

מערביות



EVINRUDE



המנוע המשוכלל בעולם
לכל תכלית ולכל מטרה
לחובבים ולמקצועיים
מ"2 כ"ס עד 235 כ"ס



מוריס גרינברג בע"מ
MORRIS GREENBERG LTD.

דרך שלמה 83, תל-אביב
טלפון 827572 . 824725



ב ת ו כ ן :

2	מד-טווח-ליזר
	פרדי פז
7	חומרים פלסטיים בזיזוד ציוד-אלקטרוני
	צבי בר-צבי
14	קנה-התותח חלק-הקדח — רינמטל 120 מ"מ (ב')
	ר. מלר
24	שביבי-חימוש ממבצע „ליטני”
	נסים נפתלי
26	טנק ה-מרכבה — השיקול האנושי
28	תהליכי הריתוך של נתכי-האלומיניום (ב')
	ד"ר מנחם גבע

מדורים

21	אצלנו-בחיל
22	מענין-ומועיל
34	צבאות-עולם

העורך: רס"ל נסים נפתלי

עיצוב השער: אפי

צילומי ה-מרכבה בחוברת וכן הצילומים ממבצע „ליטני” נעשו על-ידי צלמי מעבדת-הצילום ביחידת-ניסויים.

בשער — טנק ה-מרכבה במסדר יום-העצמאות בירושלים.

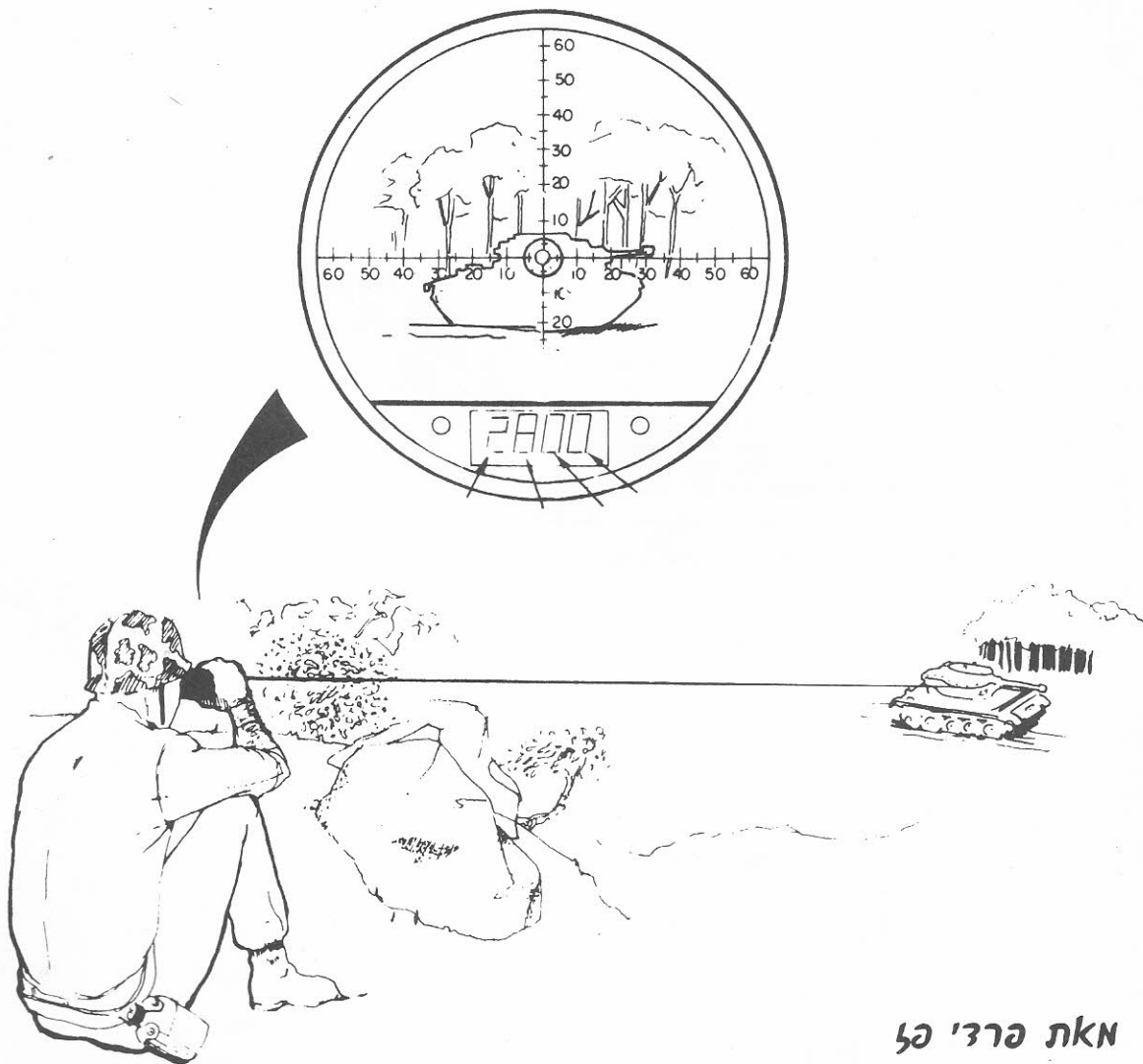
קורא נכבד:

1. עקב ההתייקרויות הרבות שחלו בהוצאות-הייצור, נאלצנו להעלות את דמי-המנוי השנתיים ל-48 ל"י.
2. המחיר הזה — 48 ל"י — הוא מחיר-אחיד, הן לאזרחים והן למנויי מערכת-הביטחון.
3. תוקף ההעלאה מה-1 לאוגוסט 1978.

מערכות
 בית ההוצאה של
 צבא הגנה לישראל

עורך ראשי: סא"ל יעקב זיסקינד
 „מערכות”: עורך — סא"ל דני אשר
 „קשר ואלקטרוניקה”: קצינת עריכה — לנה גרי

מד-טווח-ליזר



מאת פרנ' פל

בשנים האחרונות הושקעו דמיון וכסף רב בפיתוח מערכות בקרת-אש יעילות. במערכות האלה, במיוחד לצורכי שיריון וארטילריה, תופשת הקביעה המדויקת של הטווח חלק נכבד ביותר וזהו גם יעודו של מד-טווח-ליזר (מט"ל).

מאמר זה מסביר את עקרון הפעולה של מד-טווח-ליזר ועומד על הגורמים המשפיעים על ביצועי המערכות שבו. בסיום המאמר נערכת השוואת מערכות ונתונים בין שני מט"לים.

עקרון הפעולה

מד-טווח-ליזר מורכב ממערכת תצפית אופטית המתור-אמת עם משדר-ליזר ומשולבת בגלאי הקולט את קרינת הליזר לאחר החזרתה מהמטרה ו"מתרגם" אותה לטווח.

שידור קרן הליזר

לאחר שצופים למטרה לוחצים על כפתור הירי במט"ל. הפעלת כפתור הירי גורמת לשחרור מטען חשמלי שנאגר בקבל מתח-גבוה במערכת האלקטרונית (ציור 1). האנרגיה החשמלית גורמת להפעלת נורית-הבזק קסנון הנמצאת במשדר. האנרגיה האופטית של נורית ההבזק נבלעת ב"מוט-ליזר", שהוא על פי רוב גביש, ונפלטת ממנו זמן קצר לאחר מכן — אלפית שניה — ברובה בצורה של אור. מוט-הליזר, או גביש-הליזר, נמצא בין שתי מראות, קדמית ואחורית, היוצרות מהוד-אופטי (ציור 2). קרן האור הנפלטת מהגביש נעה הנה ונהנה בין שתי המראות. תנועה זו גורמת להגברת כמות האור הנפלטת מהגביש החוצה דרך המראה הקדמית, שהיא מראה שקופה-בחלקה. במהוד-האופטי, או מהוד-הליזר, ישנו רכיב נוסף הנקרא מתג Q (קיו). מתג זה בא לאפשר פליטת קרן-ליזר חזקה וקצרה (הנמשכת כמה ננושניות — 10^{-9} שניה). אלומת הליזר הנפלטת מהמט"ל היא אלומה צרה (זווית פיזור של 1 אלפית) ובעלת אורך-גל אחיד.

קליטת הד-הליזר

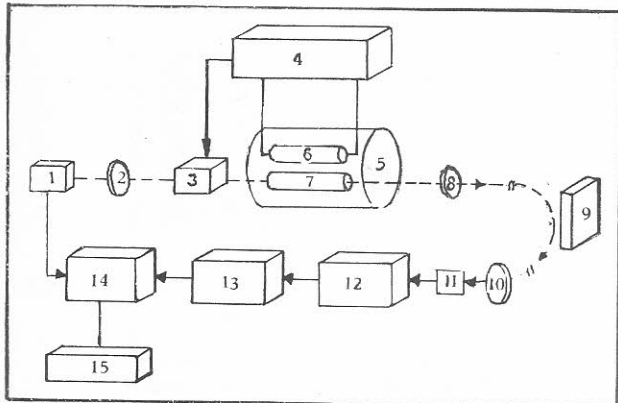
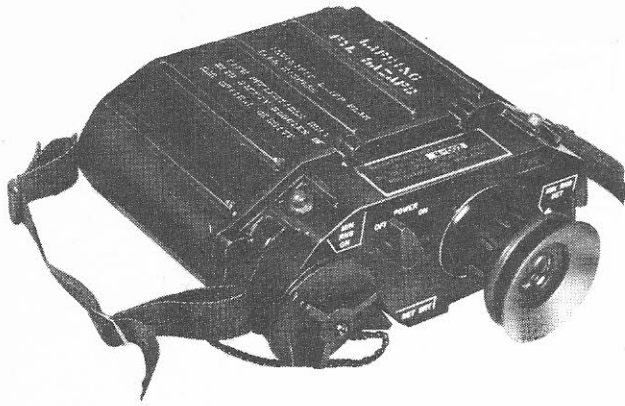
קרן הליזר שיצאה מהמט"ל פוגעת בעצמים שונים בנתיבה וגורמת להחזרת הדים מהעצמים האלה. הדים אלה נכנסים דרך העצמית של המט"ל ופוגעים במפצל-אלומה. המפצל מפריד בין הד-הליזר, שהיא קרינה באורך-גל של הליזר, ובין האור הנראה הממשיך לעבר העינית של משקפת המט"ל. הד-הליזר נקלט במקלט על-ידי תא רגיש ההופך את אותות הקרינה החלשים לאותות-מתח מוגברים. כל האותות שעוצמתם גבוהה מרמת-סף נתונה מוגברים שוב ומועברים למערכת הלוגית של המט"ל.

מידת הטווח

בזמן שידור קרן הליזר, מופנה חלק מהקרן לעבר המקלט. אות הוידאו (פולס אופטי שנהפך לפולס חשמלי) המתקבל מקרן זו משמש לתחילת המניה על-ידי מונה-זמן אלקטרוני. ההד הראשון החוזר מהמטרה מפסיק את המניה, וזמן שעבר "מתורגם" לטווח ומוצג במערכת התצוגה.

הגורמים המשפיעים על ביצועי המט"ל

הביצועים של מד-טווח ליזר מושפעים מגורמים חי-צוניים שונים, כגון: אופי המטרה (גודלה ומקדם-ההחזרה שלה), מזג האוויר (ראות אטמוספרית וכו')



ציור 1 — למעלה — מט"ל Nd:YAG, למטה — תרשים-המלבנים של מט"ל זה:

1 גלאי פולס ראשוני. 2 מראה 100%. 3 מתג Q. 4 ספק מתח-גבוה. 5 מראה אליפטית. 6 נורת-הבזק. 7 מוט-ליזר. 8 מראה חצי-מעבירה. 9 מטרה. 10 עצמית. 11 גלאי. 12 קודס-מגבר וידאו. 13 מגבר-וידאו. 14 מונה-זמן. 15 תצוגה.

וכן ממבנה המכשיר עצמו, כגון: גודל העצמית, סוג מקור-הליזר ורגישות הגלאי.

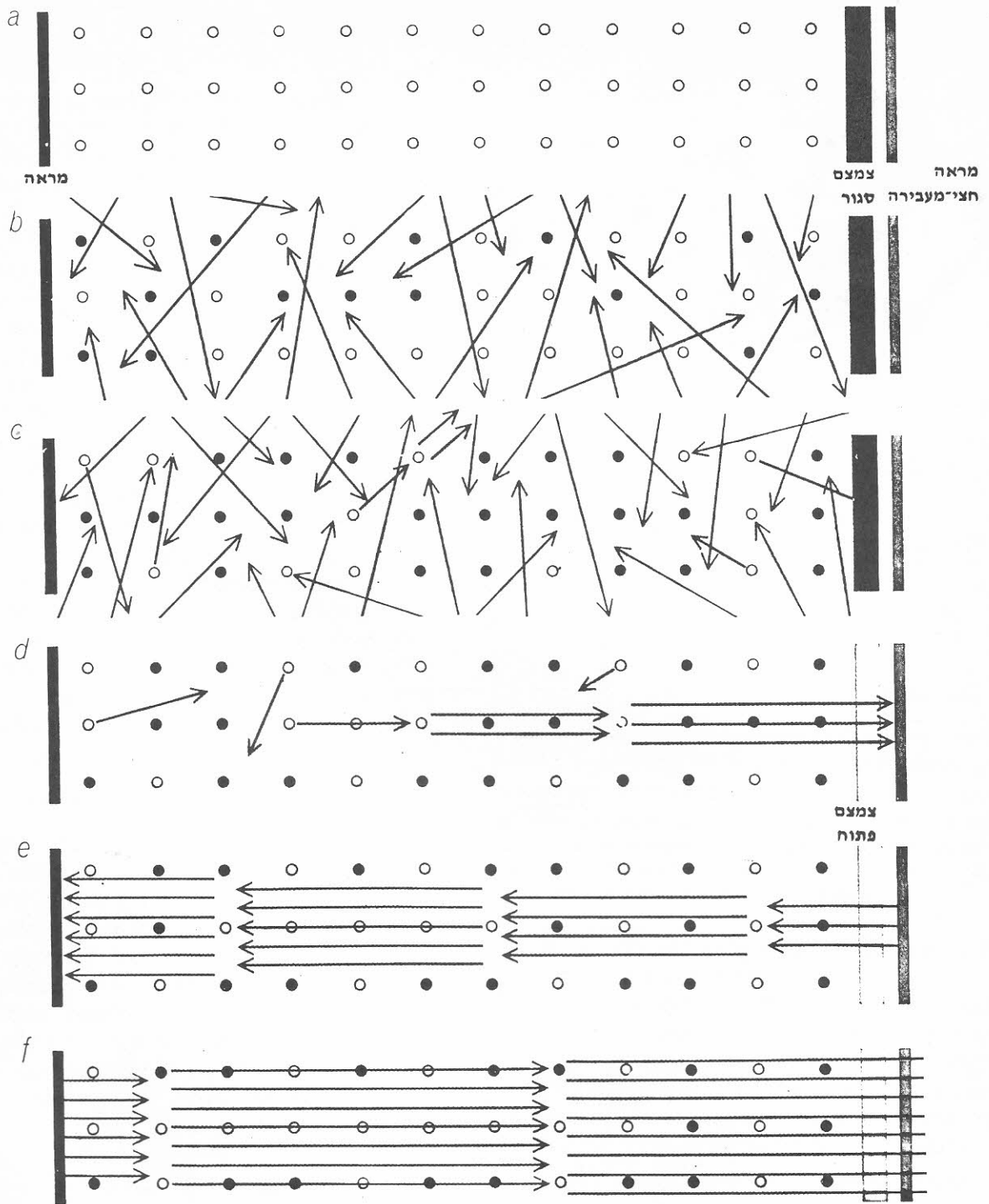
בנושא זה יש לציין, שבתכנון מדי-טווח נקבעים לעתים חלק מהמשתנים הפנימיים של המכשיר על-ידי משתנים אחרים, כגון: גודל, משקל ומחיר, ובהתאם לכך, משתנים גם ביצועי המט"ל. לדוגמה, בשילוב מדי-טווח במערכות ניידות, משפיעים גודל המכשיר ומשקלו על משתנים אחרים של המט"ל.

נציג להלן את הגורמים העיקריים המשפיעים על הביצועים של מד-טווח-ליזר.

סוג המטרה

אם נזיח לרגע את העבירות האטמוספרית, הרי גודל המטרה ומקדם-ההחזרה שלה יקבעו את כמות האנרגיה המוחזרת ממנה לגלאי.

באשר לגודל המטרה, ניקח לדוגמה את שטח החתך של צריח-הטנק, שאינו עולה על פי רוב על 2.5 מ"ר. במקרה זה, חלק גדול מאלומת הליזר הולך לאיבוד. באשר למקדם-ההחזרה, נציין, שחומרי ההסוואה



ציור 2 — תהליך יצירת פולס ליזר:

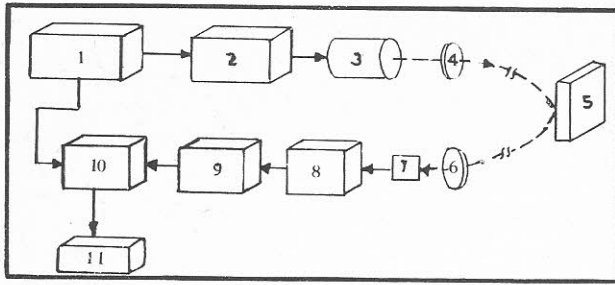
ליצירת פולס-ליזר בעוצמה גבוהה משתמשים בצמצם (מתג Q) כדי לדחות את התחלת פעולת מהוד-הליזר עד שתתקבל כמות גדולה של אטומים שקיבלו עירור מאנרגיה חיצונית (נורת-הבזק).

a — לפני התחלת הפעולה, האטומים נמצאים ברמת-אנרגיה יסודית (עיגולים לבנים).

b, c — האנרגיה החיצונית (חיצים כלפי-פנים) נותנת עירור לאטומים. כעת, אם גלי-אור (חיצים כלפי-חוץ) הנפלט מאטום מעורר (עיגולים שחורים) פוגע באטום מעורר אחר, ייפלט מהאטום האחרון גלי-אור הזהה לגל שפגע בו. תופעה זו מוגבלת עד פתיחת הצמצם (מתג Q).

במצב זה, גלי-האור הנעים במקביל לציר-הליזר מוחזרים מהמראות הנמצאות בקצוות וגורמים לפליטה מומרצת של גלי-אור בהתאם לתופעה שתארנו בשלב הקודם.

e, f — פעולת השרשרת של הפליטה המומרצת מסתיימת ביציאת פולס-אור קוהרנטי בעוצמה של כמה מגה-וואט. פולס זה יוצא החוצה דרך המראה החיצונית שבאחד הקצוות.



ציור 3 — תרשים-מלבנים של מט"ל גליום-ארסניד.
 (1) מסנכרן. (2) אפנר-ליזר. (3) זיודת-ליזר. (4) אופטיקת המשדר.
 (5) מטרה. (6) עצמית. (7) גלאי. (8) קדם-מגבר וידאו. (9) מגבר וידאו.
 (10) מונה-זמן. (11) תצוגה.

תנאים אטמוספריים

הגבלות המדידה כתוצאה ממזג האויר תלויות בראות האטמוספריית, וזאת מאחר שרוב קרינות הליזר אינן חודרות מים, ערפל ושלג במידה מספקת. הראות האטמוספריית מוגדרת כטווח המירבי שבו ניתן לזהות בעין בלתי מזוינת מטרה בעלת ניגוד של 100% (שחור ולבן).

ההנחתה האטמוספריית של קרינת-הליזר מבוטאת בנוסחה:

$$\exp(-2\sigma R)$$

כאשר: σ — הוא מקדם-ההנחתה ו- $2R$ הוא פעמיים הטווח למטרה (הלוך ושוב).
 מקדם-ההנחתה הוא פונקציה של אורך-הגל; באורך-גל של 1.06 מיקרון מקדם-ההנחתה קטן יותר פי 0.86 מאשר באור נראה.

רגישות הגלאי

במט"לים הראשונים שעקרון פעולתם היה מבוסס על ליזר-רובי השתמשו במכפל-אור (פוטו-מולטיפלייר) כגלאי. לאחר פיתוח מט"לים באורכי-גל ארוכים יותר, עברו לגלאים פוטו-מוליכים (סיליקון) מהסוגים „פין“ או „אֶשֶׁד“. הגלאי מסוג „אֶשֶׁד“ הוא הגלאי הטוב ביותר ותכונתו הבולטת היא רגישותו הגבוהה (פי-30 יותר מגלאי-פין). רגישותו הגבוהה של גלאי אשד מחייבת טיפול מיוחד במגבר הוידאו; טיפול זה בא למנוע התרעות-שוא במקלט, הנגרמות על-ידי שינויים בטמפרטורה ועל-ידי תאורת-רקע משתנה בשדה-הראייה של המקלט.

בציור 4 מתואר הטווח למטרה בתלות בעוצמת הפולס של ליזר Nd:YAG עבור גלאי-פין וגלאי-אשד בתנאים של ראות משתנה. בציור זה אפשר לראות, שעבור גלאי-פין עם פולס בעוצמה של 20 מיליג'אול (משך הפולס 20 ננושניות) ובתנאי-ראות של 3 ק"מ ניתן למדוד טווחים עד 2 ק"מ בקירוב, ובתנאי-ראות של 5 ק"מ — טווחים עד 2.6 ק"מ. בגלאי-אשד, לעומת זאת, משתנים הטווחים האלה בהתאמה ל-3.1 ק"מ ול-4.6 ק"מ.

המכסים חלק נכבד מן המטרות הצבאיות מקטינים את כמות האנרגיה המוחזרת (באורך-גל של קרן הליזר) ל-10% בקירוב מן האנרגיה הפוגעת. באור נראה, לעומת זאת, מחזירים חומרי ההסוואה כ-50% מן האנרגיה הפוגעת.

משתנה נוסף הנוגע לסוג המטרה הוא המיקום הטופוגרפי. לעתים קרובות, מקדם-ההחזרה של הקרקע גבוה יותר ממקדם-ההחזרה של המטרה ולכך יש השפעה על זיוק קביעת-הטווח.

בעת קביעת מרחקים למטרות ידידותיות או לצורכי מיפוי, ניתן לייצג מטרה על-ידי מחזיר-אור פינתי בקוטר 3 ס"מ. התקן זה פועל כמו מראה ומחזיר לעבר המט"ל קרן-ליזר שעוצמתה גדולה פי אלף מזו המתקבלת ממטרה מפזרת רגילה, וזאת, אפילו כאשר קרן-הליזר פוגעת במחזיר-אור בזווית של 40° בקירוב ממרכזו. התכונה הזו של מחזיר-האור הפינתי מאפ-שרת שימוש במט"לים בעלי עוצמות נמוכות מאוד.

סוגי מקורות-ליזר

המט"לים הראשונים שפותחו לשימוש צבאי היו בעלי גביש אודם (Ruby). לליזרים אלה עוצמה רבה (כמה מגה-ווט בפולסים קצרים), אך ממדיהם הפיזיים וצריכת ההספק שלהם גדולים. אורך-הגל של ליזר רובי הוא כ-0.69 מיקרון וזהו גם חסרונו הגדול בשימוש צבאי — קרינה אדומה הנראית לעין. חסרון נוסף של ליזר-רובי הוא קצב-מדידה נמוך — יציאת פולס כל כמה שניות.

לאחר ליזר-הרובי הופיע ליזר ניאודימיום-זכוכית (Nd: Glass). הדומה בתכונותיו לליזר-רובי אך אורך הגל שלו הוא 1.06 מיקרון, כלומר בתחום התת-אדום, הבלתי-נראה.

בשנים האחרונות נעשו בדיקות בחומר חדש — גביש שים מאלומיניום, יטריום ו-גרנט הרוויים בניאודימיום ומכונים גביש Nd:YAG. למט"ל בעל גביש Nd:YAG עוצמה רבה (כמה מגה-ווט), קצב-המדידה שלו גבוה, הוא קומפקטי במימדיו וצריכת ההספק שלו קטנה בהרבה מקודמיו. אורך גל-הפליטה של גביש YAG הוא 1.06 מיקרון, כלומר זו קרינה שאינה בתחום האור הנראה לעין.

בסוג אחר של מט"ל (ציור 3) נעשה שימוש במוליך-למחצה גליום-ארסניד (GaAs). ממדיו של מט"ל זה קטנים והוא פועל בעוצמות נמוכות מאוד (כמה ווטסים). תכונה אחרונה זו מחייבת שימוש במחזיר-אור פינתי כדי למדוד טווח והיא גם מגבילה את השימוש במט"ל זה למטרות מיפוי בלבד. בתנאי-ראות טובים יכול מט"ל גליום-ארסניד למדוד טווח עד 5 ק"מ. לעומת זאת, במט"לים הראשונים שהזכרנו אפשר למדוד טווח בתחום של 10—20 ק"מ, וזאת, בלי להיעזר במחזיר-אור פינתי.

מט"ל גליום-ארסניד (ציור 3) פשוט יותר בהרכבו ממט"ל Nd:YAG. הוא בנוי ממסדר, מקלט, מונה-זמן וספק-מתח. מט"ל גליום-ארסניד בטוח יותר מבחינת הקרינה, אך חסרונו מתבטא בכך, שלצורך מדידת הטווח יש להיעזר במחזיר-אור פינתי.

בהשוואה לליזרים אחרים, שני המט"לים, Nd:YAG ו-גליום-ארסניד הם בעלי מימדים קטנים, קלים וצורכים אנרגיה מעטה.

ליזר גליום-ארסניד	ליזר Nd:YAG	נתונים טכניים
0.9	1.06	אורך-גל (מיקרון)
5	$1.5 \cdot 10^6$	הספק פולס (ווט)
60	15	משך פולס (ננושניות)
2.5	1	רוחב האלומה (מילירדיאן)
—	תא-פוקלס, או כימי-פסיבי	מתג Q
—	סיליקון "פיין"	מקלט
10^{-7}	$2 \cdot 10^{-8}$	אות מינימלי (ווט)
10	5	קוטר עצמית (ס"מ)
5	2	שדה-ראייה (מילירדיאן)
5000	9995	טווח מקסימלי במונה (מטר)
± 1.5	+5	דיוק בטווח (מטר)
24	24	צריכת מתח (VDC)
$40 \times 28 \times 24$	$29 \times 24 \times 13$	מידות (ס"מ)
11.3	4	משקל (ק"ג)

לסיכום, נציין, שמדי-טווח ליזר מוכנסים כיום לשימוש נרחב בצבאות העולם כמכשיר היסודי למדידת-טווח במערכות בקרת-אש לכלל הזרועות. במקביל נמשכת הפעילות הטכנולוגית במטרה להגיע למכשירים זעירי-ריס, אמינים וזולים; פעילות זו מתבטאת בשיפור רכיבים קיימים ובחיפוש אחרי רכיבים המבוססים על טכנולוגיות חדשות.

