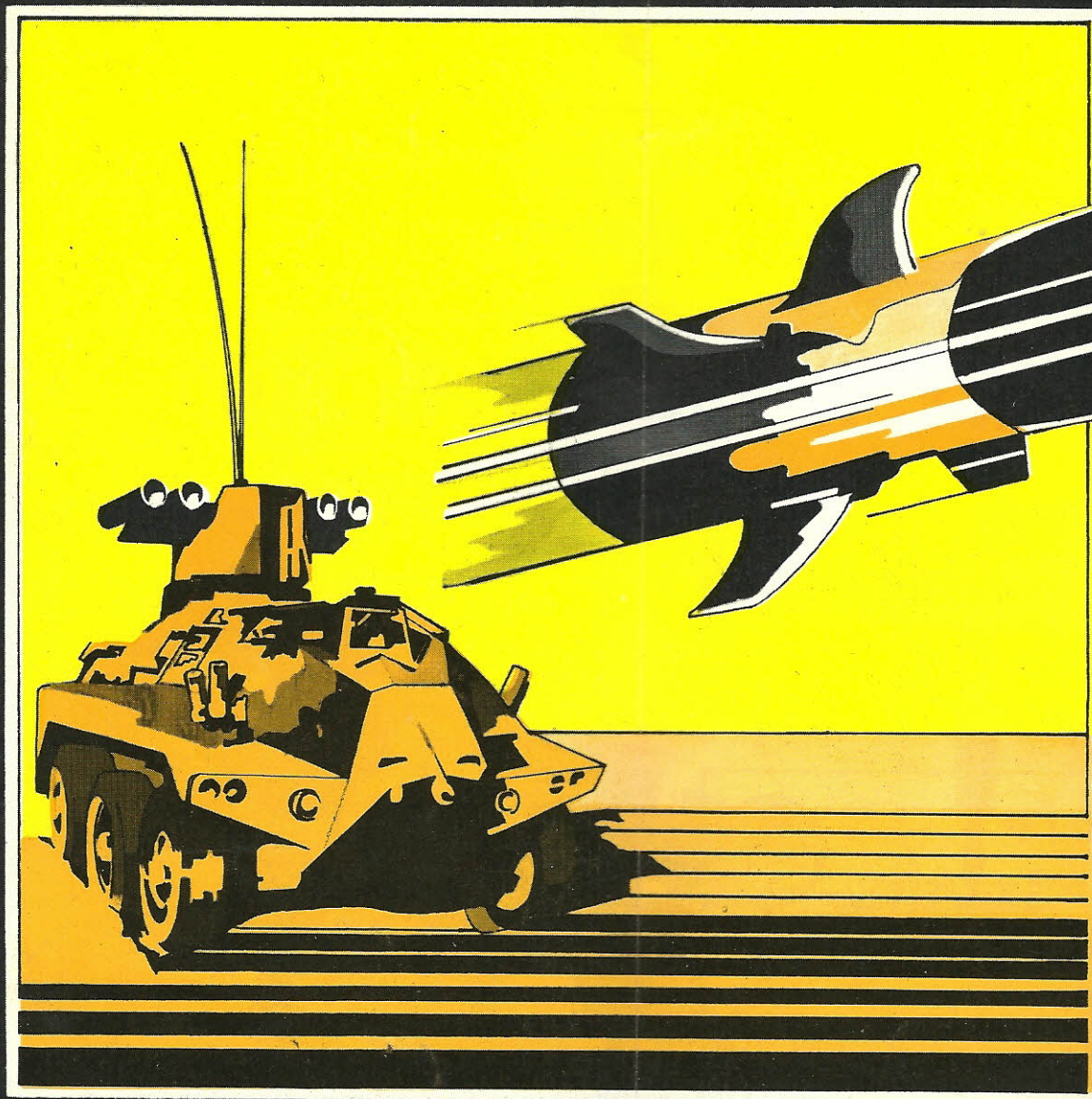
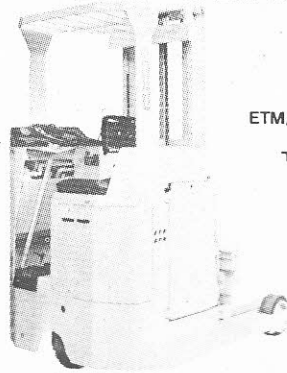


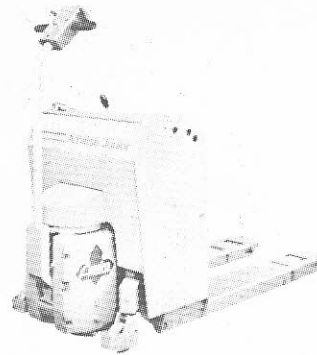
מערביות



עגלות ומלגזות חשמליות



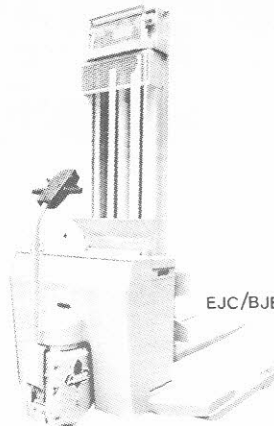
מלגזות הרמה חשמליות מתכנסות ETM/V
כשרי הרמה 1000 - 3200 ק"ג
למחסנים בעלי מעברים צרים במיוחד
גובה הרמה עד 5000 מ"מ ויותר.



עגלות משטחים חשמליות EJE
כשר הרמה 1250-2000 ק"ג

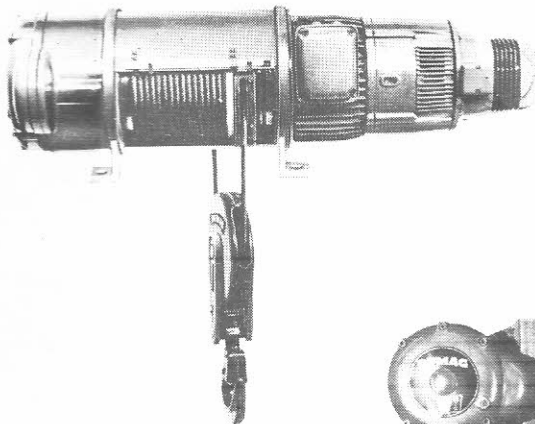


מלגזות הרמה חשמליות EFG-300
לשימוש במחסנים ובחצרות
כשר הרמה 1000-1500 ק"ג.

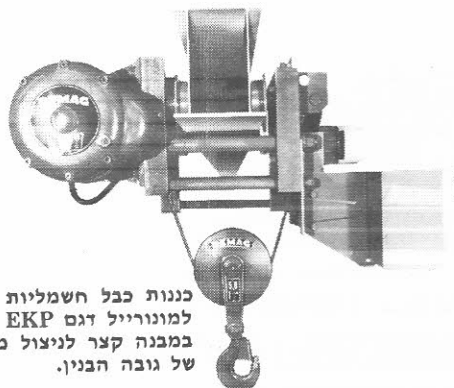


מערמות משטחים חשמליות מפעיל הולך EJC/BJB
כשרי הרמה 1000-2000 ק"ג
גובה הרמה עד 4000 מ"מ.

כננות הרמה חשמליות „דמאג“

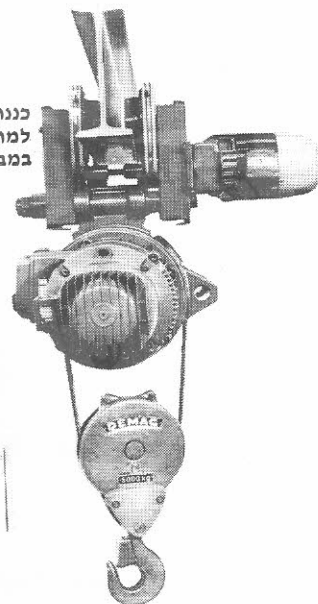


כננות כבל חשמליות
דגם FP ניח על רגליים.
לעומסים מ-160 ק"ג עד 32,000 ק"ג.



כננות כבל חשמליות
למונורייל דגם EKP
במבנה קצר לניצול מירבי
של גובה הבנין.

כננות כבל חשמליות
למונורייל דגם EUP
במבנה סטנדרטי.



הור-טל חברה לשיווק ייצור ושרותים בע"מ

רחוב חיי אדם 9, ת.ד. 2085 תל אביב 61000, טל. 216159, 265167-8





חוברת מס' 76 • כסליו, תש"מ • נובמבר 1980

בתוכן:

2 **רק"מ קל - HSTV-L**
מאת עוזי זימן

הטנק הקל הזה, המפותח כעת בצבא-ארה"ב, מיועד בעיקר לירות במטרות משוריינות, אך יכול לשמש גם כתותח-נ"מ.

5 **בדיקת רסיסים - לזיהוי הסיבות לתאונות-תחמושת**
בחקירת תאונות-ידי, נודע ערך ביותר לקביעת סיבת הפיצוץ. במאמר נחקרות שלוש תאונות כאלה.

9 **מערכות-ניווט**
מאת צבי אורבך

סקירה על מערכות-ניווט לסוגיהן, שבתחילה פותחו לצורכי שיט, ולאחרונה החלו לשמש בניווט יבשתי.

17 **אוטופריט' של קני-תותחים**
מאת יקותיאל ירון

תיאור תהליך "חיסון" הקנה כנגד לחצי הירי הגבוהים - התיאוריה והמעשה.

23 **"הלפייר" - טיל נ"ט מהדור השלישי**
מאת חיים פרי

בצד חומר רקע על טילי-נ"ט מהדורות הראשון והשני מתואר תהליך הפיתוח של ה"הלפייר" - טיל-נ"ט בעל ביות-ליזר.

29 **אטמים**
פרק ראשון בסדרת מאמרים על אטמים, והפעם על אטמים סטטיים.

36, 40 **אצלנו בחיל**
ענף צי"ח • מילגות ע"ש סא"ל ברניקר ז"ל • סיום קורס קציני-חימוש • השתלמות חינוכית לקצינים בכירים.

העורך: יוסף גרייבר

עיצוב השער ואיורים: אפי
מען המערכת: ד"צ 02128, צה"ל

קורא נכבד,

בעקבות העלייה בהוצאות הייצור של החוברת, הועלה מה-1 בנובמבר 1980 מחיר המי-נוי השנתי. מעתה יהיה המחיר 16.80 שקל (כולל מע"מ).

מערכות בית ההוצאה של
צבא ההגנה לישראל

עורך ראשי: סא"ל יעקב זיסקינד.

"מערכות" עורך - סא"ל יוסי פורת.

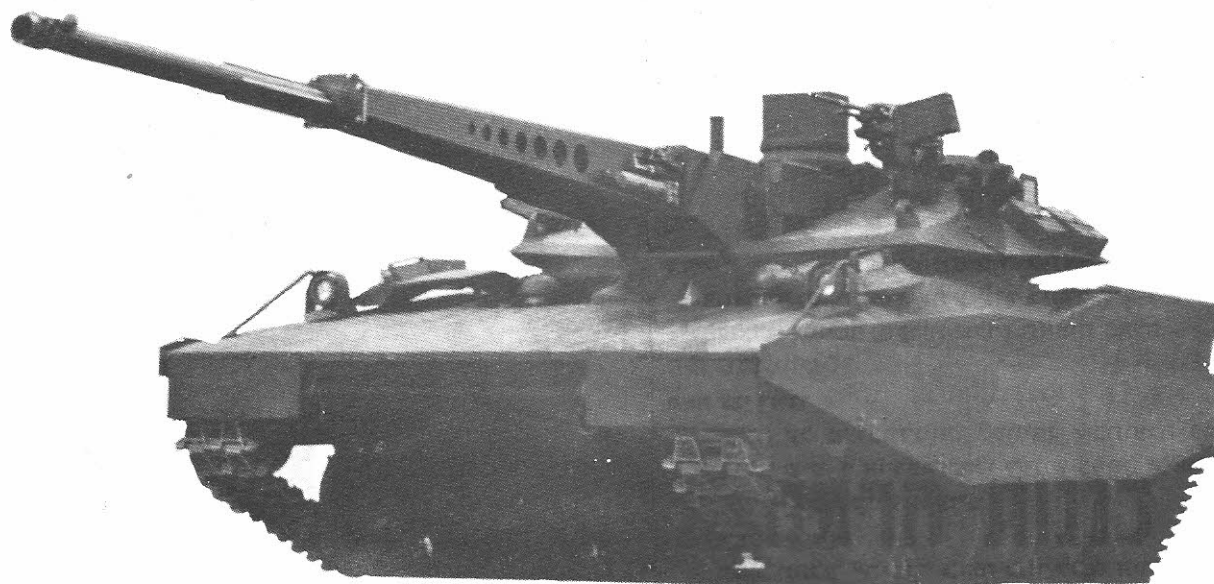
"קשר ואלקטרוניקה" קצינת עריכה

- מלכה שגור

המערכת אינה אחראית לתוכן המודעות

מדור המנויים: הקריה, רח' דוד אלעזר 29, טלפון: 212516, 216437 הודפס באמצעות: משרד הבטחון - ההוצאה לאור
ביצוע: דפוס "חדקל", רח' ריב"ל 12 ת"א, טל. 335345 מודעות: "כותרת", רח' אלכסנדר ינאי 13 ת"א, טל. 449112.

רק"מ קל – HSTV-L



מאת – עוזי זימן

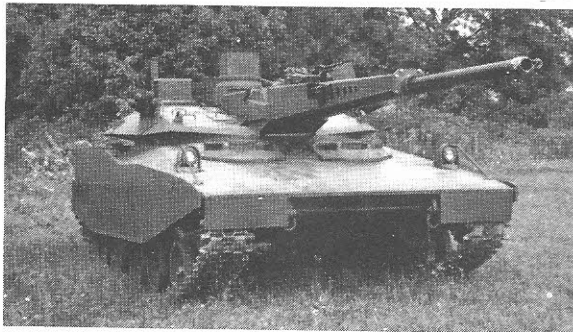
רכב קרב משורין קל המכונה בראשי תיבות:
HIGH SURVIVABILITY TEST
VEHICLE LIGHT (HSTV-L) עובר כיום
בארה"ב את שלבי פיתוחו הראשוניים. רכב זה
מצויד בתותח אוטומטי בעל קוטר בינוני
שמיועד בעיקר לירי נגד מטרות שריון, אך יוכל
לשמש גם לירי נגד מטוסים. תכונותיו העיקריות
– עבירות קרקע גבוהה וכושר ייצור של אש
מדויקת ויעילה. ניסויים מבצעיים ראשוניים
אמורים להערך ב-HSTV-L במחצית השניה של
שנת 1982.

זריזות וכושר תמרון

• הטנק – שמשקלו הכולל כיום הוא 19 טונה, אך יגיע כנראה עד ל-20 טונה (זאת כאשר מורכבת עליו ערכת פלדת השריון המיוחדת להגנה מקומית) מונע על-ידי מנוע טורבינה בהספק של 650 כ"ס המנוע סטנדרטי, שנעשו בו כמה התאמות לשם התקנתו בטנק משום שבמקורו היה זה מנוע לכלי-טיס.

• החברה הכינה גם תכנון אלטרנטיבי למנוע דיזל 8V71 של D.D.R., אך במקרה הזה תהיה התובה ארוכה יותר. קיימת גם מחשבה לתכנן מנוע טורבינה חדש בהספק של 800 כ"ס, אך במימדים זהים למנוע הטורבינה הנוכחי.

• תיבת ההילוכים: "X-330-4A" תוצרת D.D.R. הינה תיבת ההילוכים שהיתה מותקנת בדגם ה-M.C.X. ונלקחה משם כי היה זה פתרון פשוט וזול. אולם כעקרון היא עדיפה מתיבת הילוכים תוצרת "G.E." – המותקנת כיום ב-"נגמ"ש XM2" – בכך שהיא מותאמת להספקים גבוהים יותר מאלו שמפתח מנוע "XM2", ולכן מתאימה יותר לטנק.



• תיבת העברה מיוחדת תוכננה בין המנוע לבין תיבת ההילוכים, מתוכה יש גם יציאה להנעת המשאבות ההידראטיות.

• לטנק תוכננו גם הינעים סופיים מיוחדים קומפקטיים מאד, המותקנים בחלקו האחורי. מאחר שחששו לבעיית התחממות הכניסו משאבות שמן מיוחדות המזיזות שמן על גלגלי השיניים בעת התנועה.

• המתלה – הידרופנימטי בן 5 גלגלי מרכוב מכל צד, במבנה מאד קומפקטי. כל האלמנטים נמצאים ב"קופסה

מטרות

מטרת הפיתוח מכוונת ליצור של רכב קרב משורין קל שאפשר להובילו בדרך אויר ואשר יופעל על ידי צוות מצומצם של 2-3 חיילים.

כדי לממש את ייעודו העיקרי – הישרדות בשדה הקרב, מבוסס פיתוחו של הרכב על עיקרי התכונות האלה:

- צללית קטנה ונמוכה.
- הגנת שריון מקומית.
- זריזות תנועה וכושר תמרון.
- כוח אש מהיר, מדויק ויעיל בכל תנאי הלחימה.

רכב הקרב המשורין הקל אמור להיות חלק אורגני מהיחידות המסתערות. בנוסף על תפקידי הסיוע הוא ישמש גם לתפקידי אבטחה כולל הגנת נ"מ, ובכך נהפך לכוח לוחם עצמאי ונפרד מיחידות שונות.

צללית קטנה ונמוכה

זו הושגה תודות לתובה נמוכה, קטנת-ממדים וקומפקטית וצריח שטוח ונמוך.

• תובת-הטנק והצריח בנויים מלוחות שריון אלומיניום 7039, מרותכים זה לזה בחיבורים צורתיים שאינם מצריכים ריתוך חודר (PENETRATING WELD). עובי שריון האלומיניום בחלק הקדמי של הטנק הוא 1.75 אינץ', היתר – 1.5 אינץ'.

• הנהג והתותחן יושבים בתובה מלפנים, בתנוחה דומה לזו של נהג הטנק XM-1. על ידי כך הושגה הצללית הנמוכה מאד של הטנק.

• מנוע הטורבינה המותקן בטנק הינו קטן מימדים בהשוואה למנוע דיזל בעל אותו הספק, גורם נוסף שאיפשר תכנון תובה קטנת מימדים.

• המתלה הוא הידרופנימטי; על-ידי כך נחסך מקום בתוך התובה עבור מוטות הפיתול.

