי של יחס התמ"סורת, מותאמת ברציפות שליטת המפעיל בעוצמת המנוע, לדרישות מומנט הסיבוב, ובכך נמנעת מהירות מופרזת של המנוע. בנוסף לשיפור יעילות המפעיל, מפחיתה ממסרת הכוח את דרישות תפוקת המנוע ואת צריכת הדלק, על-ידי הגה משוב יעיל המפתח יחסי ביצוע משופרים (כגון יחס מומנט הסיבוב למשקל) ותאוצה, וכן מהימנות ואפשרויות אחזקה משופרות. זאת והיות ובמערכת 25% פחות חלקים מאשר בתמסורות הידרוקינטיות, וחלקים אלה ניתנים להחלפה בקלות. יתרונן נוסף של ממסרת הכוח, במיוחד לדרישות מכלי-רכב סיור וקרוב, היא העובדה שכאן נמנעת התגלות. עשן של מנוע דיזל מופחת בהרבה על-ידי בקרה אוטומטית של עוצמת המנוע.



1

מוסב, ברכב-סער 7.7 טונה XM-729 (ציור 2), ורכב עביר בשטחים קשים XM-759 EL 6 טונה. ממסרת הכוח הידרומכנית מפתחת מהירויות מקסימליות מעל ל-75 קמ"ש, וניתן להתאימה לכלי-רכב בעלי משקל כולל מ-5 עד 50 טונה וכניסה של 100 עד 1500 כ"ס. כן מאפשרת הממסרת פניות במהירויות גבוהות, שבכלי-רכב רגילים היו עלולות לגרום להתהפכות.



טנק-קל שבדי חדש

הסביבה ורוח-צד. בנוסף מוזינים מחושים (Sensors) מידע על שיפוע אצילי התותח. כאשר עוקב התותחן אחרי מטרה נעה, מתקבלים גם נתונים על קצב הגבהת התותח וצידוד הצריח. זווית ההיסט הנ"כונות מחושבות ברציפות ומוזנות לתוך המערכת.

חטיבת-הכוח של הטנק כוללת מנוע דיזל, תוצרת "וולורפנטה", בעל 6 צילינדרים המפתח 330 כ"ס. המנוע מותקן בזווית, עובדה המאפשרת תא-מנוע קצר יותר מ" אשר בהתקנה אורכית רגילה, ולא דורשת תשלובות רבות כמו במערכת מנוע צדדי. מפלט המנוע נועד לא רק להנעת הטורבור מדחס, אלא אף מספק זרימת אויר לקי" רור מערכת ההיגוי של המצמד והבלמים. הזחלים, הבנויים בשיטת פינים בודדים ותותבי גומי, הם בעלי מעלה הקצר בהר" בה מזה של זחלים ישנים יותר מסוג זה. לכן הזחלים כאן, שקטים יותר ובעלי או" רך חיים רב יותר.

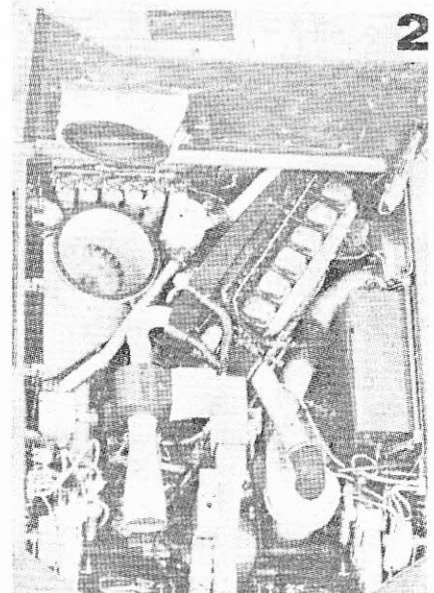
כל לוחות התובה מעוגלים במידת-מה, זאת להקטין את הרעש הפנימי, ולשפר את נוחות הצוות, המונה 4 חיילים. כבר