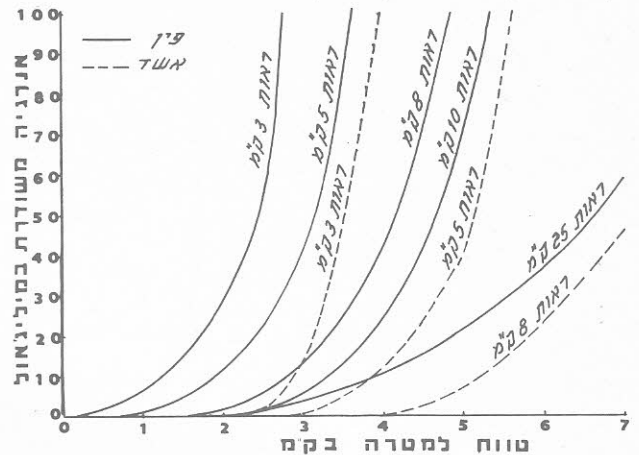
מקורות:

- 1) Arthur L. Schawlow, July 1963 — Advances in Optical Masers / Scientific American.
- 2) Leon Goldman — Applications of the Laser / C.R.C. Press.
- 3) Laser Range Finders — Today's Military & Industrial Systems / Electro-Optical System Design, March 1976.

לקריאה נוספת:

- מאמרים בנושא ליזר שהופיעו במערכות-חימוש:
- 1) טכניקת הליזר — חוברת מס' 10, עמ' 3.
 - 2) ליזרים ושימושיהם — חוברת מס' 41, עמ' 49.

גורם חשוב ברגישות הגלאי הוא גודל העצמית, הקולטת את הקרינה המוחזרת ומשליכה אותה לעבר הגלאי. ככל שהעצמית גדולה יותר, נקלטת יותר קרינה וכך אפשר לעבוד עם גלאי רגיש פחות.



ציור 4 — הטווח למטרה בתלות בעוצמת-הפולס של ליזר Nd:YAG עבור גלאי, "פיין" וגלאי, "אשד" בתנאים של ראות משתנה.

אורך גל-הליזר

מדי-טווח ליזר לשימושים צבאיים, חייבים לעבוד באורכי-גל שאינם בתחום של האור הנראה. המט"ל הראשון (רובי), היה אומנם בתחום האדום, אך אחריו עברו לאורכי-גל ארוכים יותר. עם זאת, הגל הארוך יותר מחייב עבודה בתחומים שהגלאים אינם רגישים בהם ביותר.

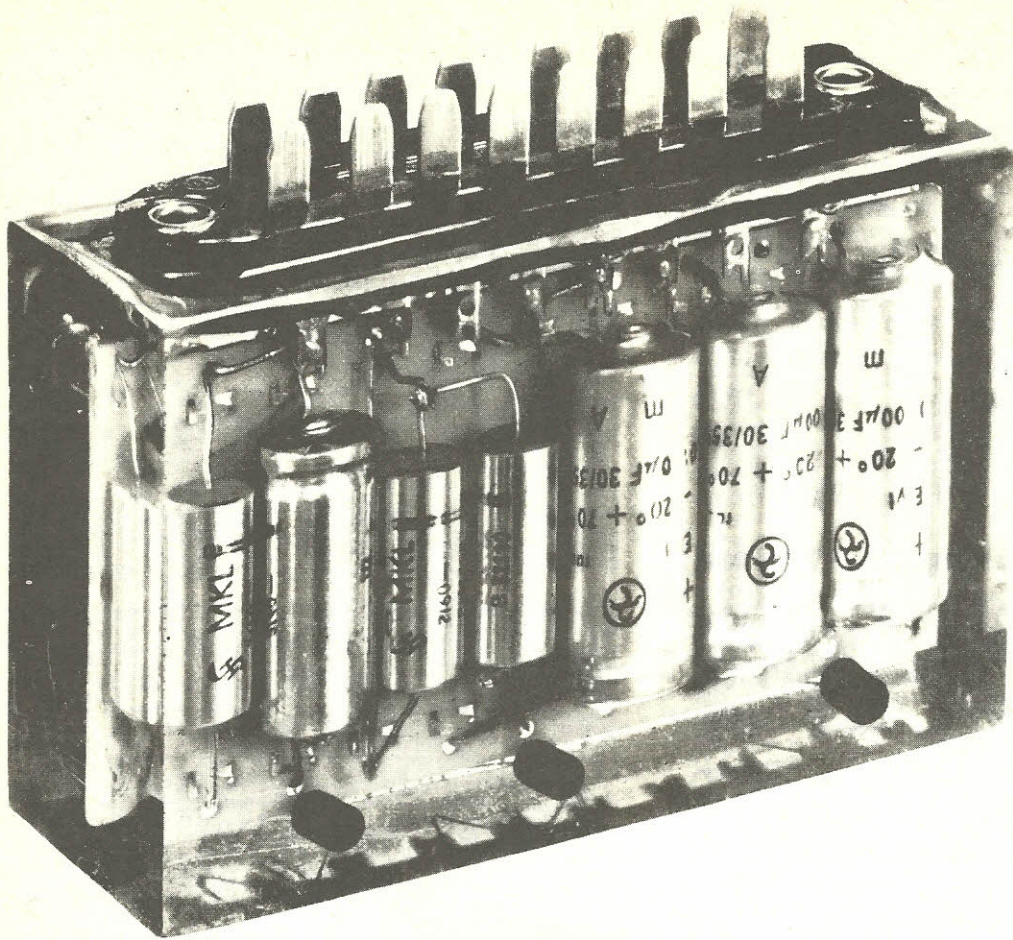
נציין כאן, שעל מנת למנוע פליטה כלשהי של אור נראה (נורת-הבזק) מן המסדר, מכניסים במוצא המסדר מסנן תת-אדום.

סיכוני קרינה

צפיה ישירה לתוך אלומת הקרינה או לקרינה המוחזרת ממשטח חלק יכולה לגרום לעיוורון. על מנת להקטין את הסיכון מהקרינה המוחזרת הוכנס למערכת התצפית של המט"ל מסנן-הגנה לאורך-הגל של הליזר. ככלל, ניתן לומר שהליזרים מסוג גליום-ארסניד אינם מסוכנים לעיניים; לעומתם ליזרים מסוג Nd:YAG מסוכנים עד לטווח של 1500 מטר בקירוב.

השוואת מערכות (דוגמה)

נערוך השוואה בין שני מט"לים: ליזר-פולסים Nd:YAG וליזר רב-דפקי גליום-ארסניד. מט"לים מסוג Nd:YAG (ציור 1) מורכבים ברובם ממצבר, ספק-מתח, משדר, מקלט, מונה-זמן, מתג Q (כימי-פסיבי או תא פוקלס) ומודול לעיורור נורת-ההבזק. הקרינה של מט"ל Nd:YAG מסוכנת לעיניים. יתרונו של מט"ל זה, לעומת מט"ל גליום-ארסניד, היא עצמתו הגבוהה המאפשרת מדידת-טווח ללא מחזיר-אור פינתי.



חומרים פלסטיים בזיווד ציווד- אלקטרוני

התכונות המיוחדות אשר נדרשות בתקופתנו מהחומרים המשמשים לזיווד ציווד-אלקטרוני הצריכו פיתוח חומרים בעלי מיגוון-תכונות רחב יותר מזה של המתכות השונות. אחת הדוגמאות לכך היא תנופת הפיתוח המאפיינת את החומרים הפלסטיים, תנופה שהתבססה גם על הצורך למצוא חומרים לזיווד אלקטרוני, שיהיו כדאיים מבחינה כלכלית, בעלי רמת-תכונות גבוהה ונוחים לעיבוד.

השימוש הנרחב שנעשה בחומרים הפלסטיים בזיווד אלקטרוני נובע מן העובדה, שניתן לקבלם בצורה מוצקה — כלוחות או כגושי-חומר לעיבוד שבבי, בצורה נוזלית — כשרפים למטרות ציפוי, הדבקה ושיקוע רכיבים, וכן ניתן לצקת אותם בתבניות. העובדות מוכיחות שלמרות העליה שחלה במחירי החומרים הפלסטיים, ממשיכים אלה לתפוס את מקום המתכות בשל תכונותיהם.

במאמר זה נסקור את החומרים הפלסטיים השימורים בזיווד אלקטרוני. מפאת קוצר היריעה לא נסקור כאן את התצורות המיוחדות של החומרים הפלסטיים כגון: פילמים, ציפויים וחומרי-הוספה (כגון סיבי-זכוכית) וכן לא נפרט את ההנחיות המיוחדות למתכנן, כגון רדיוסי העגלה ומירווחים ביציקה.

מאת צבי בן-צבי

חוזק-דיאלקטרי — הוא המתח החשמלי, שבו מסוגל לעמוד חומר לפני שהוא נפרץ. החוזק-הדיאלקטרי נמדד ביחידות מתח לעובי, לדוגמה — וולט למיל ("1 mil = 0.001").

טמפרטורת עיוות — היא הטמפרטורה, שבה מוט-בדיקה תקני שפועל עליו עומס של 66 פס"י מתכופף בשיעור של 0.01 אינץ'.

כהערה כללית, נציין כאן, שכל הנתונים הטכניים המופיעים במאמר זה נמדדו בטמפרטורת החדר.

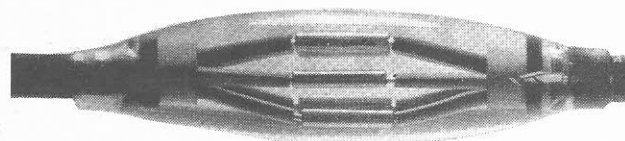
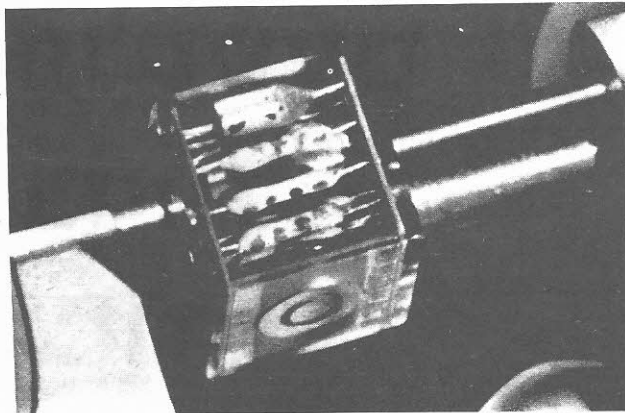
מכיון שלא נוכל לפרט במאמר זה את כל החומרים הפלסטיים המשמשים בזיווד אלקטרוני נייחד את הדיבור על כמה קבוצות שימושיות בכל משפחה ונדגים חומר אחד בכל קבוצה.

חומרים תרמוסטטיים

כאמור, כוללת משפחת התרמוסטטיים את החומרים הפלסטיים, שלאחר חימום הם מתקשים ולא ניתן לעשות בהם שימוש חוזר. במשפחה זו נסקור שלוש קבוצות: האפוקסי, הסיליקונים והפוליאסטר.

אפוקסי

בין החומרים התרמוסטטיים, קבוצת האפוקסי היא אחת הקבוצות השימושיות ביותר בשטח הזיווד האלקטרוני. הסיבה לכך היא העובדה, שהציווד הנדרש לביצוע עבודות באפוקסי הוא מינימלי ולעומת זאת רב מספר השימושים בו. התהליך המתרחש בעת השימוש באפוקסי הוא בדרך כלל מעבר מחומר נוזלי לחומר קשיח, וזאת על-ידי חימום או על-ידי הוספת חומרי הקשייה.



תמונה 1 — דוגמאות לשימוש באפוקסי: למעלה — מעגל-חשמלי זעיר הנתון ביציקת אפוקסי, ולמטה — חיבור כבלים על-ידי יציקת אפוקסי.

מתכנן הזיווד האלקטרוני אשר צריך להחליט באיזה חומר פלסטי לבחור לביצוע עבודה מסוימת, כגון: מילואה (פנל) למכשיר חדש, או „בית" למנגנון כלשהו, עומד בפני בעיות קשות הנוגעות לבחירת החומר. בעיות אלה נובעות קודם כל מן העובדה שרשימת החומרים הפלסטיים הולכת וגדלה מיום ליום, ובמקביל מתווספים תהליכי ייצור ודרכי-שימוש חדשים. גם ידיעת השמות הכימיים והמסחריים של רוב החומרים הפלסטיים היא נחלתם של מעטים.

כדי לארגן את המידע הרב בנושא החומרים הפלסטיים, נתאר תחילה את החלוקה הבסיסית של החומרים האלה. בחלוקה זו מתקבלות שתי משפחות עיקריות:

חומרים תרמופלסטיים — אלה חומרים, שלאחר חימום הם מתרככים ועוברים למצב נוזלי — ועם קירורם לאחר מכן הם מתמצקים שוב.

חומרים תרמוסטטיים — אלה חומרים, שלאחר חימום הם מתקשים ומתייבשים ולפיכך לא ניתן להמיסם שוב לשימוש חוזר.

חומרים פלסטיים

חומרים תרמוסטטיים	חומרים תרמופלסטיים
אפוקסים (ארלדייט, אפון, ERL ועוד)	פוליקרבונטים (לקסן)
פנולים (בקליט)	פוליאמידים (נילון)
פוליאסטר (פרפקס)	כלואורקרבונוטים (טפלון)
אורתניים (קצפים קשיחים)	תחמוצות-פוליפינילן (נוריל)
סיליקונים (קצפים קשיחים)	פוליאיתילן
אלקידים (פלסקון) ועוד.	אצטלים (דלרין)
	אקרילים (פלקסיגלס)
	A.B.S. — אקרילוניטריל-בוטדיאן-סטירן ועוד.

הערה:

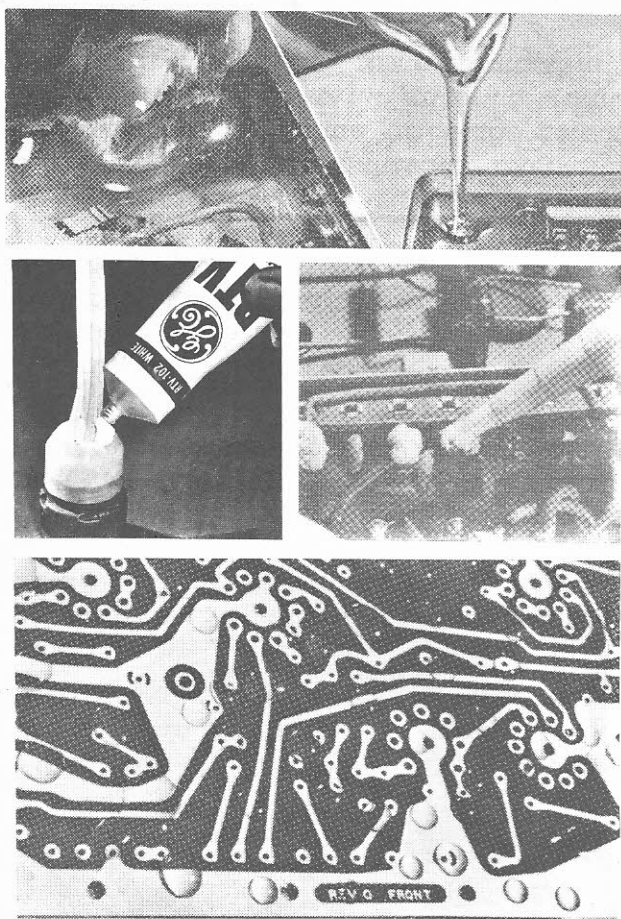
בסוגריים מופיע השם המסחרי שניתן לחומר מייצג מאותה קבוצה.

חלוקה זו אינה בהכרח החלוקה העוזרת למתכנן לבחור את החומר הפלסטי המתאים; חלוקה בהתאם לייעוד החומר — קצפים, דבקים, חומרים ליציקה וכדומה — היא יותר משמעותית מבחינת הסיוע למתכנן. אולם מאידך, יש לחלוקה הבסיסית שתארנו חשיבות מבחינה כלכלית, שכן היא מאפשרת, לדוגמה, לדעת אם חומר מסוים ניתן לשימוש חוזר וכדומה.

השימושים השונים בחומרים לזיווד אלקטרוני נגזרים הן מן התכונות המכניות שלהם (חוזק, התארכות וכו') והן מן התכונות החשמליות ותכונות הבעירה של החומר. כמה מאלה נגזיר להלן:

התנגדות לקשת-חשמלית — מוגדרת כזמן הדרוש לקשת-חשמלית כדי ליצור „עורק" מוליד בחומר מבודד.

כושר-בעירה — זו התכונה הקובעת האם החומר דליק או לא, האם הוא מעודד את בעירתו או כבה מעצמו לאחר שהודלק.



תמונה 2 — דוגמאות לשימוש בסיליקונים: למעלה — שיקוע מעגל מודפס ב-RTV. במרכז: מימין — הדבקה בעזרת RTV, ומשמאל — אטימת מחבר-חשמלי. למטה — ציפוי מעגל-מודפס בסיליקון לצורך הרחקת רטיבות; ראה כיצד מתרכזות טיפות המים הרחק מהמעגל המצופה.

קונים אלה יש עמידות טובה בהלס-תרמי, הם אינם מפתחים מאמצים פנימיים בעת התייבשותם וגמי-שותם לאחר ההתייבשות — טובה. את הסיליקונים מסוג RTV ניתן לצבוע בצבעים שונים.

הסיליקונים סופגים לחות במידה מעטה מאוד — 0.1—0.05 אחוז-משקל במשך 24 שעות. תכונה זו הביאה לשימוש נוסף בסיליקון — ציפוי מעגלים-מודפסים לצורך הרחקת רטיבות.

מבחינת התכונות המכניות, יש לציין את גמישותו הרבה של הסיליקון. תכונות מכניות נוספות, חמתייה-סות לסיליקון המחוזק בסביב-זכוכית, הן:

מאמץ מותר למתיחה (ממוצע) — 4000—6500 פס"י
 מאמץ לכפיפה — 18,000—21,000 פס"י
 מאמץ ללחיצה — 10,000—12,500 פס"י
 קושי (רוקוול M) — 83—88

בתמונה 1 ניתן לראות דוגמאות לשימושים באפוקסי. השימושים הנפוצים ביותר הם יציקת אפוקסי על מעגלים אלקטרוניים מודפסים או שיקוע רכיבים אלקטרוניים באפוקסי. כאשר יוצקים אפוקסי על מעגל חשמלי מתכוונים בדרך כלל לשפר את יציבות הרכיבים על המעגל; לתת צורה גאומטרית סבירה ליחידה החשמלית אשר תאפשר זיזודה בצורה נוחה; למנוע פיענוח המעגל החשמלי ולבטל השפעות של רטיבות ולחות על המעגל.

שימוש נוסף לאפוקסי הוא חיבור כבלים ע"י יציקה. כאן נעשית הפעולה על-ידי הזרקת אפוקסי לתוך תבנית פשוטה שהוכנה מראש. בשיטה דומה ניתן לחבר בצורה קשיחה מחבר חשמלי אל הכבל המחובר אליו.

האפוקסי ידוע כמבודד חשמלי טוב. התנגדותו לקשת-חשמלית היא 125—140 שניות וחוזקו הדיאלקטרי הוא 360 וולט למ"ל. יציבות-המימדית של האפוקסי טובה, הוא אינו מתכווץ הרבה ונדבק היטב. האפוקסי עמיד גם בחלק גדול מהחומרים הכימיים, עמידותו בחום טובה (150—260 מעלות צלסיוס) וספיגת המים שלו נמוכה (0.05—0.1 אחוז).

האפוקסי הוא בעל חוזק מכני גבוה, תכונותיו המכניות העיקריות (מתיחסות לאפוקסי המחוזק בסביב-זכוכית) הן:

חוזק למתיחה — 5000—15,000 פס"י
 חוזק ללחיצה — 25,000—30,000 פס"י
 התארכות-יחסית (באחוזים) 4—5.

סיליקונים

גם קבוצת הסיליקונים נמנית עם הקבוצות השימרות שיות ביותר בזיווד אלקטרוני. מצב הצבירה הבסיסי של הסיליקונים הוא נוזלי, ובעת ייבושם מתקבל תוצר דמוי-גומי. השימושים הראשונים המתבקשים מתכונה זו הם שיקוע רכיבים והדבקה. ניתן להשתמש בסיליקונים גם ליציקות (בדרך כלל כאשר הם מחוזקים בסביב-זכוכית).

הסיליקונים הפכו לחומר שימושי בזיווד אלקטרוני במיוחד בשל תכונותיהם החשמליות הטובות, אשר אינן משתנות באופן קיצוני עם שינוי הטמפרטורה וכן בשל עמידותם הטובה בטמפרטורות גבוהות. בין התכונות החשמליות של הסיליקונים (מחוזקים בסביב-זכוכית) נציין את החוזק הדיאלקטרי הנע בתחום 275—300 וולט למ"ל, וההתנגדות לקשת-חשמלית — 230—240 שניות. תכונה טובה נוספת המייחדת את רוב הסיליקונים היא עמידותם הגבוהה בתנאי-סביבה קשים; תכונה זו עשתה אותם לשימושיים ביותר במערכות צבאיות ובמערכות-חלל.

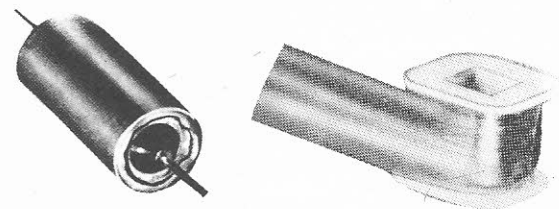
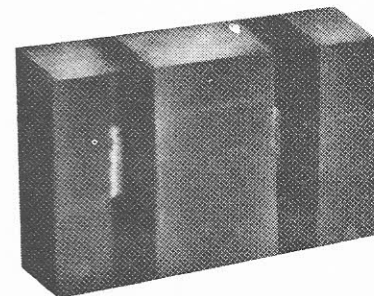
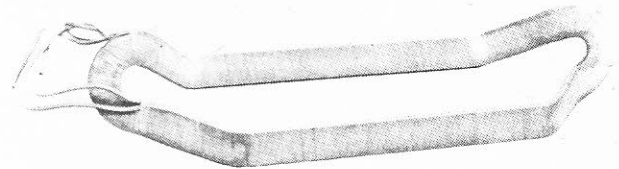
דוגמאות לשימושים בסיליקונים ניתן לראות בציור 2. הסיליקונים השימושיים ביותר הם מסוג RTV כסיכיי-

פוליאסטר

שרפי-הפוליאסטר ניתנים להשגה בתחום-צמיגות רחב — מנוזלים בעלי צמיגות נמוכה ועד לחומר דמוי-בצק. במצב נוזלי משמש הפוליאסטר לשיקוע רכיבים וליציקה על מעגלים-מודפסים. לפוליאסטר יש תכונות חשמליות טובות, ובהן נמנה את התנגדותו לקשת-חשמלית — 185—100 שניות וחוזקו הדיאלקטרי — 300—500 וולט למיל (שני הנתונים מתייחסים לפוליאסטר מחוזק בסיבי-זכוכית) לעומת זאת, אין הפוליאסטר נדבק טוב כמו האפוקסי והוא רגיש להיסדקות בהלם-תרמי. הפוליאסטר זול בהשגה וואה לאפוקסי.

בנוסף לשימוש בפוליאסטר הנוזלי, יש כמה שימושים בפוליאסטר מוצק (תמונה 3). מדובר במיוחד בשרוולי-פוליאסטר המתכווצים בהשפעת חום ולכן משתמשים בהם להידוק קבוצות-חוטים („צמות“) ולהקשחת מקום החיבור של הכבל למחבר. בסרטי פוליאסטר משתמשים גם לליפוף מעל סלילים חשמליים, קבלים ושנאים.

להלן כמה נתונים טכניים על הפוליאסטר. נתונים אלה מתייחסים ליציקת פוליאסטר המשמשת לשיקוע מעגלים-מודפסים.



תמונה 3 — דוגמאות לשימוש בפוליאסטר: למעלה — הידוק קבוצת-חוטים על-ידי שרוולי-פוליאסטר, ולמטה — סרטי פוליאסטר מלופפים על שנאים, סלילים חשמליים וקבלים.

פוליאסטר גמיש:

חוזק למתיחה	— 1500 פס"י
התארכות-יחסית	— 100%
חוזק לנגיפה	— 7 ליב. רגל לאינץ' (לפי שיטת איזוד, עבור מוט תקני "¼"×¼)
קושי	— 90 שור (A)
ספיגת-מים (באחוזי-משקל)	— 1.5

פוליאסטר קשיח:

חוזק למתיחה	— 10,000 פס"י
התארכות-יחסית	— 3%
חוזק לחיצה	— 25,000 פס"י
חוזק לנגיפה	— 0.3 ליב. רגל לאינץ' (לפי שיטת איזוד, עבור מוט תקני "¼"×¼)
קושי (רוקוול M)	— 100
ספיגת-מים (באחוזי-משקל)	— 0.35

חומרים תרמופלסטיים

כאמור, כוללת משפחת החומרים התרמופלסטיים את החומרים הניתנים לשימוש חוזר — כלומר חומרים, שלאחר חימום הם מתרככים ועוברים למצב נוזלי — ועם קירורם לאחר מכן, הם מתמצקים. ממשפחה גדולה זו נציג שש קבוצות: פוליקרבונטים, תחמוצות-פוליפנין, קבוצת A.B.S., אצטלים, פוליאמידים ופלור-אורקרבונטים.