הגנת שריון מקומית

כדי לקבל הגנה מקסימלית ל-3 אנשי הצוות, נמצאים שניים מהם בתובה הנמוכה (הנהג והתותחן) ורק אחד – המפקד – יושב גבוה יותר, בצריח השטוח. התכונות הבליסטיות המעולות מושגות על ידי:

• זוויות בליסטיות מצויינות של התובה ושל הצריח מלפנים.

• שתי שכבות נוספות – בעובי כולל של 2.5 אינץ' – של פלדת שריון מיוחדת (השריון המיוחד שמשמש שים בו ב-"XM 1") מורכבות בברגים אל החלק הקדמי של התובה ומשני צדי התובה (רק בחלק הקדמי, כדי להגן על הנהג ועל התותחן) ודבר דומה בצריח – רק בצד אחד שבו יושב המפקד.

• אלמנטים נוספים הקשורים במבנה התובה והצריח, על מנת להגדיל את יכולת ההישרדות.

• התחמושת מאוחסנת בתובה, בתאים הנפרדים מן הצוות.

• קיימים פתחי מילוט מיוחדים ברצפת התובה, עבור הנהג ועבור התותחן וכן קיימים פתחי מילוט מן הצריח אל התובה עבור המפקד.

משוריינת" צרה. גלגלי המרכוב קטנים יחסית ומאפשרים מהלך של 14 אינץ' ולכן גלגלי התמך הם גדולים. גלגל התמך מורכב - בצורה אקסצנטרית - על המנגנון ההידראופנימטי של גלגל מרכוב, וכאשר גלגל המרכוב נע כלפי מעלה, יורד גלגל התמך. יש שלושה גלגלי תמך מכל צד, המורכבים על המנגנונים של גלגלי המרכוב הראשון, השני, והשלישי.

- אמצעי הנהיגה מיוחדים במינם: דוושת האצה לרגל ימין, דוושת בלימה לרגל שמאל, ידית נהיגה אחת ליד שמאל (זאת מאחר שכל איש צוות יכול למלא את כל הפעולות של נהיגה, עקיבה, ירי, צידוד וכו', ואמצעי התפעול - כולם בנויים בשתי ידיות מסובכות) ולחצנים להעברה חשמלית של ההילוכים בתיבה האוטומטית.
- מיכלי הדלק - המותקנים כיום - אינם המבנה הסופי הרצוי, הם מכילים 120 גלון בלבד כאשר השאיפה היא להגיע לקיבול של 200 גלון. במסע-מבחן בדרך טובה השיגו - במהירות של 32 מיל לשעה - צריכת דלק של 0.9 גלון למיל.

כוח אש מהיר, מדויק, יעיל בכל תנאי הלחימה

התותח הינו אוטומטי בעל קדח-קנה בן 75 מ"מ שאמור להשיג כושר חדירה גבוה יותר מהמקובל כיום. מערכות הכינון הן מהמתוחכמות ביותר ומאפשרות ירי ביום ובלילה אגב בחירה בין מערכת טלויזיונית לבין מערכת תרמית. המערכת מאפשרת עקיבה צמודה אחר מטרה נעה בכל מצב שהוא (אופקי, אלכסוני וכו'). מערכת הבקרה דומה יותר לבקרי הטייס. למפקד, לדוגמה יש 2 ידיות ולכל ידית בנוסף למשבת, להדק ולמדית הטווח - יש גם כושר עקיבה אחר כל מטרה מכל סוג ובכל מצב תנועה.

הפיקוד נעשה בישיבה והמושב מאפשר למפקד להתרומם כשהראש מחוץ לצריח עד לגובה הכתפיים. התחמושת המתוכננת היא חדישה מסוג - פגז בגודל התרמיל (בגובה של כ-160 אינץ') ודבר זה מאפשר אחסנת כמות תחמושת-בטן גדולה. פליטת התרמילים נעשית באור פן אוטומטי החוצה לאחר הירי.

כושר הנמכת התותח:

- בחזית 14° -
- בצדדים 13° -
- מאחור 10° -

כושר ההגבהה של 45° מאפשר לכלי לירות גם נגד מטרות באויר (מסוקי תקיפה בעיקר).

רכב הקרב המשוריין הקל, ה-HSTV-L, הנמצא היום בשלבי פיתוח ראשוניים, אמור להיות כלי מרשים ביותר ומהבחינה הטכנית מומלץ לעקוב אחר פיתוחו במיוחד בתחום מערכות הבקרה והתחמושת.

מהבחינה המבצעית נראה שכלי זה, בשל תכונותיו, יכול להיות חלק אורגני מיחידות חי"ר ולשמש ככוח סיור וכן לצורכי אבטחה וסיוע לכוחות המסתערים.

המאמר עובד מתוך מקורות זרים.



אנו מיצגים בישראל:

LOCTITE Permatex HYSOL PERENNATOR
DEVCON SCHERING JOFACRAF
fasbond celcite Pyles SEPCO

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



ניתן להשיג זרועות למלגוזות
אצל נ.ב.ר.מ. שרות מחסן בע"מ
ת.א, רח' היסוד 1, בנין מרכזים
ת.ד. 30397, טל.: 823140



special application forks

נ.ב.ר.מ. שרותי מחסן בע"מ
ת.ד. 30397, רח' היסוד 1

IF YOU DON'T SEE WHAT YOU NEED ILLUSTRATED
CALL US WE CAN PROBABLY HELP

DRUM HANDLING

BLANK

MOUNTING ARRANGEMENTS
TO SUIT YOUR PARTICULAR
APPLICATION. WE MAKE
FORKS FOR OBSOLETE
EQUIPMENT. EVEN MAKE
ROUND FORKS!

BOLT ON

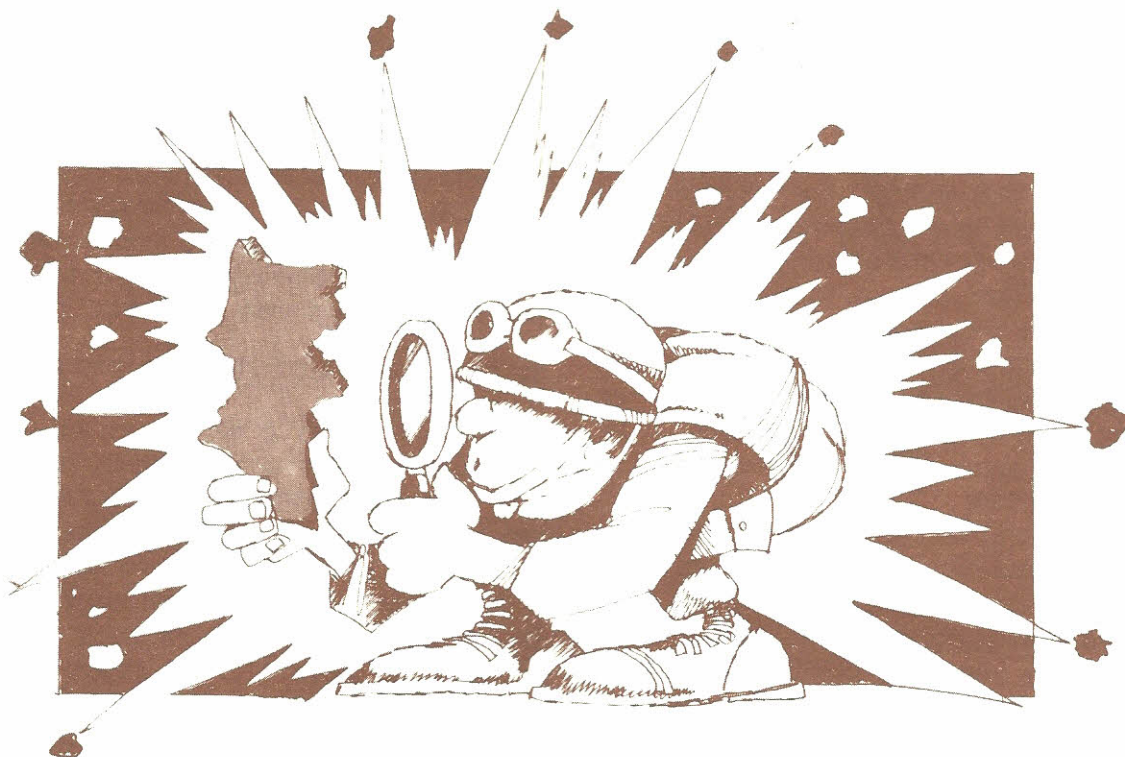
TIRE

SPECIAL TAPER
& NO TAPER

FOLDING

לזיהוי
הסיבות
לתאונות
תחמושת

בדיקת רסיסים

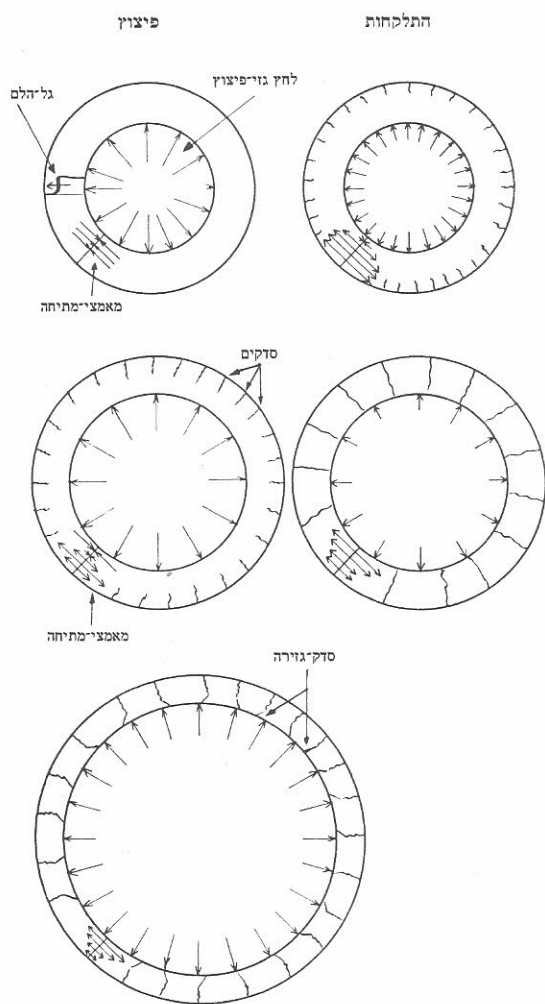


במאמר זה מוצגות תוצאות הבדיקה של רסיסים שנאספו משלוש תאונות-ירי, שבהן התפוצצו פגזים נפצים. הבדיקה כללה את המיקרו-מבנה, פירוס הקשיות, הדיפורמציה המיקרוסקופית ודוגמות שבר. בכל שלושת המקרים, אפשר היה להסיק מתוצאות הבדיקה, מסקנות בענין סוג תגובת חומר הנפץ – פיצוץ (דטונציה) או התלקחות (דפלגציה). במקרה אחד אפשר היה לקבוע, כי מטען חומר הנפץ נעקר ממקומו, שעה שארעה התגובה.

במקרים של תאונות-ירי, נודע ערך רב ביותר לקביעת סיבת הפיצוץ. סיבת הפיצוץ עלולה להיות קשורה בגורם טכני או אנושי.

מאת – אייק פירסון

מתוך פירסומי FOA, מכון המחקר להגנה לאומית, שוודיה



ציור 1 - תיאור סכמטי של התפשטות והיסדקות מעטפת פגז ממולא בחנ"מ - בפיצוץ ובהתלקחות.



ציור 2 - תצלום בהגדלה $\times 800$ של פלדה דלת-פחמן לאחר פיצוץ. ניתן להבחין בקלות בתיאומים המכניים (פסי-ניומן).

אם הסיבה נעוצה בתקלה טכנית, רצוי לבדוק ולקבוע אם התקלה היא סידרתית, או עלולה להימצא בפריטים מסידרות-ייצור אחרות. במקרים הנדונים במאמר, נמצא קשר בין רסיסי-התחמושת ומנגנון-הפיצוץ, (תגובת-פיצוץ או התלקחות) ומכאן מציאת סיבת התאונה והדרכים למניעתה בעתיד.

שאלה חשובה בחקירת תאונות-הירי, היא: האם הגיב ה-חנ"מ בפיצוץ או בהתלקחות? התשובה עשויה לגלות שמץ מהסיבה העיקרית של התאונה. למשל, אם המרעום היה מעורב בה או לא, אין זה מתקבל על הדעת, כי תאונת-מרעום תגרסם להתלקחות, אלא לפיצוץ. תמונת הנזק הכוללת אינה נותנת תמיד תשובה לשאלה, מפני שהתלקחות עזה שמגיבים בה כל חומרי-הנפץ, משחררת אותה כמות אנרגיה כמו פיצוץ. במקום זאת מתברר, כי בדיקת המיקרו-מבנה, פירוס המיקרו-קשיות, הדיפורמציה המקרוסקופית ודוגמת-השבר של רסיסים מתאונות, הינם אמצעי יעיל להבחנה בין פיצוץ לבין התלקחות. במקרים אחדים ניתן לגלות בבדיקות-רסיסים פרטים על פעולות חומר הנפץ, למשל תזוזות מטען ה-חנ"מ לפני התגובה.

תכונות רסיסים כתלות בסוג תגובת ה-חנ"מ

פיצוץ: היא תגובה על-קולית. חזית גל הניפוצ נעה דרך חומר הנפץ במהירות על-קולית (7000-8000 מטר/שנייה). התופעה מתאפיינת בפירוס לא שווה של הלחץ. לחץ גבוה מאוד (K300-200 בר) מאחורי חזית הריאקציה ולחץ אפס (סביבתי) בחומר-הנפץ שלא התפוצץ. מעטפת מתכתית העוטפת חומר-נפץ מתפוצץ, מואצת על ידי גל-הלם חזק, שבעקבותיו נעים סידרה של גליל-לחץ וגליל-התאבכות מוחזרים (ציור 1). למעשה, כבר מוקדם יותר מתגלים במישטח החיצוני סדקים בכיוון רדיאלי המתפשטים פנימה, אולם הם נבלמים בכוח לחץ הגזים הגבוה, היוצר מאמציי-לחיצה בסמוך למישטחי הפנימי. השבר המוחלט של המעטפת מתרחש על ידי סדק-גזירה בזווית של 45° , לאחר הקטנה של עובי הדופן.

תהליך ההתלקחות: הוא תת-קולי ועשוי להיות כל דבר, החל מבעירה בקצב אטי עד להתפרקות עזה עם מהירות חזית-להבה, הקרובה למהירות הקול. הוא מאפשר תמיד פירוס שווה פחות או יותר של לחץ הגז וחומר-הנפץ שלא התפוצץ, דבר הגורם ללחץ-שיא נמוך בהרבה מזה של פיצוץ - כ-K10 בר (ציור 1). עקב כך יכולים הסדקים הרדיאליים לחדור את המעטפת המתכתית בשלב מוקדם, לשחרר את לחץ הגזים ולהשאיר את עובי הדופן כמעט ללא-שינוי.

גל-הלם החזק במקרה של פיצוץ, משפיע על המתכת בשתי דרכים:

- הקשיית המתכת במידה גדולה.
- בפלדה דלת-פחמן בעלת מבנה פיריטי, עלולים להיווצר תיאומים מכניים (Mechanical Twine) או פסי-ניומן (ציור 2) - במקרה של פיצוץ בעוצמה גדולה בטמפרטורות נמוכות (תופעה לא כל כך נפוצה).

ניתוח התאונות בהמשך הכתוב מראה, כי פירוס המיקרו-קשיות הנו התכונה המועילה ביותר בעת הבחנה בין פיצוץ לבין התלקחות.

תאונה 1:

פיצוץ פגז ארטילרי 150 מ"מ

ב-1969 התפוצץ פגז ארטילרי בקוטר 150 מ"מ בקנה, במקום שבו לחץ בית-הבליעה טרם הגיע ללחץ מקסימלי – במטווח-הירי "גרייטאן", בצפון שוודיה. קנה התותח נקרע, רסיסים הועפו למרחק של מאות מטרים. מתוך תמונת הנזק הניחו, כי סיבת ההתפוצצות היתה פיצוץ. בדיקת הרסיסים שנאספו נתנה את התוצאות האלה:

דיפורמציה מקרוסקופית ומשטח-שבר: עובי הדפנות של רסיסי הפגז שהיה קשור בתאונה ושל רסיסי פגזים אחרים (שנגרמה בהם התלקחות) היה ללא שינוי ואילו עובי דפנות הרסיסים מפגזים שהתפוצצו, הוקטן ב-15–35 אחוז. משטח-השבר של רסיסי התאונה היו מכוונים בכיוון רדיאלי ולא נראו בהם שום סימני-גזירה. שתי התצפיות רומזות, כי התאונה היתה התלקחות.

מיקרו-מבנה: מידגמים מטלוגרפיים, שנחתכו מרסיסי מפגז נבדקו במיקרוסקופ. נמצא, כי מבנה הרסיסים הוא פרליטי, עם אזורים פיריטיים קטנים מאד. במבנה מעין זה אין לצפות לתיאומים מכניים ואכן אף לא אחר מהם נמצא גם לא ברסיסי פגז שפוצץ.

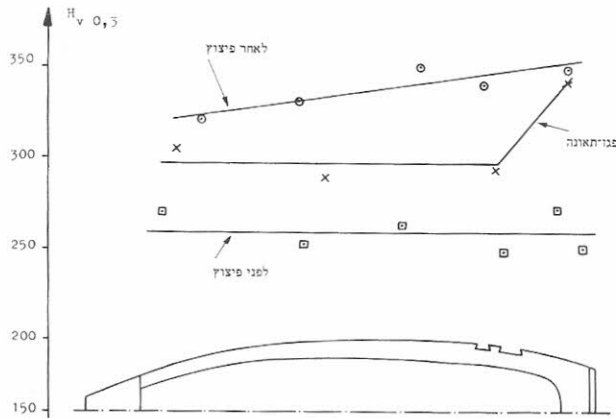
פירוס המיקרו-קשיות נמדד ברסיסים שניתן היה לקבוע את מקומם הראשוני בפגז. בציורים 3 ו-4 נראים פירוס הקשיות לאורך ובכיוון רדיאלי בפגז שלא נורה, בפגז שפוצץ ובפגז-התאונה. נראה בבירור, כי קשיותם של רסיסי פגז-התאונה נמוכה באופן בולט מזו של הפגז שפוצץ (פרט לבסיס), אולם היא גבוהה מקשיות-הפגז שלא נורה. פירוס הקשיות הרדיאלי הוא אופקי בפגז-התאונה וגם בפגז שלא נורה ואילו ברסיסי הפגז שפוצץ – התקבלה קשיות גבוהה יותר במשטח הפנימי מאשר במשטח החיצוני (ציר רים 3 ו-4). נתונים אלה מחזקים את ההשערה, שהתגובה בתאונה היתה התלקחות.