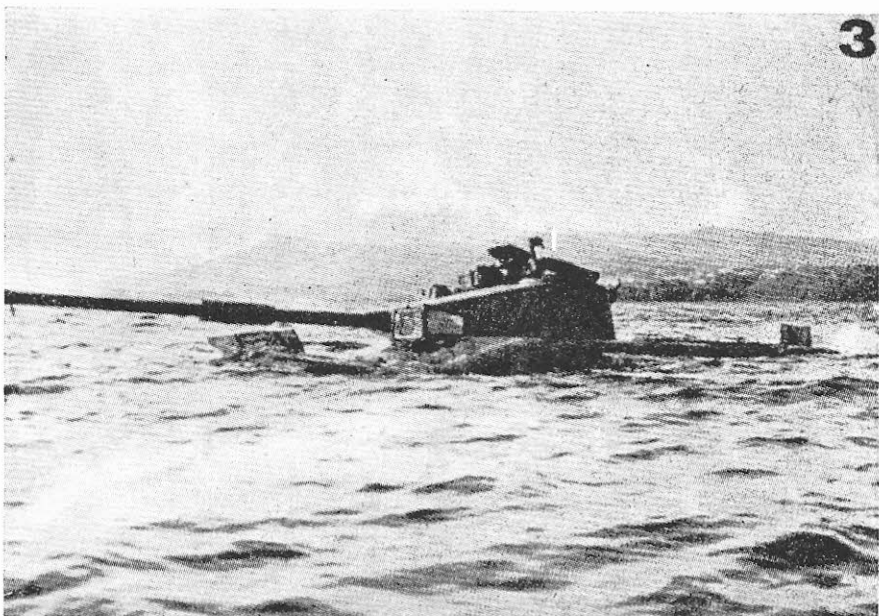
מטר לשניה. לתותח רשף קטן מאוד, דבר המקשה על גילוי הטנק בעת ירי. לחץ הקרקע של הרכב נמוך כדי מחצית של טנק מערכה חדיש. לחץ הטנק על הקרקע כ"0.4 ק"ג/לסמ"ר.

הטנק, שפותח על-ידי חברת "הגלנד וסר" נר", מבוסס על שימוש מקסימלי של מר" כיבים מסחריים קיימים, והמתאימים אף ל-נגמ"ש PbV-302, המיוצר על-ידי אותה חברה. שיטת תכנון זו, איפשרה לצוות התכנון, להועיד את רוב כספי הפיתוח למספר מצומצם של מרכיבים שנועדו להפוך את הטנק לתכליתי ביותר.

בטנק-קל זה, שולב לראשונה התותח למערכת בקרת-אש משופרת. המערכת פותחה על-ידי חברת "Honeywell" וכו" ללת מד-טווח אופטי AGA, ומחשב בליס" טי. צריחון המפקד, הנושא את מד הטווח, מסוגל להסתובב יחסית לצריח, ובכך מאפשר למפקד לטווח ללא תלות במצב התותח, מבלי "לאבד" את המטרה בעת צידוד התותח. המחשב הבליסטי מוזן בני" תונים הרגילים של טווח, ומספר נתוני קלט מוזנות-ייד לתיקון — עבור תנאי

שבדיה פיתחה לאחרונה טנק-קל חדש, המכונה IKV-91, בעל תכונות מעניינות. הטנק שוקל כ-15 טונה בלבד, ובעל תותח חדיש הפועל בלחץ נמוך. התותח יורה פגז מטען חלול, מיוצב סנפירים, בקליבר 90 מ"מ. מהירות הלוע של התותח כ-900





ח י מ ו ש :
 תותח — A.B. בופורס.
 קליבר — 90 מ"מ.
 אורך הקדה — 54 קליבר.
 הגבהה מקסימלית — 15°.
 הנמכה מקסימלית — 10°.

מ ק ל ע י מ :
 1 — מקביל.
 1 — בצריח הטען.
 קליבר — 7.62 מ"מ.

מ ד ו כ ו ת ע ש ו :
 12 קנים על הצריח.

ת ח מ ו ש ת :
 90 מ"מ מטען חלול.
 90 מ"מ נפיץ.
 68 פגזים.
 4,000 כדורים 7.62 מ"מ למקלעים.

ה ס כ ר ל ת מ ו נ ו ת :

- 1 — אב-טיפוס של הטנק הקל IKV-91, המתוכנן לייצור סדרתי ב-1972.
- 2 — תא המנוע, עם מנוע הדיזל המותקן בשיפוע במרכז למטה, פולט את גזי המפלט „המושך“ אויר קירור מעל מערכת ההיגוי.
- 3 — הטנק בעת נסיעה במים, מהירותו המקסימלית במים 8 קמ"ש. על כביש — 65 קמ"ש.