פוליקרבונטים

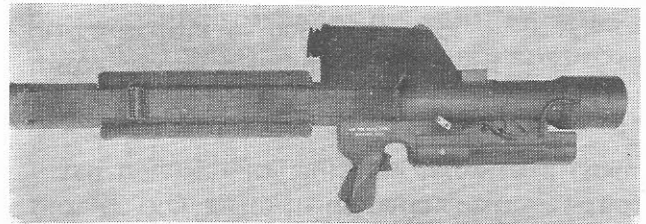
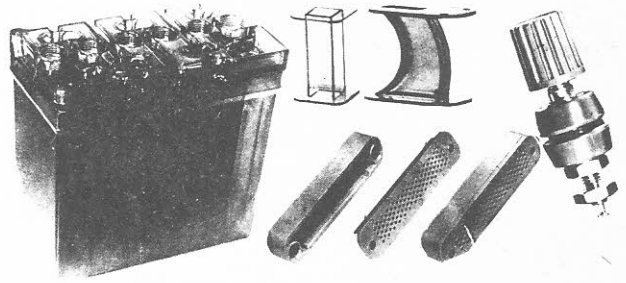
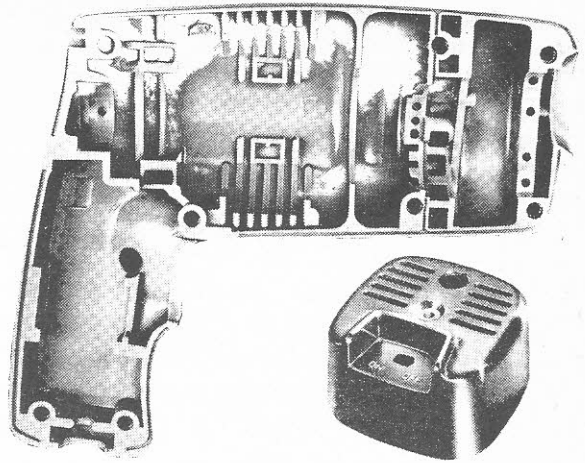
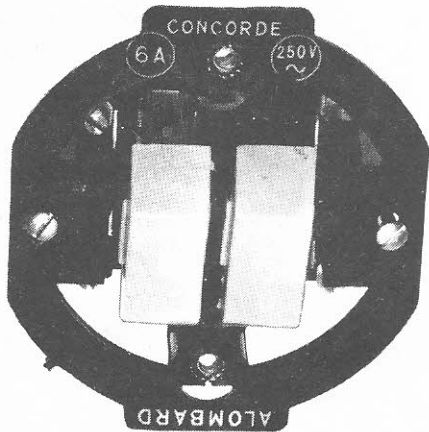
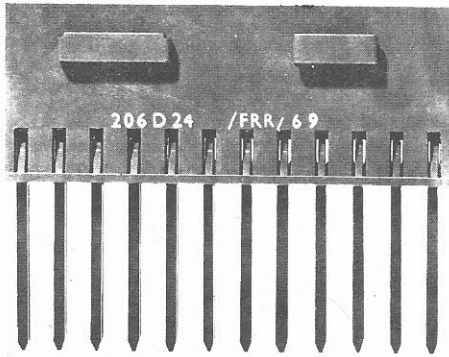
קבוצת הפוליקרבונטים היא בעלת צירוף-תכונות מצוין לשימושים בזיווד אלקטרוני. מבחינת התכונות המכניות, הפוליקרבונטים הם בעלי חוזק טוב לנגיפה, בעלי יציבות-מימדית ועומדים במידה טובה בתנאי-סביבה קשים. התכונות החשמליות של הפוליקרבונטים כמעט ואינן משתנות בתחום טמפרטורות רחב והן נשמרות גם בסביבה לחה יחסית.

מפוליקרבונטים ניתן לצקת מספר רב של מוצרים בתחום הזיווד האלקטרוני (תמונה 4), כגון: בתי-מכשירים, מחברים-חשמליים ובתי-מצברים וחלקים במשגרי-טילים.

להלן כמה נתונים טכניים של הפוליקרבונטים:

משקל-סגולי	— 1.2
קושי (רוקוול M)	— 78
חוזק לנגיפה	— 14 ליב. רגל לאינץ' (לפי שיטת איזוד, עבור מוט תקני "¼"×¼).
חוזק למשיכה	— 8500 פס"י
התארכות-יחסית (%)	— 60—110
חוזק לחיצה	— 12,500 פס"י
חוזק-דיאלקטרי	— 410 וולט למיל
התנגדות לקשת-חשמלית	— 120 שניות
טמפרטורת-עיוות	— 132 מעלות צלסיוס

חוזק-דיאלקטרי — 400—500 וולט למיל
 מאמץ למתיחה — 9600 פס"י
 התארכות-יחסית (%) — 50—60
 קושי (רוקוול M) — 119
 חוזק לנגיפה — 5 ליב. רגל לאינץ' (לפי שיטת איזוד,
 עבור מוט תקני "4"×4")



תמונה 5 — חלקים חשמליים העשויים מפוליפנילן
 „נוריל“.

A.B.S. אקרילוניטריל-בוטדיאן-סטירן

החומרים בקבוצה זו הם בעלי תכונות מכניות טובות למדי. פני-השטח שלהם קשים והם בעלי חוזק טוב לנגיפה ומתיחה. עובדת היותם זולים יחסית לעומת שתי הקבוצות הקודמות שהזכרנו, מאפשרת לנצל את תכונותיהם המכניות הטובות במקומות שאין בהם חשיבות מיוחדת לעמידה בטמפרטורה (עד 100 מעלות צלסיוס).

התכונות המכניות והחשמליות של קבוצת ה-A.B.S. יציבות בתחומי טמפרטורה ותדירות רחבים, וכמעט שאינן משתנות עם עליית הלחות. השימוש העיקרי בקבוצת ה-A.B.S. נעשה בבתי מכשירים-אלקטרוניים, כגון: הכיסוי האחורי של הטלוויזיה, מכשירי-טלפון ואינטרקום, חלקים במזגני-אוויר, לוחות-שעונים ועוד.

להלן כמה נתונים טכניים של קבוצת ה-A.B.S.:
 משקל-סגולי — 1.05
 חוזק למתיחה — 4500—8500 פס"י

תמונה 4 — דוגמאות לשימושים בפוליקרבונט „לקסן“: למעלה — בתי-מכשירים. במרכז — מחב-רים חשמליים ובית-מצבר. למטה — משגר הטיל רד-איי, ש-20% ממנו עשויים מ-לקסן.

תחמוצות-פוליפנילן

גם קבוצת תחמוצות-הפוליפנילן שימושית מאוד בזיווד אלקטרוני. התחמוצות האלה משלבות תכונות מכניות טובות עם תכונות חשמליות מצויינות. הן עמידות בטמפרטורות גבוהות (265 מעלות צלסיוס), החוזק המכני נשמר גם עם עליית הטמפרטורה וספיגת הלחות היא נמוכה יחסית. גם התכונות החשמליות נשמרות יחסית בתחום-הטמפרטורות המותר וכמעט שאינן משתנות בהשפעת רטיבות. בדומה לפוליקרבון-נטים, משתמשים בפוליפנילן לייצור מחברים חשמליים, בתי-תקע ו„בתיים“ למכשירי חשמל ואלקטרו-ניקה (תמונה 5).

להלן כמה נתונים טכניים של הפוליפנילן:
 משקל-סגולי — 1.06

ספיגת-מים (באחוזי-משקל, 24 שעות) — 0.066
 טמפרטורת-עיוות — 265 מעלות צלסיוס

אֶצְטִלִים

האצטלים הם חומרים המיוצרים על-ידי פולימריזציה של פורמלדהיד. בחומרים אלה קיים שילוב טוב של תכונות מכניות והשמליות. בין התכונות החשובות ניתן למנות: חוזק מכני וקשיחות טובים, עמידה בלחות, בדלקים ובממיסים, יציבות-מימדית, עמידה בעומס-מחזורי וסיכה-עצמית.

המגבלות העיקריות בשימוש בחומרים אלה נובעות מאי-התאמתם לשימוש ארוך במים חמים, אדים, חומצות ובסיסים חזקים. האצטלים משמשים בין השאר כחלקים במפסקים-זעירים; כאן מנוצלת היטב גם התכונה של מקדם-חיכוך נמוך.

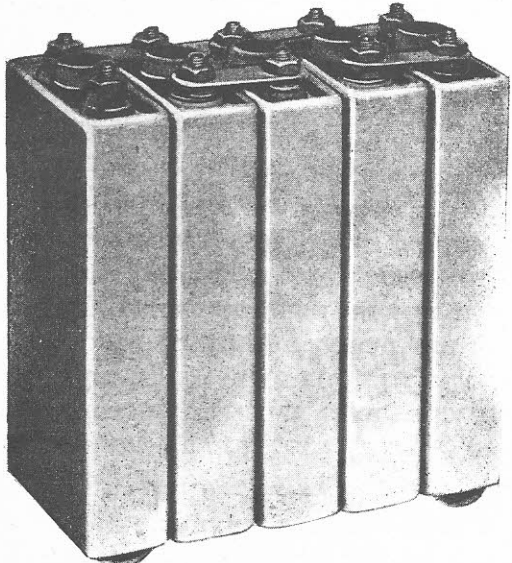
להלן כמה נתונים טכניים של האצטלים:

חוזק למשיכה — 8,800—10,000 פס"י
 חוזק לנגיפה — 1.1—1.4 ליב. רגל לאינץ' (לפי שיטת איזוד, עבור מוט תקני "1/2" x 1/2")
 התארכות-ייחסית (%) — 12—75 (בהתאם לחומר המילוי)

חוזק ללחיצה — 18,000 פס"י
 טמפרטורת-עיוות — 110—123 מעלות צלסיוס
 ספיגת-מים (באחוזי-משקל, 24 שעות) — 0.25
 קושי (רוקול A) — 120
 חוזק-דיאלקטרי — 500 וולט למיל
 התנגדות לקשת-חשמלית — 129 שניות

פוליאימידים

קבוצת הפוליאימידים, או קבוצת ה"נילונים", כוללת חומרים בעלי תכונות חוזק טובות ביותר, מקדם-חיכוך נמוך והתנגדות חשמלית טובה. מגרעתם הידועה של הנילונים היא עובדת היותם סופגי-לחות. מבחינת שימושיהם (תמונה 7) — ניתן למצוא חלקי



תמונה 7 — שימוש ב-פוליאימיד "נילון" להגנת בתי-סוללות.

חוזק לנגיפה — 5—7 ליב. רגל לאינץ' (לפי שיטת איזוד, עבור מוט תקני "1/2" x 1/2")
 קושי (רוקול A) — 110—120
 חוזק-דיאלקטרי — 300—450 וולט למיל
 התנגדות לקשת-חשמלית — 45—90 שניות



תמונה 6 — דוגמאות לשימוש ב-A.B.S.

חדשים ויש להניח שבעוד כמה שנים יתפסו חומרים אלה את מקומן של המתכות בתחום רחב של שימושים.

מקורות :

- 1) C.A. Harper — Handbook of Electronic Packaging / McGraw-Hill Inc. 1969.
- 2) C.A. Harper — Handbook of Materials & Processes of Electronics / McGraw-Hill Inc. 1970.

לקריאה נוספת :

- רשימת מאמרים בנושאי פלסטיקה שהופיעו ב"מערכות-חימוש" :
- 1) פלסטיק מחזק בסיבי-זכוכית — חוברת מס' 12, עמ' 15.
 - 2) פלסטיק בתכנון ציוד צבאי — חוברת מס' 13, עמ' 10.
 - 3) ניצול חומרים פלסטיים בעזרי-אימון — חוברת מס' 14, עמ' 14.
 - 4) עמידות פלסטיק בהשפעות מזג-האוויר — חוברת מס' 17, עמ' 28.
 - 5) חומרים תרמו-פלסטיים לשימוש צבאי — חוברת מס' 44, עמ' 82.

גילון במפסקים-זעירים. כן משתמשים בחומרים אלה להגנה מפני קורוזיה בבתי-סוללות ולהגנת ציוד-אלקטרוני.

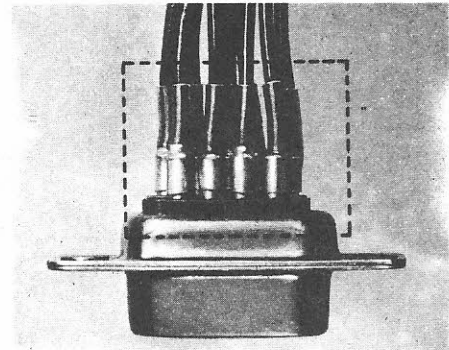
להלן כמה נתונים טכניים לפוליאמיד „גילון-6” :

- משקל-סגולי — 1.13
- חוזק למתיחה — 9,500—12,000 פס"י
- התארכות-יחסית (%) — 25—300
- חוזק לחיצה — 4,000—11,000 פס"י
- טמפרטורת-עיוות — 65—76 מעלות צלסיוס
- חוזק לנגיפה — 0.9—4 ליב. רגל לאינץ' (לפי שיטת איזוד, עבור מוט תקני "4"×4")
- ספיגת-מים (באחוזי משקל, 24 שעות) — 1.5
- קושי-ממוצע (רוקוול R) — 110
- חוזק-דיאלקטרי — 300—400 וולט למיל
- התנגדות לקשת-חשמלית — 140 שניות

פלואורקרבונטים

השימוש בפלואורקרבונטים בזיוד אלקטרוני נובע בעיקר מתכונותיהם החשמליות הטובות. החוזק-הדיאלקטרי הגבוה וההתנגדות הגבוהה לקשת-חשמלית מסבירים את השימוש הרב בפלואורקרבונט „טפלון” לבידוד (חוטי-חשמל למשל). שימושים נוספים הם: שרולים מתכווצים להידוק „צמות” ולהקשחת מקום החיבור של הכבל למחבר (תמונה 8). הטפלון עמיד גם בטמפרטורה גבוהה (אפילו עד 260 מעלות צלסיוס).

- להלן כמה נתונים טכניים של הטפלון :
- חוזק למתיחה — 2000—5000 פס"י
 - התארכות-יחסית (%) — 75—400
 - חוזק לחיצה — 4,000—12,000 פס"י
 - טמפרטורת-עיוות — 51 מעלות צלסיוס
 - חוזק-דיאלקטרי — 400 וולט למיל
 - התנגדות לקשת-חשמלית — מעל 165 שניות



תמונה 8 — שימוש בפלואורקרבונט „טפלון” להקשחת מקום החיבור של החוטים למחבר.

לסיכום, נאמר, שבחומרים הפלסטיים מוצאים היום את הפתרונות החדשים לבעיות בנושאי זיוד אלקטרוני. חברות שונות בעולם מפתחות ברציפות חומרים

רוטסיל® PERENNATOR



רוטסיל סיליקון (R.T.V.) לחילוי, איטום הדבקה ובידוד





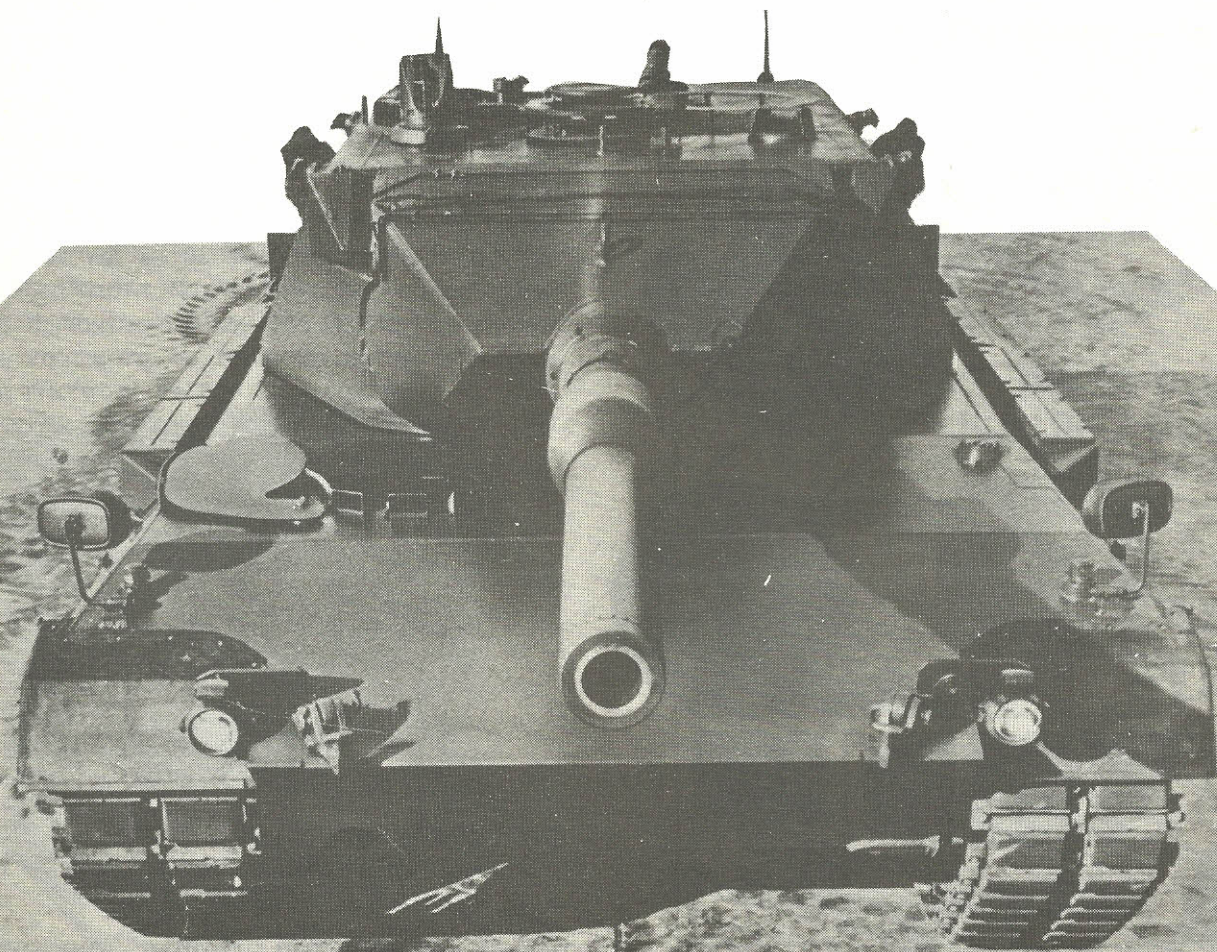


רוטל תעשיות ומסחר בע"מ
ת-א מרחוק 21 ת.ד. 33106 טל. 233735, 220375

קנה-התותח חלק-הקדח רינמטל 120 מ"מ (ב')

קנה-התותח חלק-הקדח בן 120 מ"מ מתוצרת „רינמטל“, מערב-גרמניה, הוא כיום התותח התקני בטנק ליאופרד-2. על מנת לקיים את עקרון האחידות בציווד של ברית-ההגנה הצפון-אטלנטית (נאטו), נערכו ניסויים השוואתיים בין קנה-התותח הזה ובין הקנה הבריטי המחורק בן 120 מ"מ (המותקן ב-צ'יפטיין) והקנה האמריקאי המשופר בן 105 מ"מ. הניסוי ההשוואתי האחרון בין שלושת תותחי-הטנק נערך בחודש דצמבר 1977 בשדה-הניסויים ב-אברדין (ארה"ב). מן התוצאות התברר, שבהערכה כוללת, הקנה חלק-הקדח מתוצרת רינמטל הוא התותח בעל הביצועים הטובים ביותר. בחודש ינואר 1978 נודע רשמית, שצבא ארה"ב החליט לבחור בקנה הגרמני חלק-הקדח לטנק XM1.

בחלק זה של המאמר מתוארת מערכת-התותח של ה-רינמטל ותחמושתו וכן מובאת סקירה על השגות הבריטים בנושא בחירת הקנה העתידי.

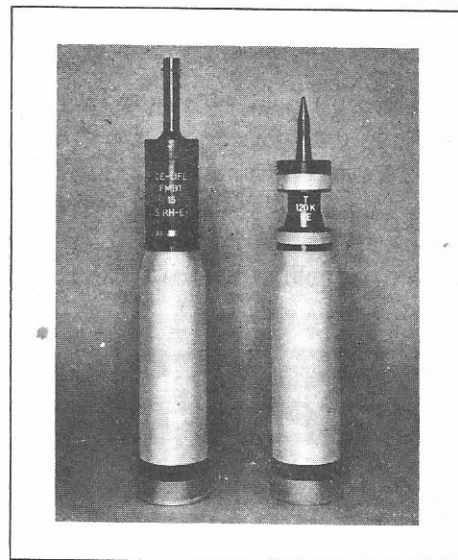


התחמושת

לקנה-התותח חלק-הקדח בן 120 מ"מ פיתחה חברת רינמטל שני סוגי תחמושת בעלי תרמילים הנשרפים-חלקית. שני הסוגים, הכדור הרב-שימושי והכדור בעל האנרגיה הקינטית, הם בעלי פגזים מיוצבי-סנפירים, כשהראשון הוא פגז רב-שימושי בעל קליבר מלא והשני כדור תת-קליבר. למרות שהקליבר של שני הפגזים גדול וביצועיהם הבליסטיים גבוהים יותר, הרי משקלם דומה למשקל התחמושת הנוכחית בת 105 מ"מ, ובאשר לאורכם, הם קצרים במידת-מה לעומת הכדור הנפיץ הפלסטי בן 105 מ"מ.

משקלה הקטן יותר של התחמושת בת 120 מ"מ נובע בעיקר מהתרמיל הנשרף-חלקית. לשימוש בתרמיל הזה יש כמה יתרונות נוספים: לדוגמה, אפשר להתקין את התותח יותר בעומק הצריח משום שלצורך הרחקת התרמיל זקוקים כעת לשטח קטן בהרבה. לעובדה זו יש חשיבות בשמירת האיזון והיציבות של התותח. ועוד, כתוצאה מביטולם של התרמילים המתכתיים הארוכים, מופחתים בהתאמה אדי אבק-שריפה בתא-הלחימה. בסיסי הפלדה הבלתי-נשרפים של התר-מילים יוצרים אטימה בין תא-הסדן וקנה-התותח, ואטימה זו מתחדשת בכל פעם שנורה כדור.

הכדורים עצמם מורכבים מתרמיל ומבסיס-תרמיל, ומכילים את המטען ההודף, את התחל, את מצת המטען ההודף ושרוול נוסף בחלקו הקדמי של התרמיל. התרמיל עשוי מחומר, שמרכיביו הם ניטר-ו-



בתמונה — שני סוגי התחמושת בני-120 מ"מ שפותחו לקנה חלק-הקדח של רינמטל.

מימין: הכדור הקינטי בן-120 מ"מ. כדור זה מסוגל לחזור את המטרה המשולשת הכבדה של נאטו מטווח-קרבי מקסימלי של 2,200 מטר.

משמאל: הכדור הרב-שימושי המיוצב על-ידי סנפירים. כדור זה שהוא בעל מטען חלול, ומשמש גם ככדור נפיץ, פותח במיוחד לשימוש נגד שריון-קל ומטרות רכות.

צלולוזה מהטיב שמשתמשים בו לאבקת המטען ההודף, סיבים אינרטיים וחומר מקשר. החומרים המייצבים שהוספו, מבטיחים את היציבות הכימית הדרושה להחסנה למשך 10 שנים. המשטחים החי-צוניים של הכדורים המוגמרים עוברים טיפול סופי הבא להגן מפני השפעות של לחות, מים ופחמימות.

לאחר השלמת מילוי המטען ההודף, מחברים את הבסיסים לתרמילים. אטימה נוספת מובטחת על-ידי השפה שבין בסיס הכדור והתרמיל. חור תבריגי הקדוח במרכז בסיס-הכדור מיועד למרעום החומר-ההודף. גרגרי החומר-ההודף שמשקלם 7.1 ק"ג, ארוזים בתוך שקית העשויה מסיב אקרילי. השרוול הנוסף בחלקו הקדמי של התרמיל מפחית את טמפר-טורת הבעירה של החומר-ההודף ליד דופן קנה-התותח ובכך הוא מגן על הקנה.

הכדור הקינטי

הכדור הקינטי בן 120 מ"מ (ראה תמונה) מורכב מפגז, ממינעל ומתרמיל הנשרף-חלקית; התרמיל הנשרף-חלקית משמש גם את הכדור הרב-שימושי.

הפגז של הכדור הקינטי מורכב מגרעין וממעטה חיצוני והוא מצויד במשטחי-בקרה (סנפירים); בבסיס הפגז נמצא החומר הנותב. היחס בין אורכו של הפגז לקוטרו, הוא 12 בקירוב. משטחי-הבקרה של הפגז הם חמישה סנפירים המורכבים על ציר ומוברגים לתוך הפגז בעת ההרכבה. הסנפירים בנויים מנתך-אלומיניום ומשטחיהם החיצוניים מצופים בחומר העמיד בפני חום. במרכז ציר ההרכבה של הסנפירים עובר חור תבריגי ולתוכו מוברגת יחידת החומר הנותב.

המינעל מוברג על הפגז והוא מורכב משלושה קטעים המתפרקים מהפגז כאשר המינעל עוזב את הקנה. שלושת הקטעים מוחזקים יחד וממורכזים על-ידי טבעת-מירכוז בקצה הקדמי ובקצה האחורי. שרוול האטימה הקבוע בקצה האחורי של המינעל אוטם את הפגז והמינעל מפני גזי אבק-השריפה בקנה-התותח.

פעולה — כאשר פגז התת-קליבר עובר דרך הקנה הוא מתמרכז בו באמצעות טבעות המירכוז. מכיון שהמינעל והפגז קשורים זה אל זה על-ידי תבריגי, נמסרת לשניהם תאוצה שווה בעת הירי. אולם, לאחר שהפגז עוזב את הקנה, פועלת התנגדות האוויר על כיס האוויר הקדמי של המינעל ומפרידה את טבעת המירכוז הקדמית בנקודת ההתפרקות המתוכננת. בעקבות זאת, קופצים שלושת קטעי המינעל לצדדים וקורעים את טבעת המירכוז האחורית. גזי אבק-השריפה הפוגעים באחורי המינעל תורמים אף הם לתהליך הזה. קטעי המינעל נשארים מאחור ולאחר עוברם דרך קצרה הם נופלים לקרקע.

מערכת התותח

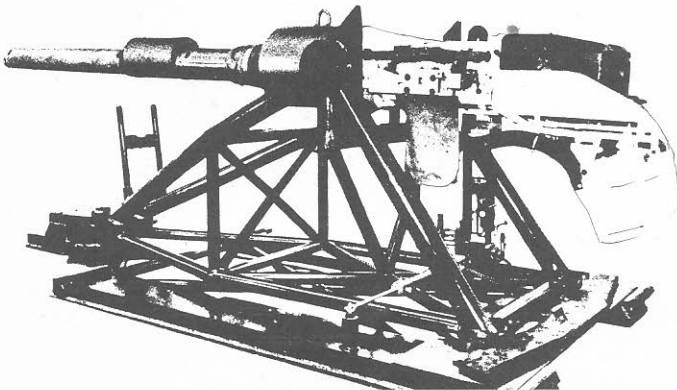
בפיתוח מערכת התותח בעלת קנה חלק-קדח בן 120 מ"מ, הצליחה חברת רינמטל במידה רבה לשמור על עקרונות התכנון שהוגשמו בליאופרד-1, על-ידי שימוש בטכנולוגיות חדישות ובחומרים מטיב מעולה. במיוחד מדגישים בחברת רינמטל את היתרונות האלה של מערכת התותח:

- ניתן להתקין או להסיר את מערכת התותח בשלימותה דרך מגן-התותח.
- מרכז הכובד של מסת ההגבהה בשלימותה נמצא באצילי-התותח.
- חיבור-שגם תבריגי הקושר את התותח למערכת, מאפשר התקנת התותח והסרתו בדרך המהירה ביותר.
- מכללי מערכת הרתיעה ניתנים להתקנה ולהסרה בצורה פשוטה וסידורם היחסי מסייע לקבלת אש מדויקת.
- מגן-התותח משתלב היטב בתוך פרופיל הצריח, ועל-ידי כך מושגת הגנה חזיתית יעילה במיוחד.
- בתכנון מערכת-התותח, הובאו בחשבון שיקולים לוגיסטיים ושיקולי התאמת המערכת למפעיליה.

מערכת-תותח בת 120 מ"מ, בשלימותה, כוללת את קנה-התותח, העריסה עם מיסב-ההחלקה, צינור העריסה והפרק המוביל, מיסבי-האצילים, מגן הפלדה המשוריין, מנגנוני הרתיעה וההחזרה, מפנה-הזגים, המקלע המקביל, כנת-הכוונת, המחלצים, מד-השיפוע ומנגנון הירי.