סיבת התאונה – התוצאות של בדיקת הרסיסים מראות, כי תגובת התאונה היתה התלקחות, בניגוד למה שהסיקו בתחילה – מתמונת הנזק הכללית. מתוך מספר רב של חקירות אחרות אפשר היה לקבוע, כי הסיבה העיקרית של התאונה היתה קריסה של חללים גדולים ביציקת החנ"מ, שאירעה בעת תאונת הירי, דבר שגרם לדחיסה אדיאבטית ולהתלקחות מטען ה-ט.נ.ט.

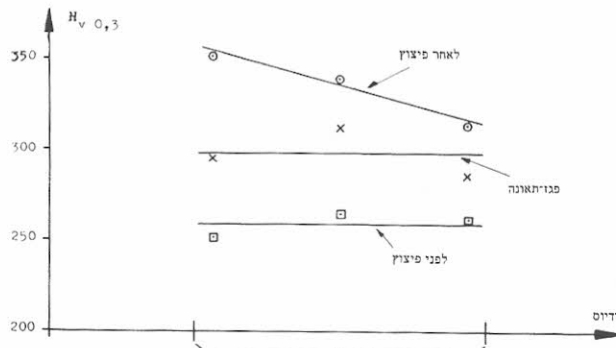
תאונה 2:

פיצוץ כדור נ"מ 40 מ"מ

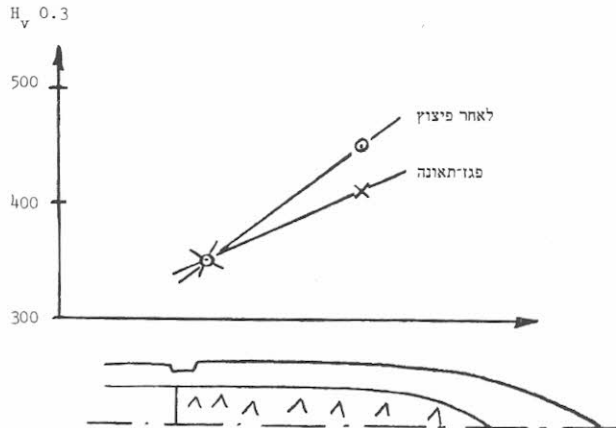
התאונה השנייה ארעה בעת נגיחת כדור נ"מ 40 מ"מ בתותח אוטומטי. ה-חנ"מ התפוצץ, הקצה הקדמי של הפגז נזרק לפנים דרך קנה התותח והקצה האחרורי נזרק לתוך מנגנון-הטעינה. החלק האמצעי של מעטפת-הפגז נשאר תקוע בקנה-התותח הקרוע. החלק הזה הוצא, נבדק והושווה עם החלק המקביל לו בפגז שפוצץ באותו מצב בקנה



ציור 3 – פילוג-קשיות לאורך מעטפת פגז 150 מ"מ.



ציור 4 – פילוג-קשיות רדיאלי במעטפת פגז 150 מ"מ.



ציור 5 – פילוג-קשיות לאורך מעטפת פגז 40 מ"מ.

תותח אחר. נמצא, כי פירוס המיקרו-קשיות היה התכונה היחידה שניתן היה להיעזר בה כדי לקבוע את סוג הריאקציה בתאונה.

מיקרו-קשיות – הציורים 5 ו-6 מראים את פירוס הקשיות לאורך ובכיוון רדיאלי בשני חלקי הפגזים. פירוסים אלה מראים אותן התכונות וניתן להסיק מהן, כי כדור-התאונה התפוצץ באותה דרך ככדור הבדיקה, כלומר בפיצוץ.

סיבת-התאונה – מתוך חקירת התאונה המקיפה, שכללה בדיקת הרסיסים, הסתבר, כי התפוצצות הכדור נגרמה על ידי ליקוי בפעולת-המרעום שהורכב בבסיס הכדור.

תאונה 3:

פיצוץ כדור נ"ט/נפיץ

בתאונה השלישית היה מעורב כדור נ"ט/נפיץ, שנורה מ"תול"ר 90 מ"מ. הוא התפוצץ במרחק של חצי מטר לפני שהגיע ללוע וקרע את קנה-התותח. מעטפת-הפגז, העוטפת ישירות את מטען החנ"מ היתה עשויה אלומיניום המספק רסיסים אכולים קשה על ידי גזי-הריאקציה החמים ואינם מתאימים לבדיקה קפדנית. ניתן להשתמש בהצלחה ברסיסים משני חלקי-פלדה (טבעת ומגן-חרטום) שמקומם במרחק קצר לפני מטען החנ"מ, אך לא במגע ישיר עם החנ"מ. התכונות המועילות של הרסיסים במקרה זה, היו המקריר מבנה והמיקרו-קשיות. הרסיסים שנאספו הושו עם רסיסים שנלקחו מפיצוצים שנעשו, כדי לחקות את התאונה. פיצוצים אלה נעשו בדרך המפורטת להלן:

- התלקחות - מטען חנ"מ במצב רגיל.
- פיצוץ - מטען חנ"מ במצב רגיל.
- התלקחות - מטען חנ"מ נע לפני.
- פיצוץ - מטען חנ"מ נע לפני.

כאשר המטען נע לפני נוצר מגע ישיר עם הטבעת ועם מגן-החרטום.

מיקרו-מבנה - הרסיסים שנבדקו היו עשויים פלדה, בעלת תכולת-פחמן נמוכה יחסית ומבנה מתאים, כדי לעורר תיאומים על ידי טעינה בהלם. ברסיסים מהפגזים שעברו פיצוץ נמצאו תיאומים כפי שציפו. כמות התיאומים היתה גבוהה בפגז שהמטען בו נעקר ממקומו הראשוני בעת התפוצצותו (ראה ציור 7). ברסיסים מפגז-התאונה כפגזים שהתלקחו - לא נמצאו שום תיאומים. הדבר רומז, כי המטען לא התפוצץ - אלא התלקח.

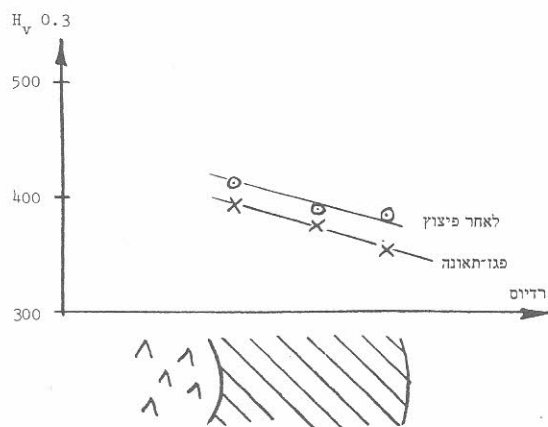
מיקרו-קשיות - השינוי בפירוס המיקרו-קשיות בתוך הרסיסים - לא היה ניכר ולכן בכל רסיס הושוותה הקשיות הממוצעת. בציור 7 נרשמו למקרים השונים, הקשיות הממוצעת בשביל מגן-החרטום והטבעת. ברור, כי ניתן להגיע לגידול הקשיות ברסיסים של פגז-התאונה, רק אם מטען החנ"מ נע קדימה לפני התגובה. דבר זה, יחד עם מימצאי המיקרו-מבנה, מביא אותנו למסקנה, כי התפוצצות התאונה היתה התלקחות במטען החנ"מ, שנע קדימה בטרם תגובה.

סיבת-התאונה - חקירות התאונה גילו לבסוף, כי הסיבה הוודאית כמעט לגרימת התאונה היתה סדק בגוף הפגז, שדרכו חדרו גזי-השריפה וגרמו להצתת מטען החנ"מ.

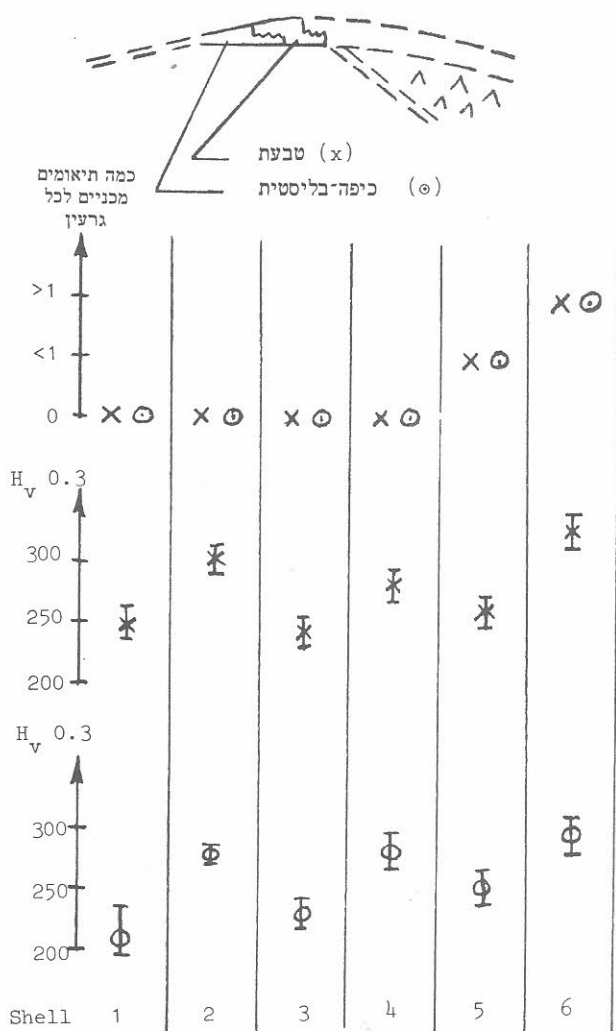
סיכום

הדוגמות שתוארו מעידות בבירור, כי בדיקה קפדנית של רסיסים שנאספו מתאונות התפוצצות, היא אמצעי יעיל מאוד לניתוח סיבת התאונות. היא עשויה לחשוף פרטים חיוניים בתהליך התגובה, שאין אפשרות להשיגם בדרך אחרת.

אפשר להשתמש בשיטה זו (לאחר בחינות כיוול) כאמת-מידה לקביעת סוג תגובת חומר-נפיץ, על ידי הבאת פלדה בעלת תכולה נמוכה של פחמן, לידי מגע עם חומר נפיץ ולפי הדיפורמציה לאחר התגובה - לקבוע את סוג-התגובה.



ציור 6 - פילוג-קשיות רדיאלי במעטפת פגז 40 מ"מ.



ציור 7 - תיאומים-מכניים וקשיות של רסיס פגז 90 מ"מ לאחר תאונה ושל פגזי ייחוס:

(1) רסיס מפגז שלא התפוצץ (2) רסיס מפגז-תאונה (3) רסיס מפגז שהתלקח - מקום מטען החנ"מ לא השתנה. (4) רסיס מפגז שהתלקח - מטען החנ"מ הועבר קדימה. (5) רסיס מפגז שהתפוצץ - מטען החנ"מ במקומו (6) רסיס מפגז שהתפוצץ - מטען החנ"מ הועבר קדימה.

מערכות-ניווט

מאת – צבי אורבך



מערכות ניווט, הן אותן מערכות שנועדו לסייע למפעילן לנווט את דרכו. הנתונים העיקריים הדרושים לצורך ניווט הם מיקום נ"צ (נקודות ציון) וכיוון (זווית מהצפון). כיוון למטרה הנו כשלעצמו נתון מספק. אנו נעסוק בעיקר במערכות המאפשרות לנווט לכל מטרה ולא רק למטרות ספציפיות, כגון שדה תעופה, נמל וכו'.

מקובל להבחין בין סוגי מערכות-ניווט בהתאם לעקרון פעולתם (ציור 1).

מרבית מערכות-הניווט פותחו בתחילה לצורך שיט וטיס ורק לאחרונה החלו לשמש לצורכי היבשה. הנתונים למאמר זה נלקחו מתוך ספרות טכנית שהתפרסמו בחוברות שונות בארצות העוסקות בפיתוח ובייצור מערכות ניווט.

מערכות ניווט אינרציליות

מערכות-ניווט אינרציליות ייחודן בכך, שאינן מעבדות מידע המגיע מהחוץ, אלא רק מידע המתקבל מחישנים (SENSORS) פנימיים. המערכת מחזת בנתון של מיר קום ראשוני ודואגת לאחר מכן לעדכן כל הזמן את נתון המיקום בהתאם למהלך הנסיעה.

פלטפורמה אינרצילית בשלמותה

סוג מערכות זה מקובל בעיקר במכשירי-טיס. לאחרונה הוכנס לשימוש גם במערכות קרקעיות. העקרון הוא מיקום של שלושה מדידת-אוצה במאונך, זה לגבי זה ועוד שלושה מדי ג'ירו (סביבון), מקבילים למדיי התאוצה. ניתוח תוצאות של ששה החישנים מאפשר לפרק כל תנועה למרכיביה ועל ידי כך לעדכן בצורה שוטפת את נתון-המיקום והכיוון.

- פלטפורמה רתומה – ששה החישנים רתומים לגוף הרכב ומחשב מעבד את התוצאות בצורה שוטפת. פתרון זה זול יחסית, אך קשה למימוש מבחינת ריסון שגיאות ועמידות החישנים בטלטולים.
- פלטפורמה מאוזנת – כאן החישנים ממוקמים על מערכת "גימבלים", המאפשרים למערכת-בקרה לייצב אותם כל הזמן על איזון מקומי והצפנה מקומית (LOCAL LEVEL/LOCAL NORTH). בעיה משותפת לפלטפורמות אינרציליות הנה הצטברות של שגיאה, כשהמשך ביצוע של אינטגרציה גורר גדילה מתמדת של השגיאה עם הזמן. שגיאת מד התאוצה גדלה לפי הזמן בריבוע ושגיאת מד הג'ירו גדלה לפי הזמן בשלישית. לכן נהוג לשלב במערכות כאלה אמצעי-ריסון שגיאה, דוגמת עצירה כל 10 דקות (כשמדובר ברכב), לאפס כל שגיאות מדי-התאוצה או שילוב של מצפן מגנטי לריסון שגיאת הזווית.

למרות זאת, מקובלת הפלטפורמה האינרצילית כמערכת בעלת הדיוק הרב ביותר. במערכות קרקעיות מקובל לצפות לשגיאה של 0.03% מהדרך. מחירן אף הוא גדול והוא בשיעור של מאות אלפי דולרים.

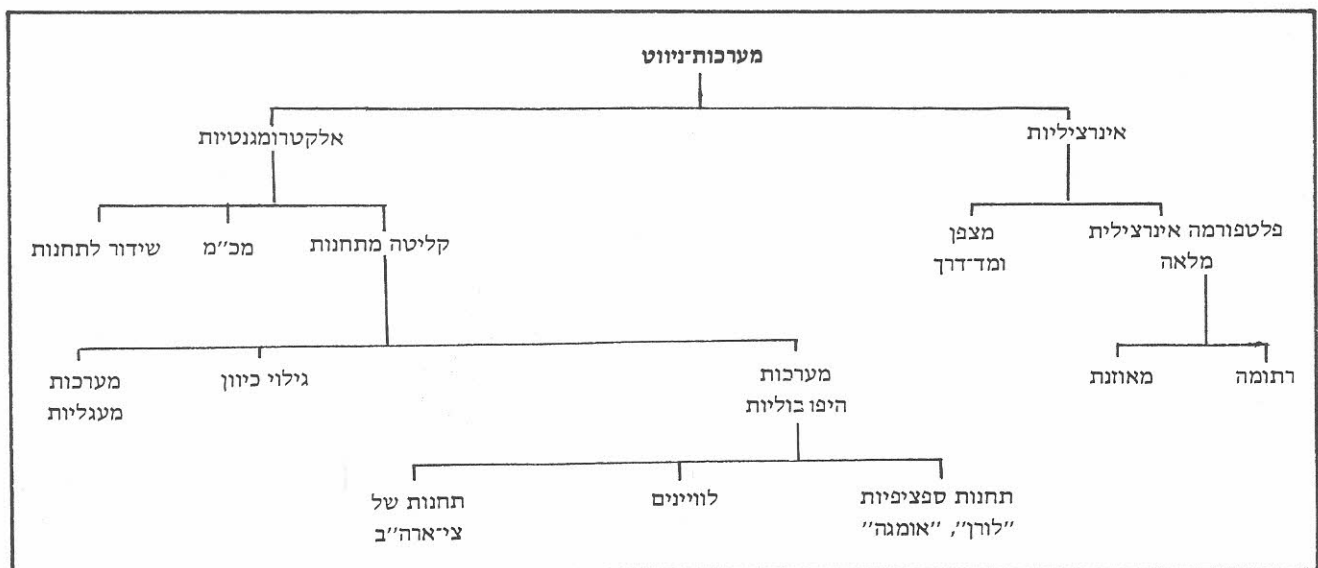
מצפן ומד-דרך

סוג זה של מערכות אינרציליות מקובל בעיקר בכלי רכב. על ידי ידיעת הכיוון מהצפון וקבלת מידע מגלגלי-הרכב על אורך הדרך, ניתן לעדכן את נתון המיקום על ידי פירוק הדרך לרכיבי צפון-דרום ומזרח-מערב. הכיוון לצפון נשמר על ידי ג'ירו, המעודכן כפעם בפעם באמצעות מצפן מגנטי או "ג'ירו מחפש צפון" (NORTH SEEKING GYRO). העיקרון לחיפוש הצפון הוא תנועת כדור הארץ סביב צירו והשפעתה על הג'ירו שעה שהרכב אינו בתנועה. ניתן לשלב את פעולת מצפן הצפון והצפון ושמידתו – באותו ג'ירו. כן ניתן לשפר את מהימנות קריאת-הדרך על ידי שילוב מד-תאוצה.