מהירות מקסימלית במים — 8 קמ"ש.
 טווח נסיעה על כביש — 600 ק"מ.
 חציית שוחות — 1.7 מטר.
 מעבר שיפוע מקסימלי — 30°.
 יחס כוח למשקל — 22 BHP/ton.

בעת תכנון הטנק, הקנו לו תכונות ציפה, והוא מסוגל לחצות נהרות ללא הכנה מוקדמת. תכונה זו קיימת רק בטנק נוסף והוא — טנק הסיוור הסובייטי PT-76. **נתונים טכניים**

מ נ ו ע :
 סוג — 4 פעימות, דיזל בעל טורבו-מדהס.
 צילינדרים — 6 בקו.
 תוצרת — „וולוו-פנטה“.
 כוח — ב-2,200 סל"ד — 330 כ"ס.
 מומנט מקסימלי ב-1,400 סל"ד — 440 קג"כ.

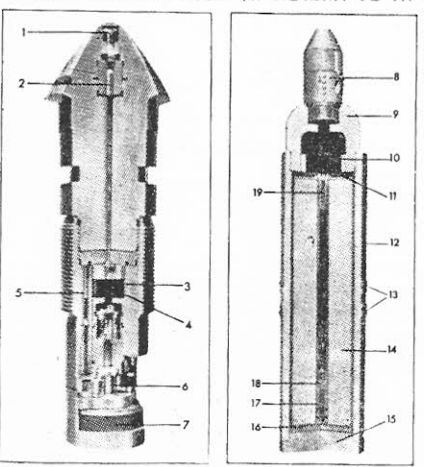
כ ל י :
 צוות — 4 חיילים.
 משקל ערוך לקרב — 15 טונה.
 לחץ קרקע — 0.4 ק"ג/סמ"ר.
ב י צ ו ע י מ :
 מהירות מקסימלית בכביש — 65 קמ"ש.

עם וחוסר רשף הלוע של התחמושת החדשה, מגבירים את גורם ההפתעה על האויב.

ה ס ב ר ל ת מ ו נ ו ת :

- 1 — מרעום הקשה בעל חרטום רגיש.
- 2 — נפץ השהייה.
- 3 — מנגנון השמדה עצמי, דמוי שעון.
- 4 — נפץ אינרטי.
- 5 — התקן השמדה עצמי פירוטכני.
- 6 — שרשרת ניפוף.
- 7 — מטען מאיץ.
- 8 — מרעום כפול.
- 9 — קלע החרטום.
- 10 — מטען פליטה.
- 11 — לוחית פליטה.
- 12 — גוף הפגז.
- 13 — טבעות מובילות.
- 14 — מיכל תאורה.
- 15 — בסיס הפגז.
- 16 — דיסקית כיסוי מיכל התאורה.
- 17 — מטען אבק שריפה.
- 18 — מקבע השהייה.
- 19 — מטען התפשטות.

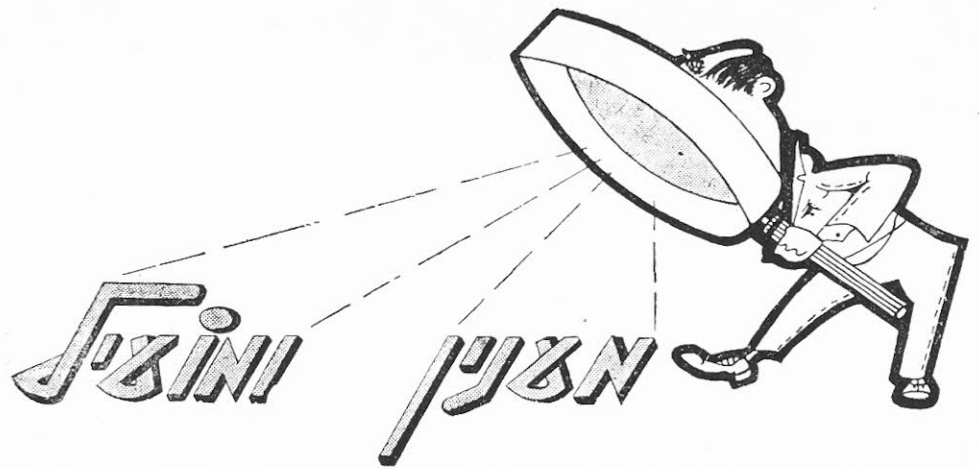
טכניות המשמידות את הפגז לאחר מעוף של 5 שניות. צורתה החיצונית ותכונותיה הבליסטיות של תחמושת זו, דומות לתחמושת פלסטית