מכלל הקנה

קנה-התותח בן 120 מ"מ עשוי מקשה אחת והוא מחושב לעמוד בפני לחץ-גזים של 7,100 בר. צדו הפנימי של הקנה מוקשה על-ידי ציפוי כרום לצורך שיפור עמידתו בפני בלייה ולהארכת משך חייו. החיבור בין קנה-התותח ותא-הסדן נעשה באמצעות מצמד-שגם תבריגי, המאפשר החלפה מהירה של הקנה



בתמונה — מערכת הקנה חלק-קדח בן-120 מ"מ מתוצרת רינמטל המותקנת בטנק ליאופרד-2K. כאן מוצגת המערכת ללא מנגנון הטעינה החצי-אוטומטי.

כאשר הפגז חוזר את השיריון העיקרי, הוא מתעוות כתוצאה מהלחץ המופעל עליו ומתפרק לכמה חלקים היוצרים אפקט מאחורי השיריון. בהשוואה לקנה חלק-קדח בן 115 מ"מ של ה-T62, הרי מהירותו של הפגז הקינטי גדולה יותר ב-200 מטר לשניה בקירוב, והטווח היעיל המקסימלי שלו מגיע ל-3,500 מטר בקירוב.

הכדור הרב-שימושי

כסוג תחמושת שני לתותח 120 מ"מ, פיתחה חברת רינמטל פגז בעל מטען חלול ומיוצב-סנפירים (ראה תמונה) עם זנב בעל קליבר מלא העשוי מאלומיניום. הזנב הקצר הזה, שמשטחיו החיצוניים עברו טיפול, מתוכנן לעמוד בלחצי-הגז הגבוהים (יותר מ-5,000 בר) הנוצרים בתותח 120 מ"מ. הסנפירים בעלי הצורה המיוחדת משפרים את היעילות האוירודינמית של הפגז הרב-שימושי, שמסלול תעופתו יציב למרות שזנבו הוא בעל קליבר מלא. עם זאת, ירידת המהירות של הפגז הרב-שימושי לאורך מסלולו גדולה בהרבה מזו של הפגז בעל האנרגיה הקינטית; ואולם, מכיון שהמדובר הוא בפגזים בעלי מטען חלול, נודעת לעובדה זו חשיבות מועטה.

הפגז הרב-שימושי בן 120 מ"מ, כשמו, הוא כדור, שבנוסף לאפקט העיקרי של המטען החלול שלו ניתן להשתמש בו גם נגד מטרות משורינות קלות ומטרות רכות. הכדור הרב-שימושי אינו בא כמובן במקום הכדור הנפיץ הרגיל שהוא בעל איכות גבוהה יותר, אך, עם זאת, טוענת חברת רינמטל, שעל יסוד תוצאות הניסויים, הושג לפחות אותו אפקט התפוצצות בתחמושת הרב-שימושית כמו בכדור הנפיץ הפלסטי בן 105 מ"מ; יתר על כן, הכדור הנפיץ הרגיל אינו נחוץ למשימתו של טנק-המערכה.

רכיב המטען החלול של הכדור הרב-שימושי וכן המרעום, שפותחו בשיתוף עם חברות אחרות, מייצגים לדברי חברת רינמטל את מלאכת המחשבת החדישה ביותר. למעטה הפגז אין ריסוק מתוכנן, לא רסיסי כדוריות ולא רסיסים צורתיים. הוא מיוצר מחומר מיוחד, הניתן מכבר להשגה, ומצטיין בתכונות היפרדות טובות. מנגנון ההפעלה של הכדור הרב-שימושי פועל בלא שהות, והחישן, שהוא גביש-פיזו, מתוכנן כך שהוא מגיב במהירות רבה, גם כאשר הפגז נתקל בהתנגדות רכה. במגע עם המטרה, המטען הצורתי ואפקט ההתפוצצות מתפתחים, בכל מקרה, בעת ובעונה אחת. לדוגמה, לכדור אין אפשרות ליצור סוג אפקט כזה או אחר בנפרד כנגד טנק או כנגד מטרה רכה.

משקלו הכולל של הכדור הרב-שימושי 24.5 ק"ג ואורכו 981 מ"מ, כלומר, הוא כבד יותר ב-4.7 ק"ג מהכדור בעל האנרגיה הקינטית וארוך ממנו ב-2 מ"מ.

מנגנון הטעינה

כליאופרד-2K פותח מנגנון-טעינה אוטומטי-למחצה שתפקידו היה להביא את הכדור למצב טעינה כאשר הקנה נייח או נע, או כאשר משנים את זווית ההגבהה של התותח בעת הטעינה. למנגנון-הטעינה הזה יש כמה יתרונות על-פני הטעינה הידנית. בין אלה, ניתן למנות את ביטול סכנת התאונות הקיימת בעת טעינה כאשר התותח מיוצב. צמצום עבודת הטען. הגדלת קצב-האש בעת הנמכת התותח במצב מיוצב. טיפול נוח יותר בתחמושת בשלב הטעינה — במיוחד לגבי התרמילים הנשרפים-חלקית.

מנגנון הטעינה הזה אינו קיים במערכת-התותח שהותקנה בטנק ליאופרד-2AV, שכן בטנק זה מותקנת כוונת-תותחן ראשית מיוצבת, שבעזרתה חוזר הקנה לאחור כל ירי למצב הטעינה המתאים.

מנגנון הרתיעה

החזרת הקנה למצבו הראשוני, פועלת על-פי עיקרון הידרופנימטי. כאן, השמן ההידרולי והחנקן מופרדים זה מזה על-ידי בוכנה צפה המונעת הקצפה מיותרת של השמן. בלם-הרתיעה, המצויד בתא-חום משולב בחלקו הקדמי, פועל הידרולית על-ידי המרת הלחץ, תחילה למהירות ואחרי-כן לאנרגית-חום. בלם אחר, המבקר את סוף ההחזרה, מורכב בחלקו האחורי של מוט הבוכנה, ומבטיח שקנה-התותח לא יחזור למצבו הראשוני במכה חזקה.

מגן-התותח

המגן לתותח 120 מ"מ, שצורתו מתאימה לפרופיל הצריח של הליאופרד-2AV, בנוי משיריון מרווח, וביכולתו להגן בפני כל הסוגים המוכרים של תחמושת חודרת-שיריון. החיבור בין המגן והצריח מונע חזירת מים או גזים אל תוך תא-הלחימה. השטח שמסביב למגן מכוסה על-ידי אריג מיוחד כדי למנוע כניסת גופים זרים.

מתקנים נוספים

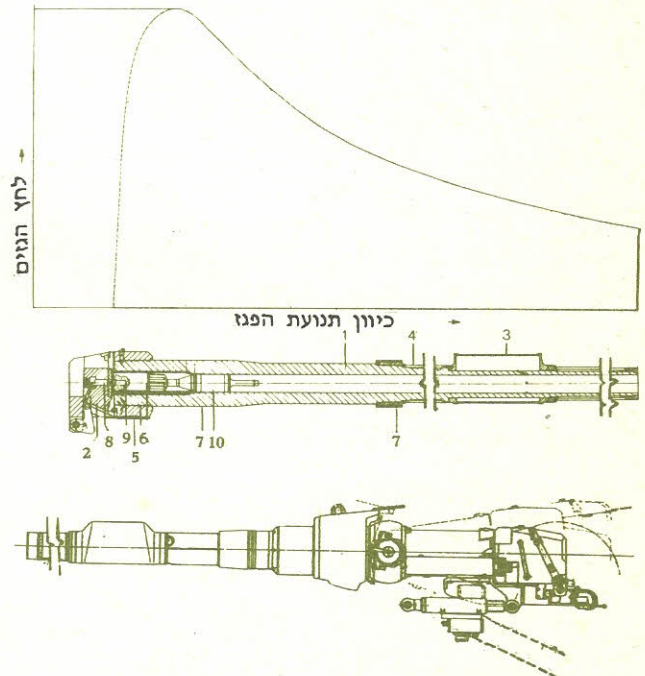
מד-שיפוע — מותקן ישירות על התותח ומספק נתוני הגבהה לאש עקיפה, כלומר, מאפשר ירי על מטרות שאין אפשרות לכוון עליהם ישירות.

מחולל לירי-חירום — מופעל על-ידי חבטה חזקה על משטחו העליון ומספק את הזרם הנחוץ לירי-חירום כאשר קורית תקלה במעגל הירי הראשי.

מקבעי-ג'ירו — מותקן בצד התותח ומשמש לשני ג'ירוסקופים — ג'ירו בעל שתי דרגות חופש וג'ירו אנכי.

כוונת-עזר — מתוצרת צי'יז, מחוברת למערכת התותח ומשמשת ככוונת נוספת לתותחן.

בעת הצורך. מפנה-הגזים, הממוקם במרחק של 2.5 מטר מאחורי לוע הקנה, עשוי מפלסטיק המחוזק בסיבי-זכוכית; חומר זה מאפשר להגיע למצב טוב יותר של מרכז הכובד. שרוול החום שבין מגן-התותח ומפנה-הגזים ועד ללוע-הקנה עשוי אף הוא מפלסטיק המחוזק בסיבי-זכוכית. שרוול זה משווה את חלוקת החום מסביב לקנה ומשפר את יכולת הפגיעה בשעה שהקנה חם. תא-הסדן, שבו כלואים לחצי הגזים הנוצרים בעת הירי, מחובר באופן קשיח אל מנגנון הרתיעה ומתברג על הקנה באמצעות חיבור-שגם תבריגי. אל תא-הסדן מחוברים הסדן עצמו, הנפתח כלפי מטה, וכן מנגנון הפתיחה והסגירה שלו המופקד על הפעולה האוטומטית-למחצה. הסדן נסגר כאשר קפיץ-הסגירה נמתח כתוצאה מתנועת התותח קדימה. כאשר הסדן נסגר על-ידי ידית ההפעלה, הנוקר הקפיצי נדחק קדימה, פוגע בפיקת-ההקשה וגורם ליריית הכדור. חליצת התרמיל נעשית באמצעות שני מחלצים הנתמכים במיסבים שבתא-הסדן ומופעלים על-ידי הסדן כאשר הוא פתוח. בשלב הטעינה, המחלצים מחזיקים את הסדן במצב טעינה עד שהם נדחפים לצדדים על-ידי כרכוב הכדור הבא ובעקבות זאת נסגר הסדן.



בתרשים — למעלה: חתך לאורך הקנה והסדן של הרינימטל 120 מ"מ ועקומת לחץ-הגזים לאורכו של הקנה בעת הירי. מקרא: (1) קנה. (2) סדן-טריזי בעל פעולה אנכית. (3) מפנה-הגזים. (4) שרוול חום. (5) תא-הסדן. (6) חיבור-שגם תבריגי (פּוֹנְטִי). (7) אזורי ההחלקה של הקנה בתוך העריסה בעת הרתיעה. (8) נוקר. (9) מצת המטען ההודף. (10) כדור רב-שימושי.

למטה: מבט-צד של מערכת התותח בת-120 מ"מ המותקנת בטנק ליאופרד-2K, ללא מנגנון-הטעינה החצי-אוטומטי. הקווים המרר-סקים מציינים הגבהה מקסימלית (20°) והנמכה מקסימלית (9°), וכן את טווח הרתיעה המקסימלי, שהוא 370 מ"מ.

מערכת פינני הגזים — זהו מאוורר שניתן להפעילו הן בעת ירי מהתותח והן לירי מהמקלע המקביל. ניתן להפסיק את פעולתו בתנאים של לוחמת-אב"כ.

לדברי חברת רינמטל, המשקל העודף של מערכת-התותח בת 120 מ"מ לעומת משקל המערכת בת 105 מ"מ הוא 900 ק"ג, בלא לכלול את מגן-התותח, שמשקלו יכול להשתנות במידה ניכרת בין דגמי הטנקים השונים. עובדה חשובה הרבה יותר היא, כי כוחות הבלימה בתותח בן 120 מ"מ שווים לאלה של התותח בן 105 מ"מ ומגיעים ל-60 טון. דבר זה הושג הודות לשימוש בתרמילים הנשרפים-חלקית, אשר איפשרו צמצום ניכר במקום החופשי שמאחורי המיכנס והביאו להגדלת תחום הרתיעה של התותח ב-90 מ"מ. בנוסף לכך, מסת הרתיעה הגדולה יותר של התותח בן 120 מ"מ מאפשרת לשמור את כוחות הבלימה בתחום שצינון.

באשר לאפשרות של התקנת התותח בן 120 מ"מ בטנקי מערכה אחרים חוץ מה-ליאופרד-2, קבעו הבדיקות, שהדבר ניתן למימוש כמעט בכל טנקי המערכה הנמצאים כיום בשירות, חוץ מה-M47.

נתונים טכניים

מערכת התותח בשלימותה
משקלים:

משקל בלי מגן-התותח — 3,130 ק"ג.

משקל עם מגן-התותח (ליאופרד-2AV) — 4,290 ק"ג.

מידות:

ממרכז האצילים עד לקצה האחורי של תא-הסדן — 1,375 מ"מ.

מהלוע לקצה האחורי של תא הסדן — 5,600 מ"מ. רוחב העריסה — 730 מ"מ.

רוחב מקסימלי של מסת-הרתיעה — 500 מ"מ. פתח-הצריח הנדרש — 500x730 מ"מ.

קנה-התותח

משקלים:

משקל כולל של מערכת הקנה — 1,995 ק"ג.

משקל הקנה בלבד — 1,315 ק"ג.

מידות:

אורך כולל של מערכת הקנה — 5,600 מ"מ.

אורך קנה-התותח — 5,300 מ"מ.

קליבר התותח — 120 מ"מ.

סוג המבנה — קנה משוך בקור, פניס-הקנה מוקשה על-ידי ציפוי כרום, לחץ-הגזים המחושב — 7,100 בר.

מיכנס — סדן נפתח כלפי מטה; מנגנון פליטה ופתיחה בעל בקרת-החזרה, סגירה באמצעות קפיץ-סגירה; פתיחה וסגירה אפשריות ביד. ירי — חשמלי, הנוקר נמשך לאחור מכנית, ירי בחירום באמצעות מחולל.

מפנה-הגזים — בנוי מפלסטיק המחוזק בסיבי-זכוכית. שרוול-חום — צינורות מפלסטיק המחוזק בסיבי-זכוכית.

משך חי הקנה — 500 כדורים תקניים.

העריסה

סוג — צינור.

אורך המיסב — 1,640 מ"מ.

קוטר המיסב — 310 מ"מ.

האצילים

סוג — מיסב-גלילים רדיאלי משולש בכל צד ומיסב-גלילי צירי אחד.

הגבהה — 20 מעלות.

הנמכה — 9 מעלות.

מנגנון הרתיעה

בלמי ביקורת סוף-החזרה — 2, הידרוליים.

מחזיר — 1, הידרופנימטי.

אורך הרתיעה — 340 מ"מ רגיל, 370 מ"מ מקסימלי.

כוחות בלימה מקסימליים — 60 טון.

מפנה-הגזים

תותח עיקרי — מותקן על קנה-התותח.

מקלע-מקביל — מאוורר צירי במיסב-האצילים.

תיבת תרמילים ריקים

קיבול — עד 12 תרמילים ריקים.

מקלע-מקביל

קליבר — 7.62 מ"מ.

ירי וכיוון — בנפרד מהתותח.

קנה	כדור 120 מ"מ		כדור 105 מ"מ	
	אנרגיה קינטית	רב-שימושי	חודר שריון/מינעל	נפיץ/מטען חלול
	קנה חלק-קדח, אורכו 5,300 מ"מ	קנה מחורק, אורכו 5,347 מ"מ		
משקל הכדור	19.8 ק"ג	24.5 ק"ג	18.5 ק"ג	21.2 ק"ג
אורך הכדור	889 מ"מ	981 מ"מ	839 מ"מ	997 מ"מ
קוטר מקסימלי של הכדור	169 מ"מ	169 מ"מ	147 מ"מ	147 מ"מ

השגות הבריטים *

על פי ההסכם, אישרו במשותף האמריקאים והבריטים שהתותח בן 105 מ"מ מתאים להיות הנשק התקני בטנקים לזמן הקרוב, אך ל"זמן הרחוק" תיתכן חיוניותה של מערכת נשק בת 120 מ"מ; בהתאם לכך הסכימו האמריקאים והבריטים לערוך ביחד ניסויים של שני כלי הנשק האלה. כנגד זאת, בהסכם של האמריקאים עם מערב-גרמניה היה תנאי מפורש, ש"ארה"ב ומערב-גרמניה, ובתווה לכך שגם בריטניה ומדינות נאט"ו האחרות יבואו לידי הסכם בתחילת שנת 1977 על דגם התותח בן 120 מ"מ, שיש לאמצו. ועוד נאמר בהסכם זה, כי התותח שייבחר צריך להיות מוכן ליצור במרץ 1977 והוא אשר יחמש את הטנק האמריקאי XM1. הבריטים, בהניחם שהאמריקאים מתכוונים להתקין את התותח בן 105 מ"מ בסדרות הייצור הראשונות של ה-XM1, ראו אי-התאמה בין התאריכים שנקבעו בהחלטה — ינואר ומרץ 1977 — ובין לוח הזמנים לחימושו של ה-XM1. הואיל ושום תותח בריטי לא יהיה בייצור עד לשנת 1979, הגיעו הבריטים למסקנה, כי ההסכם נוסח בצורה המונעת למעשה את אימוצו של הקנה הבריטי המחורק ומכריעה לטובת הקנה הגרמני חלק-הקדח.

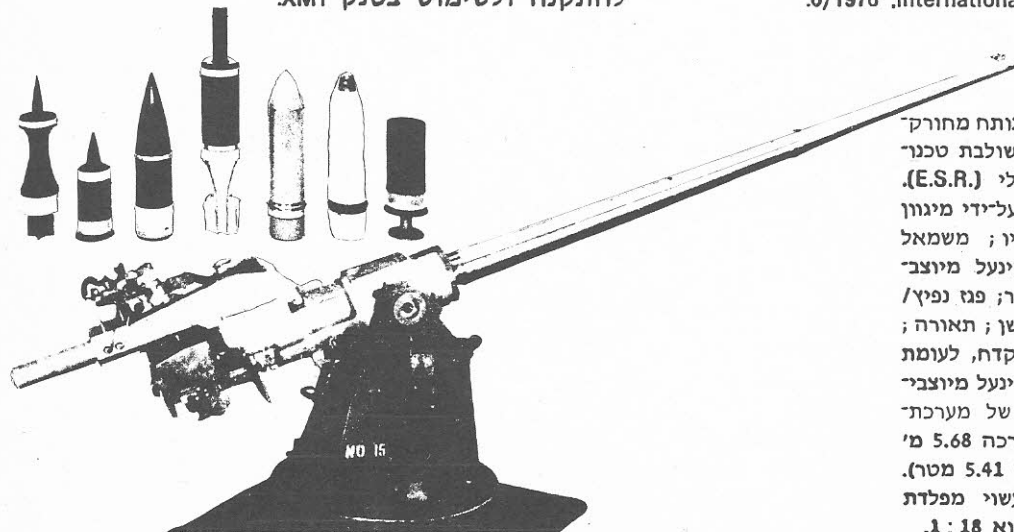
עד לכניסתו של טנק המערכה העתידי שלהם לשירות (בשנת 1990 בקירוב), מסרבים הבריטים להסכים למעבר כלשהו לקנה חלק-קדח, שכן צעד כזה יגביל בהכרח את חופש הבחירה שלהם לגבי חימושו של הטנק הזה. הבריטים מצידם היו רוצים לראות כיום ב"נאטו" האחדה מסודרת ויעילה של טכנולוגיה מחורקת-קדח של 105 מ"מ, שתעבור בהדרגה לטנק-לוגיה מחורקת-קדח של 120 מ"מ, בהתאם לאפשרויות הכלכליות והמצב בזירה.

* קטע זה לקוח מחמאמר "Main Armament for the XM1 Tank" שהופיע ב-International Defence Review, 6/1976.

למעשה, טוענים הבריטים, שאין כעת בנמצא מערכת חלקת-קדח המסוגלת להתחרות בגמישות המוצעת על-ידי מערכת מחורקת-קדח. מערכת זו יכולה לירות גם תחמושת המיוצבת על-ידי סיחרור וגם תחמושת המיוצבת על-ידי סנפירים (תחמושת ח"ש/מינעל מיוצב-סנפירים ותחמושת נ"ט/נפיץ מיוצבים על-ידי סנפירים, ולעומתם תחמושת ח"ש/מינעל, נפיץ/פלסטי, עשן, תאורה וקניסטר מיוצבים על-ידי סיחרור). עובדה זו פותחת בפני מתכנן הנשק מיגוון רחב יותר של אפשרויות תכנון וברירות. אלה, ובנוסף להם השימוש בחומרים חדשים לייצור פגזים יאפשרו לגבור על מטרות השיריון העתידיות הנמצאות כעת בפיתוח.

במאמץ להוכיח שהקנה הגרמני חלקת-הקדח אינו מייצג התקדמות משמעותית ועדיין צריך להתגבר על בעיות רבות בתהליך פיתוחו — העמידו הבריטים בניסויים שנערכו בסוף 1976 שני קנים L-11 מחורקי-קדח בני 120 מ"מ, שמסוגם מותקנים בטנקי ה"צפי" טיין. הפגז החדש ששימש את הבריטים בניסויי-ההשוואה היה פגז ח"ש/מינעל מיוצב-סנפירים בעל ליבת טונגסטן.

בניסויי ההשוואה ירו הבריטים גם מקנה מחורק-קדח חדש בן 120 מ"מ. קנה-תותח זה, שיוצר מפלדה שעברה תהליך טיהור חשמלי באמצעות סיגים (E.S.R. — Electro-Slag Refined), עומד בלחצי-הגזים הגבוהים שבבית-הבליעה, ולפי המקורות הפגין כושר חדירה הגדול ב-40% מזה של התותחים הקיימים, בלי להשתמש בליבות מאורניום מדולדל. עם זאת, התברר אז, שאף אחד מהתותחים הבריטיים לא נמצא מתאים להתקנה בטנק האמריקאי XM1, הן מבחינת המימדים והן מבחינת כוחות האיזון. להמשך הניסויים, הובא ל"ארה"ב בסוף שנת 1977 תותח מחורקת-קדח בן 120 מ"מ, שמבנהו ותחמושתו הותאמו במיוחד להתקנה ולשימוש בטנק XM1.



בתמונה — אבטיפוס של קנה-תותח מחורק-קדח בן 120 מ"מ, שבייצורו משולבת טכניקה חדישה של טיהור חשמלי (E.S.R.). רביצדיותו של הקנה מומחשת על-ידי מיגוון סוגי התחמושת הנראים מעליו; משמאל לימין נוכל לראות פגז ח"ש/מינעל מיוצב-סנפירים; פגז ח"ש/מינעל משופר; פגז נפיץ/פלסטי משופר; פגז נ"ט/נפיץ; עשן; תאורה; קניסטר. (הקנה הגרמני חלקת-הקדח, לעומת זאת, יכול לירות רק פגזי ח"ש/מינעל מיוצבי-סנפירים ונ"ט/נפיץ). משקלה של מערכת-התותח הבריטית 2000 ק"ג ואורכה 5.68 מ' (משקל הקנה 1,248 ק"ג ואורכו 5.41 מטר). הקנה, הבנוי מיקשה אחת, עשוי מפלדת E.S.R.; מעלה-הסלילים בקנה הוא 1:18.

זאת, יוסיפו הבריטים לפתח את שני סוגי התחמושת כדי לשמור על תנופת הפיתוח כנגד השיפורים החזויים בשיריון הסובייטי.

הבריטים ממשיכים גם בפיתוח תחמושת בעלת אנרגיה-כימית כנגד טנקים, רכב-משוריין קל ומטרות רכות; הפגזים הם: נ"ט/נפיץ ונפיץ/פלסטי. התכונות הכלליות והביצועים של שני הפגזים האלה ידועים היטב מהסוגים שכבר נמצאים בשירות; הפגזים החדשים, לעומת זאת, ינופקו בצורתם המשופרת, כדי לקדם בעתיד שינויים אפשריים בשיריון האויב.

גם בבריטניה רווחת הדעה, שהפיתוחים של השיריון הרב-שיכבתי בבריטניה, ב"ארה"ב, בגרמניה וקרוב לוודאי שגם בבריה"מ מפחיתים במידה ניכרת מיעילותו של הפגז בעל המטען החלול. יוצא איפוא, שהכדור הנפיץ הפלסטי, שמטבעו מצטיין בדיוק רב יותר בזכות צורתו הבליסטית המשופרת והמעביר כמות גדולה יותר של חומר נפץ ביחס לקליבר נתון, נחשב כבעל תכונות ניפוץ הרסניות הן לגבי סוגי השיריון העתידיים והן לגבי התקני הכיוון של הטנק, המיקבעים, המתקנים החיצוניים וצוות הטנק. לבסוף, הפיתוח הבריטי המוצלח של תרמיל מתכלה, שאינו מותיר אחריו כל שאריות, לא רק משפר את תכונות הבעירה של החומרים ההודפים החדשים אלא גם מצמצם במידה רבה את בעיית התרמילים הריקים בתוך הטנק.

אחד הגורמים המציקים הכרוכים בהכנסת מערכת תותח חדשה לשירות היא העלגת של פיתוח וייצור תחמושת לאימונים. גם בנושא זה טוענים הבריטים ליתרון של המערכת מחורקת-הקדח בכך, שכבר עתה נמצאים בשימוש כדור-אימונים מעולה בעל מינעל וכדור תירגול נפיץ/פלסטי שמחירים זול יחסית לעומת כדורי-אימונים תקינים החוזרים שריון. כנגד זאת, למרות ש"ארה"ב ו"מערב-גרמניה מפתחות כדור-אימונים במחיר גבוה, הרי אין עדיין בנמצא כדור כזה לקנה חלק-הקדח. נוסף על כך, קיימת תוכנית בריטית-קנדית לפיתוח כדור-אימונים זול, שיהיה מסוגל לדמות כדור-ח"ש/מינעל מיוצב-סנפירים עד לטווח של 2 ק"מ; בטווח זה יתפרק הכדור מעצמו. לעומת זאת, כדור-האימונים שמפתחות ארה"ב ו"מערב-גרמניה צריך להתפרק במרחק של 5 ק"מ בקירוב — כלומר — מחוץ לטווח הבטיחות המקובל ברוב המטווחים באירופה.

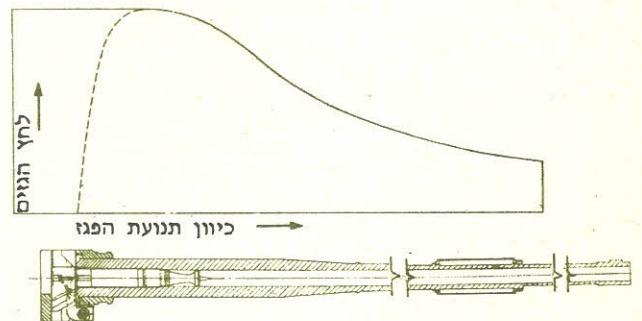
מקורות:

המאמר בנושא ה"רינמטל 120 מ"מ עובד מתוך כתבות שהופיעו ב"International Defence Review" באוגוסט ובדצמבר 1976.