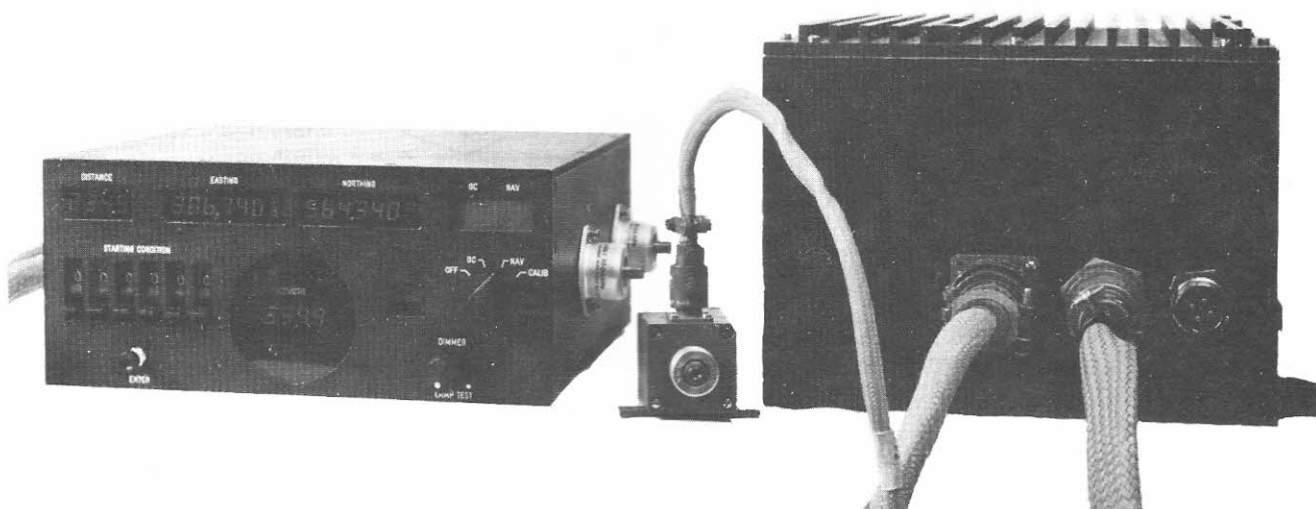
למערכות אלו שגיאה בשיעור של 0.3% מהדרך ומחירן כמה עשרות אלפי דולרים. נציין כבר עתה, כי למערכות אינרציליות יתרון, שהן מזמנות באופן שוטף וללא-אפשרות הפרעה מבחוץ, הן את נתון-המיקום והן את נתון-הכיוון. מערכת הפועלת על יסוד עקרונות אלה, פותחה על ידי חברת תמ"מ (ראה ציור 2).

מערכות-ניווט אלקטרומגנטיות

מערכות אלו מבוססות על קשר אלקטרומגנטי, בין הכלי המנווט לבין תחנות-חוץ, בעלות מקום ידוע. בעזרת הקשר הזה יכול הכלי למצוא את מקומו במרחב.



ציור 1 – סיווג מערכות-ניווט בהתאם לעקרון פעולתן.



ציור 2 - מערכת ניווט אינרציאלית מתוצרת תמ"מ.

● שידור לתחנות

בארצות הברית נבנתה מערכת כנ"ל על ידי חברת ג'נרל אלקטריק. הקשר מופעל על ידי מכשיר רדיו דו-צדדי המותקן בכלי הרכב (C.B.) והמצויד באנטנה מיוחדת לקשר עם שני לוויינים: האחד מעל הוואי והשני מעל האמזונס. מכונת המצוידת באנטנה מעין זאת, תוכל לקיים קשר וכן לאכן את מקומה בדיוק של 200 מטר.

סוג זה של מערכות אינו יעיל לשימושים צבאיים בגלל האלמנט של חשיפה עצמית. לעומת זאת, ניתן לבנות לפי עקרון זה מערכות זולות כשהתייחסו ירוכו במערכת המרכזית.

● גילוי כיוון

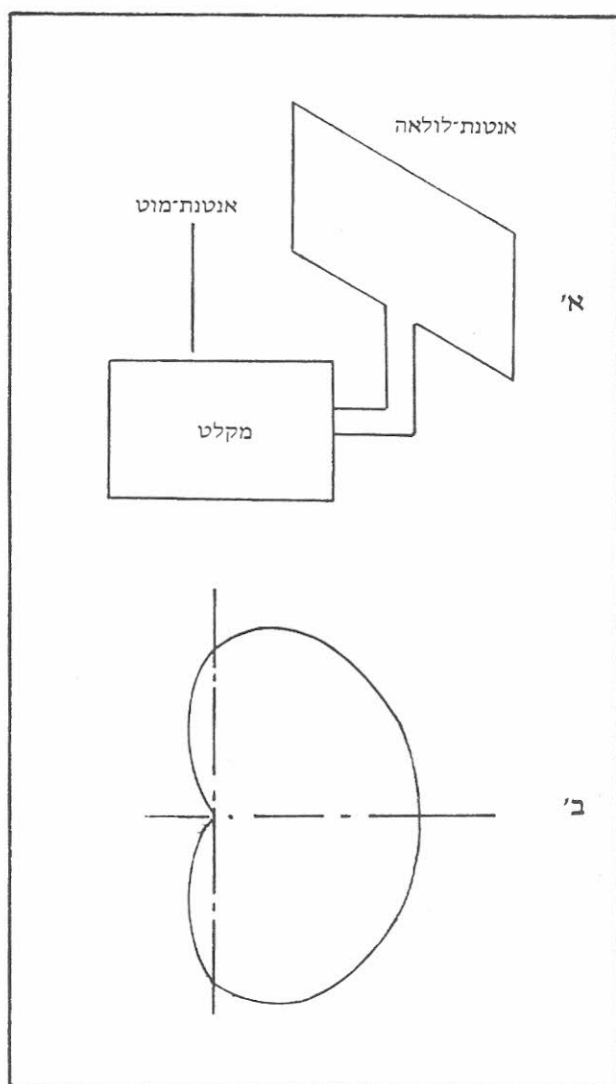
על ידי מקלט בעל רגישות לכיוון, או בעזרת משדר בעל אלומה כיוונית, ניתן לגלות כיוון אל המשדר. גילוי כיוון אל שני משדרים בעלי מקום ידוע, מאפשר גילוי מקום עצמי וכן כיוון מהצפון. שיטה זו נפוצה פחות לגילוי מקום ויותר לגילוי כיוון למטרות מיוחדות, כגון שדות תעופה. נפרט בקיצור מספר שיטות לגילוי וכי-וון.

שיטות ועקרונות פעולה לגילוי

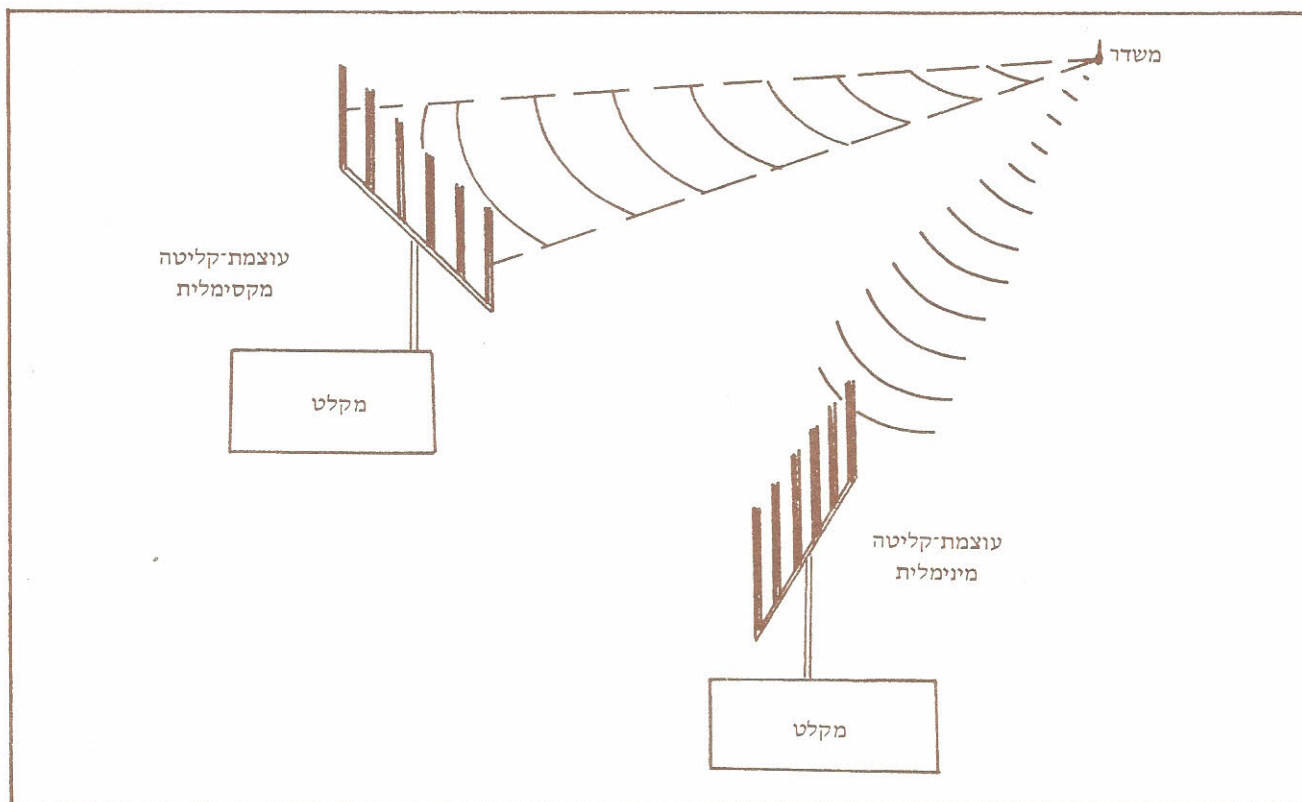
כיוון

גילוי כיוון למשדר בעל אלומה מעגלית (משדר רגיל)

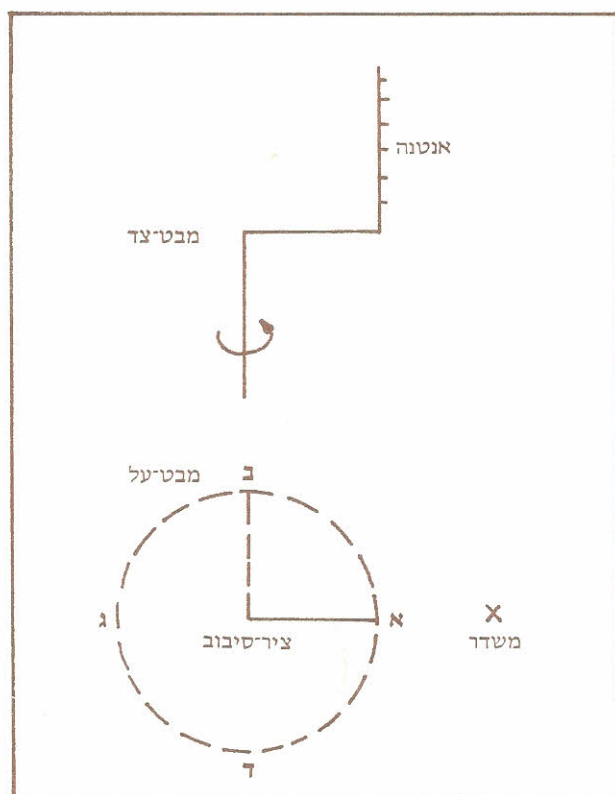
● המקלט משלב שתי אנטנות: אנטנת מוט שאינה רגישה כלל לכיוון ואנטנת-לולאה הרגישה לכיוון - (כאשר המימד הרחב מופנה למשדר האות המקסימלי). בציור 3-א מתואר המקלט בצורה סכמטית ובציור 3-ב מתוארת ההיענות המרחבית של המקלט, כאשר מפחיתים את אותות שתי האנטנות. הגוף הקולט צריך לשובב את המקלט סביב עצמו, עד למצב שבו הקליטה מינימלית



ציור 3 - מקלט מוט-לולאה: א - מבנה סכמטי של המקלט. ב - תגובות אותות - הפרש הקליטה בין האנטנות.



ציור 4 - מקלט בעל אנטנת שורת-מוטות.



ציור 5 - מקלט אנטנה-מסתובבת.

- (קרובה לאפס) ואז מכוון המקלט לתחנה המשדרת. על ידי שורת אנטנות אנכיות במקלט יכול המקלט לסכם אותות משורת אנטנות מקבילות. האות נקלט בעוצמה מירבית, כאשר שורת המוטות עם החזית - מופנית לכיוון המשדר. על ידי סיבוב המקלט נגלה את הכיוון למשדר (ראה ציור 4).

גלאי כיוון "דופלר" בעזרת אנטנה מסתובבת

המקלט כאן כולל אנטנה המותקנת על זרוע, המסתובבת כל הזמן ובקצב קבוע. גילוי הכיוון מתבסס על עקרון-דופלר. על פי עקרון זה מוסט התדר הנקלט - בהתאם למהירות הקולט (ראה ציור 5).

גילוי כיוון למשדר בעל אלומה מיוחדת (VOR)

- המשדר הזה בעל שני שדרים:
- שדר שווה-כיוון המשדר בתדירות אפנון של 30 מחזורים לשנייה (CPS).
- אלומה כיוונית, דוגמת ציור 3-ב, המסתובבת בקצב של 30 סיבובים לשנייה (RPS).
- מכוונים את שני השדרים כך שכאשר האלומה הכיוונית מכוונת לצפון, השדר המעגלי בעוצמת-אפס (0). הקולט מודד את הזמן, מהרגע שבו השדר

כמה עשרות אלפי דולרים. תדר פעולה כ-100 קילוה"רץ. דאכא (DECCA) היא מערכת הנמצאת בשימוש בעיקר באירופה, בדרך כלל על ספינות. לוראן (LORAN/C) הנה תחנה משדרת של לוראן – לטווחים בינוניים וקצרים, לאורך חופים ולהתקנה לפי דרישה.

אומגה (OMEGA) – היא לשימוש לטווחים גדולים. יש תשע תחנות ראשיות המפוזרות על פני כדור הארץ, המאפשרות ניווט בכל רחבי העולם בתחום התדרים של 10–14 קילוהרץ, בדיוק 2–4 ק"מ.

TIDS – הנה מערכת מתקדמת מהסוג של "זמן הגעה" (T.U.E.) המשלבת עקרונות תקשורת מתקדמים של ספקטרום מפוזר ושל פיזור זמן (TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS). למערכת תקשורת הכוללת גם אפשרות לניווט. מספר המערכות הוא גמיש והניווט הנו יחסי ואם קובעים לשלוש תחנות מקום קבוע הניווט הופך להיות מוחלט. יש מערכת אחת ראשית המפעילה בסיכרון את כל המערכות. היחידות הפעילות (אקטיביות) משדרות את מקומן, כדי לאפשר ניווט למערכות הפאסיביות.

המערכת ניתנת להרחבה ולשילוב עם מערכות כגון "לוראן". סוג השידורים המקובל בתחנות מסוג זה הוא רב, בדומה לסוגי השידורים המשמשים למכ"מ.

סוג מסויים שיש בו יתרונות רבים לשימוש בניווט הוא השידור הרצוף (CW). שיטה זו המקובלת במכ"מ מאפשרת לשדר פולס רחב בצורה כזו, שהמקלט יכול לדחוסו לפולס צר ביותר, כדי לאפשר הפרדה (רזולוציה) גבוהה למדידת הפרשי זמן בין שדרי התחנות. היתרונות כוללים בעיקר משדר בעל הספק שידור זמני נמוך, אנטנה קטנה יותר ואפשרות להתגבר על שיבוש שם. שם אחר לאותו עקרון הוא ספקטרום מפוזר (SPREAD SPECTRUM) והשתמשו בו במערכת G.P.S.

מכ"מ

מכ"מ – בשיתוף עם תקשורת, עשוי לשמש גם אמצעי-ניווט. תחנת המכ"מ מאתרת את הכלי ה"מנווט" ומדווחת לו על מקומו.

מערכות-ניווט מעגליות

(DISTANCE MEASURE / DM)

במערכת זו דרושות רק שתי תחנות ראשיות שמקומן ידוע. המערכת המנווטת מגלה את מרחקה לתחנות המשדרות בהתאם לזמן הגעה של שדר בשלחה אליהן. המקום הגיאומטרי עכשיו הוא מעגל לכל תחנה ראשית. מכאן ששתי תחנות ראשיות די בהן כדי שנוזהה את מקומו. קיימת מערכת לוראן מעגלית, שבה המקלט יודע את הזמן המוחלט של יציאת האות מן המשדר. מערכת מעגלית עולה על מערכת היפרבולית מבחינת תלות שיאת המיקום, במיקום התחנות המשדרות, כתוצאה מזווית החיתוך של העקומים. זווית חיתוך בת 90° מעלות מצטיינת בשגיאה מינימלית.

המעגלי בעוצמת אפס (אז מכוון השדר הכיווני לצפון) עד לרגע שבו השדר הכיווני בעוצמת אפס (אז מופנה שדר זה בדיוק אל הקולט). הואיל ומהירות הסיבוב ידועה והזמן נמדד, הרי שניתן לחשב מנתונים אלה את הזווית אל המשדר ביחס לצפון.

מערכות היפרבוליות

סוג זה הנו המקובל ביותר לצורך ניווט אלקטרומגנטי כללי.

העקרון הוא קיום של לפחות שלוש תחנות מסונכרנות בעלות מקום ידוע. התחנות משדרות כשהן מסונכרנות יחד (בדרך כלל אחת היא ראשית ומסונכרנות את השתיים). המערכת הקולטת מוצאת הפרשי-הגעה של השדרים ועל ידי כך מגלה את מקומה. נתאר לנו שתי תחנות A ו-B.

המקום הגיאומטרי של הנקודות הקולטות את תחנת B בהפרש T מהרגע שקלטו את תחנת A הינו המקום הגיאומטרי של הנקודות שהפרש מרחקן מ-A ו-B קבוע ושווה ל- $\sqrt{A}-\sqrt{B}=T.C$.

זוהי כמובן היפרבולה. על ידי תחנה נוספת B₁ נקבל היפרבולה נוספת $\sqrt{A}-\sqrt{B_1}=T_1C$ וחיתוך שתי ההיפרבולות הנו המקום בו נמצאת המערכת. מערכות אלו מכונות גם מערכות זמן-הגעה (T.O.E.) משום שהן מבוססות על עקרון הזמן הדרוש לשדר להגיע ממקום אחד למשנהו.

מערכות היפרבוליות, שונות הן מבחינת סוג התחנות המשדרות והן מבחינת סוג השידורים. מבחינת סוג התחנות המשדרות ניתן להפריד בין הקבוצות הבאות:

לוויינים כתחנות משדרות (G.P.S.)

ארה"ב בונה רשת, שבה בשנות ה-80 ישתתפו 24 לוויינים במשדרים לצורך ניווט. עם הפעלת המערכת הזאת במלואה, יהיה ניתן להגיע לדיוק רב של מספר מטרים (10 מטר). נוסף למיקום בשלושה מימדים ניתן לקבל נתוני-מהירות וזמן. מקלטים שייבנו למערכת זאת, יוכלו לספק נתונים אלה. בכל מקום על פני כדור הארץ יהיה אפשר להציבם אף על חייל יחיד.