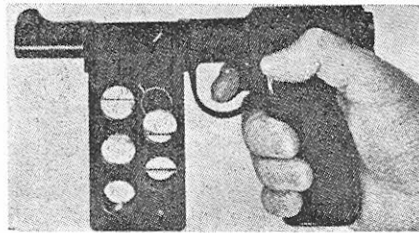
חיה. פגז התאורה, מתגבר על הבעיות הקשורות בתחמושת מוצנחת רגילה — כהשלכת צללים נעים הגורמים לבלבול. הפיצוץ המעומ

תחמושת מיוחדת לתותחי טנקים ולתותחים נגד-טנקים

שני סוגים חדשים של תחמושת, כדור תרגול נותב פלסטי, וסוג חדש של פגז תאורה, פותחו עבור תותחי טנקים ותותחים נגד-טנקים, בעלי קליבר 90 מ"מ ו-105 מ"מ.
 כדור תרגול נותב פלסטי, תוכנן לשימוש בשטחי אמונים, המוגבלים בטווחי הבטיחות. המרעום (הציור השמאלי), מכיל 5 התקני השמי"דה הפועלים באופן עצמי, ומוודאים את השמי"דת הפגז לאחר מעוף של 2,800 מטרים לכל היותר. התקן הדריכה מוודא בטיחות ל-40 המטרים הראשונים של מעוף הפגז.
 משקל פגז 105 מ"מ הוא 11.3 ק"ג. הפגז מחומש במרעום-הקשה בעל חרטום רגיש, הי מגיב בעת מגע עם עץ וכו', ומתפוצץ 0.05 שניות לאחר המגע, כדי לא להשמיד את המט"ר לחלוטין. כמרכיב קיים נפץ-הקשה הפועל בעת מגע עם מטרה קשה או אדמה, במקרה של כשלון מרעום החרטום הרגיש.
 יתר שלושת התקני ההשמדה העצמית הם: מרעום-זמן מכני, ושתי שרשרות ניפוף פירו

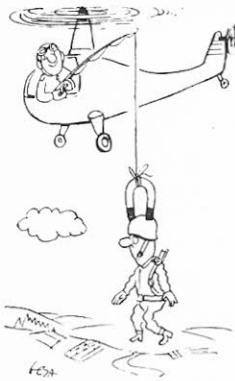


כחומר הודף משמש גז CO₂. מטען הרעש, מיועד להרתיע את התוקף ולשמש כאות לעזרה. כדור הגז המדמיע מיועד לעצור פעולה תוקפנית, בעוד שכדור צבע הסיי מון — מסמן חשודים או כלי-רכב ומסייע, על-ידי-כך בתפיסתם. הכלי מדוייק עד לטווח של 15 מטר לערך.



אקדח הגנה שימושי

חברה אמריקנית הציגה נשק הגנתי, דמוי אקדח, המיועד לשימוש אנטי-בטחון, כוחות משטרה ולהגנה עצמית. הנשק — הקרוי 'סלקטור' דומה במראהו לאקדח. הכלי יורה כמוטות פלסטיק המכילות מטעני רעש, גז מדמיע, או צבע בלתי רעיל.