את קני ה-E.S.R. הבריטיים אפשר למעשה להתאים לצורך ירי של תחמושת קבועה (חלק אחד) או תחמושת נפרדת (שני חלקים) בעלות תרמיל קצר מפליז. התרמיל הקצר מיועד למלא את פעולת האטימה הנחוצה בעקבות הלחצים המוגדלים בבית-הבליעה. לחצים אלה נובעים מן השימוש בחומרים הודפים בעלי אנרגיה גבוהה ומאמצעים חדשים שפותחו לא מכבר כדי להגדיל את אורך חיי הקנה. הקנה הבריטי מתוכנן לעמוד בלחץ-גזים של 6,200 בר (40 טון לאינ"ר), ואורך חייו נאמד ב-550 כדורים.

מתוצאות ניסויי-השוואה המשולשים שנערכו ב-1975 התברר, שהקנים הבריטיים ומכנסי-הקנים הצטיינו במשך-התעייפות גבוה בהרבה מזה של הקנים האחרים. כך למשל היה אורך חיי המיכנס הבריטי כאורך החיים של 10 קנים — עובדה בעלת חשיבות כאשר מדובר בהוצאות לאימונים. זאת ועוד, הבריטים מפתחים כעת מיכנס חדש שיאפשר אטימה עצמית (כמו בתוחח L-11) בתנאי לחץ גבוהים יותר בבית-הבליעה.

הבריטים מציינים במיוחד את הפיתוח המקביל של שני פגזים משופרים בעלי אנרגיה קינטית, שכל אחד מהם יכול לגבור על לוח השיריון המשופע של הטנק הסובייטי T62 מטווח של יותר מ-6 ק"מ: אלה הם הפגז חודר-השיריון/מינעל מיוצב-סנפירים, שהוא בעל כושר חדירה גבוה, והפגז חודר-השיריון/מינעל בעל דיוק-הפגיעה הגבוה יותר, המעביר אנרגיה גדולה יותר אל המטרה. הבריטים מרוצים מאוד מדיוק הפגיעה של שני הכדורים האלה. ומציינים את העובדה שב-10 נסיונות ירי שנעשו בכדורים אלה מטווח של 3000 מטר נרשמו 10 פעמים פגיעות בחזית הטנק. ייתכן אומנם, שמיגבלות בהחסנת כמות התחמושת הכוללת בטנק הבריטי העתידי יפחיתו את סוגי התחמושת הקינטית לכדי סוג אחד בלבד. למרות



בתרשים — עקומת לחץ הגזים בקנה הבריטי מחורקת-הקדח, ומתחתיו חתך לאורך הקנה והסדן. המתכנים הבריטיים מצביעים על כך שבתרשים זה ניכרים פחות שינויים קיצוניים בלחץ, לעומת הקנה חלק-הקדח, והעקום עצמו מעוגל יותר.

חיילים מצטיינים אצל הנשיא

רון בר־דור



רב"ט רון בר־דור נולד ב־1958 בתל־אביב. סיים את ביה"ס המקצועי „אורט”-חולון במגמת מכניקה-עדינה והתגייס לצה"ל לחיל-החימוש. בחיל משרת רון כשרטט טכני, תפקיד אותו הוא ממלא על הצד הטוב ביותר וזאת למרות קשייו עקב מגבלות רפואיות. הוא דבק במשימה ומגלה ענין מעבר לנדרש ממנו במסגרת התפקיד. בנוסף לתפקידו כשרטט, ממלא רון גם תפקידים אחרים המוטלים עליו, לא מעט בשל יושרו ורמת-המשמעת שלו.

בנציון צרפתי



סמ"ר בנציון צרפתי נולד ב־1957 בחיפה, סיים ביה"ס מקצועי קדם־צבאי במגמת מכונאות-רכב, התגייס לצה"ל לחיל-החימוש והוצב להדרכה בביה"ס לחימוש. את תפקידו כמדריך ממלא סמ"ר בנציון בהצטיינות, ובקיאותו בחומר ויכולתו להעבירו לחניכים הם מעולים. את רוב זמנו מקדיש לשיפור ההדרכה באמצעות בניית עזרי-אימון ועוזר לחבריו במשימותיהם. לא מכבר יזם הוצאת חוברת ראשונה בנושא „ריוקמינס” — עבודה רבת היקף שכללה איסוף חומר מחברות בחו"ל ועבודת תרגום. סמ"ר בנציון הוא חייל חברותי, דייקן ובעל משמעת למופת.



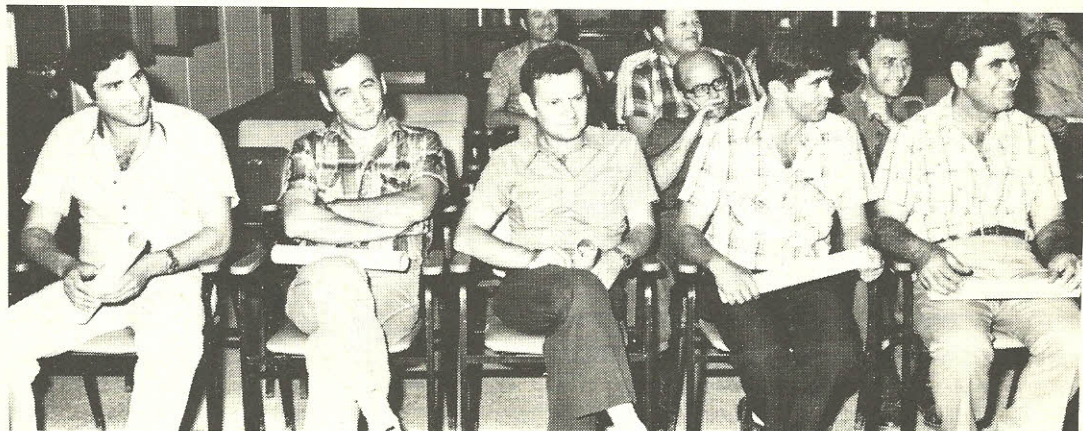
את תעודות העובד-המצטיין קיבלו סבק גרוס, עדי שני, משה ראובני, אורי צבע, ומרק אינטרטור.

קורס קציני-חימוש

בטכס שנערך לא מכבר בבסיס ההדרכה של החיל נסתים עוד קורס של קציני-חימוש. החניך המצטיין בקורס היה שבתאי דוגה.

תעודות עובד-מצטיין לעובדי צה"ל במפקדת קצין-חימוש-ראשי

לא מכבר חולקו תעודות עובד-מצטיין לשנת 1978 לעובדי-צה"ל במפקדת החיל. בטכס, שיבח קצין החימוש הראשי, תא"ל אלעזר ברק את עבודתם המסורה של העובדים וציין שבכך הם משמשים מופת לכל עובדי צה"ל במפקדה.



קטרפילר 10 D - טרקטור בעל מבנה מודולרי



לדברי החברה, קלות האחזקה היא המאפיין הבולט ביותר של ה-10D. כל הרכיבים של מערכת העברת הכוח ניתנים להסרה בקלות יחסית וניתן להחליפם כל אחד בנפרד, גם כאשר נמצאים בשדה. האפשרות לבדוק כל רכיב לפני התקנתו, מבטיחה בקרת-איכות טובה.

המיכשור של מפעיל ה-10D כולל נורית אזהרה בעלת תאורה מיוחדת וצופר אזהרה המורה למפעיל להדמיס את המנוע כאשר מיפולס-השמן במערכת העברת הכוח נמוך מדי, או כאשר אין זרימה של מיקירור. נורית אזהרה קטנה יותר מציינת שטמפרטורת מיקירור או השמן גבוהה מדי ושתי נוריות אחרות מזהירות על זרימת שמן שלא דרך מסנן השמן או על ירידת תכולת הדלק במיכל ל-10% או פחות.

המבט הראשון ב-10D מגלה שינויים בסיסיים בתכנון לעומת הטרקטורים המקובלים. בולט ביותר הוא מקומו המוגבה של הזר-המניע; הגבהת הזר-המניע וההינעים הסופיים מבודדת את החלקים האלה מלכלוך ומעומסי זעזועים ומאפשרת להם, "להתרכז" בהנעת הרכב. חלקי-מבנה בעלי חוזק גבוה, כגון מסגרות-הזחל והשלדה העיקרית, הם הסופנים את הזעזועים ואת עומס הפיתול.

משקלו של ה-10D — 90 טון בקירוב ומידותיו כשהוא מצויד לגמרי הן: אורך — 9.44 מטר, רוחב — 3.65 מטר וגובה — 4.57 מטר.

Diesel & Gas Turbine Progress, Nov. 1977

חברת "קטרפילר" הודיעה על ייצורו של טרקטור-זחלים חדש שיהיה בעצם הטרקטור הגדול ביותר שיצרה החברה עד כה. בטרקטור החדש, שסימונו 10D, באה לידי ביטוי תפישת תכנון שונה לגמרי, ובשימושים האופייניים לו הוא יעיל יותר ב-50% מן הדגם D9, שהוא השני לו בגודלו. שימושיו העיקריים של הטרקטור 10D הם בחפירה, פילוח, דחיפה והעמסה באזורי כרייה ובמכרות. כן אפשר לנצל לעבודות בניה של סכרים, כבישים, שדות-תעופה, הנחת צינורות ועבודות בניה בעלות אופי כללי.

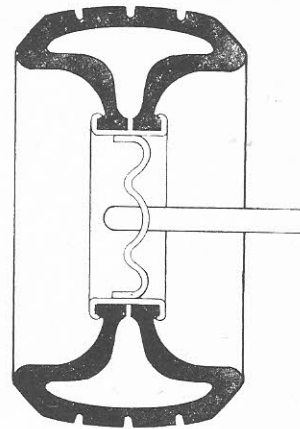
מערכת העברת הכוח ב-10D מורכבת משה רכיבים מודולריים: מנוע, מחלק-מומנט, תשלובת קונית, ממסרת-הילוכים, מצמדי-היגוי ובלמי-היגוי והינעים סופיים. ה-10D מנוע על-ידי מנוע דיזל D348 בעל 700 כ"ס. זהו מנוע V בעל 12 צילינדרים הנטוי בזווית של 60°, ומורכבים בו צמדים של גלי-פיקות עיליים, של טורבו-מדחס ושל מצנן סופי. במנוע ובמערכת הקירור של מערכת העברת הכוח נמצא מאוורר בעל 8 גפים (להבים) המורכב בין המצנן ובין שתי ליבות של מצנני-השמן. מאפיין נוסף של ה-10D היא ממסרת ההילוכים ה"נתקעת", המותקנת בחלק האחורי של הטרקטור; מבפנים דומה היחידה הזו לממסרות הילוכים אחרות של קטרפילר. רכיב התשלובת-הקונית מחובר לממסרת ההילוכים ואת יחידות הממסרת ניתן להסיר כחבילה אחת. מערכת הינע-עזר, המרוחקת מהמנוע ומחוברת לשלדה, מניעה את המנוע, את ממסרת-ההילוכים והמשאבות ואת האלטרנטור ומדחס מיזוג-האוויר. מחלק-המומנט מחובר ישירות לבית גלגל-התנופה של המנוע ומחוזק לשלדה העיקרית בשלוש נקודות על מקבעים גמישים. למצמדים ובלמי היגוי ולהינעים הסופיים יש קו מרכזי משותף. רכיבים אלה מחוברים לשלדה העיקרית ומקבלים כוח מהתשלובת הקונית דרך צמד סרני הינע צפים.



צמיג רכב בעל שכבת גומי עבה

החברה הנוודעת לייצור צמיגים, "דנלופ" מפתחת צמיג חדש בעל שכבת גומי עבה. הצמיג הזה יתמוך את הרכב על גומי — ולא על אויר — ולמרות זאת הוא יפגין תכונות של צמיג פנימטי. בדגמים העוברים ניסויים נמצא אומנם אויר, אך רק בלחץ אטמוספרי, והמתכננים עדיין אינם יודעים אם יהיה אויר בצמיגים שייצרו.

הנטייה לעבור לצמיג החדש נובעת מכמה סיבות: הצמיגים הרגילים (הפנימטיים) מתכופפים תחת עומס



ויוצרים חוס. כדי שהחוס יתפזר, צריכים קירות הצמיג להיות דקים. מאידך, השאיפה לזכות בדקות ובחוזק הולכת וקשה להשגה. סיבה שניה, היא שהגומי מצטיין בתכונות טובות יותר בעת דחיסה מאשר בעת מתיחה וסיבה שלישית מתבססת על ההנחה שניתן יהיה לייצר את הצמיג בדפיסת-הזרקה ואז לא תידרש בניה מסובכת של רכיבים פנימיים.

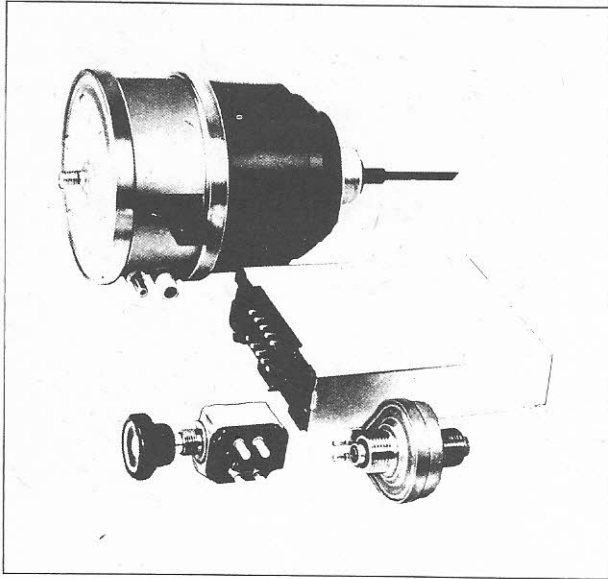
Machine Design, 25.11.1976

בקרה אלקטרונית של דושת-הדלק במשאיות

דומה שהתכווצות שרירי הרגל והתעייפות קודם זמנה של נהגי משאיות או אוטובוסים הגומאים מרחקים גדולים עוררו את פיתוחו של מכשיר המכונה "טמפור סטט". מכשיר זה מיועד לפטור את הנהג מלחיצה על דושת הדלק ומהשגחה על מד-הסיבובים. בין הביצועים שמאפשר ה-טמפוסטט נמנים:

- ישיבה רגועה ונסיעה בטוחה. מהירות הנסיעה שנבחרה מבוקרת אלקטרונית ונשמרת קבועה גם בעליה וגם בירידה.
- חסכון בדלק, הנובע מנסיעה במהירות קבועה.

- שמירה על סייגי המהירות, בלי שהנהג נדרש להשיג יח על מד-הסיבובים. כך יכול הנהג להתרכז בנעשה לפניו, דבר המגדיל את בטיחות הנסיעה.
- האטה או החשה של המהירות במידת הצורך, גם כאשר ה-טמפוסטט מופעל.



חלקי ה-טמפוסטט: מחולל-תדר, וסת-אלקטרוני, יחידת-ויסות ומתג-הפעלה.

ה-טמפוסטט ניתן להתקנה במשאיות כבדות מסוגים שונים. הוא מורכב ממחולל-תדר, וסת-אלקטרוני, יחידת ויסות וערכת התקנה תקנית. את מחולל התדר מרכיבים בין שני חלקי גל-ההינע והוא מייצר מתח-חילופין היחסי למהירות; אות זה מועבר לווסת האלקטרוני. וסת זה, הכולל מנגנון ויסות ואלמנטים לוגיים להפעלה והגנה, מקבל פקודות ממתג הפעלה ומפעיל בהתאם לכך את יחידת הוויסות. יחידת הוויסות מורכבת בעיקר מיחידת פיקוד-ריק ומיחידת בקרה חשמלית-פנימטית השולטת על המצערת. התנועה הכוללת של אלמנט-הריק תואמת את מהלך המצערת. בצורה זו מווסתת יחידת הוויסות את הפעלת דושת-הדלק. מתג ההפעלה הוא מסוג גע-תוק ובאמצעותו מפעיל הנהג את ה-טמפוסטט או מפסיק את פעולתו. נהג המתכוון לנסוע במהירות קבועה, צריך בתחילה להחיש את מהירות רכבו בדרך המקור בלת; כאשר הרכב מגיע למהירות הרצויה, הנהג מפעיל את ה-טמפוסטט והווסת האלקטרוני שומר על מהירות קבועה.



באחד המקומות, עברה הדרך מהגבול אל אזור הלחימה בשביל צר. טור השיריון היה חייב לנוע בזהירות על השביל, שכן משני צידיו היתה האדמה בוצית. לאחר כמה דקות של תנועה איטית, נטה הטנק הראשון לצד הדרך ושקע בבוץ. גם גורלם של הטנקים האחרים שבאו בעקבותיו לא שפר ובזה אחר זה שקעו עוד שלושה טנקים ויצאו מכלל פעולה. ציר התנועה שהיה בלעדי לאזור הלחימה — נחסם.

רס"נ ז' שהיה האחראי לחילוץ בגזרה זו ניגש עם אנשיו לחלץ את הטנקים, ובעזרתו של סא"ל א' החלו במלאכה. בעיצומה של פעולת החילוץ נראתה לפתע שיירת-תחמושת שכיתתה דרכה בשביל הצר. המחל-צים הביטו בנהגי שיירת-התחמושת ואלה הביטו במחלצים וככה זה נמשך בערך דקה, למרות שכולם ידעו שאין מה לעשות חוץ מאשר לדחוף את הטנקים בחזרה לבוץ.

אבל, גם לסיפור הזה יש סוף טוב והטנקים נגרו בחזרה אל השביל, לפני שהגיעה עוד שיירת-תחמושת. נזכיר לבסוף, שהשורות שכתבנו כאן נמשכו בחיים שני ימים ושתי לילות.



במקום אחר, צריך היה מפקד אחד הכוחות לנוע בסמטת כפר-מוסלמי, בתי-הכפר היו צמודים לדרך צרה שעברה בכפר והיו בנויים במיפלס נמוך ממנה. במעלה השביל, סמוך למרכז הכפר, סטה אחד הטנקים מן השביל, נטה על צידו וזחלו נפרס. הטנק השני שנע בעקבותיו הבחין בכך והחליט לחזור על עקבותיו. הוא החל לרדת מן השביל בנסיעה לאחור ונעצר מתחת לשביל בין שני בתים. בנסותו כעת לעלות על מנת לנסוע בכיוון ההפוך, ניתקל בגל אבנים גדול שחסם את דרכו. הדחפור ניסה אומנם, "להנמיך" את השביל, תוך שהוא חושף את אט את יסודות הבתים, אך להשלים את יישור השטח לא יכול היה מפני קירבתם של הקירות. תושבי-הכפר המוסלמים היו עדים למתרחש והבינו שקירות בתיהם מוטלים כאן על כף הדחפור. וכך, בלא שיאמר להם דבר, יצרו שרשרת-חיה ודרכה העבירו את גל האבנים למקומו החדש. רק אז התאפשר למחלצים לגשת אל הטנקים, לתקנם ולהעלותם על הדרך.

ימי הקרבות של מבצע ליטני כבר מאחורינו, קול התותחים נדם מכבר. הכוחות פינו גיזרה אחר גיזרה ומסרו את השטחים לפיקוח האו"ם. שקט.

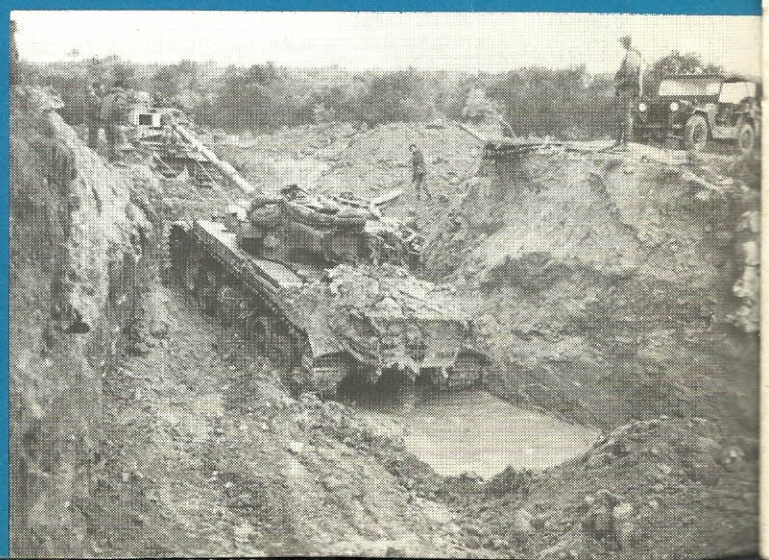
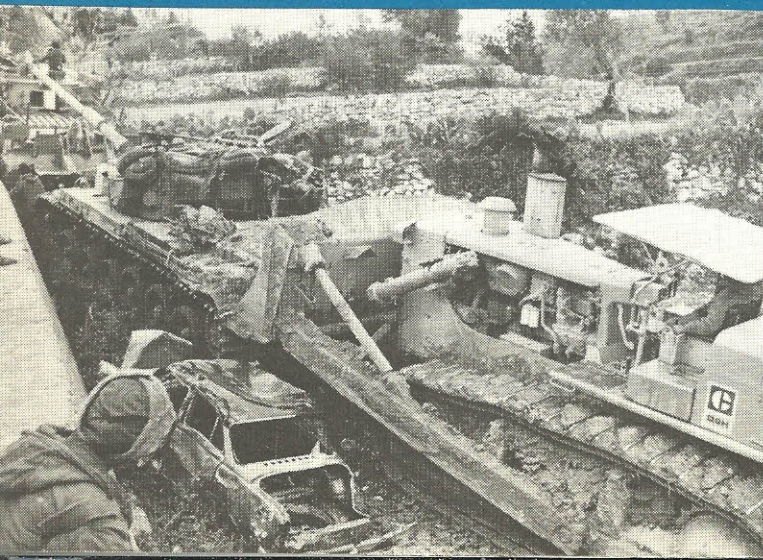
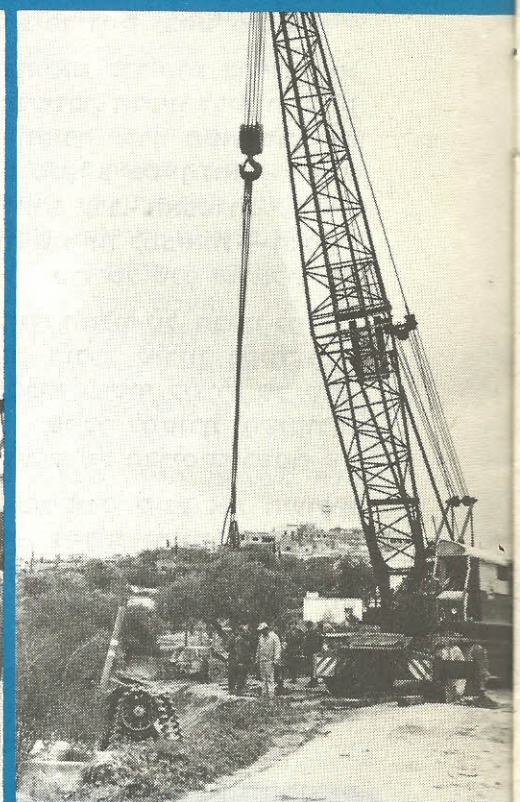
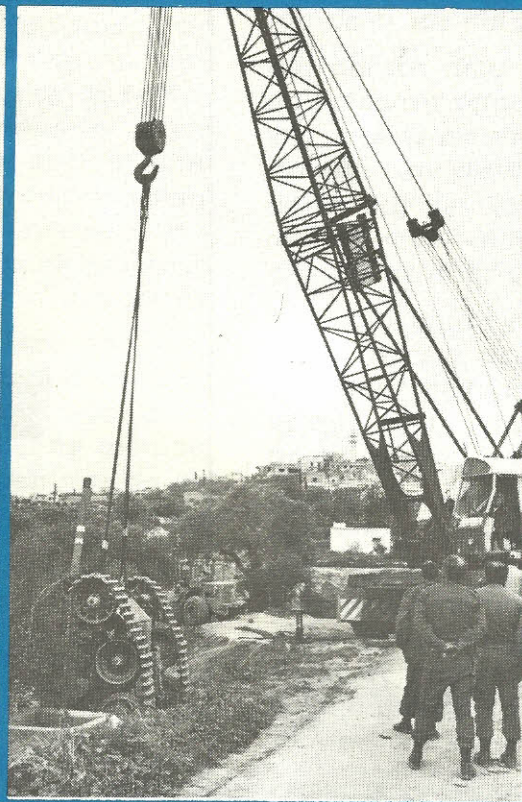
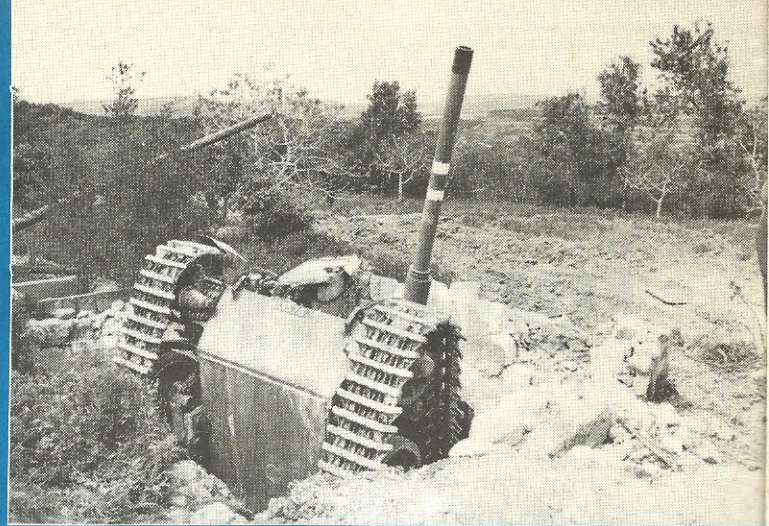
באחת מסדנאות הצפון מוציא חימושניק את ראשו מתחת לאחד הטנקים, קורא את שלוש השורות האלה ומנסה לתור אחר כותבם. אחרי דקה, הוא שם לב שבאמת שקט, הוא שומע אפילו קול ציפור. מה לעשות — הוא אומר לעצמו — מתחת לגחון-הטנק והנגמ"ש קשה לשמוע את השקט. יש שם פלדה, לפעמים שמן וגם איזה בורג עקשן. שם מתחת — המלחמה נמשכת.

מן הדרכים בדרום-לבנון סוחב איתו החימושניק את משא הימים שעברו — ימים של בוץ טובעני שאפילו הטנקים לא יכלו לו, דרכים צרות שנתנו לו עבודה לימים, מוקשים וזחל"מים הפוכים בדרכים עקלקלות. כן, גם ציפיה לשעה של שינה הוא זוכר.