תחנות הצי

קיימות כשבע תחנות השייכות לצי של ארה"ב המשדרות בתחום 16–24 קילוהרץ (VLF) בעוצמה של 50–1000 קילוואט. הדיוק במערכות אלו – נחות והוא בתחום של מאות מטרים. ניתן לשלב גם תחנות נוספות, כגון אומגה.

תחנות אומגה, לוראן, דאכא

תחנות המוקמות ומופעלות על ידי חברות מסחריות, הן לשימוש ניווט מסחרי כללי, כגון ניווט מטוסים קלים והן לשימושים צבאיים ספציפיים.

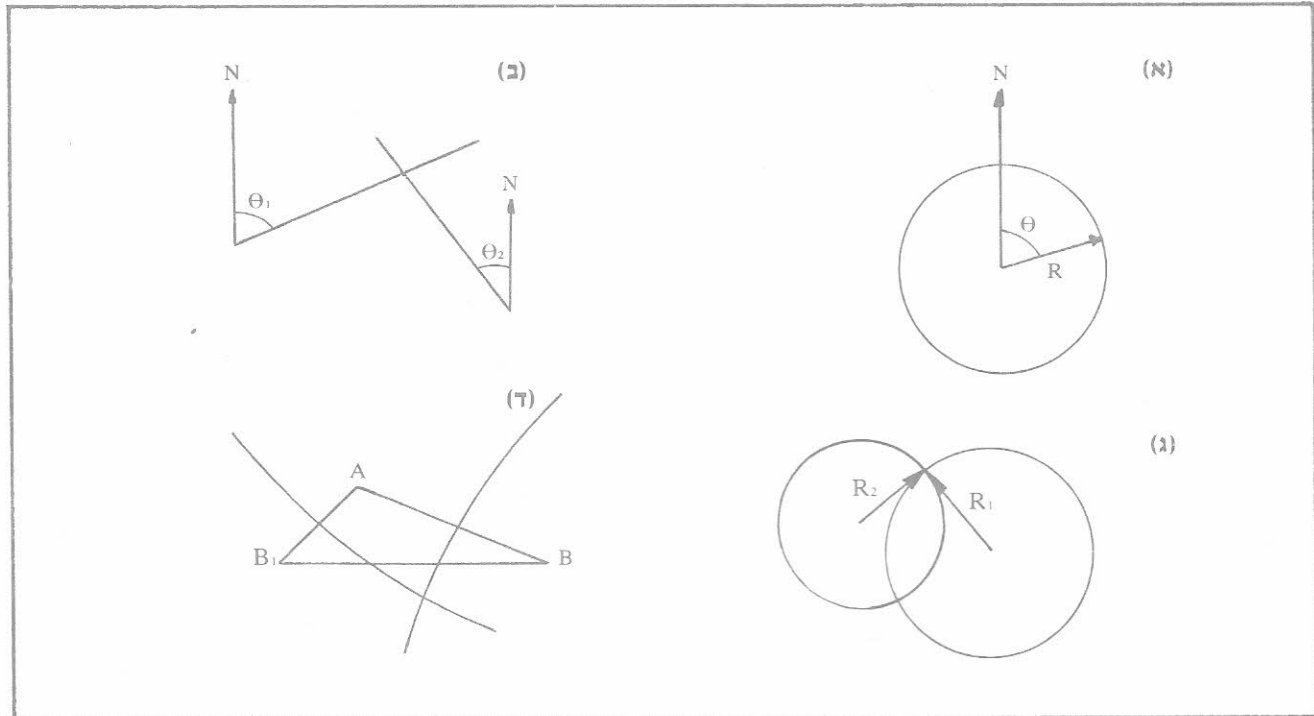
דיוק מקובל הנו כ-200 מטר ומחיר מערכת קליטה –

מערכת משולבת VOR/TAC

ציור 6 מתאר סכמתית את הבסיס לשיטות ניווט אלקטרומגנטי:

- זווית ומרחק $R_1 \theta$ VOR/TAC
- זווית וזווית $\theta_1 \theta_2$ OF- θ – מגלה-כיוון
- מרחק ומרחק $R_1 R_2$ – מעגלית.
- הפרש מרחקים AB_1 , AB – היפרבוליות.

שילוב של VOR ביחידת משדר אחת, יחד עם מערכת ניווט מעגלית (DM) מאפשר לכלי המנווט לדעת את מרחקו מתחנת השידור ואת הזווית שלו אליה ומכאן – את מיקומו.



ציור 6 – שיטות של ניווט אלקטרומגנטי.

יתרונות וחסרונות של מערכות אינרציליות לעומת אלקטרומגנטיות

הנושא	אינרציליות	אלקטרומגנטיות
עצמאיות	כן	לא
חסינות ללוחמה אלקטרונית	כן	לא
מספקות כיוון	כן	לא (מלבד OF)
צבירת שגיאה	כן	לא
תלות בני"צ בתחילתו	כן	לא
הגבלת טווח	אין	יש, אם מתבססים על תחנות מקומיות (LORAN)
תלות בשטח	לא	כן, לפעמים אפילו דרוש קררייה לתחנות.
תלות בסוג הדרך	כן	לא
מצריך התקנה מיוחדת	כן	לא
תלות במטאורולוגיה	אין תלות	יש
תלות ברכב נושא	כן	לא, לפעמים אין אפשרות להפעלה על גב אדם.
מחיר	הוצאה לפי מערכות	הוצאה לפי מערכות ועוד הוצאה
איכון	אין	בהקמה ואחזקת תשתית מרחבית (בתחנות מקומיות).
אמינות	בעייתית – שימוש בחישונים אלקטרומכניים רגילים.	לפעמים יש.
תחזוקה	בעייתית – יש צורך בכיולים ועבודה מדויקת בגלל שימוש בחישונים אלקטרומכניים	טובה – מערכת אלקטרונית בשלמותה.
		טובה – מערכת אלקטרונית בשלמותה.

מערכות איכון

לתחנות קבועות; השידור עצמו מאפשר לתחנות לדעת את מיקום הכלי.

התקן פשוט יכול להקל את פעולת התקשורת לצורכי איכון. הכלי המעוניין לשדר את מקומו, מצויד בהתקן לשידור מספרים ומספר סימנים נוספים. הזנתו נעשית על ידי לוח מקשים. ההתקן מצפין את ההוראה, מוסיף לה את קוד הכלי ומעביר את ההוראה למכשיר-הקשר לצורך שידורה. בצורה זו נחסך זמן, נמנעות טעויות ומשולבת הצפנה. הגוף הקולט חייב להיות מצויד במכשיר מתאים, כדי לקלוט את ההודעה ולשלבה במערכת איכון לצורך עדכון.

שיטת איכון זו המבוססת על שידור נתוני המיקום בצורה ספרתית מקודדת, בין אם ההזנה הראשונית היא אוטומטית ממערכת-הניווט, או בין אם זו נעשית על ידי אדם הנמצא בכלי, היא הטובה ביותר בשלב זה לרוב צורכי האיכון (במיוחד למטרות צבאיות).

מערכות איכון (ציור 7) מיועדות לסייע באיכון כוחות-י-נו בשטח ובידיעת מקומם של גורמים אחרים.

מערכת מקובלת הנפוצה בשימוש נועדה לדיווח שוטף של נתוני המיקום, כפי שהם מתקבלים ממערכת-הניווט. ניתן לשלב דיווח אוטומטי ישירות ממערכת-הניווט. דיווח כזה קל להצפין והוא חיוני בדרך כלל להשגת מידע על המיקום.

שימוש נפוץ לא פחות הנו ב"מכ"מ, זאת במיוחד לצור-כי ים ואוויר. ה"מכ"מ מספק מיד את איכונם המוחלט של הכוחות בשטח, כולל כוחות האויב. גם כאן משור-לבת תקשורת, כדי לזהות את הכלים המאוכנים.

צורה אחרת של ניווט נעשית ע"י שידור מהכלי המנווט



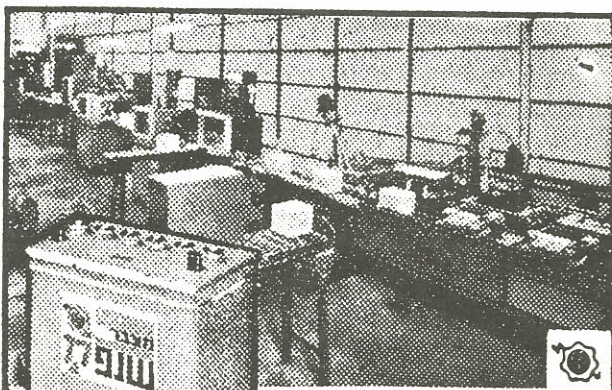
ציור 7 - סוגי מערכות-איכון

שנפ 77

המילה האחרונה במצברים!

SHNAPP 77 אחריות - 18 חודש!

SHNAPP 77 ארגז פוליפרופילן שקוף!



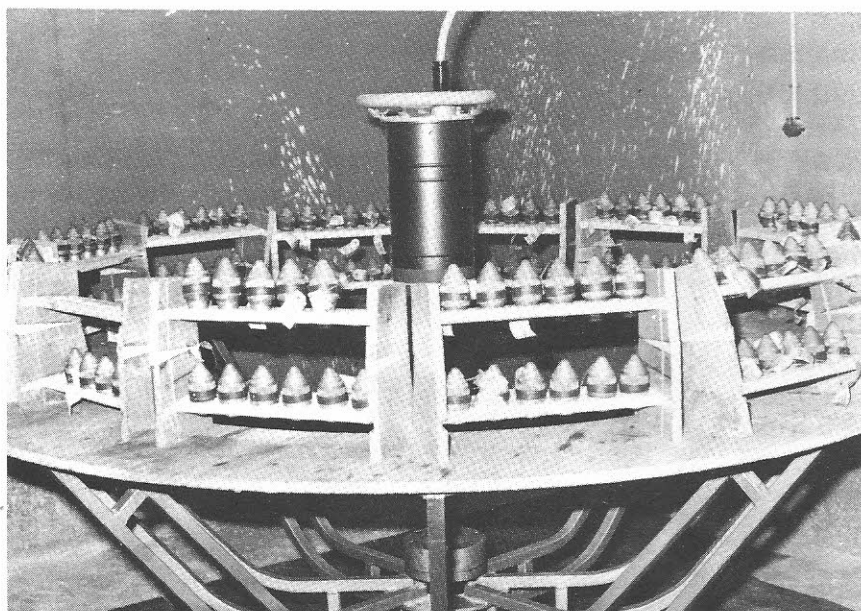
ע.שנפ ושות'.בע"מ

מקורות:

1. M. Kayton, W.R. Fried "Avionics Navigation System", John Wiley & Sons.
2. W.E. Fried "Principles & Simulation of JTIDS Relative Navigation" IEEE Transaction on Aerospace & Ele. Sys.: Vol. AES - 14, No. 1, Jan. 1978.
3. ARMADA : Vol. 4, No. 3, May/June 1980, 50-58.
4. D. Richardson, "Vehicle Navigation Systems", Military Technology: Vol. 14, 1980, 31-34.
5. L.F. McCormick "Position and Azimuth Determining System" ARMOR: March/April 1973.
6. C.E. Malm, "VLF Omega Nav. Saves Time, Fuel", Flight Operations Magazine: July, 1976.
7. Pilots Guide - "Nortrac - Area Navigation System" Communications Components Corp. Jan. 1977.
8. "Military Vehicle Heading Reference Systems", Publication by Bendix - Aviation Electric Ltd, Canada.

למעוניינים - מאמר בנושא מערכות-ניווט פורסם בחוברת "מערכות" מס' 270-271 (אוקטובר 79).

מכון רנטגן במרכז תחמושת



צילום מרעומים

בְּתַחוּם הַבִּטָּחוֹן

הַמְּדִינָה וְהַצָּבָא

יַעֲוֹל וְחֶסֶכּוֹן

הֵם צו

וְהֵם מַצֹּה!

המען להגשת הצעות-ייעול:
משרד-הבטחון, הפיקוח המשקי,
הועדה המרכזית להצעות יעול
ו/או ועדת היעול היחידתית.

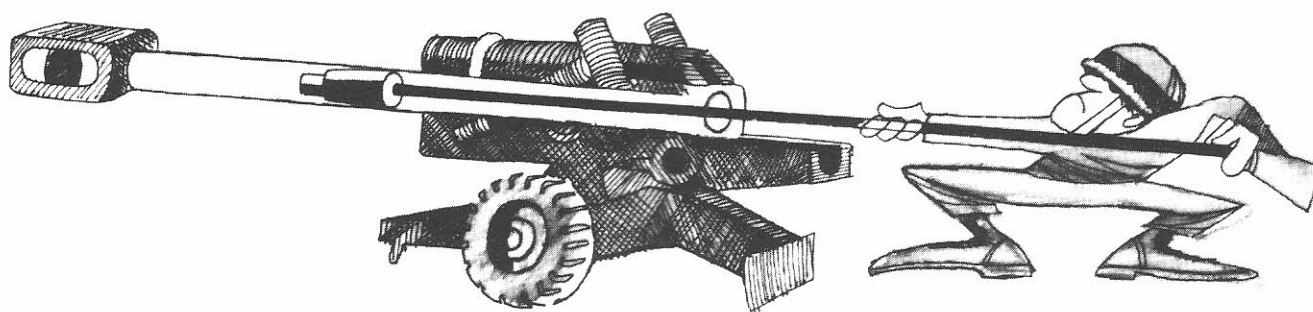
במערכת הבטחת איכות המו-
צר במרכז תחמושת של אג"א
הוקם באחרונה מכון רנטגן
המייצג חלק מטכנולוגיה של
בדיקות ללא-הרס של מוצרים.
הבדיקות הללו הם אמצעי
חשוב להבטחת איכותם של
חלקים, מכללים ורכיבים
המתיישנים תוך כדי שימוש
או אחסנה. השימושים העיקר-
יים של מכון הרנטגן הם:

- בדיקת תקינות פעולה
(הרכבה נכונה) של חלקים
קריטיים, כגון במרעומים,
וזאת בלא פגיעה בביצועי
החלק או בתכונותיו.
- בקרת איכות בתהליך היי-
צור של חלקים או תוצרים,
בלא גרימת נזק לשימשותו
של החלק.
- גילוי של סדקים ואף הזעי-
רים ביותר בשלבי
התפתחותם בחלקים הנתו-
נים בלחצים ועומסים גדו-
לים בעת פעולתם.

שיטות הבדיקה הרדיוגרפית (צילום על-ידי
הקרנה) מבוססת על השימוש במקורות
קרינה רדיואקטיביים, קרינת-גמא,
וקרינת-"איקס". כאמור, בשימוש בשיטת
בדיקה רדיוגרפית זו ניתן לגלות ולזהות
פגמים, סדקים ועצמים זרים.

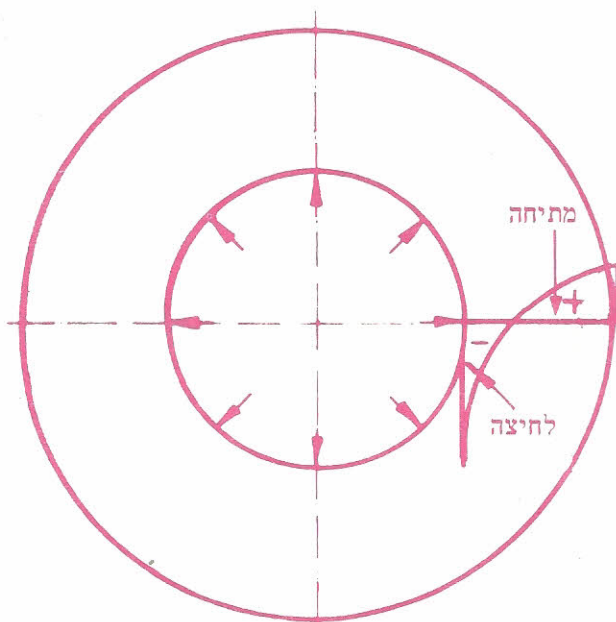
מכון הרנטגן במרכז תחמושת נבנה תוך
הקפדה מקסימלית על אמצעי הבטיחות
הן לעובדים בו והן למבקרים בו, וסביבתם.
בשלב ראשון בהפעלתו יעסוק מכון
הרנטגן בצילום מרעומים החשודים
כפגומים וכן בעריכת חקר טכני בפריטי
תחמושת שונים.

אוטופריטז' של קני-תותחים

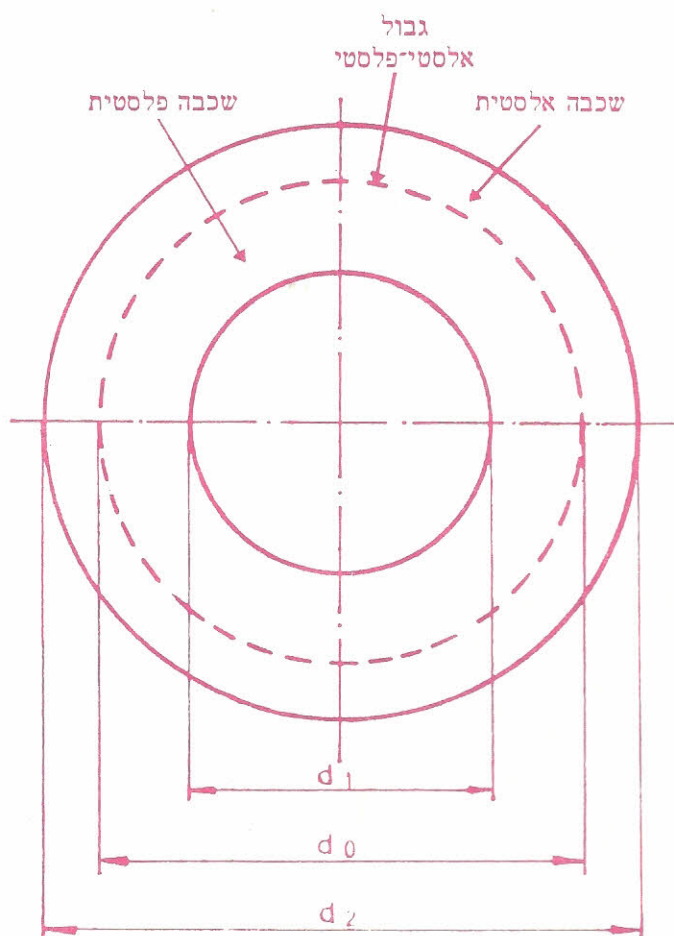


מאת – יקותיאל ורון

חילות התותחנים והשריון בכל צבא מודרני, שואפים באופן מתמיד להגביר את "עוצמת האש" של תותחי הטנקים והארטילריה שלהם. מרפיב מכריע של עוצמת האש הוא אנרגית-לוע גבוהה של הפגז (בכך מושגים דיוק, חדירה וטווח גדולים יותר). כדי להשיג אנרגית-לוע גבוהה יש להעניק לפגז, בין השאר, מהירות-לוע גבוהה יותר וזו מושגת על ידי הגדלת כמות חומר הנפץ ההודף מחד גיסא והגדלת הלחץ שהוא מפתח בקנה מאידך גיסא. הבעיה העיקרית שעמה חייבים מהנדסי הנשק להתמודד היא אפוא עמידות הקנה בלחצי-ירי גבוהים.