ליפוף כבל-תיל

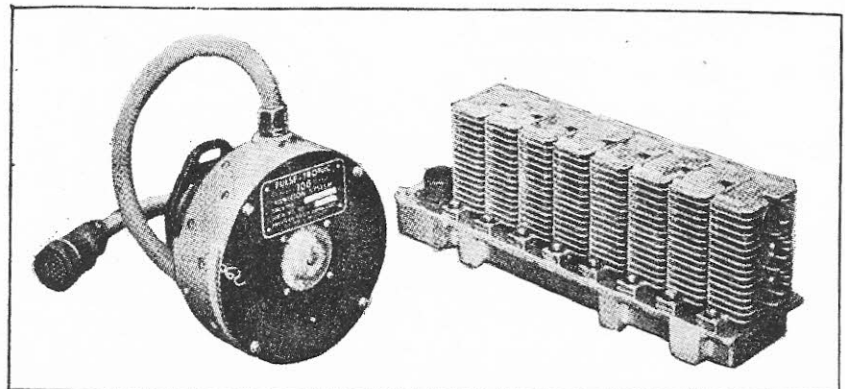
חברה אמריקנית פיתחה שיטה לבקרת ליפוף כבל על גלגלת. יתרונה של השיטה החדשה, היא בעובדה שאינה מוגבלת מבחינה מעשית, ואינה מוגבלת בכמות השכבות הניתנות להילפף בבטיחות. כל זאת, מבלי להתחשב בכובד המשא, מהירות, או גודלי הכבל והגלגלת. השיטה תלויה בצורת החיבור המיוחדת שעל הגלגלת, זאת כדי לשלוט על ליפוף השכבה הראשונה של הכבל. צורה זו חוזרת על עצמה, בתבנית מוגדרת, בכל יתר השכבות. חריק זה, מתמשך ומקביל לאגני החוץ, פרט לשני קטעי מפגש ששם החריקים נעים לאורך הגלגלת, חצי מעלה (חצי קוטר), כדי לתת סיבוב מלא של תנועה לכל סיבוב.

בגנרטור התיזמון (ציור 2) של הרוטור המגנטי, מונע מיקום המגנטים כל אפשרות להיוצרות של זרם מגנטי מקרי, העלול לגרום להצתות בהצלבה. נוסף לשינויים במעגלי החשמל, מביא שינוי זה לידי מהירות הפעלה בזמן מינימלי. כן הותקן במערכת מכסה הניתן להסיר, לשם בדיקה חזותית של היחידה בזמן הפעלתה. יחידות הבקרה האלקטרוניות החדשות, אחת לכל צילינדר, כוללות 3 טרנזיסטורים מסיליקון ואחד מגרמניום. נוסף להפעלה בסל"ד נמוך יותר, מאפשרים שינויים אלה את פעולת המערכת בתנאי סמפרטורות טביבה גבוהות יותר.

מערכת הצתה

אלקטרונית חדשה לרכב

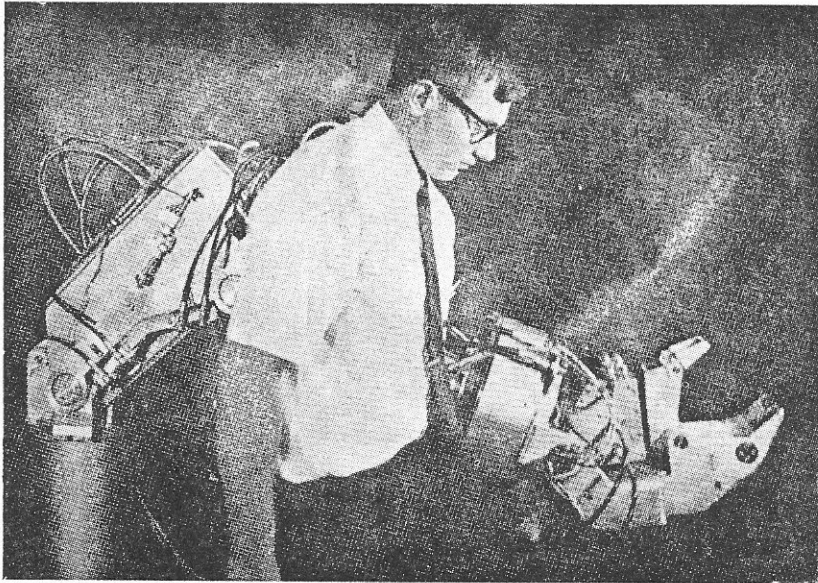
בין יתרונותיה הבולטים של מערכת הצתה האלקטרונית החדשה לרכב, מתוצרת Bosch האמריקנית, ניתן למנות את מהירות ההפעלה המינימלית והיכולת לפעול בסמפרטורות גבוהות יותר מבעבר. המערכת הקרויה — Pulse tronic 100 מושתתת על המערכת המקורית שיוצרה על-ידי החברה ב-1943. המערכת החדשה כוללת גנרטור תיזמון מגנטי, יחידת בקרה, ספקי-כוח ושנאי הצתה, כפי שנכללו בדגם הקודם. בדגם החדש הוכנסו כמה שינויים להגברת היעילות והמימונות.