היום, בסככות ובמכלאות, בלי קטיושות ופגזים, כשהוא חופר באת כדי לחשוף את גלגל-המרכוב, הוא נזכר, לא כל כך במאמץ ובזיעה כמו בסיפורים הקטנים שמאחוריהם.



אל האנשים העושים במלאכה לא יכולנו ללכת. במקום הגיע המפקד, אל"מ ש', ומן הדברים שראה סיפר לנו.



טנק „המרכבה” -

השיקול האנושי

ערפל המיסתורין סביב טנק ה„מרכבה” הולך ונמוג. הטנק הוצג לא מכבר לציבור הרחב וידיעות רשמיות מסרו כבר על תחילת הייצור-הסדרתי ועל המועד שבו יימסרו הטנקים הראשונים לגייסות-השיריון. כעת ניתן לבחון את הטנק ביתר-דיוק וביתר-פרטים.

טנק המרכבה תוכנן בהתאם לדרישות צה"ל והוא מתאים במיוחד ללוחמת-מדבר. הרעיון לפיתוח הטנק עלה ב-1969. באותה תקופה נערך משא-ומתן עם הבריטים בנוגע לרכישת טנקי-צייפטיין וזאת על רקע מסירת טנקי T62 למדינות ערב. האפשרות שמשא-ומתן זה ייכשל — הנחה שהיתה למציאות — הובילה לתחילתו של מחקר על ייצורו של טנק ישראלי.

המהנדסים, שהונחו על-ידי האלוף טל, הביאו בחשבון את כל הקרבות שבהם הופעל שיריון בקנה-מידה רחב. מאמץ הפיתוח הביא לבסוף ליצורו של טנק, שמכמה בחינות, ניתן לשייכו למסגרת השיקולים שביסוד הישגיהם החשובים של הבריטים בשטח זה.

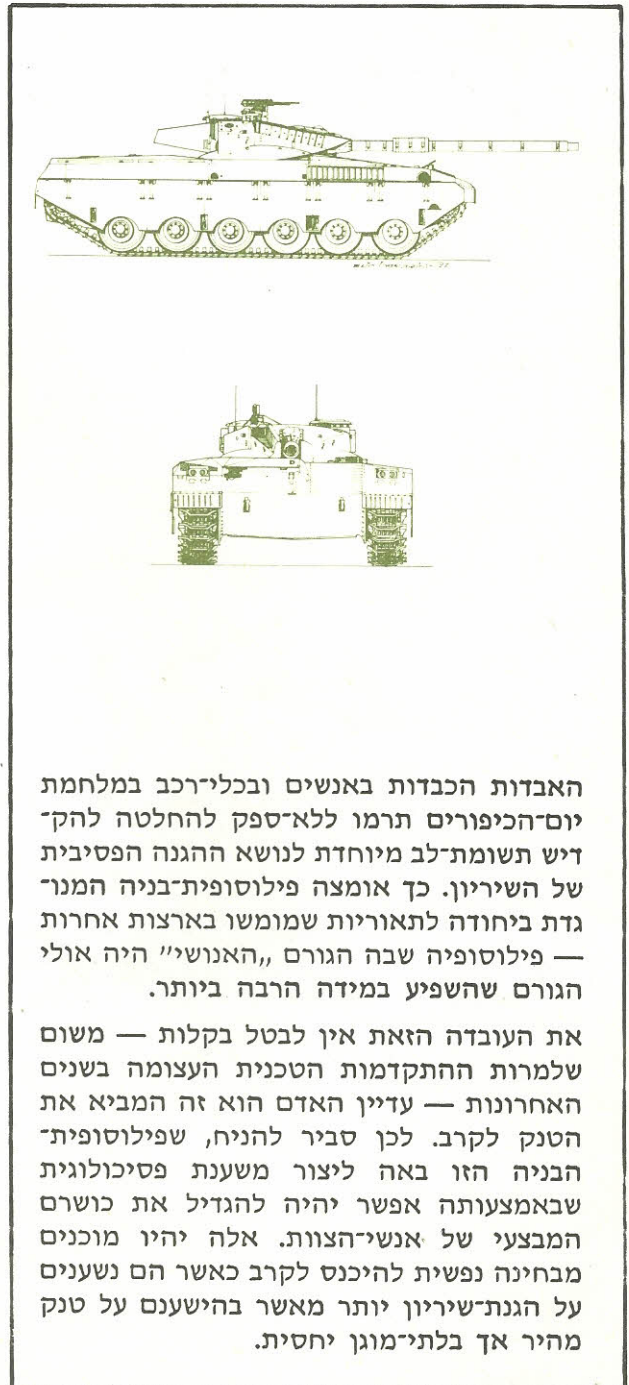
ישנם שלושה יסודות ששילובם קובע את היעילות בשדה-הקרב — חימוש, ניידות והגנה. בצה"ל — הושם דגש מיוחד על השיקול האחרון — ההגנה.

מתוך הדגשת השיקול ההגנתי, הוחלט להרכיב את המנוע בקדמת-הטנק על מנת להגדיל את יכולת ההגנה של השיריון. התקנת „פלטות-בזוקה” משני צידי הטנק נועדה להקשות על פגיעה במזקו"מ ובכך גם הוגדל כושרו המבצעי של הטנק.

צדודית (פרופיל) הטנק נלמדה ביסודיות, והתוצאה היא, שאין הטנק מותיר למעשה מקום שיהיה נוח לפגיעה מצד טנקי-אויב. צריח-הטנק עוצב בצורה מיוחדת, המתאימה לגמרי לאמת-המידה הזאת. נושא זה, שנלמד היטב, תרם לבניית טנק גדול (משקלו 52 טון בקירוב), שמימדיו המינימליים בחזיתו מקשים על היכולת לגלותו על-פני הרקע שלו.

באשר לחימוש הטנק, כאן לא הלכו המתכננים בעק-בות הנטיה הנוכחית לעבור לקליברים גדולים יותר, אלא העדיפו את התותח בן 105 מ"מ. זהו אם כן חימוש קלסי, שניתן לסמוך עליו בוודאות גמורה להבדיל מפיתוחים חדשים שעדיין לא נוסו בקרבות).

שתי סיבות תיתכנה לכך שלא הותקן בטנק קנה בעל קליבר גדול יותר: האחת — שהכנסת קנה גדול יותר



האבדות הכבדות באנשים ובכלי-רכב במלחמת יום-הכיפורים תרמו ללא-ספק להחלטה להק-דיש תשומת-לב מיוחדת לנושא ההגנה הפסיבית של השיריון. כך אומצה פילוסופית-בניה המנר-גדת ביחודה לתאוריות שמומשו בארצות אחרות — פילוסופיה שבה הגורם „האנושי” היה אולי הגורם שהשפיע במידה הרבה ביותר.

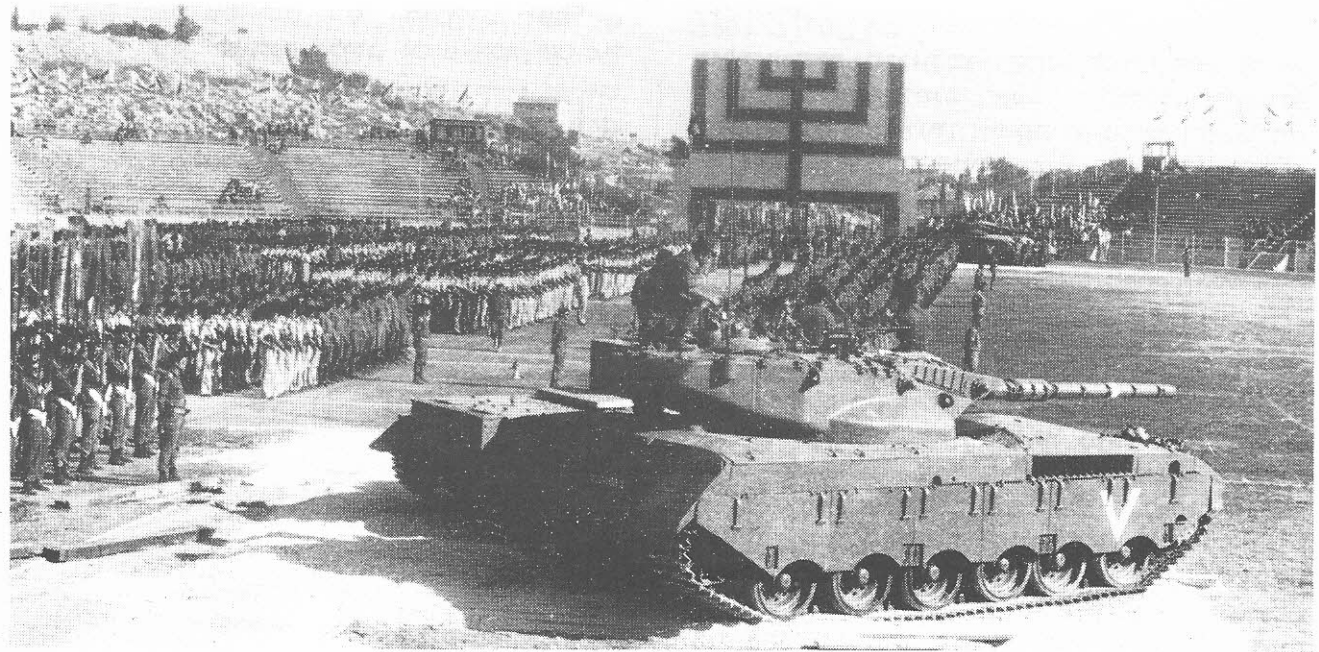
את העובדה הזאת אין לבטל בקלות — משום שלמרות ההתקדמות הטכנית העצומה בשנים האחרונות — עדיין האדם הוא זה המביא את הטנק לקרב. לכן סביר להניח, שפילוסופית-הבניה הזו באה ליצור משענת פסיכולוגית שבאמצעותה אפשר יהיה להגדיל את כושרם המבצעי של אנשי-הצוות. אלה יהיו מוכנים מבחינה נפשית להיכנס לקרב כאשר הם נשענים על הגנת-שיריון יותר מאשר בהישענם על טנק מהיר אך בלתי-מוגן יחסית.

הוא יעיל במיוחד ומאפשר לטנק ביצועים מעולים בתנאי-שטח קשים. לביצועים אלה יכול להיות תפקיד מכריע בלוחמה נגד טנקי-אויב. מתברר, שמתכנני המרכבה עקבו בתשומת-לב אחר התפקידים שיעדו לטנק והשתכנעו כי אין תועלת בחתירה להשגת מהירות גבוהה על-פני כביש. בעיקר נבע הדבר מן ההרגשה, שאין לסמוך על הכבישים בגולן ובסיני, שכן, במקרה של מלחמה יהיו אלה אחד היעדים העיקריים להתקפת האויב. לכן ניתנה העדיפות לשיפור המרכיבים התורמים להשגת מהירות-שיוט טובה בשטחים בעלי תצורות-קרקע משתנות; שטחים כאלה משמשים בדרך כלל כזירה לרוב מלחמות השיריון. האם מן הבחינה המבצעית זו הגישה הנכונה — ימים יגידו. מכל מקום, ברור שאין להוריד מערפה של הגישה הזאת, שלפיה לא הגבילו מתכנני הטנק את עצמם לעקרונות-תכנון אירופיים. מקרבות השיריון שהיוו חלק נכבד ב-4 המלחמות נבחנו המרכיבים העיקריים להכרעה בקרב ועל פיהם נעשו השיפורים המתאימים. אומנם, המרכיבים האלה אינם מיוחדים רק לצה"ל, אך יש לזכור שהזירות, האירופית והמזרח-תיכונית, שונות זו מזו מבחינת הפעלת השיריון, וזו אולי גם הסיבה, שמוקדם מדי לערוך השוואה בין טנקים בזירות האלה, לדוגמה — בין המרכבה וה-ליאופרד.

בטנק המרכבה נעשתה גם פריצת-דרך בולטת בהשוואה לטנקים אחרים, וזו מתבטאת ביכולתו של הטנק לשמש כנושא-גייסות משוריין במרחב האחורי של הטנק שהתפנה מן המנוע והתמסורת. ברור כמו כן, שבחילוף תפקיד, יכול מרחב זה לשמש לאחסון פגזים במספר גדול יותר מכל טנק אחר.

עובד מתוך :

Armies & Weapons, Feb. 1978



היתה עשויה לדחות את מועד כניסת הטנק לשירות והשני — שבהסתמך על העובדה שלמעשה כל קרבות השיריון נערכים מטווחים בינוניים או קצרים — לא תצמח כל תועלת משמעותית מהתקנת קנה בעל טווח גדול יותר. ברור הוא שבטווחים שציינו קודם התותח בן-105 מ"מ מתאים בצורה מושלמת לתקיפה ולהסתב נזק רב. ועוד יש לזכור בנושא זה, שהשימוש בפגזי תת-קליבר מקטין במידה מסוימת מחשיבות הקליבר בלוחמת שיריון בשיריון.

את חימושו של טנק המרכבה משלימים שני מקלעים — האחד מותקן במקביל לתותח והשני — על הצריח, ליד הציוד התת-אדום; במקלע השני ניתן להשתמש גם כמקלע נ"מ.

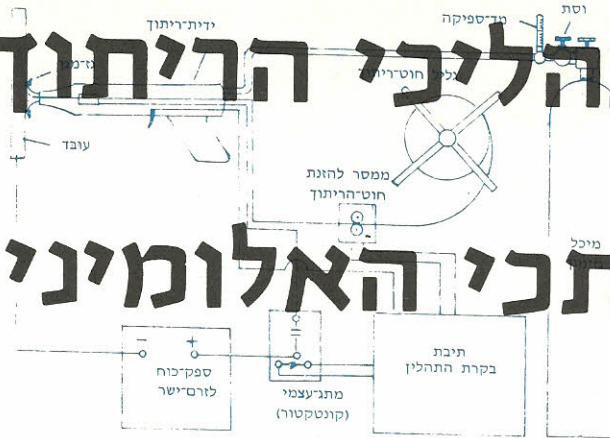
מערכת בקרת-האש בטנק מצויידת במחשב-בליסטי שתפקידו לפקח על הירי. כן מצוייד הטנק במד-טווח לזר ובסוקר תת-אדום המתאים במיוחד לפעולות-לילה.

באשר לניידותו של טנק המרכבה — לא נעשה כאן שימוש בפיתרון מתוחכם במיוחד מבחינת המהירות. מנוע-הטנק הוא מתוצרת קונטיננטל, ארה"ב. במנוע זה נעשו שינויים יסודיים, ומהספק מקורי של 650 /700 כ"ס הגיעו להספק של 900 כ"ס בקירוב. עם זאת, אין להתעלם מכך, שמבחינת כוח-המנוע נחשב טנק המרכבה כטנק בעל כוח חלש יחסית. יחס כ"ס לטון של המרכבה הוא 16 בקירוב, לעומת יחס של 20 כ"ס לטון ב-AMX30 הצרפתי או לעומת יחס של 27.5 כ"ס לטון ב-ליאופרד-2AV. היחס המושג במרכבה עולה מעט על היחס המושג ב-צ'יפטיין (15.4 כ"ס לטון).

על מנת להתגבר על בעיית כ"ס לטון, לפחות בחלקה, פותח לטנק המרכבה מזקו"מ חדש, שלפי הידיעות

תהליכי הריתוך

של נתכי האלומיניום (ב')



מאת ד"ר מנחם גבצ

חלקו הראשון של המאמר, שפורסם בחוברת הקודמת (66), עסק בתהליך האלקטרודה המצופה ובתהליך "טיג".

שנאי עם מיישר-זרם. נוהגים לבחור באופיין מתח-זרם שטוח על-מנת להבטיח משוב לוויסות עצמי של תנאי הריתוך במערכת. החיבורים החשמליים יוצרים קוט-ביות הפוכה (ציור 2-ב), כלומר, האלקטרודה מחוברת לקוטב החיובי של ספק-הכוח ואילו העובד לקוטב השלילי. בדרך הזאת מבטיחים, מצד אחד, פילוג יעיל של חום-הקשת (2/3 לאלקטרודה ו-1/3 לעובד), ופעולת ניקוי עצמי המרחיקה תחמוצת-אלומיניום וזיהומים אחרים מאזור האמבט; ומצד שני, התכה אינטנסיבית של חוט הריתוך, קצב-הריתוך גבוה, הקטנת ההשפעות התרמיות, צמצום העיוותים ותפר נקי וחזק.

תיבת-הבקרה, מרכזת בתוכה את אמצעי השליטה על התהליך כולו. על-מנת לאפשר ריתוך במרחק גדול מספק-הכוח, ניתן לנייד את התיבה ולהעבירה למרחק של מטרים ספורים ממנו.

הממסר להזנת חוט-הריתוך, מורכב ממזין גלילי, ממנוע חשמלי לזר-ישר (המאפשר ויסות רצוף של מהירות ההזנה), וממערכת גלילונים לדחיפת חוט-הריתוך.

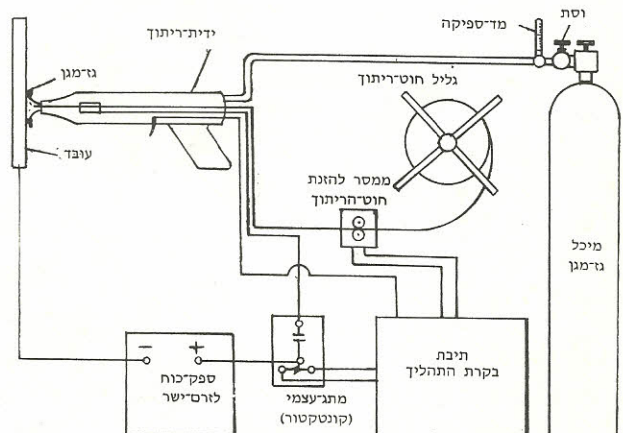
ידית-הריתוך, נושאת את חוט-הריתוך ואת גז-המגן אל אזור הריתוך. ישנן ידיות-הריתוך הכוללות בתוכן גם טורבינת-אוויר קטנה; כאשר מחברים את הטור-בינה למקור אוויר דחוס, יוצרים באמצעותה פעולת משיכה המביאה את חוט-הריתוך לאזור התפר. פעולת המשיכה הזאת, באה למנוע את הסתבכות חוט-הריתוך במוביל המקשר את תיבת-הבקרה עם ידית-הריתוך. למרות זאת, קיים קושי בהזנת חוטי-ריתוך דקים (שקוטרם קטן מ-0.040) עקב הפלסטיות

שיטת "מיג" (METAL INERT GAS)

תהליך הריתוך בשיטת "מיג" הוא פיתוח מאוחר יותר של שיטת "טיג". כאן, הוחלפה אלקטרודת הטונגסטן הקבועה באלקטרודה מתכלה, "אינסופית" (חוטה-ריתוך) הנמצאת על מזין גלילי ומסופקת ברציפות לתוך קשת-הריתוך. בעת הריתוך, הקשת וסביבתה הקרובה עטופות במעטה של גז-מגן המונע התחמצנות וזיהום החומר באמבט-הריתוך.

מערך-הריתוך בשיטת "מיג" כולל, בדרך כלל, ספק-כוח, תיבת-בקרה, ממסר להזנת חוט-הריתוך, ידית-ריתוך, מיכל לגז-המגן עם מיכשור לבקרת הלחץ והספיקה, מזין עם חוט-הריתוך, חיבורים חשמליים וצנרת לגז-המגן. לעיתים כלולה גם מערכת של מי-קירור במחזור סגור.

ספק-הכוח במערך הזה הוא גנרטור לזר-ישר, או



ציור 5 — מערך-הריתוך חצי-אוטומטי בשיטת "מיג".

החוזק המכני של המחברים בתהליך, "מיג" נופל מזה שבתהליך, "טיג", אך על-ידי בחירה נאותה של תנאי-הריתוך והקפדה על ההכנות הדרושות ניתן להגיע למחבר בעל חוזק גבוה למדי. תשומת-לב מיוחדת יש להקדיש לריתוך נתכים שעברו טיפול תרמי לצורך הקניית חוזק. נתכים אלה מאבדים מתכונות החוזק שלהם בעקבות ההשפעות התרמיות של תהליך הריתוך. במצב דומה נמצאים נתכים שקיבלו את חוזקם על-ידי עירגול בקור. גם נתכים אלה מאבדים מחוזקם, והפעם, בעקבות שינויים במבנה הגבישי של החומר. לגבי ממדי התפר, ראוי לציין, שלעיתים קרובות האזור החלש במחבר אינו התפר עצמו, כי אם האזור המושפע-תרמית שלידו. על כן אין טעם להפריז בממדי התפר.

מנגנוני מעבר החומר בקשת

קיימים שלושה מנגנונים למעבר החומר בקשת-הריתוך: "קשת-קצר", "קשת-תרסיס", ו"קשת-פולסית". שני המנגנונים הראשונים, קשת-קצר וקשת-תרסיס, קיימים בתהליך, "מיג"; תהליך ה"קשת-פולסית" הוא תהליך נפרד ובו נטפל ביתר הרחבה.

ריתוך בשיטת "קשת-קצר"

הריתוך בשיטת קשת-קצר מאופיין על-ידי מעבר חומר בצורה של טיפות בודדות. הטיפה שנוצרת בקצה חוט-הריתוך נוגעת בעובד לפני ניתוקה מהאלקטרודה ועל-ידי כך היא מקצרת את מעגל הריתוך וגורמת להפסקת הקשת. לאחר ניתוק הטיפה המותכת, הקשת נצתת מחדש ונוצר מחזור חדש של "קשת-קצר". את מספר המחזורים בשניה ניתן לווסת באמצעות אלמנט השראתי.

מנגנון קשת-קצר מביא לריתוך, "קר" המאפשר ריתוך של פחים דקים. בשיטה הזאת ניתן לרתך פחים בעובי מ"1/32 ועד "1/8. אולם, מאחר שחוט-האלומיניום, כאמור, כפיף יותר מחוט-ברזל, קיימים לעיתים קשיים בהזנה הרציפה והאחידה של חוט-הריתוך. נתונים מעשיים של התהליך בשיטה זו מובאים בטבלה 3.

ריתוך בשיטת "קשת-תרסיס"

הריתוך בשיטת "קשת-תרסיס" מאופיין על-ידי מעבר רצוף של חומר הריתוך בקשת. הדבר מתאפשר על-ידי הגדלת צפיפות הזרם, שבעקבותיה נוצרים כוחות

של חוט האלומיניום בהשוואה לחוט ברזל. במכשירים הפועלים בהספק גבוה (בדרך כלל, מ-300 אמפר ומעלה), נוהגים לקרר את ידית-הריתוך באמצעות מערכת מיקרור הפועלת במחזור סגור.

גז-המגן, מסופק לתהליך ממיכל לחץ-גבוה ומווסת על-ידי וסת-לחץ ומד-ספיקה. לחיצה על מתג הריתוך מפעילה סולנואיד ושסתום בתיבת-הבקרה וגורמת להזרמת גז לתוך פיית-הריתוך; הגז עוטה את סביבת הקשת ואת האמבט ומונע יצירת תחמוצת-אלומיניום וריאקציות כימיות בלתי-רצויות אחרות. בנוסף לכך, משמש הגז גם לקירור הידית בעת הריתוך.

גז-המגן המקובלים בריתוך נתכי-אלומיניום הם ארגון, הליום ותערובותיהם. לריתוך משטחים דקים משתמשים בארגון נקי, דבר המבטיח את יציבות הקשת ואת המעבר המעולה של החומר בקשת (ראה בהמשך הסבר על מנגנוני מעבר החומר בקשת). עבור משטחים עבים דרושות כמויות-חום גדולות יותר על-מנת להבטיח חדירה עמוקה. הדבר מושג על-ידי עירוב הארגון בכמויות מתאימות של הליום.

חוט-הריתוך, משמש כנושא המטענים החשמליים וכחומר מילוי התפר. ההרכב הכימי של חוט-הריתוך מותאם להרכב הכימי של חומרי העובד ולחוזק המכני הנדרש מהמחבר. קוטר החוט מותאם לעובי החומר ולמנגנון מעבר החומר בקשת. עבור פחים דקים ומנגנון "קשת-קצר" (short arc), ינוצלו חוטי-ריתוך בעלי קוטר קטן ואילו עבור עובדים עבים ומנגנון "קשת-תרסיס" (spray arc), ינוצלו חוטי-ריתוך בעלי קוטר גדול יותר. בהתאם לכך יקבעו גם זרמי הריתוך.

באמצעות תהליך, "מיג" ניתן לרתך את רוב נתכי-האלומיניום, להוציא את קבוצת האלומיניום-נחושת (2xxx). הנתכים הרתיכים ביותר הם: 1100, 3003, 3004, 5005, 5050, 5052, 5083, 5086, 5154, 5454, 6061, 6062, 6063, 6101 ו-6151. חשיבות רבה נודעת להתאמת סוג החוט לנתך-העובד. מקובל לבחור בחוט שהרכבו הכימי מתקרב ביותר להרכב הכימי של החומרים המרותכים. התאמה נכונה של החוט לנתך תמנע תופעות מטלורגיות בלתי-רצויות ותבטיח חיבור בעל חוזק מכני מעולה. חומרי המילוי (חוט-הריתוך) המקובלים ביותר הם: 4043, 5154, 5183, 5336 ו-5554.

עובי העובד (אינץ')	קוטר חוט-הריתוך (אינץ')	ספיקת-ארגון (רגל מעוקב לשעה)	זרם (אמפר)	מתח (וולט)	מהירות ההזנה (אינץ' לדקה)	קצב הריתוך (אינץ' לדקה)
0.040	0.030	30	40	15	240	20
0.060	0.030	15	55	15	300	15
0.080	0.030	15	70	15	350	15
0.100	0.030	15	90	15	400	15

טבלה 3 — נתוני ריתוך בשיטת "קשת-קצר".

נתכי-אלומיניום בקשת-תרסיס אפשרי כמעט בכל מצבי הריתוך; לעומת זאת, ריתוך פלדות בקשת-תרסיס מומלץ לביצוע רק במצב אופקי.

הריתוך ב"קשת-תרסיס" מתאים לריתוך פחים שעובים גדול מ"3/32. עבור עובדים שעובים עולה על "3/16 נוהגים להכין מדרים. נתונים מעשיים של התהליך בשיטה זו מובאים בטבלה 4; נתונים אלה מתאימים לכוונון ראשוני בלבד. הכונון הסופי יעשה בהתאם לסוג התפר ומצבי הריתוך.