ציור 1 - מאמצים שאריתיים בחתך הקנה.



ציור 2 - מצב אלסטי-פלסטי.

בצד שיפור מתמיד בתכונות הטכניות של הפלדה, שממנה עשויים קנים מודרניים, שיפור מושג בעזרת תהליכי יצור מתקדמים, תוך כדי שמירה על אחידות מבנה החומר, רמת נקיון גבוהה, בקרה קפדנית על אחידות יציקה וחישוב, ועוד, מקובל פיוס ל"חזק" את הקנים בעזרת תהליך מיוחד הנקרא "אוטופריטז". תהליך זה משולב בתוך תהליך העבוד השבבי של הקנה ובעזרתו מוכנסים לתוך החומר מאמצים שאריתיים המתנגדים ללחצי העבודה של הקנה. בכך מושגים יתרונות אלה:

- קנה קל וחסכוני בעל יחס גבוה של חוזק למשקל קל.
- קנה שמסוגל לעמוד בלחצי ירי גבוהים יותר.
- קנה שניתן ליצרו מחומר בעל חוזק פניעה נמוך יותר ובכך להגדיל את חוזקו להפאה.
- קנה שבו חלוקת המאמצים בדופן אחידה יותר כאשר מופעל לחץ העבודה.
- קנה עמיד יותר בפני התעייפות חומר ובעל אורך חיים גדול.

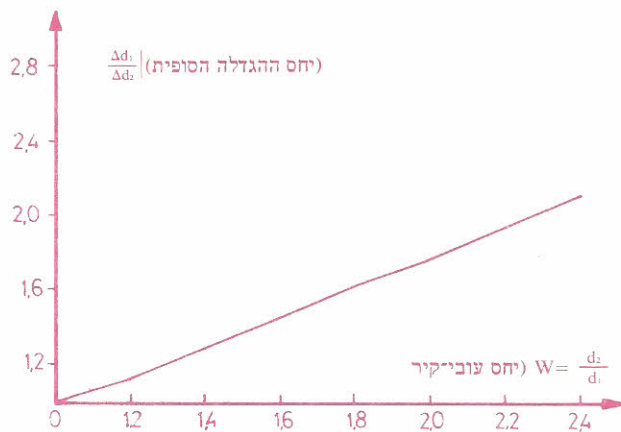
● העקרון

בעזרת טכניקות מיוחדות שתיסקרנה בהמשך המאמר, מופעל בתוך הציננדר לחץ גבוה (לחץ "עיבור היתר") הגורם להינצרות מאמצים פנימיים גדולים, העולים על חוזקה האלסטי של הפלדה שממנה עשוי הציננדר. בכך נוצר תהליך של כניעת חומר שתחילתו מהשכבה הפנימית הקרובה לקדח. ככל שלחץ זה גדול יותר, תלך ותגדל שכבת החומר הנכנעת. לאחר הסרת הלחץ שואפים סיבי השכבה החיצונית, שהתעוותו פחות מאשר סיבי השכבה הפנימית, ללחוץ על סיבי השכבה הפנימית ובכך הם יוצרים מאמצים שאריתיים טנגנציאליים ורדיאליים בדופן הציננדר. המאמצים השאריתיים הרדיאליים הם קטנים ביחס לטנגנציאליים ונזנחים אותם בהמשך. פילוג המאמצים השאריתיים (מתיחה ולחיצה בכיוון טנגנציאלי) כפי שהוא מתקבל בחומר לאחר הסרת לחץ "עיבור היתר" מודגם בציור 1. "עיבור יתר" חלקי מתקבל כאשר רק חלק מעובי הדופן, עד קוטר d_0 (ציור 2) עבר דפורמציה פלסטית. "עיבור יתר מלא" מתקבל כאשר הלחץ הפנימי הוא מספיק גדול, כדי לגרום לדפורמציה פלסטית של כל הדופן ($d_0 = d_2$). כאן, בניגוד למקובל לחשוב ממבט ראשון, אין כניעה טוטאלית של החומר, אלא להיפך, לאחר הסרת הלחץ מתקבל מצב אלסטי חדש בעל חוזק משופר. מצב של "עיבור יתר מלא" נותן יחס של חוזק למשקל אופטימלי ואליו למעשה שואפים מתכנני ויצרני הקנים. "עיבור יתר חלקי" ניתן לביטוי באחוזים כדלקמן:

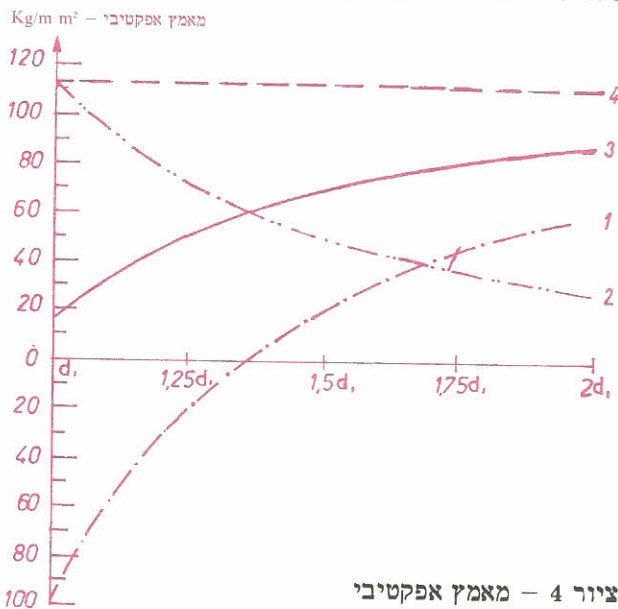
$$\% \text{ "עיבור היתר" } = \frac{d_0 - d_1}{d_2 - d_1} \times 100$$

הלחץ הדרוש לגרימת זרימה פלסטית עד עומק d_0 (בפלדה בעלת חוזק כניעה σ_y) הוא

$$P_0 = \sigma_y \left(\ln \frac{d_0}{d_1} + \frac{d_2^2 - d_0^2}{2d_2^2} \right)$$



ציור 3 – יחס ההגדלה הסופית.



ציור 4 – מאמץ אפקטיבי

הביטוי המתמטי של עקום זה (בהנחת המאמצים הרדיאליים), יהיה:

$$\sigma_{t, res} = \sigma_y \left[-\frac{\ln W}{W^2 - 1} \left(1 + \frac{d_2^2}{d_1^2} \right) + 1 - \ln \frac{d_2}{d_1} \right]$$

“עיבור יתר מלא”, בו מתקבל בשכבת הקדח מאמץ לחיצה השווה בערכו המוחלט ל- σ_y קורה כאשר $W = 2.2$. קנה בעל $W > 2.2$ אינו משקי, שכן בו אין מתקיים יחס חוזק/משקל אופטימלי.

עקום 2, הוא עקום המאמצים הנגרמים על ידי לחץ הירי; כאן נתון העקום עבור הלחץ המקסימלי של 4200 אטמוספירות. באזור הקדח מגיע המאמץ לכדי הערך המקסימלי המותר (112 kg/mm^2).

עקום 3, הוא עקום המאמץ השקול והוא מתקבל על ידי סכום העקומים 1 ו-2. עקום זה מייצג את המאמצים האמיתיים אשר “מרגיש” אותם הקנה בשעת ירי; ואכן,

מכאן שהלחץ הנדרש ל“עיבור יתר מלא” (כאשר $d_0 = d_2$) יהיה:

$$P = \sigma_y \ln W$$

כאשר $W = \frac{d_2}{d_1}$ יחס עובי דופן

שינוי מימדים

הלחץ הפנימי גורם, כאמור, להגדלת מימדי הקנה ולאחר הסרתו קיימת חזרה אלסטית מסויימת ומתקבלת ההגדלה הסופית של הקדח.

ההגדלה הסופית של הקדח שווה להגדלה בזמן הלחץ פחות החזרה האלסטית.

עבור “עיבור יתר מלא” תהיה ההגדלה הסופית של הקדח:

$$\Delta d_1 = d_1 \frac{\sigma_y}{E} \left[\mu + (2 - \mu) W^2 \right] \left(\frac{0.5 - 1.08 \ln W}{W^2 - 1} \right)$$

כאשר: E = מודול האלסטיות

μ = יחס פואסון.

קיים קשר ידוע בין מידת ההגדלה של הקדח הפנימי לבין מידת ההגדלה של הקוטר החיצוני; הקשר נקרא “יחס ההגדלה הסופית” ושיעורו:

“יחס ההגדלה הסופית של הקדח” = $\frac{\text{ההגדלה הסופית של הקדח}}{\text{ההגדלה הסופית של הקוטר החיצוני}}$

$$= 0.5 \left[(2 - \mu) W + \frac{\mu}{W} \right]$$

ערכו של יחס זה בפלדה עם עיבור $\mu = 0.3$ יהיה:

$$0.85 W + \frac{0.15}{W}$$

והוא נתון בצורתו הגרפית בציור 3 ומתאים לכל שיעור של “עיבור יתר”.

לאחר שחישבנו את Δd_1 ואת “יחס ההגדלה הסופית” ניתן בקלות לחשב את הגדלת הקוטר החיצוני (Δd_2).

מאמצים שאריתיים

בציור 1 ניתן תיאור גרפי איכותי של פילוג המאמצים השאריתיים שנוצרו בחומר, לאחר שהסתיים התהליך.

לצורך המחשת יתרונו הגדול של תהליך זה, התבונן בציור 4, המציג באופן כמותי את פילוג המאמצים, לפני ירי ובשעת ירי, בקנה בעל חוזק-כניעה $\sigma_y = 112 \text{ kg/mm}^2$, שיחס קוטרי $W = 2$ והוא עבר תהליך של “עיבור יתר מלא”. הירי יוצר בקנה לחץ מקסימלי של 4200 אטמוספירות.

עקום 1 בציור 4 הוא עקום המאמצים השאריתיים בקנה, לאחר תהליך האוטופריסט' ולפני הירי. בשכבה הפנימית ביותר, קרוב לקדח, מגיע שיעורו לכדי 100 kg/mm^2 כמאמץ לחיצה; בערך ב- $1/3$ עובי הדופן משתנים המאמצים למאמצי משיכה ומגיעים לשיעור מכסימלי של 60 kg/mm^2 .

צעת במכונת SWAGE יכולה להיות מכנית או הידראו-לית. הקנה מהודק באופן אופקי ללוח הקדמי של המכונה ומוט, המופעל על ידי שני ברגי-כוח, דוחף את הגרעין לאורך הקדח בקידמה של כ-0.3 מ"מ/דקה (ציור 6).

במכונה הידראולית, המוט מופעל על ידי בוכנה הידראו-לית. הגרעין עשוי מטונגסטן או מפלדה מהירה (H.S.S.), מוקשה לקשיות של כ-70 Rc, ומושחו. כפי שצויין קודם לכן ומאותן סיבות, מעובד הקנה למידות כמעט סופיות, לפני פעולת האוטופריטז'. הקדח מלוטש על ידי "הונינג", כדי להבטיח הבדלי-הקוטר הדרושים בינו לבין הגרעין. לפני דחיצת הגרעין מוכנס לתוך הקדח חומר סיכה עשוי על בסיס flurinated carbon (טפלון), כדי להקטין את כוחות החיכוך בזמן תנועת הגרעין לאורך הקדח.

● השוואה בין שני התהליכים

השיטה ההידרוסטטית יקרה יותר בגלל מורכבות הצידוד הנדרש. המערכת הכוללת מכבש, משאבה, מגברים, מער-כת אטימה מסובכת, טבעות הגבלה המעובדות לסבולות קטנות ועוד, מצריכה אינסטלציה מורכבת למדי. יתרונה הוא בכך שניתן לבצע בעזרתה אוטופריטז' של צילינדר ובו קדח בעל קוטרים פנימיים משתנים (למעשה צורה פנימית כלשהי) בו בזמן שלצורך אוטופריטז' מכני יש צורך בהכנת קדח ישר ומלוטש. לעומת זאת, יתרונה של תהליך ה-SWAGE בפשטותו, במהירותו ובמחירו הנמוך יחסית.

● בדיקה

בדיקת קנה לאחר שעבר תהליך אוטופריטז', נעשית על ידי מדידת קוטר הקדח. מידת ההגדלה של הקדח מצביעה באופן בלתי ישיר על גודלם של המאמצים השאריתיים שהוכנסו.

זאת שיטת בדיקה פשוטה ובלתי הרסנית והוא כלולה בתהליך סטנדרטי של בחינה - לאחר פעולת אוטופריטז'.

המאמץ המקסימלי מגיע לכדי 88 kg/mm^2 , לעומת מאמץ של 112 kg/mm^2 שהיה מרגיש אותו הקנה אילו לא עבר תהליך של אוטופריטז'.

עקום 4, מייצג את גבול הפניעה של החומר (σ_y). בעקום זה נלקחו בחשבון גם המאמצים הרדיאליים*.

● התהליך

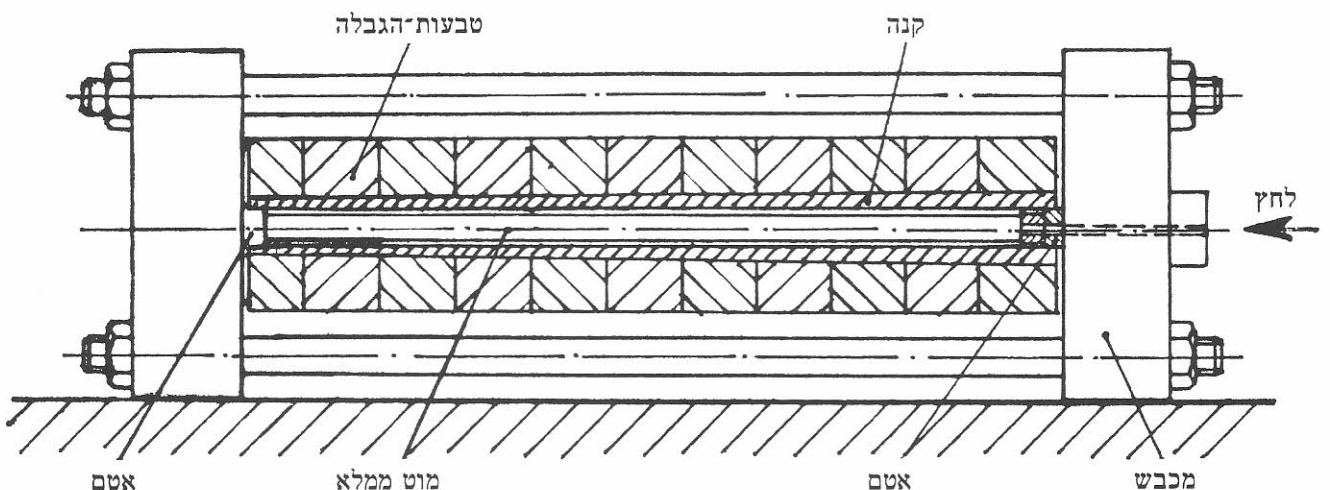
אוטופריטז' הידרוסטטי:

בתהליך הזה (ציור 5) מקבלים את "לחץ עיבור היתר" על ידי דחיסת נוזל לתוך קנה בעזרת מגברי לחץ גבוה. הנוזל מורכב מתערובת של 95% גליצרין (דוחה קפיאה) ו-5% מים. אטמי לחץ גבוה המוחזקים במקום על ידי מכבש סוגרים את הקנה בשני קצותיו, בעוד שהקנה עצמו חופשי להתכווץ בכיוון האורכי. מוט ממלא מוכנס לתוך הקנה כדי להקטין את כמות הנוזל הדרוש. בזמן התהליך מוחזק הקנה על ידי טבעות הגבלה. אלה מפקחות על ההתפשטות על ידי מדיד-עיוות הממוקמים על שטחם החיצוני. מציג-עיוות על לוח בקרה מרחוק, שבו הלחץ נקרא ונרשם באופן שוטף, מציינים מתי מתקבל המצב של עיבור-היתר הדרוש. לפני פעולת האוטופריטז' מעבדים את הקנה בפנים ובחוץ, למידות שהן קרובות לסופיות. יש לכך חשיבות מרובה, הואיל והורדת שבבים גדולים לאחר פעור-לת אוטופריטז', תשחרר את המאמצים השאריתיים המוכנסים. שיעור הגדלת הקדח בהשפעת הלחץ והחזרה האלס-טית נקלחים כמוזן בחשבון לצורך חישוב וייצור מימדיו הפנימיים והחיצוניים של הקנה לפני התהליך.