מכפל שרירים

זרוע ה"הרדימן" — זהו הכינוי למכפל כוח השרירים. המהנדסים האחראיים על המבחנים הנערכים לזרוע השמאלית ומכ"ל ליד, טוענים כי כל הניסויים הוכיחו עצמם בכל תחומי המשא, ומסמלים התקדמות רבת-משמעות בטכניקה המסייעת.

התכלית העיקרית של ניסוי זה היתה, בחינת הזרוע בצורה יציבה תחת משא. לפיכך נדרש כי השיטה תודגם בהצלחה ב־6 מישורים עיקריים: יציבות כל פרק בנפרד, יציבות סדרת פרקים, פעולות גומלין קינמטיות, התערבויות מכניות חיצוניות, יכולת המפעיל לשלוט על השיטה, וקלות הפעלה. לפי דברי המהנדסים, הוכיחה עצמה השיטה בכל התחומים והדגם ששימש כדגם-ניסוי הוכיח עצמו במדויק בייצוג פעולות השיטה. הניסוי ווידא את מהימנות הדגם מבחינת סדרת הפרקים המסייעים. בצירוף רואים בו

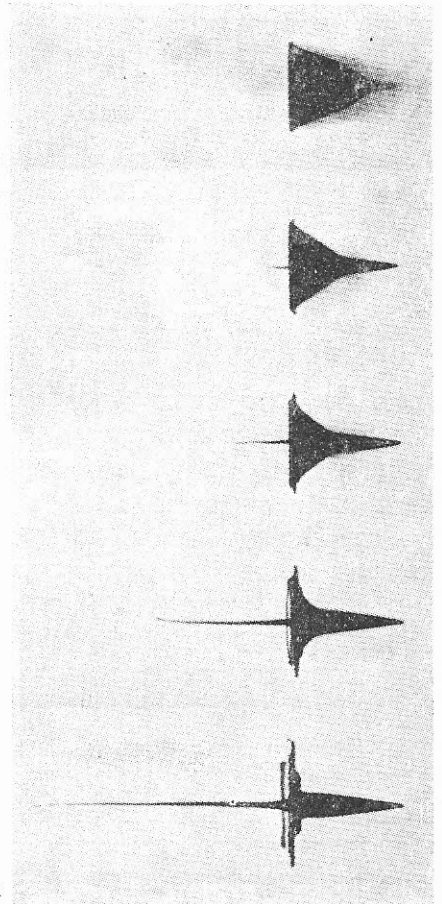


רו למכונה לחקות את תנועות מפעילה ויאפשרו לו להרים ולטפל במטענים עד ל־750 ק"ג לערך.

ה"משלב" את הזרוע השמאלית הקבועה על מעמד קבוע. כאשר יושלם ה"הרדימן" יהיו לו שתי ידיים ושתי רגליים שיאפשרו