אלקטרומגנטיים הגורמים לכיווץ הקשת ולהפרדת הטיפה לתרסיס עדין. שיעור הכיווץ של הקשת יחסי לריבוע צפיפות-הזרם. עבור כל סוג של עובד וגז-מגן קיים ערך קריטי מסויים של צפיפות-זרם שמעבר לו יתקבל מנגנון של קשת-תרסיס ואילו מתחת לו — קשת-קצר. צפיפות הזרם הקריטית עבור מערכת של אלומיניום וארגון נעה בין 60 ל-70 אמפר לממ"ר ועבור מערכת של פלדה ודו-תחמוצת הפחמן, היא נעה בין 100 ל-120 אמפר לממ"ר. על כן יובן, שריתוך

קצב הריתוך (אינץ' לדקה)	מהירות ההזנה (אינץ' לדקה)	מתח (וולט)	זרם (אמפר)	ספיקת-ארגון (רגל מעוקב לשעה)	קוטר חוטי-הריתוך (אינץ')	עובי העובד (אינץ')
24	175—170	20	110—100	40—30	3/64	1/8
24—20	235—215	20	170—150	40—30	3/64	3/16
24	170—150	29—25	200—180	50—40	1/16	1/4
24	250—170	29—25	270—200	55—45	1/16	3/8
18—14	160—140	31—25	300—220	60—50	1/16—3/32	1/2
18—12	220—150	31—25	330—250	80—60	1/16—3/32	3/4
12—6	220—170	31—25	400—280	80—60	1/16—3/32	1

טבלה 4 — נתוני ריתוך בשיטת קשת-תרסיס.

ללא תלות בצפיפות-הזרם או בקוטר חוטי-הריתוך, ויש בו מיתרונותיהם של שני המנגנונים הקודמים: אפשרות להפעלה בכל מצבי הריתוך, וטיב-תפר מעולה.

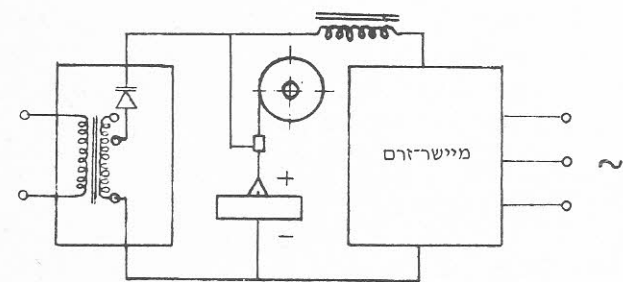
כמות החום המועברת בתהליך הקשת-הפולסית תהיה קטנה יותר ככל שזרם-הרקע (I₀) והתדירות הפולסית יהיו קטנים יותר, ולהיפך. מאחר שבתדיר ריות הקטנות מ-25 מחזורים בשניה קשה לייצב את קשת-הריתוך ומאחר שבתדירויות הגבוהות מ-100 מחזורים בשניה מתקבלת קשת-תרסיס רגילה — הרי שתחום הוויסות המעשי של התדירויות יהיה בין 25 ל-100 פולסים בשניה.

שיטת "הקשת-הפולסית"

במסגרת תהליך "מיג" עמדנו על שני מנגנונים של מעבר חומר בקשת-הריתוך. כאמור, בצפיפות זרם נמוכה המעבר הוא בצורה של טיפות חומר גדולות ובודדות (קשת-קצר). הקשת הזאת, "קרה" ומאפשרת ריתוך יעיל של פחים דקים בכל מצבי הריתוך. כאשר צפיפות הזרם גבוהה, המעבר הוא בצורת תרסיס רצוף של טיפות קטנות. צורת מעבר כזו מאופיינת על-ידי טמפרטורות גבוהות ועוצמות-קשת גבוהות ואלה מביאות לקצב ריתוך גבוה ולחדירה עמוקה.

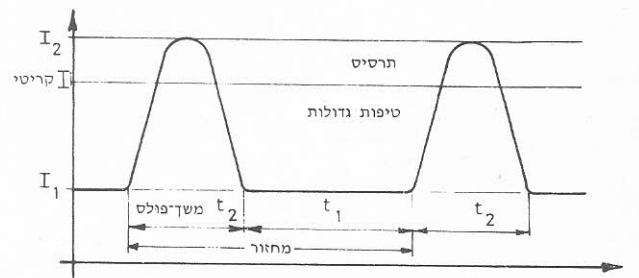
לכל אחד מהמנגנונים האלה יש יתרונות אך גם מגבלות. כך למשל, אין הם מאפשרים ריתוך של פחים דקים ונתכים רגישים; בתהליך "קשת-קצר" הסיבה לכך היא הדרישה להשתמש בחוטים דקים, שלגביהם בעיית ההזנה התקינה טרם נפתרה; וב"קשת-תרסיס" המגבלות הן הטמפרטורות ועוצ-מות-הקשת הגבוהות שמתפתחות בעת התהליך.

תהליך "הקשת-הפולסית" פותח במגמה לגשר על החסרונות בתהליכים האחרים. תהליך הקשת-הפולסית מאפשר מעבר מבוקר של חומר דרך הקשת,



ציור 7 — תרשים יחידת-הריתוך בתהליך "הקשת-הפולסית".

מעריך-העבודה בתהליך "הקשת-הפולסית" זהה לחלו-טין למעריך-העבודה של תהליך "מיג". השוני היחידי הוא במבנה ספק-הכוח ובעקרון הפעולה שלו. יחידת הריתוך מורכבת בדרך כלל משני ספקי-כוח המחוברים במקביל. האחד הוא בדרך כלל שנאי עם מיישר-זרם והוא מספק את זרם הרקע, והשני הוא גנרטור-



ציור 6 — עקרון הפעולה של "הקשת-הפולסית".

טבלה 5 —
נתונים כלליים
לריתוך בקשת-פולסית.

קוטר חוט-הריתוך (אינץ')	מתח-פולסי (וולט)	מתח-רקע (וולט)	זרם-מוצע (אמפר)	מהירות-הזנה (אינץ' לדקה)	ספיקת-ארגון (רגל מעוקב לשעה)
0.030	33—31	18—16	80—40	70—50	30—25
3/64	34—33	21—17	130—75	120—80	40—30
1/16	36—34	26—18	250—90	200—100	60—50
3/32	41—40	27—22	250—150	240—160	80—60

ביותר לריתוך בקשת פולסית. הוא מבטיח יציבות קשת מעולה, כיווץ אופטימלי של הקשת ומניעת נתזים. לעתים ניתן להוסיף כמות קטנה של חמצן להרכב גז-המגן, דבר שיביא ליציבות-קשת טובה ביותר. אולם הוספת כמות גדולה מדי תגביר את ההתזות לצדדים.

הנתונים המעשיים לריתוך נקבעים על-ידי קוטר חוט-הריתוך, עובי העובד ומצב הריתוך. בטבלה 5 מובאים נתונים כלליים לריתוך בקשת-פולסית, בתלות בקוטר החוט. כנקודת מוצא יש לבחור ערכים ממוצעים; עבור פחים דקים ומצבי ריתוך קשים יותר יש לבחור את הערכים הנמוכים יותר ועבור „ריתוך-שולחן“ ופחים עבים יותר יש לבחור את הערכים הגבוהים יותר. כאשר קשת-הריתוך קצרה מדי יש להגדיל את מתח-הרקע, ואילו כאשר הקשת ארוכה מדי — להקטינו. תדירות-הפולסים נקבעת בדרך הנסיון עבור כל מקרה ומקרה. □

פולסים המספק את הרכיב הפולסי של זרם-הריתוך. למיישר-הזרם יש אופיין מתח-זרם שטוח, דבר המבטיח יציבות-קשת טובה הודות לפעולת המשוב העצמי של המערכת. זרם-הרקע מבוקר באמצעות קצב הזנת חוט-הריתוך לתהליך. תנופת הפולס (אמפליטודה) נקבעת על-ידי הפרש שבין המתח של זרם-הרקע והמתח של הזרם-הפולסי, שבקרתם נעשית על-ידי המתגים המתאימים של הספקים. תדירות הפולסים ניתנת לבחירה בתחום של 25—100 פולסים בשניה, ואילו משך-הפולס נע בין 7 ל-10 מילי-שניות, בתלות בתדירות. לשם קביעת התנאים החשמליים של הריתוך צריך איפוא לכוון את מתח זרם-הרקע, את המתח בריקים של הזרם-הפולסי ואת מהירות הזנת חוט-הריתוך.

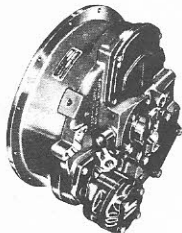
לגז-המגן יש השפעה ניכרת על יעילות מעבר החומר בקשת. הנסיון הראה, שהארגון הוא הגז המתאים

שרות וייצוג בלעדי ע"י:

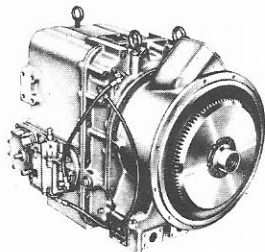
ערה א.טי. בע"מ

ת.ד. 14051 — טלפון 30814
תל-אביב

Vehicle Torque Converters



Power-Shift Transmissions



ממירי מומנט לרכב

חברת TWIN DISC מציעה סדרה של ממירי מומנט במיוחד לרכב כבד. עם יציאות להנעת יחידות עזר.

היחידות יכולות להיות עם או בלי LOCK-UP CLUTCH.

ממסרות ימיות:

להתקנה בסירות שיט, דיג, גרר וכלי שיט צבאיים.

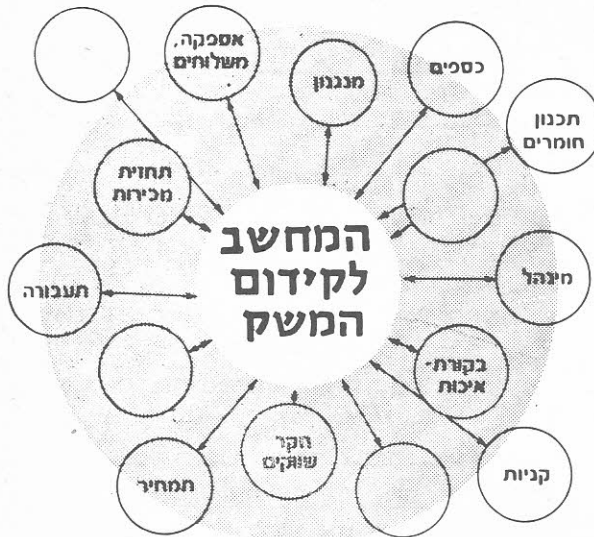
כח מלא קדימה ואחורה.

ממסרות אוטומטיות

נתנות בצורות שונות עם אפשרויות של 1+4 או 1+5. הממסרות נתנות עם או בלי ממיר מומנט. חוברת 325.

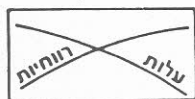
תן לנו לחשוב בשבילך!

אל: מנהל חברה, חשב, מנהל כספים, מנהל יצור / אחזקה, מנהל אספקה, מינהל.

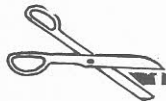
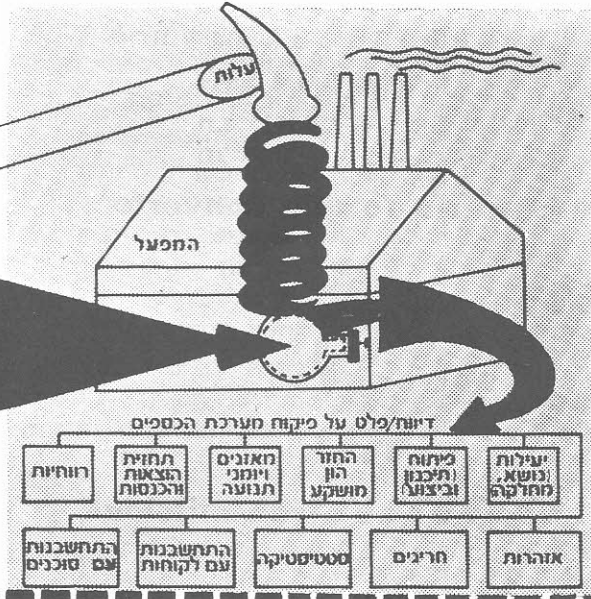


בסוג השירות המיטבי, כלומר — עיבוד הנתונים במתקנינו, במחשב משוכלל, או בשירות "עובדי רחק" שיאפשר לך לנהל את חברתך משרדך באמצעות ציוד מתוחכם שנתאים לך, כשאתה קשור לאחד המרכזים שלנו. אנו נשמח לפגוש אותך, ללא כל התחייבות מצדך, כדי לספק לך מידע נוסף. פנה נא אלינו טלפנית מס' 03-483124 לאלכס שפיידר, או בכתב באמצעות התלוש הרצי"ב.

נכבדי, בודאי ניצבה בפניך לא פעם השאלה מהי הסיבה לכך שההעלאה למחשב הצליחה בחברה פלונית, ולעומתה חברה אחרת נכשלה בכך. ובכן, דע לך כי סוד ההצלחה בהעלאת מערכת למיכון אינו טמון בציוד (במחשב) בלבד, אלא בעיקר באנשי המקצוע הטובים, היודעים לפתור את בעיותיך הספציפיות, בעזרת אותו כוח-אדם העומד לרשותך — עם מחשב או בלעדיו; ובכך בדיוק — מצטיינת חברתנו. אנו בעלי נסיון רב ומגוון בתחומים רבים — ניהול אספקה, תכנון ופיקוח של מלאי, שיווק ותחזית מכירות, ניהול פיננסי, ניהול כח-אדם, מינהל תעבורה, תחזוקה, תכנון ופיקוח הייצור, ניתוחים תקציביים ועסקיים ועוד ועוד. אנו בונים עבורך מערכת תכנה "תפורה למידותיך", וזאת לאחר שנלמד ביסודיות את כל הבעיות ובכל התחומים הכוללים בפעולות חברתך. כל לקוח מקבל אצלנו טיפול אישי, והפתרונות המקצועיים שאנו מציעים הם פרי נסיונו הרב, בשילוב התאמה מיוחדת לצרכיו האינדיבידואליים של הלקוח. התכנה שבונה חברתנו לענפי-משק רבים, מתאפיינת במהימנות ומאפשרת קבלת מידע מהיר ועדכני, ובעיקר — שליטה ניהולית בכל התחומים. מתוך ההצעות שתוגשנה לך על ידינו תוכל לבחור



הוצאות	חומר גלם	חלקי חילוף	ציוד
	משכורות	ישרות הוצאות	שונות הוצאות
הכנסות	הקמות	כסף מזומן	מראש הכנסות
	מדקוחות	הציד	נצילות
נתונים אינפורמטיביים	עובד כרטיס	עבודה כרטיס	נצילות
	עובד כרטיס	נצילות	מכונות נצילות



הנרדן: קבלת מידע

לכבוד אל-שפ חברה למנהל תעשייה ומיכון (מחשבים) בע"מ
רח' הרוגי המלכות 7 שכונת תל-אביב. ת.ד. 39327 טל. 483125/483124

נבקשכם לבקרנו ביום _____ בשעה _____ או ביום _____ בשעה _____

1 בקשר לקבלת מידע על העלאת מערכות למחשב 2 כתובת: שם החברה/ המפעל _____

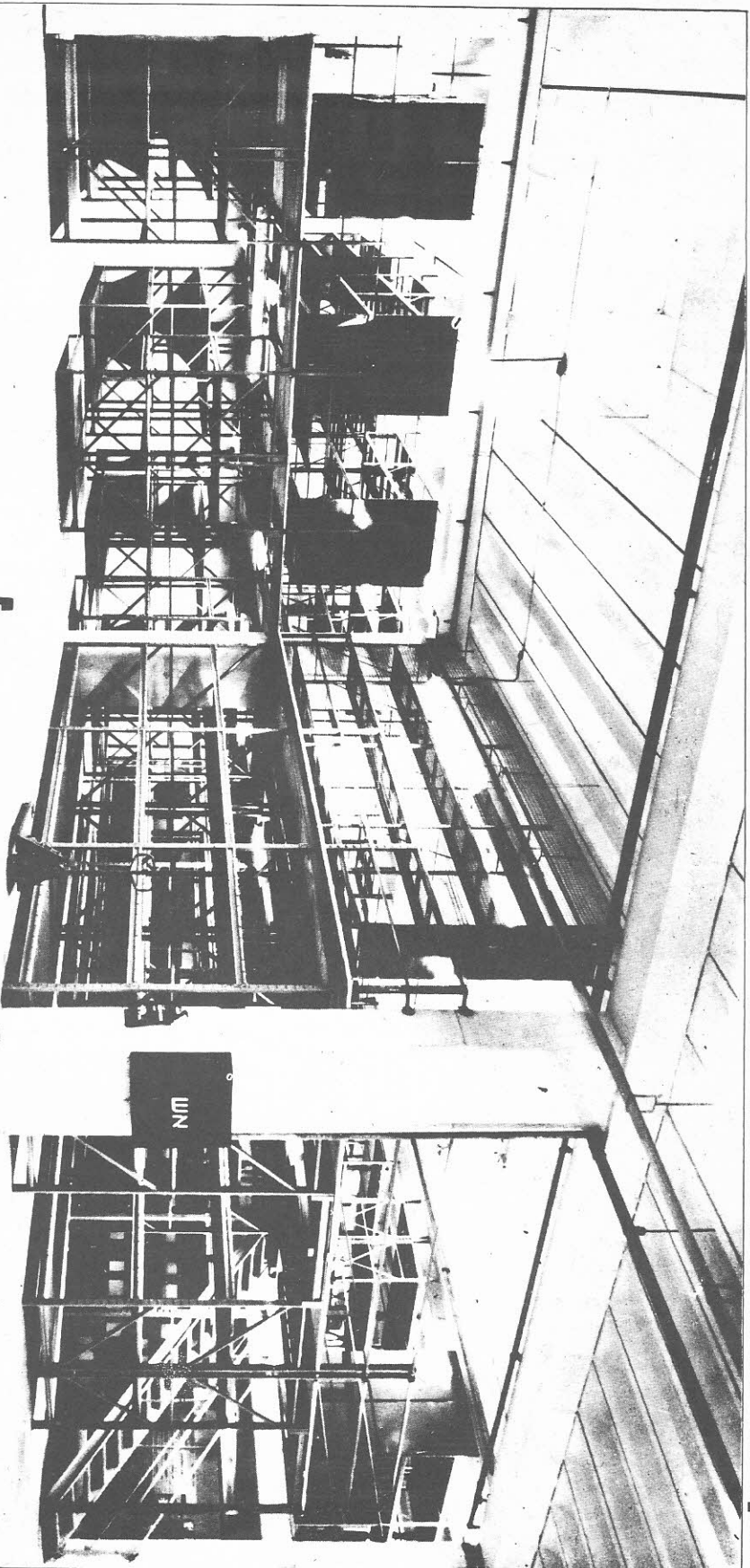
תאריך _____ שם המומין _____ התפקיד _____ חתימה _____

* הזמנה זו אינה מחייבת.

AL SP

7X שפ

אקדמיית 88-גלריות



מחסן נוסף בתוך המחסן שלך?

מדרגות מתכת והדעמסה באמצעות פחרונות שינוע מקוריים.

מתאים לשטח החסנה נוסף, משטחי עבודה, משרדים, ארכיונים וניתן להקמה עד 4 קומות.

בני ברק: רח' מתתיהו 8 טל. 03-776011-2
חופה: רח' הונפו 1 טל. 04-514664
ירושלים: טל. 02-810865

כל שעליו לעשות הוא להרים את המבט, לגלות את

הנפח העצום והבלתי מנוצל במחסן שלך, ולהקים רצפת בניינים (גלריה) מאלומיניום מודולריים של

אקרומית 88: * הרכבה מהירה

* ניצול נפח מירבי

* אפשרות פירוק וביצוע שינויים

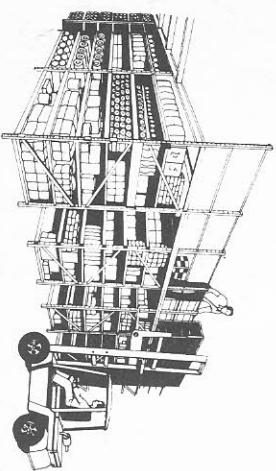
* חוק ויציבות

* יכולת התאמה לכל גודל ושטח

על מסגרות וקורות המתכת של אקרומית 88 מונחת

רצפת עץ המטופלת בצבע מיוחד להגנה מפני

אש. העליה למפלס העליון היא באמצעות



מירומית

מפעלי מתכת אשקלון בע"מ

צבאות-עולם

טנק סוביטי חדש - T80

מקורות צבאיים במערב אישרו שצבא בריה"מ עורך כעת אימוני-גייסות בטנק חדש, שהוא ממשיכו של ה-T72 שהוצג לא מכבר בכיכר האדומה. כינויו של הטנק החדש בנאטו ובבריה"מ הוא T80.

הטנק T80 נבדל מן ה-T72 בכמה נקודות עיקריות: ראשית — שריון הטנק בנוי משלוש שכבות, שכנראה אין ביניהן רווח. שנית — מתלה הטנק הוא מן הסוג המאפשר להנמיך את צללית הטנק. הבדל נוסף, שלגביו חלוקות הדעות, הוא השימוש שנעשה ב-T80 בקרן קטלנית המסוגלת להרוג בני-אדם ולהצית מטרות שאינן משורינות. מקורות העיתון מתייחסים לידיעה זו באי-אמון רב, ולדעתם, קרוב לוודאי הוא שהמדובר במאפן-ליזר לטילי נ"ט מהדור השני בעלי ביות-ליזר. טילים מהסוג הזה מותקנים במסוק-התקיפה HIND-C, ולא מכבר נראו גם על גבי הנגמ"ש BRDM. אפשרות אחרת היא — שהמדובר הוא באמצעי-נגד אופטי המתעה את תותחני הטנקים ומשגרי הטילים באמצעות קרן מתבדרת, "המכסה" את השטח שאליו מכוונים — ולא קרן צרה מאוד המכוונת בדיוק לאמצעי-הכיוון של תותחן האויב.

לפי מקורות צבאיים, נראה ששימושו העיקרי של ה-T80 הוא אותו תותח בן 125 מ"מ המותקן ב-T72. תותח זה מצויד במערכת הזנה אוטומטית הדומה לזו של ה-T72 וגם כאן מאויש הצריח ב-2 אנשי צוות.

International Defence Review, 6/1977

ה"ארמברוסט" — מטול-רקטות חדש נגד-טנקים

החברה הגרמנית, "מסרשמיט-בולקו-בלום" יצרה מטול-רקטות נגד-טנקים, היורה רקטה קטנה בלתי-מונחית אל מטרה המרוחקת כ-300 מטר מן היורה.

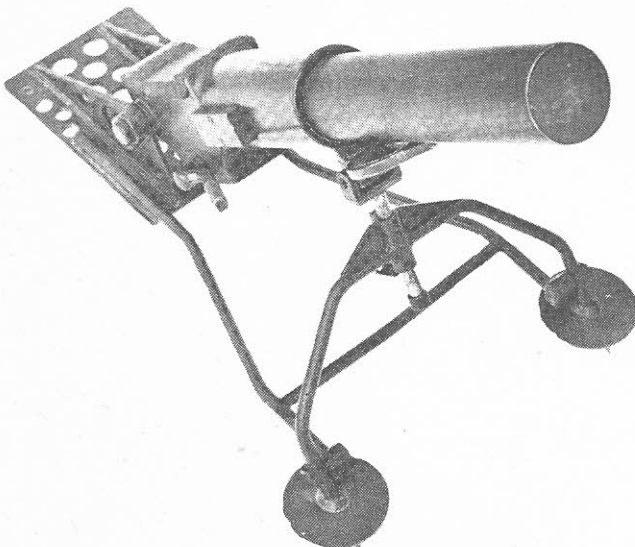


ה"ארמברוסט" הוא כלי-נשק שקשה מאוד לגלותו. גולת-הדף מדויקת ביותר מניעה את הרקטה במעופה; לא נראים עשן או אש ורעש השיגור אף הוא אינו נשמע. יתרון נוסף, כלי-הנשק אינו רותע; כך יכול החייל לירות רקטות רבות לפני שהטנק יגלה אותו.

MACHINE DESIGN, 24 March 1977.

משגר רקטות-תאורה חדש בן 51 מ"מ

חברה בריטית פיתחה מערכת חדשה לשיגור רקטות-תאורה, המורכבת מרקטה וממשגר שאפשר לקפלו כשאיננו בשימוש. הרקטה, שהיא מיוחדת במינה, תוכננה להיות מקור-תאורה לטווח בינוני; ניתן לציידה במנגנון הצתה חשמלי או הצתה ע"י נקירה.



המרגמות הקלות הנמצאות היום בשימוש חי"ר מסוגלות מכבר לירות פצצות-תאורה. לעומתן, משמש המשגר החדש תחליף מבחינת יעילות-ההוצאות, והטווח שלו גדול יותר (900 מטר טווח-קרקעי). המערכת החדשה קלת-משקל ושיטת הירי בה פשוטה. זמן התעופה של הרקטה קטן כדי מחצית מזמן התעופה של פצצת-מרגמה ומסלול התעופה השטוח שלה מאפשר לנור להישאר בגובה האופטימלי להארת המטרה מבלי לחשוף את עמדת השיגור.

בנוסף לדגם המיועד לחי"ר, מוצע כעת גם דגם ימי, שבו הרקטה משוגרת ממתאם המורכב על המשגר הימי התקני בן 2 אינץ'. גם כאן נועדה הרקטה בת 51 מ"מ להיות תחליף מבחינת יעילות ההוצאות לשימוש בטווחים קצרים המאפיינים פעולות שיטור בחופים והגנת-דיג.

International Defence Review, 1/1978

צבאות-עולם

פגז יחיד להשמדת שלושה טנקים בשיטת „ירה ושכח“

פגז ארטיכרי מיוחד הקרוי "SADARM" (Sense & Destroy Armor) עובר עתה שלבי מחקר ופיתוח. מפגז זה, המתוכנן להשמיד בזמן אחד כמעט שלושה טנקים, מתפרצים בעת הירי שלושה פגזי-תת-תחמושת המורחים על-ידי חישנים לפגיעה בשטח הצריח.

את הפגז החדש, המוגדר כבעל „עלות נמוכה“, ניתן לירות מכלי-ארטילריה המצויים בשימוש בצבא-

ארה"ב וכל הפעולות הכרוכות בטיפול בו — אריזה, החסנה וטעינה — נעשות כמו לגבי כדורים רגילים. מתכנני הפגז מציינים, כי אין צורך בהארת המטרה וגם לא באמצעי חיצוני להנחיית הפגז ובקרתו. כל אחד משלושת פגזי התת-תחמושת מצויד במצנח בעל טבעת-מערבולת (vortex ring): בחישן; במערכת לעיבוד נתונים; בראש-נפץ; בספק-כוח ובמנגנון דריכה ונצירה. לאחר קביעת האזימוט והטווח למטרה, מכוונים את המרעום העיקרי וטוענים בתותח את הכמות הדרושה של מטען-הודף כדי לירות את הכדור מעל לשטח המטרה.