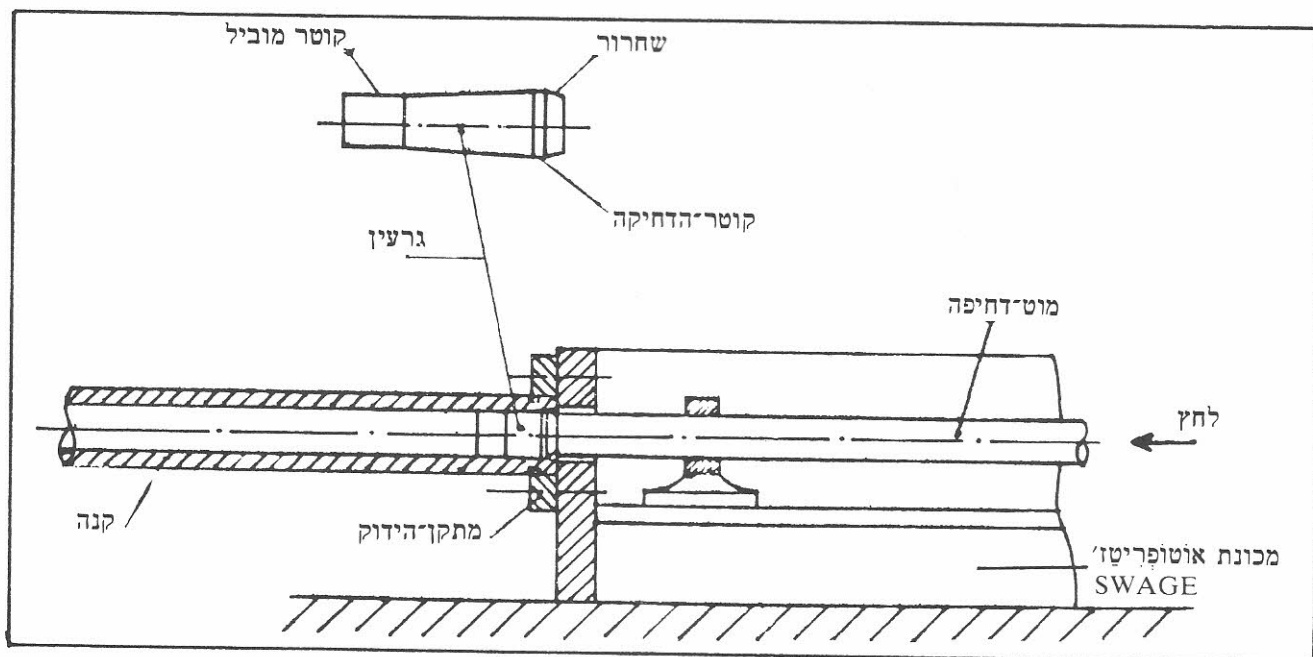
האוטופריטז' המכני (SWAGE):

בשיטה זו שפותחה לאחרונה מועבר גרעין קשה מבעד קדח-הקנה, כאשר מימדיו גדולים מקוטר קדח-הקנה ובכך נוצרים לחצי ההתפשטות הדרושים. דחיפת הגרעין המתב-

* קריטריון כניעה של טרסקה.



ציור 5 - תרשים עקרוני של אוטופריטז' הידרוסטטי.



ציור 6 – תרשים עקרוני של אוטופריטז מכני (SWAGE).

בדיקות בלתי הרסניות אחרות של המאמצים השאריתיים מבוצעות על ידי שיטות של קרני X ואולטרה-סוני. כיום משתמשים בשיטות אלו של בדיקת אוטופריטז, רק במעבדות מחקר וניתוח גודלם של מאמצים שאריתיים ואחוז עיבורייתר, מסובך יותר ומדויק פחות. הבדיקות ההרסניות מבוססות על שחרור מאמצים אשר הוכנסו בתהליך אוטופריטז.

אם מורידים חומר מדגם אשר עבר אוטופריטז על ידי חיתוך או עיבוד, המאמצים משתחררים במלואם או חלקית ומתקבלים שינויים במידות. מהשינויים האלה ניתן לנתח את גודלם של המאמצים השאריתיים ואת האחוז של עיבורייתר. אחת השיטות האלה היא:

אחת השיטות האלה היא –

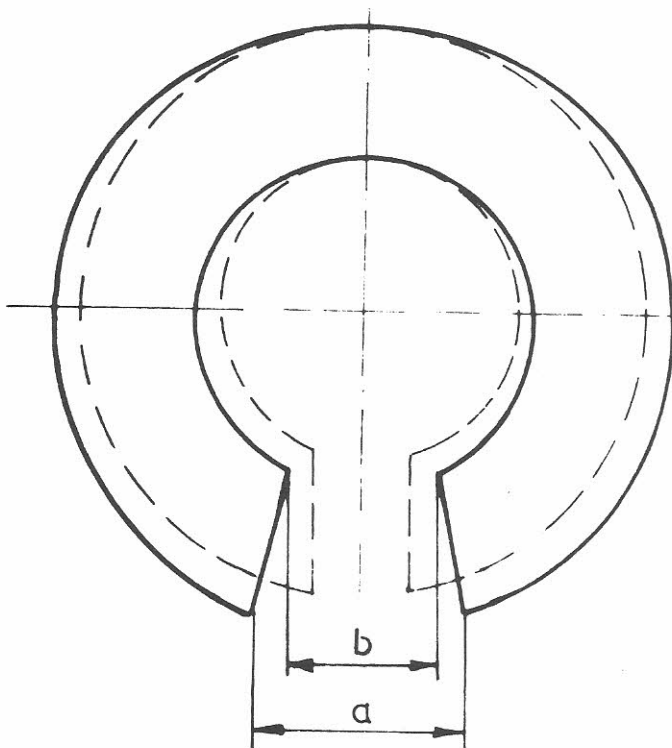
SACHS MESNAGER BORING OUT METHOD שבה חורטים את הקוטר החיצוני והפנימי בדגם של קנה אשר עבר אוטופריטז. לאחר כל שבב מודדים את הקוטר החיצוני והפנימי. בגלל המאמצים השאריתיים המשתחררים – הקדח גדל יותר והקוטר החיצוני קטן פחות מעומק השבב שהורד.

שיטת הרסנית אחרת מבוצעת על ידי חיתוך טבעת ופתיחתה מצד אחד על ידי חתך רדיאלי. בדרך זו משתחררים המאמצים והדיסקה מאבדת את צורתה העגולה. החריץ מתרחב, נעשה לא מקביל ומהפרש בין המידות "a" ו-"b" ניתן לחשב את גודל המאמצים אשר השתחררו (ציור 7).

● אוטופריטז של קנה 105 מ"מ

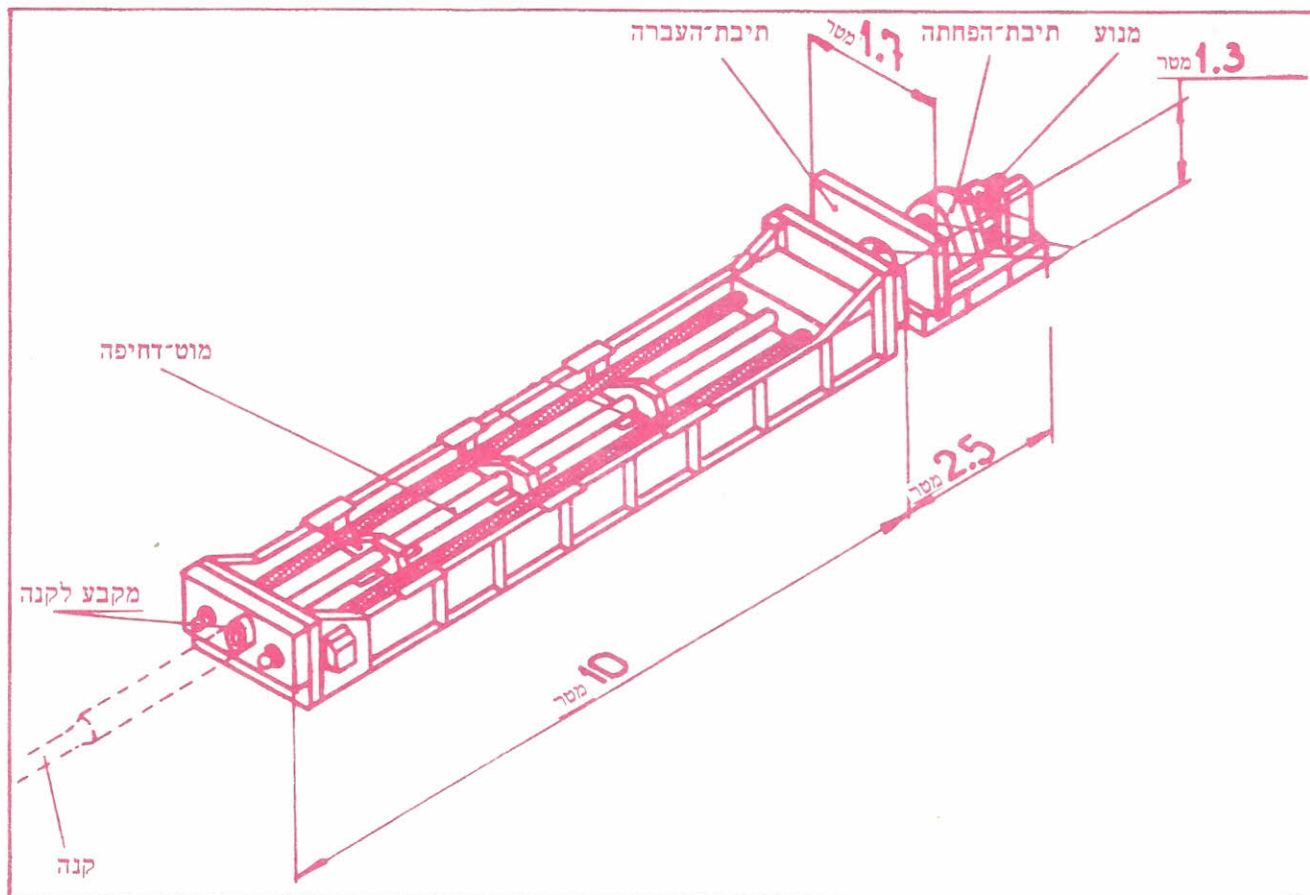
המתבצע בתע"ש

הקנה הסטרטי של תותחי הטנקים בצה"ל הוא קנה 105 מ"מ. קנה זה רובו ככולו מיוצר במפעל התותחים של



ציור 7 – בדיקת פלח-קנה

התע"ש ובין השאר הוא עובר תהליך בשיטת ה-SWAGE. הקנה מעובד קרוב למידותיו הסופיות (תוספת של 1-3 מ"מ לקוטר החיצוני). הקדח מעובד ומלוטש למידה 102,025, לאורך 2470 מ"מ ובהמשך הוא מוגדל. קטע בקצה בית-הבליעה, שבו הקנה מהודק למכונה, וקטע בקצה הלוע ינוסרו לאחר פעולת האוטופריטז. הקנה עובר



ציור 8 - מכשיר אוטופריטז'.

פעולת ציפוי בפוספט מנגן, כדי לסייע בקליטת חומר הסיכה (גריז) שאותו מורחים בדפנות הקדח להקטנת החיכוך בזמן תנועת הגרעין. בעזרת מתקן דפינה מיוחד מהדקים את הקנה ללוח הקדמי של המכונה (ציורים 6, 8). בקצה הלוע תמוך הקנה באופן חופשי על תומך. הגרעין מוכנס ביד לתוך תושבת קונית, החרוטה בצד בית-הבליעה ומוט דחיפה דוחף את הגרעין לאורך הקדח עד שהוא יוצא מהלוע. לאחר מכן עובר הקנה טיפול תרמי לצורך ייצוב ("סטביליזציה").

בדיקה

לאחר הפעולה מודדים את קוטרי הקדח, כדי לוודא שאכן התקבלה ההגדלה הסופית בהתאם למאמצים השאריתיים המתוכננים.

לאחר התהליך מתקבל קנה, אשר לחץ החוזק האלסטי שלו באזור בית-הבליעה מגיע ל-5040 אטמוספירות. יצויין, כי ללא אוטופריטז', קנה עם לחץ חוזק אלסטי כנ"ל צריך היה להיות בעל קוטר חיצוני (באזור בית-הבליעה) גדול ב-200 מ"מ מאשר הנוכחי.

מקורות:

ב. ווייס וא. שרפשטיין, "אבחנה וקביעה של דרגות האוטופריטז' בקני תותחים".
דו"ח מסכם שנת מחקר 1978/79 - הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל.

Goodheim H. and Kendell D.P.:

"Autofrettage design manual of gun tubes".
Watervliet Arsenal technical Report AMCMC.
No. 4930 16.6659, Jan 1970.

Juvinall R.C. "Stress, Strain and Strength".

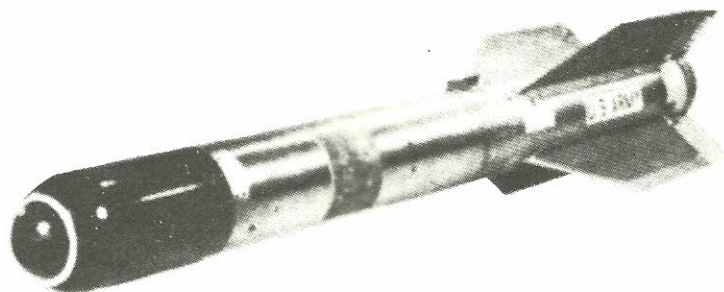
Timoshenko. S.: "Strength of Materials", Part II."

נתוני הפעולה:

- מידת הנדחק (ההבדל בין קוטר הגרעין וקוטר הקדח) - 2.5 מ"מ.
- הלחץ המופעל על דפנות הקדח - 9000 אטמוספירות.
- כוח דחיפת הגרעין - כ-100 טונות.
- קידמה - 0.35 מ'/דקה.
- טיפול תרמי - אמבט שמן 360°C במשך 8 שעות.
- נתונים אלה מציינים את האזור שבו הקוטר הפנימי 102,025 מ"מ. באזור זה שבו מתקבלים לחצי-הירי הגבוהים ים מתבצע האוטופריטז' ה"חזק" - 100% עיבוד-תרמי $W = 2.2$. הערך - 9000 אטמוספירות מתכוון לפלדת הקנה שתחזקה $\sigma_y = 112 \text{ ק"מ/מ"מ}^2$ (חוזק חומר הגלם המסופק נע בתחום $\sigma_y = 112-127 \text{ ק"מ/ג"מ}^2$).

"הלפייר" – טיל-נ"ט

מהדור השלישי



מאת – חיים פרי

עד לשנות השבעים של המאה הנוכחית, היו כוחות ה"חי"ר בנחיתות ניכרת לעומת השריון. מאז פיתוח תורת הלחימה של הבקעת קויי האויב על ידי התקפות-שריון מאסיביות, לא היה בידי ה"חי"ר מענה להגנה ולכוח האש של השריון. משמידי הטנקים העיקריים היו הטנקים עצמם, ונשק נגד-טנקים (נ"ט) של ה"חי"ר בא לידי ביטוי במגננה, בטווחים קצרים וביעילות נמוכה מאוד. השמדת ה"דק"מ הייתה תלויה ב"אומץ הלב" של לוחם ה"חי"ר, עקב טווחי ההפעלה הקצרים (מרנ"טים למיניהם), או אפילו טווח אפס במקרה של "בקבוקי מולוטוב". בשנות החמישים המאוחרות ובתחילת שנות השישים (של המאה העשרים, כמובן) הופיעו בצבאות העולם טילי נ"ט מסוגים שונים (במאמר זה טילי נ"ט הם טילים מונחים בלבד, להבדיל מרקטות חופשיות כדוגמת פצצות המטול לסוגיהן). עקב ביצועים נמוכים יחסיית של טילים אלה לא הוכנסו טילי ה"נ"ט לשימוש נרחב בצבאות המערב ותורות-הקרב המשיכו לראות את השריון כבלתי-פגיע (כמעט) עלידי ה"חי"ר. לדעת פרשנים זרים, בעיקר אמריקנים, ניתן לראות במלחמת יום הכיפורים את נקודת התפנית, כאשר במלחמה זו נפגע מספר רב יחסית של טנקים על ידי טילי נ"ט של שני הצדדים הלוחמים.

אם כי מאמר זה עוסק בעיקר בסקירת הפיתוח של טיל ה"נ"ט האמריקני "הלפייר" החדש (HELLFIRE) יובא להלן חומר רקע על טילי נ"ט בכללותם, התפתחותם ההיסטורית ותכונותיהם השונות. זאת כדי להקל על הבנת הרקע לחיפושים אחר פיתוח נוסף של טילי נ"ט ושכלולם.

טילים נגד-טנקים לדורותיהם

טילי נ"ט מונחים משתייכים למשפחת טילי קרקע-קרקע טקטיים, אף כי הם בעלי תכונות המייחדות אותם והמאפשרות ביצוע משימתם.

ניתן לציין שתי תכונות עיקריות, השונות מיתר הטילים הטקטיים:

- שיטת הנחיה המקובלת היא ניהוג על קוראיה, או ניווט יחסי כניגוד למעוף הבליסטי, או המונחה על ידי מערכת אינרציאלית בטילי קרקע-קרקע האחרים.
- ראש הנפץ או "הראש הקרבי" כפי שהוא מכונה לפעמים (סוג המטען אותו נושא הטיל אל מטרות) הינו בדרך כלל מסוג מטען חלול.

בהקשר זה יצויין, כי עד לשנים האחרונות היה מקובל לדרוש גם מחיר נמוך יחסית לטילי ה"נ"ט, אך עם שינוי התפיסה הטקטית אין דרישה זו מהווה גורם עיקרי בפיתוח טילי נ"ט.

קיימות חלוקות שונות המסווגות את טילי ה"נ"ט למשפחות. ניתן לסווגם לפי טווח פעולתם. משקלם (עולל מערכת השיגור) הגורם המפעיל אותם (איש, צוותי וכד') ולפי שיטת הנחיה.

החלוקה המקובלת היא לפי שיטת-הנחיה, כאשר עקב התפתחות הטכנולוגיה זוהי גם פחות או יותר חלוקה היסטורית, ובתוך הקבר צות השונות הנוצרות בחלוקה זו ניתן למצוא מגוון של טווחים, כושר חדירה ומשקלות. המשפחות השונות מכונות "דורות" ועד היום ידוע על שלושה דורות של טילים, כל דור מאופיין על ידי שיטת-הנחיה מסוג שונה.

דור ראשון (דור א') – פיתוח טילים אלה החל זמן-מה אחרי מלחמת העולם השנייה, והם הופיעו בתחילת שנות החמישים (הראשון שבהם היה SS10 הצרפתי). טילים אופייניים לדור זה הם: "קוב" רה" הגרמני, SS10 ו"אנטק" (ENTAC) הצרפתיים, והזילאנט (Vigilant) הבריטי, בעל טווח של כ-2000 מטר ומשקל קל יחסית. הטילים SS11, SS12 הצרפתיים, KAM-9 היפני, "סוואטר" (SWATTER) הסובייטי והסווינגפייר (SWINGFIRE) הבריטי – הם בעלי טווח של שלושה עד ארבעה ק"מ ומשקלם הגדול יחסית מחייב שיגור מעל רכב.

המאפיין את טילי ה"נ"ט מהדור הראשון הוא הניווט הנעשה ביד על ידי המפעיל (ראה ציור 2). השלבים בניווט מסוג זה הינם:

- המפעיל צופה באמצעות משקפת אל הטיל והמטרה באותו רמז.
- המפעיל מעריך את סטיית הטיל מקורהאיה.
- המפעיל נותן באמצעות מוטי-היגוי (JOY STICK) פקודות-תיקון, המביאות את הטיל אל קורהאיה.