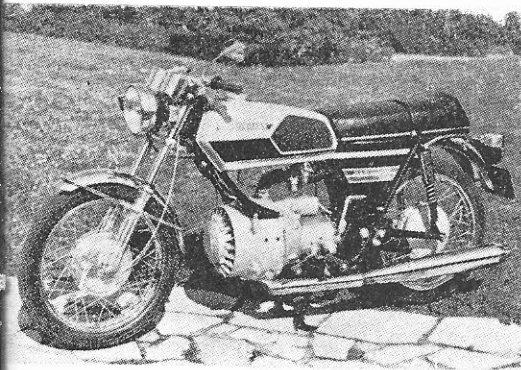
יצירת ה"עוקץ" במטען חלול

סדרת הצילומים שצולמה באמצעות הבזקת קרני-X, היא במסגרת תהליך ליצירת עוקץ של מטען חלול, מהירות השיא של ה"עוקץ" — 9000 מטר לשנייה. מבחינים, בבירור בתמונה, בדטונציית חומר הנפץ, אשר בחלקה השמאלי טרם התפרקה. כתוצאה מלחץ האדים, מואץ הציפוי הפנימי (חרוט חלול העשוי מארד). כלפי הציר ונדחס לכדי צורת "פקק" קומפקטי. בעת הדחיסה נוצר, מתוך חלק ממסת הציפוי, "עוקץ" בעל מהירות גבוהה. זהו הגורם לאפקט החדירה של מטענים חלולים בלוחות שריון, לדוגמה. טכניקת הבזקת קרני-X, מאפשרת מעקב אחר תהליך השינוי הצורתי של הציפוי וכן מדידת מהירות ה"עוקץ" (ראה מאמר "שיטת הפעולה של מטענים חלולים" — מערכת חימוש מס' 33).



אופנוע בעל מנוע "ונקל"

חברת "הרקולס" הגרמנית, היא החברה הראשונה שייצרה אופנוע בעל מנוע ונקל. למנוע נפח של 300 cc והספק של 20 כ"ס, ב־6,000 סל"ד. המנוע משתמש ב"בנזין רגיל, וסיכה מעורבת ללא עשן שיחס התערובת שלה הוא: 1:50.



למנוע מומנט סיבוב מקסימלי של 2.6 ק"ג/מטר ב־3,600 סל"ד, יחס דחיסה 1:8. המנוע מקורר אוויר ובעל מתנע חשמלי.

מוקדם עדיין להתנבא אם מנוע זה יירכש על-ידי מוסדות הצבא. אומנם, תכונותיו הטכניות הבולטות כגון: חוזק, פשטות, אמינות, בלאי נמוך רגורם לאורך חיים, מייעדות אותו לשימוש צבאי. אולם ה"מנוע "צעיר" כתופעה טכנית כדי שיתקבל כבר על-ידי הצבא. בשל רעש מנוע נמוך ודלות ברעידות עולה ערכו הטקטי ואכן עשוי מנוע הונקל להיות מקורי-כוח לכלי-רכב המיועדים לסיור ושיטור.

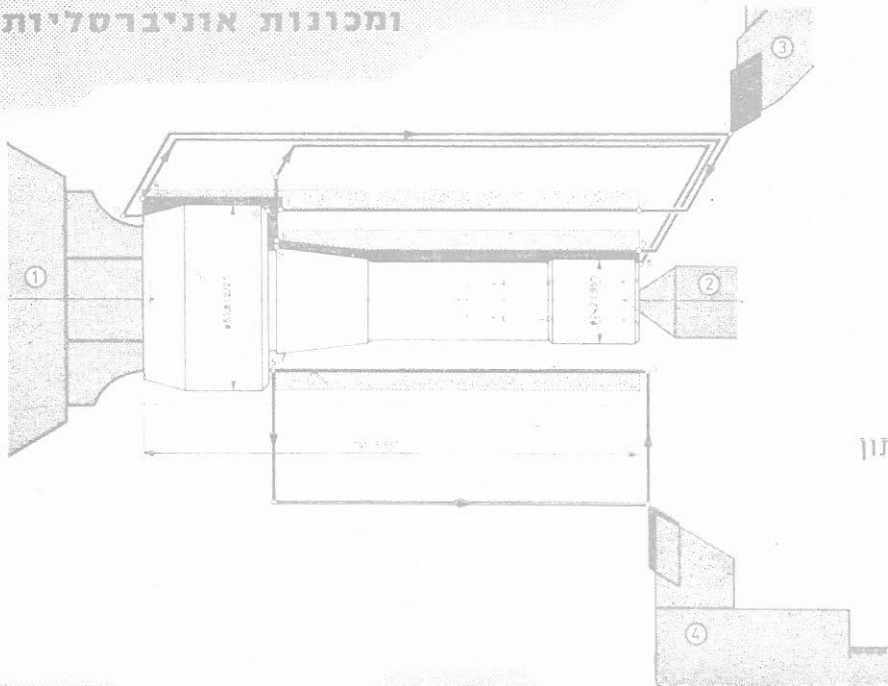
חריטת העתקה ?