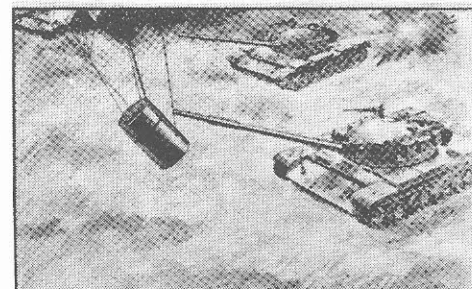
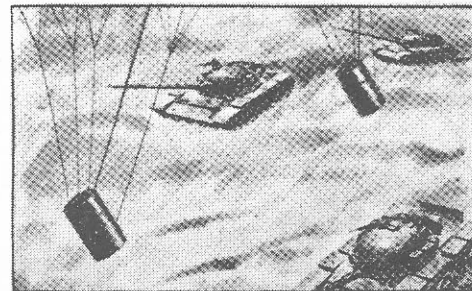
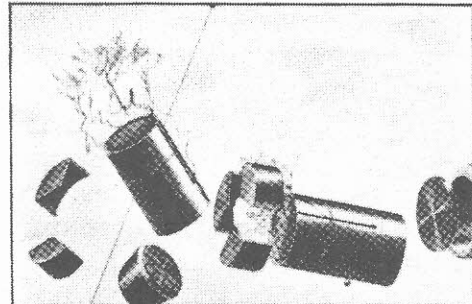
בעקבות תאוצת השיגור מופעל מנגנון הדריכה והנצירה שבפגז. עם התגברות מהירותו של הפגז, גורם המרעום המכוון מראש להפעלת מטען-דוחף המפליט החוצה את התת-תחמושת. מנגנון האטת-סיחור מאיט את מהירות התעופה של כל תת-תחמושת כדי לאפשר את התפרסותה בעזרת המצנח, וכתוצאה מכך מופעל ספק-הכוח. פגז התת-תחמושת יורד אז במהירות קבועה של 90 ס"מ בשנייה בקירוב ומסתובב באותו פרק-זמן סביב עצמו כ-4 פעמים. מיתרי המצנח קשורים למיכל התת-תחמושת בצורה השומרת בעת הירידה על זווית נטייה של 30 מעלות (כלפי האנך). זווית הנטייה הזו מעניקה לחישן מרחב-סקירה גדול יותר ולתחמושת ניתן שטח הקרקע הדרוש כדי לפעול נגד מטרות רבות. כאשר החישן מגלה מטרה, הוא יורה ראש-נפץ חודר-שיריון.

המערכת החדשה נחשבת למיוחדת במינה מכמה סיבות: זו הפעם הראשונה שמשתמשים בתחמושת בחישן רדיומטרי פסיבי, הפועל באורכי-גל מילי-מטריים ונע בסיחור מהיר ברום נמוך. סיבות נוספות הן, השימוש במצנח יציב במיוחד השומר על קצב-סיחור ומהירות נפילה קבועים באמצעות טבעת מערבולת; והשימוש במערכת כזו בראש-נפץ החודר-שיריון. העתון מציינ, שרכיבי ה-SADARM נבדקו בהצלחה בשלב הפיתוח במעבדה; אספקת המערכת המושלמת לשימוש בשדה צפויה בסוף שנות ה-80.

Army Research & Development, Oct.-Nov. 1977

מערכת הגנת-עשן בריטית בטנק M60A1

לא מכבר החלו לצייד את טנקי ה-M60A1 באירופה במערכת הגנת-עשן חדשה בעלת תגובה מהירה. המערכת, שהיא מפיתוח בריטי, מורכבת מרימונים L8A1 ומשגרים M239. מפקד הטנק או התותחן יורה בהפעלה חשמלית 12 רימונים מתוך שני משגרים המותקנים על צריח הטנק. הרימונים עפים במסלול קשתי ומתפוצצים לפני הטנק בגובה 10 מטר. לאחר שתי דקות מתקבל מסך-עשן זרחני צפוף בצבע אדום,



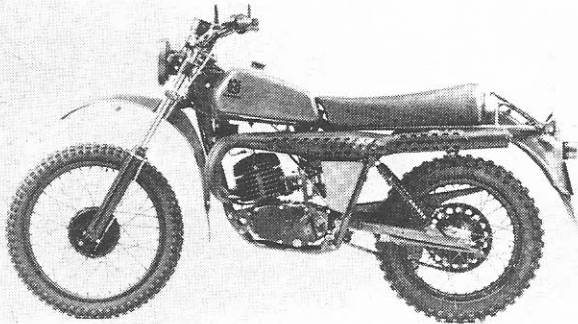
צבאות-עולם

עירוני, לסילוק מתקנים כימיים שניזוקו ואף פסולת גרעינית.

International Defence Review, 1/1978

אופנוע בעל תיבת הילוכים אוטומטית

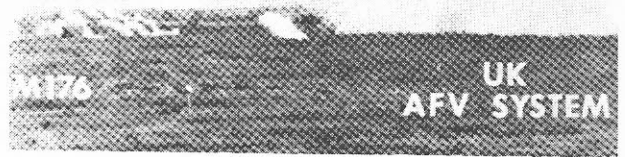
בצבא השבדי נערכים כעת ניסויים טכניים באופנוע חדש לנסיעה דרך שדות. מטרת הניסויים לבחון את אמינות האופנוע ואת כושר תנועתו בשטחים כאלה, ביחוד בתנאים השוררים בחורף הסקנדינבי.



יחודו של האופנוע, המיוצר על-ידי החברה השבדית „הוסקוֹאַרְנֶה“, במסרת ההילוכים האוטומטית בעלת 4 הילוכים המותקנת בו. ממסרת זו משחררת את הרכב מחלק הארי של נטל פעילותו בעת נסיעה דרך שדות ומאפשרת לו להתרכז בניווט תנועתו. המנוע החד-צילינדרי בעל נפח של 250 סמ"ק מספק 21 כ"ס ומאפשר מהירות מקסימלית של 120 קמ"ש. הקרבורטור „מיקוני 32“ מצויד בהתקן להתנעה בקור ומערכת ההצתה מתוצרת „בוש“ היא ללא חודי-נתק. האופנוע החדש מיועד לנוסע אחד. אורכו 225 ס"מ, רוחבו 86 ס"מ, גובהו 120 ס"מ ומשקלו הנקי 136 ק"ג. מרווח-הקרקה של האופנוע 28 ס"מ ועומק הצליחה המקסימלי שלו 50 ק"מ.

International Defence Review, 1/1978

המסתיר את הרכב — בהתאם לתנאי מזג-האוויר — לפרק זמן מקסימלי של 3 דקות.



מערכת הגנת-העשן הבריטית, שתותקן גם בטנק XM1 ובכלי-רכב קרביים אחרים, מצטיינת בתגובה מהירה יותר ובעשן צפוף הרבה יותר בהשוואה למערכת האמריקאית. בתמונה מומחש ההבדל שבין המערכת הבריטית (מימין) ובין המערכת הקיימת (M176). שתי המערכות הופעלו יחד ממרחק של 700 מטר והצילום נעשה לאחר 1.75 שניות מרגע הירי.

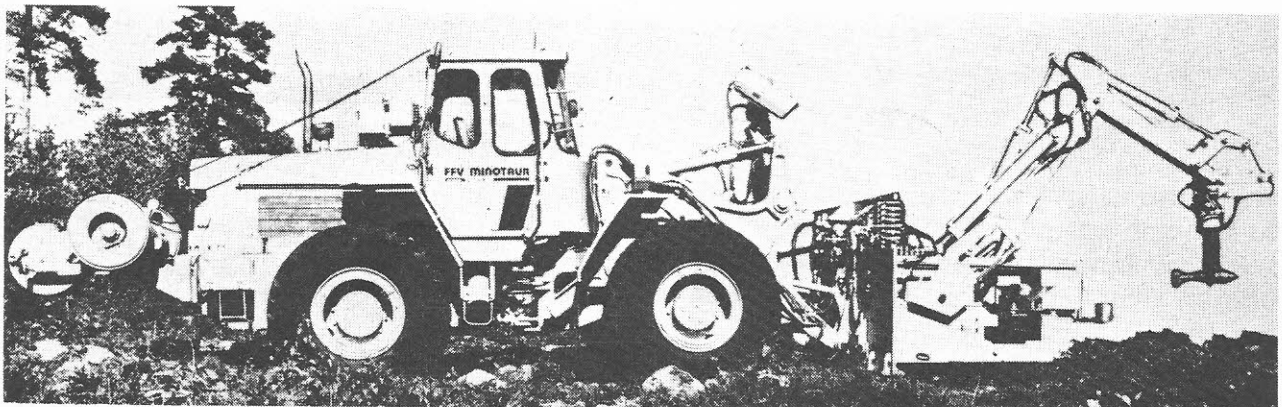
Army Research & Development, Oct.-Nov. 1977

רכב שבדי לטיפול בנפלים

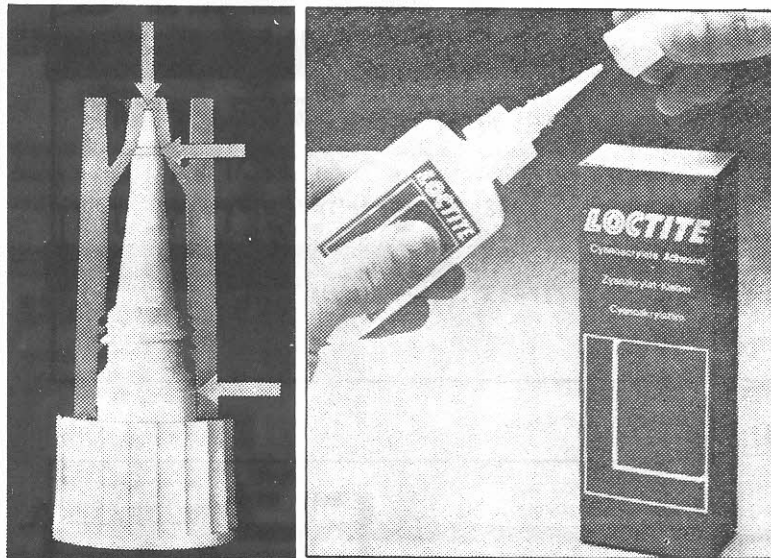
ממפעלי חברת FFV השבדית יצא לא מכבר רכב חדש המסוגל להתקרב בניטחה לנפלים (פצצות ומוקשים שלא התפוצצו), לשלוף אותם מהקרקה, לאחוז בהם ולפרקם — הכל בפיקוח מרחוק ובהשגחה רצופה על מסך-טלוויזיה.

הרכב החדש, המכונה „מינוטאור“, תוכנן במיוחד כדי לחקור תקלות טכניות שבעטים לא התפוצצו פצצות; פעולה זו נמנעה בעבר בשל סכנת ההתפוצצות הכרוכה בבדיקה.

ה-מינוטאור מורכב על טרקטור גלגלי מדגם „וולבו“ BM846 המצטיין בכושר עבירות של טנק ומאפשר בכך פעולה בכל סוגי-שטח. קיימים כמה דגמים של ה-מינוטאור, ובהם כאלה המתאימים לפעולה בשטח



הדבר הראשון
שיעורר תשומת לב
בדבק ציאנואקרילט
(CYANOACRYLATE)
LOCTITE®
המעולה של
הוא פית המינון
עם 3 נקודות איטום.



חתך של פית המינון, מראה את שלושת נקודות האיטום.

16 היתרונות הנוספים
מובנים מאליהם
בעת השימוש.

פרטים מלאים על דבקי לוקטייט ציאנואקרילט
החדשים נתונים בחוברת מפורטת.
להלן סיבה אחת לפחות מדוע עליך לבקשה
בכתב: דבקי לוקטייט ציאנואקרילט המעולים
מאפשרים סוף סוף הדבקת מירב החומרים החד-
שים המשמשים בהנדסה כגון, גומי עם פילרים —
E.P.D.M. חומרים שבעבר היה קשה להדביקם.

LOCTITE®

רוטל תעשיות ומסחר בע"מ
ת-א חרמורק 21 ת.ד. 33106 טל. 220375, 233735



א פ ל י
ע. שנפ ושות' בע"מ
נ ח נ י ה

- מצברים לרכב
 - מצברים תעשייתיים ומיוחדים
- לכל הגדלים לפי הזמנה



המשרד הראשי: תל-אביב, דרך פתח-תקוה 64, טל. 03-34214
סניף חיפה: חיפה, רחוב יפו 131, טלפון 04-510072
בית-החרושת: נתניה, אזור התעשייה, טלפון 053-22544

תכנס תקון כלים פניאומטיים



- * תקון כלים פניאומטיים
- * שיפוץ כל סוגי ציוד פניאומטי
- * בדיקת כלי אויר בציוד משוכלל
- * יעוץ בהתאמת כלי עבודה פניאומטיים

פריון מוגבר והגדלת הייצור
עם כלי אויר תקינים

תל-אביב, רח' המסגר 33, טל' 32483

איש חיל חמוש! אנו מגיעים לכל פנה בארץ

הובלת רהיטים

אנו מובילים רהיטים לכל חלקי הארץ
ביעילות, מקצועיות ומחירות.

אריזה חינם!



- * בטוח מלא לכל הובלה
- * פרוק והרכבת הרהוט
- * מנהל עבודה בכל הובלה

ספק משרד הבטחון

מובילי הצפון טלפון 820316, 823996

טלפון ערב 884708

אל-שם

חברה ארצית להעברת תכולת דירות
בע"מ

מבצע פרסים

לכל המשתמש בשרותינו בתקופת המבצע
בחדשים יולי, אוגוסט, ספטמבר.

- מומחים להעברת תכולת דירה לכל חלקי הארץ.
- ביטוח ואחריות לכל הובלה והעברה ע"י חברת בטוח ציון.
- מצויידים במכונות חדישות ומכשירי מוטורולה.
- ספק מוכר של משרד הבטחון ומשרדי ממשלה.

משרד ראשי: ת"א — טל. 614038
623989

חיפה — טל. 717455



"הידראוליקה"

מכשירים הידראוליים ומוצרי אטימה
ת"א קבוץ גלויות 73, גבעת הרצל (בנין התעשייה)

טל. 823564 - 821638

מערכות הידרוסטטיות

מערכות הגה

משאבות

בוחרים

אביזרים הידראוליים שונים

אטמי שמן מכל הסוגים

ייצור, תקון, יבוא, מכירה

נל"בו אלומיניום

חברה לשווק פרופילים
ואביזרים בע"מ

רח' המנוע 12, יפו (ע"י בלומפילד)
טל' 829069 — 837360



"ALUMINIUM WAREHOUSE"
PROFILES & ACCESSORIES MARKETING
LTD.

12 AMANOVA Str. (Blumfield)
JAFFA Tel. 837360 — 829069

כר יעוול

קולע בול

הגש הצעותיך לועדת הייעוץ
היחידתית - או המרכזית
בפיקוח המשקי, משרד הבטחון

בני-מרדכי בע"מ

יצרני מעילי-רוח ושקי-שינה

יצואן מוסמך לשנת 1976

דובונים

בטלורסים

מעילים שונים

לגברים —

לנשים —

ולילדים —

תל-אביב, רח' יפו 45 (פינת ככר-המושבות)
טל' 621776

המפעל:

רח' העבודה 15, אזור התעשייה — אשדוד

פרסם

ב- "מערכות - חימוש"

כתב-העת

המגיע לאלפי בעלי-מקצוע

Johnson



מטורי יד מוטוריים



הטובים בעולם
לגננים ויערנים
ניתנים להשגה בכל הגדלים.

Pioneer Chain Saws

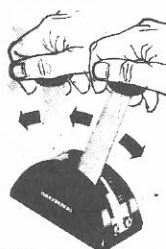
מצתים צ'מפיון



המצת האורגינלי
לכל סוגי מנועי הבנזין בעולם.



בית ספר
לצלילה
טלפון 827572

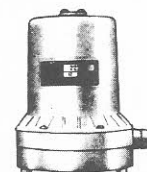


בקרה מרחוק

בקרה הדראולית ומכנית
לכלי שייט ולציוד מכני כבד.

MORSE
CONTROLS INC.

משאבות מים תוצרת ארה"ב



המשאבות לכל מטרה ולכל תכלית
משאבות מיוחדות למנועים ימיים.

JABSCO



La Spirotechnique France

ציוד צלילה

ציוד צלילה לחובבים
ומקצועיים, ציוד מיוחד
לעבודות תת מימיות.



ציוד תת-ימי

ביחיד הידוע בטיבו בעולם
כולו לציוד דיג תת מימי.

Nemrod
SPAIN

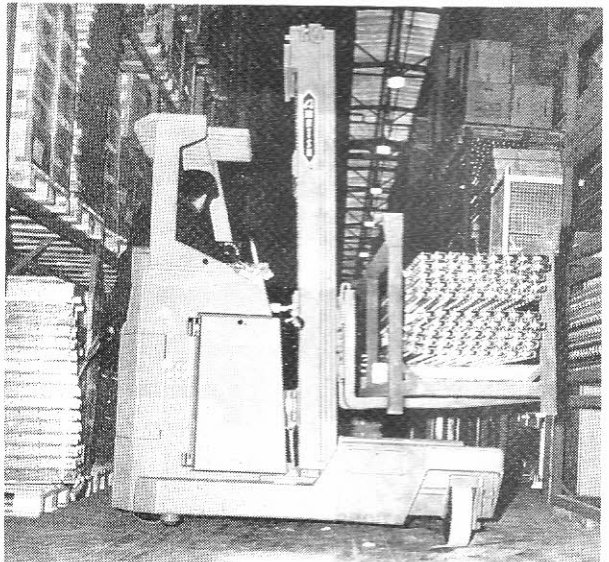
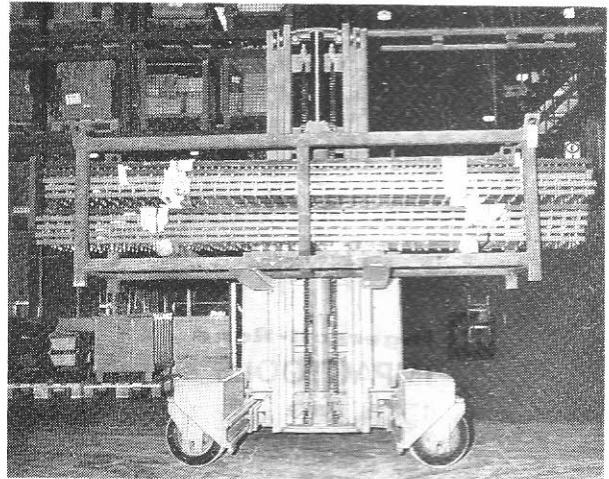
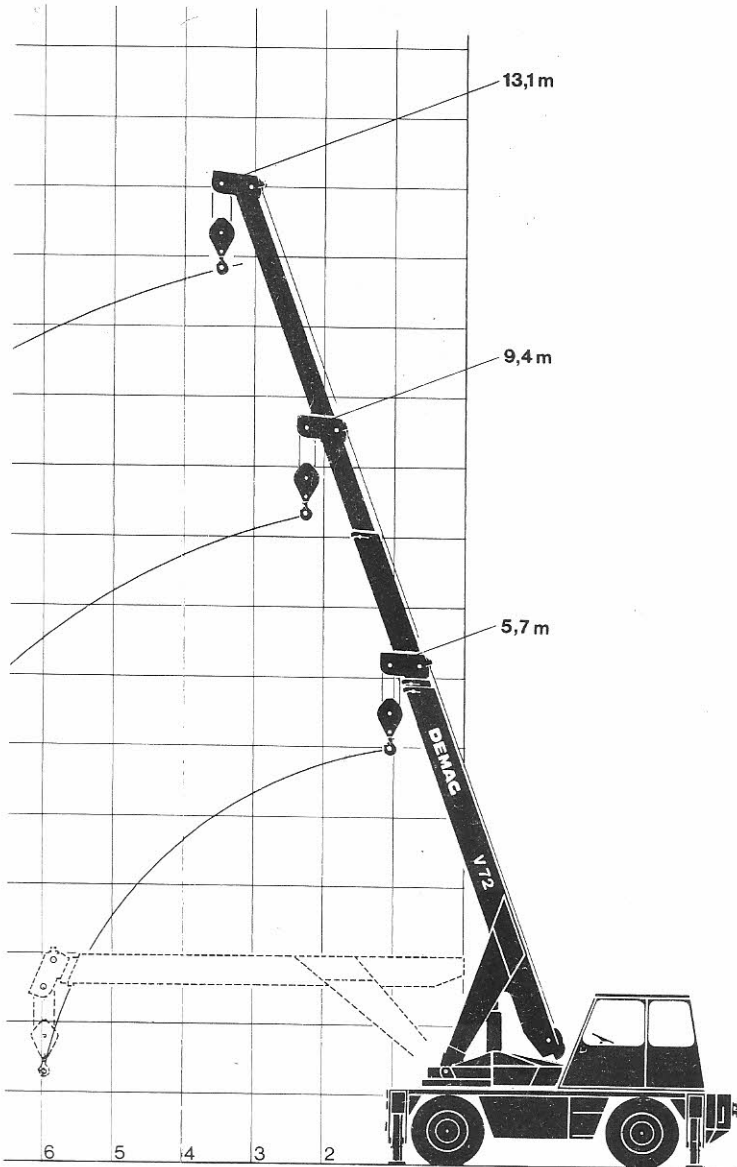


מוריס גרינברג בע"מ
MORRIS GREENBERG LTD.

דרך שלמה 83, תל-אביב
טלפון 824725 . 827572

הרמה ותובלה פנימית

DEMAG



עגרון נייד מודל V72 הנו שכלול ושפור של העגרון
הנייד V70.
כושר הרמה 12 טון.
תמסורות הידראוליות.
הארכת זרוע באופן הידראולי לכל האורך.
יותר מהיר, תמרון יותר טוב.

מלגזה חשמלית מתכנסת מודל ETVQ
כווני נסיעה: קדימה/אחורה
ימינה/שמאלה

בנוסף: תרון מתכנס, טלסקופי לגובה הרמה
עד 5000 מ"מ. מיועדת להובלה ולהעמסת
ציוד ארוך במיוחד במעברים צרים ללא
סיבוב.

יעוץ, התקנה, שרות וחלקי חלוף מקוריים.

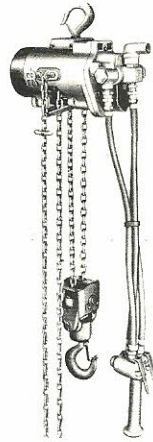
הור-טל חברה לשיווק ייצור ושרותים בע"ח

רחוב חיי אדם 11, ת.ד. 2085 תל-אביב. טלפון 265168/ 251864





Ingersoll-Rand



AIR BLOC and MR-ML Series 300 lbs.-1000 lbs. (136.1 to 908 kg), and ¼ ton-1 ton

Size	Capacity		Weight		Lifting Speed		Standard Lift	
	lbs.	kg.	lbs.	kg.	ft./min.	M/min.	feet	meters

LINK CHAIN HOISTS

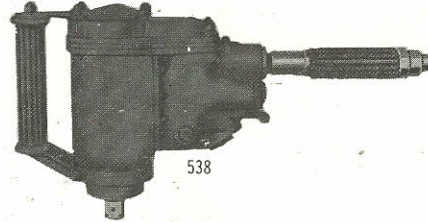
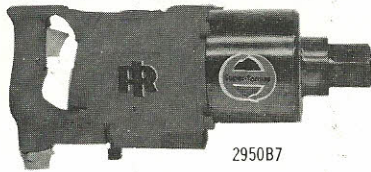
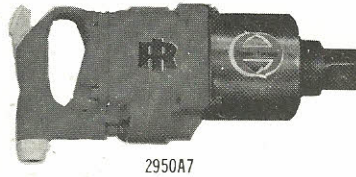
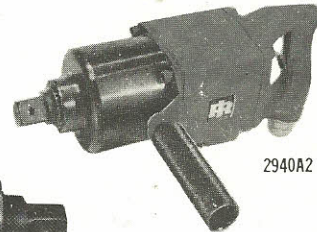
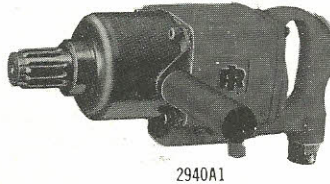
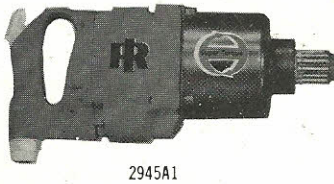
LC3	300	136.1	55	25	40	12.2	10	3.1
LC5	500	226.8	55	25	25	7.6	10	3.1
LC10	1000	454	56	25.4	13	3.9	10	3.1
ML5	500	226.8	39	17.7	90	27.4	10	3.0
*ML10	1000	453.6	39	17.7	45	13	10	3.0
*ML20	2000	907.2	56	25.4	22	6.4	10	3.0

ROLLER CHAIN HOISTS

MR5	500	226.8	39	17.7	90	27.4	10	3.0
MR5SR	500	226.8	39	17.7	90	27.4	10	3.0
*MR10	1000	453.6	39	17.7	45	13	10	3.0
MR10SR	1000	453.6	39	17.7	45	13	10	3.0
*MR20	2000	907.2	56	25.4	22	6.4	10	3.0
MR20SR	2000	907.2	56	25.4	22	6.4	10	3.0

*These hoists can also be furnished for extra fast descent with self-latching load.

**Ingersoll-Rand
IMPACTTOOLS
1"-1½" Drive**



SPECIFICATIONS—See pages 14 and 15 for specific bolt capacities.

Size	Driver Description	**Handle	Hammer Case	Speed		Weight less socket		Length, less socket		Side to Center Distance		Hose Connection Pipe Tap		Size Hose Recommended	
				rpm	per min	lb	kg	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
2940A1	*No. 5 spline	Grip—O.T.	Steel	5000	850	22	9.98	12¼	311	2⅝	56	½	¾	19	
2940A2	1" square	Grip—O.T.	Steel	5000	850	22	9.98	12¼	311	2⅝	56	½	¾	19	
2940B1	*No. 5 spline	Grip—I.T.	Steel	5000	850	22	9.98	12¼	311	2⅝	56	½	¾	19	
2940B2	1" square	Grip—I.T.	Steel	5000	850	22	9.98	12¼	311	2⅝	56	½	¾	19	
2945A1	*No. 5 spline	Grip—O.T.	Steel	4000	650	30	13.6	13¾	349	2½	64	½	¾	19	
2945A7	1½" square	Grip—O.T.	Steel	4000	650	30	13.6	13¾	349	2½	64	½	¾	19	
2945B1	*No. 5 spline	Grip—I.T.	Steel	4000	650	30	13.6	13¾	349	2½	64	½	¾	19	
2945B7	1½" square	Grip—I.T.	Steel	4000	650	30	13.6	13¾	349	2½	64	½	¾	19	
2950A7	1½" square	Grip—O.T.	Steel	3750	650	32½	14.8	14½	368	2½	64	½	¾	19	
2950A8	*No. 5A spline	Grip—O.T.	Steel	3750	650	32½	14.8	14½	368	2½	64	½	¾	19	
2950B7	1½" square	Grip—I.T.	Steel	3750	650	32½	14.8	14½	368	2½	64	½	¾	19	

חברה להנדסה ולתעשייה בע"מ
תל-אביב שד' רוטשילד 7 טלפון 51511 ת.ד. 1191