ISCATREX

ישקטקס. האוכף הנועל של ישקר

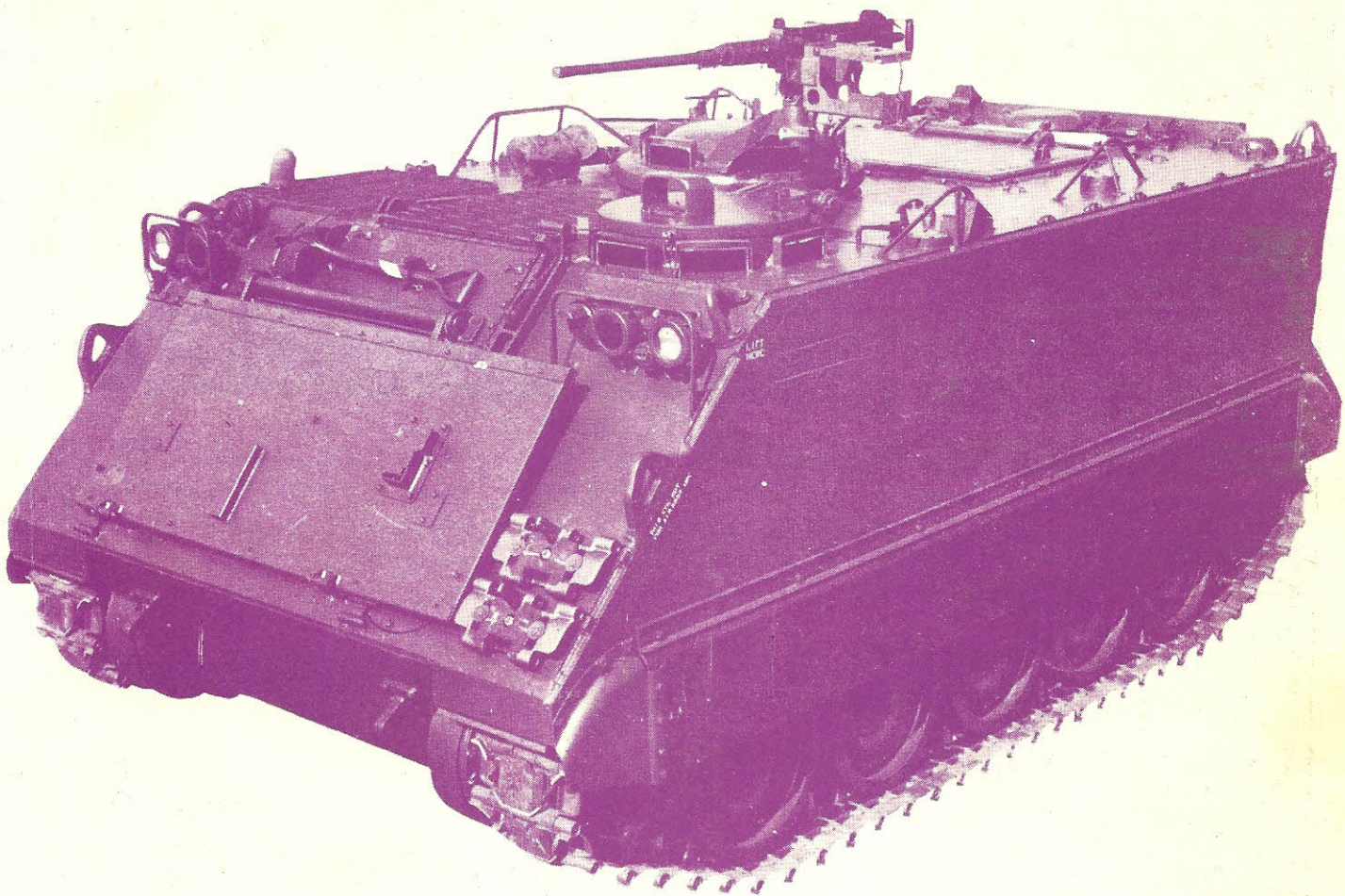
דפינה יציבה ללא חריצים במתק"ש -
 המאפשרת עבודה בהספק גבוה ביותר
 ■ מתאים לכל סוגי מכונות העתקה
 ומכונות אוניברסליות



1. מוביל חזיתי
2. עוקץ
3. סרגל העתקה
4. נושא לוחיות תחתון

ישקר בע"מ יצרני כלי מתק"ש - נהריה





נגמ"ש M-113