במערכת בקרה כזו, המפעיל הוא גורם מרכזי לשגיאות הניווט. הואיל ועל האדם לאמוד את השגיאות, מותנית הבקרה בשלושה גורמים: אופי הסטיות, ספקטרום התדירויות של הסטיות וסוג מתקן-הבקרה שעליו מפקד המפעיל. בבדיקות שנערכו נתגלה, כי בדרך כלל יתן המפעיל פקודות עודפות הגורמות להרעת ביצועי המערכת. פקודות עודפות אלה נחשבות ל"רעש" טבעי (אינהרנטי) באדם, וככל שהאדם מאומן יותר – "רעש" זה קטן והולך, אך לעולם אינו מגיע לאפס. כמורכב מסתבר, כי התמרון של המטרה (בעיקר כאשר המהירות אינה קבועה) גורם לספקטרום-תדירויות רחב יחסית של הסטיות, וכתוצאה מכך "רעש" הכוון יגיע עד ל-50% בערך מערך הפקודה (בממוצע).

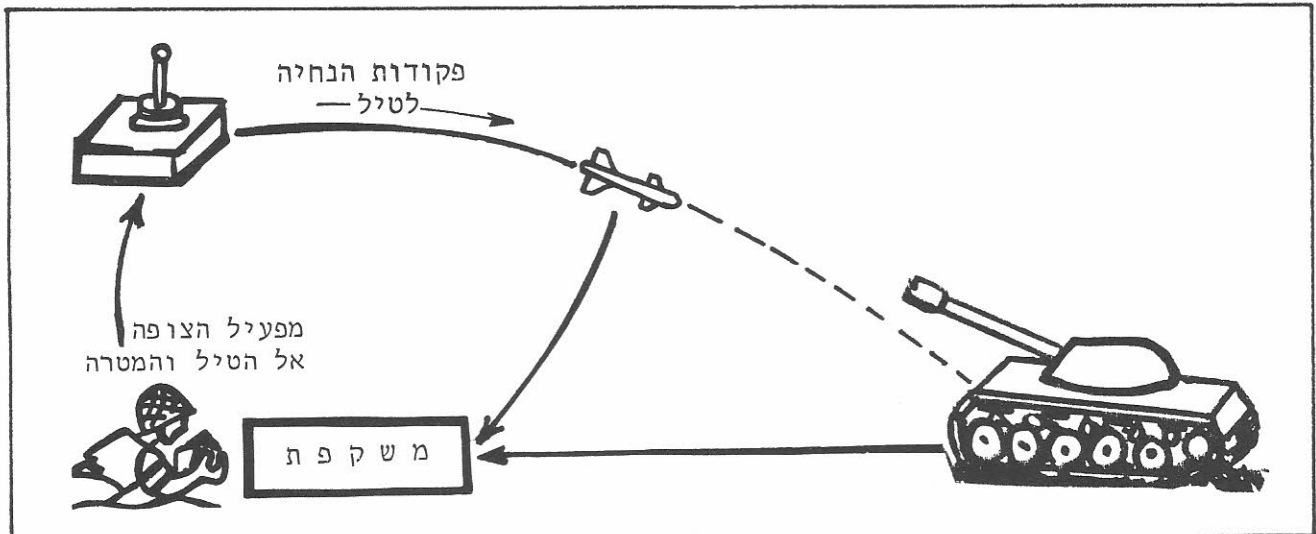
על יסוד התיאור שניתן אפשר לראות היטב את חסרונות הניווט ביד:

- תלות חזקה מאוד של טיב הניווט במידת המיומנות והתרגול של המפעיל.
- טיב הניווט מושפע מאוד מתנאים סביבתיים שונים.
- מהירות הטילים נמוכה יחסית, כדי לאפשר למפעיל לעקוב אחר הטיל ולהספיק לשלוט עליו (קבוע הזמן – ההשהיה – של האדם הינו ארוך יחסית לכל מערכת אלקטרונית).

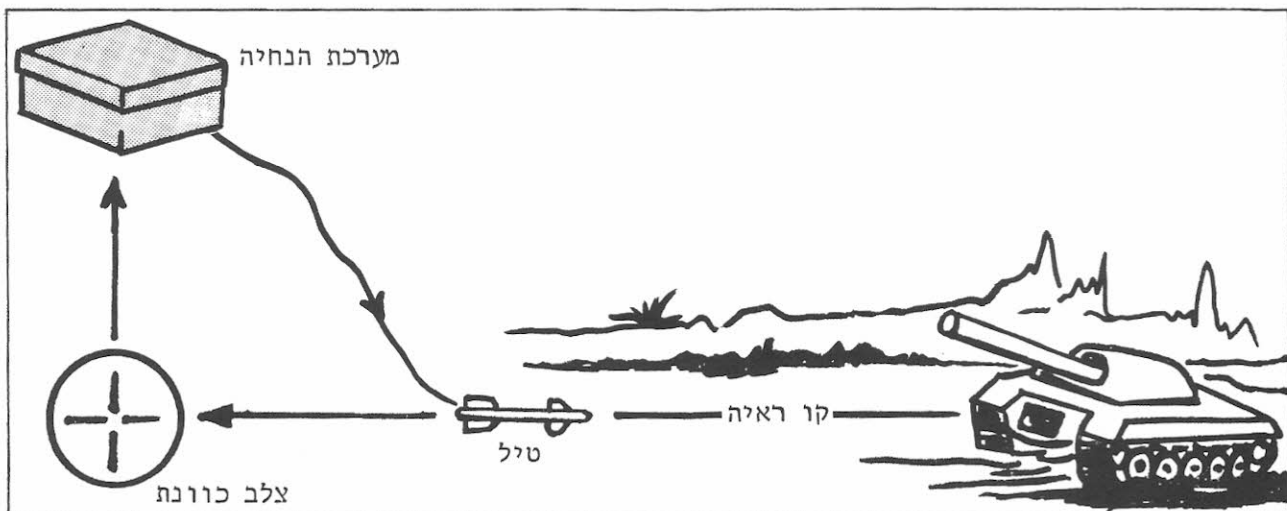
דור שני (דור ב') – בשנים לב למגרעות של הטילים מהדור הראשון, פותחו בסוף שנות השישים, טילים בעלי הנחיה מסוג שונה. טילים אלה מאופיינים על ידי ניווט אוטומטי למחצה. במערכת מסוג זה המפעיל (נווט) מכון צלב כוונת אלקטרואופטית אל מרכז המטרה, מערכת-ההנחיה האלקטרונית מוצאת את מיקום הטיל במרחב ומחשבת את פקודות-התיקון שיביאו את הטיל אל קורהאיה (ראה ציור 4). ניתן לראות את היתרון של מערכת מסוג זה – על פני הניווט הידני. כאן – על המפעיל רק לשמור את צלב הכוונת על המטרה במשך כל המעוף ואין הוא צריך לאמוד את סטיות-הטיל (בעצם עליו להתעלם מן הטיל ולהתרכז במטרה בלבד). כתוצאה מכך – משתפרת פונקציית המפעיל וה"רעש" (תנודת פקודות-התיקון) – קטן באופן ניכר.

כדוגמאות לטילי נ"ט מהדור השני ניתן להביא את ה"טאו" (TWO) וה"דרגון" (DRAGON) האמריקאים. ה"טאו פותח על ידי חברת "יו" בסוף שנות השישים והיה בשימוש במלחמת וייטנאם ובשלהי מלחמת יום הכיפורים ביצה"ל. טווחו כ-3000 מטר והוא יחסית כבד, כלומר טיל צוותי. ה"דרגון" הוא טיל אישי, בעל טווח של כ-1000 מטר. טילים נוספים הם ה"הוט" (HOT) וה"מילאן" (MILAN), שפותחו בשיתוף פעולה גרמני-צרפתי. הראשון – כבד ובעל טווח של כ-4000 מטר והשני – קל וטווחו 2000 מטר.

על אף השיפורים (הממשיים כשלעצמם) של הטילים מהדור השני,



ציור 1 – הנחיה ידנית של טיל מדור-ראשון.



ציור 2 - ניווט אוטומטי למחצה של טיל מדור-שני.

בהשוואה לטילים מהדור הראשון, עדיין ישנן מגרעות אחדות המחייבות מציאת פתרון:

- יש צורך בקוראיה בין המשגר והמטרה, דבר הגורם לחשיפת החייל המשגר ולהגבלת טווחי-הטיל.
- המשגר צריך לשמור על קו-ראייה בכל משך מעופו של הטיל.
- בטיילים שפקודות-ההנחיה אליהם מועברות בטיילים קיימת מגבלת מהירות, המאריכה את משך מעופו של הטיל וכמובן את משך הזמן שבו המשגר חשוף.

דור שלישי (דור ג') - בשלב זה ההגדרה לדור שלישי אינה סגורה ונהוג לכנות את כל הטילים שיבואו לאחר הדור השני - כדור-שלישי, אם כי כהגדרה מדויקת יותר ניתן להכליל במשפחה זו את הטילים, אשר שיגורם יתאפשר בשיטת "ירה ושכח". כלומר, על המפעיל רק לכוון אל המטרה ולירות את הטיל. מרגע זה ואילך, יוכל המפעיל להיפנות ולעסוק בפעולות אחרות, כגון החלפת עמדות או העסקת מטרה אחרת. ישנו הבדל מהותי בין טילים מדור שלישי ובין הטילים מהדורות הקודמים. בעוד שהטילים מהדורות הקודמים מוני חים בשיטת "רכיבה על קוראיה", יונחו הטילים מהדור השלישי ב"ניווט יחסי", דבר המתאפשר עקב תוספת ראש הביות. מתוך התיאוריות של הנחיית טילים, ניתן לחשב מתמטית ולהוכיח, כי הניווט היחסי הינו שיטת-הניווט הטובה ביותר, המאפשרת לטיל את הביצועים הטובים ביותר (זאת כמובן נוסף על היתרון החשוב של "ירה ושכח"). שיטות הביות לטילים מהדור השלישי הן שונות, כאשר האפשרויות הבאות בחשבון הינן ביות לכתם ליזר (ראה ציור 3), ראשי-ביות טלויזיוניים (מצוים כבר בחימוש אוויר-קרקע), מכ"מים או גלאים לגלים מילימטריים וראשי-ביות המבוססים על הדמאה תרמית.

סיכום

עד לכאן סקרנו את ההתפתחות שחלה בטיילי נ"ט מאז שנות החמישים. התרכזנו בעיקר בנושא ההנחיה, אך יש לזכור, כי מטבע הדברים חלה התקדמות בכל הפרמטרים המאפיינים טיל נ"ט, כגון כושר חדירת שריון, פיתוח מנועים דלי עשן המונעים את גילוי המשגר וכו'. ההתפתחות הטכנולוגית, בעיקר בנושאי אלקטרואופטיקה ומזעור רכיבים אלקטרוניים, הזינה באופן טבעי את הדרישות המבצעיות. דרישות אלה גדלו והלכו, ושוב נוצר מצב שבו הטכנולוגיה נדרשה להעלות פתרונות לאיפיונים מבצעים. שוב לא נדרש, כי טיל הנ"ט ישמש למגננה בלבד, אלא רואים בו נשק התקפי שיאפשר לפגוע ולהשמיד מיד טנקים בטווחים גדולים (יותר מ-6 ק"מ) ובסיכווי פגיעה המתקרבים ל-100%. מזעור המחשבים (פיתוח

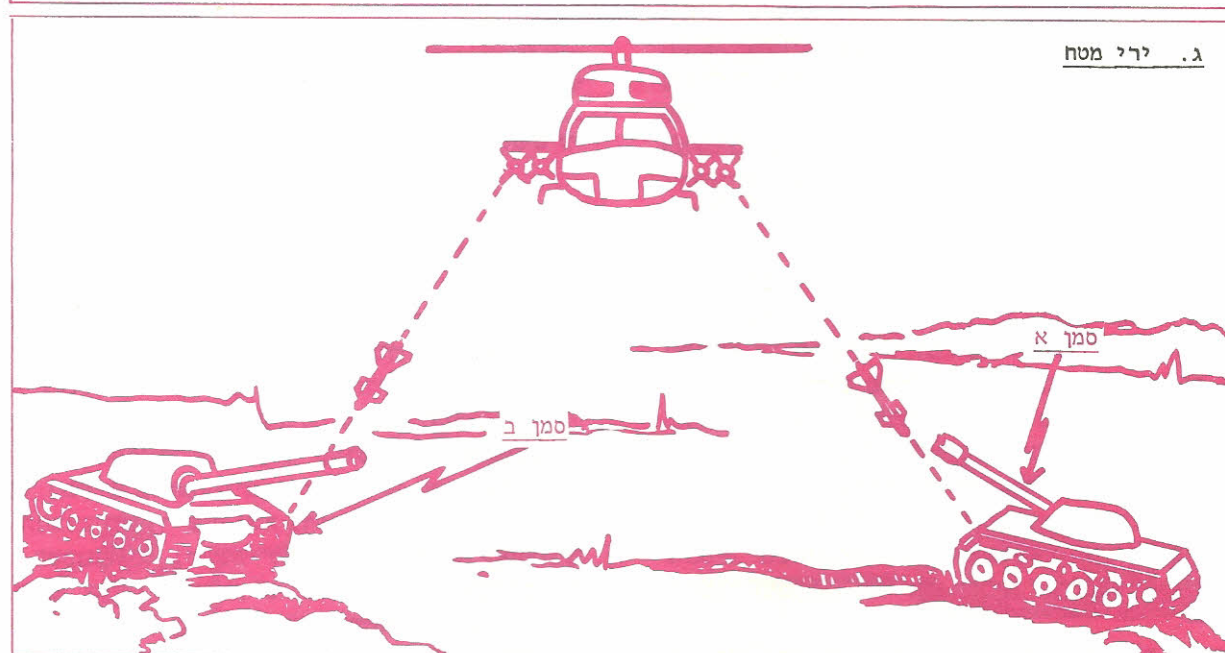
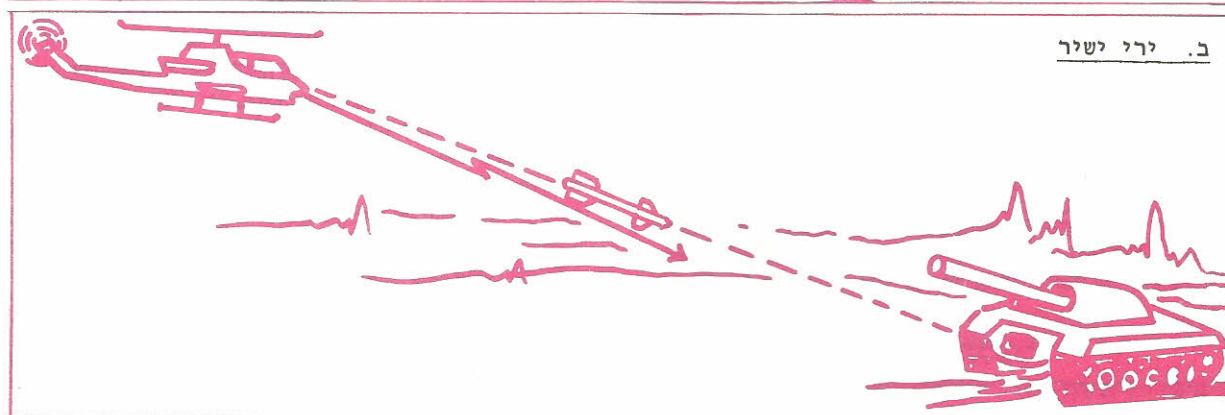
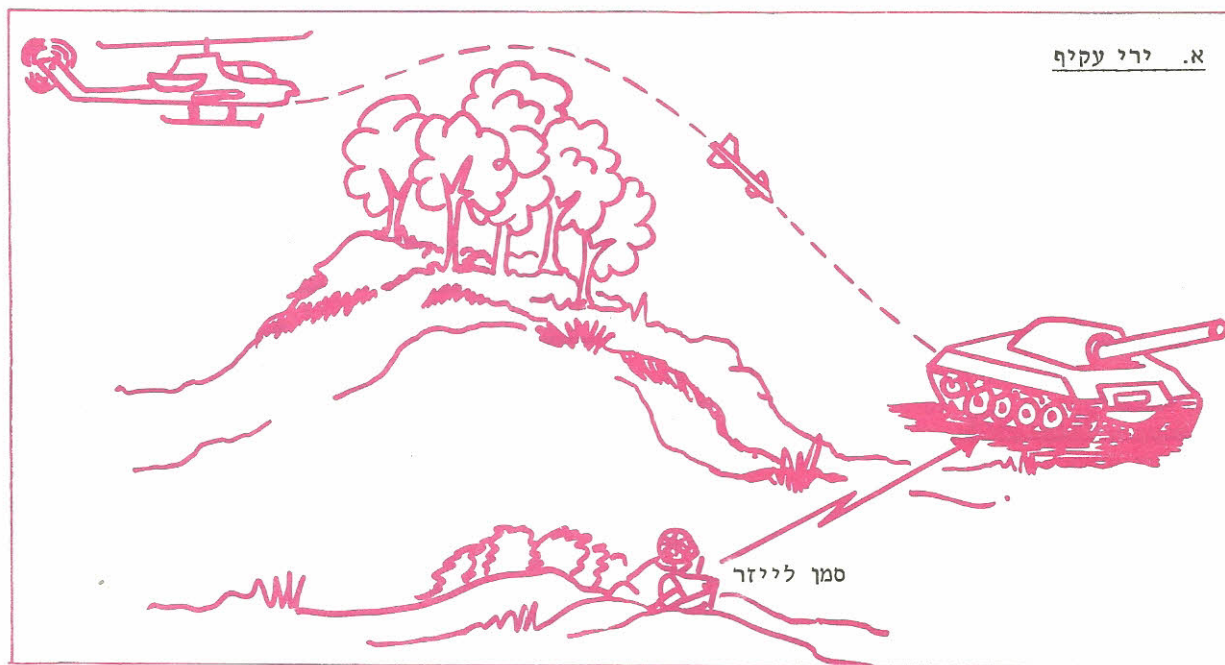
המיקרו-מחשב) המאפשרים ל"שתול" בכל טיל מחשב אחד או יותר, מאפשרים לממש טילים אשר ינעלו על מטרתם, יבצעו חישובי-סטיות ויתקנו את מסלול מעופם כך שיפגעו במטרה שהוגדרה על ידי המפעיל לפני הירי, זאת מבלי שהמפעיל יצטרך להתערב במעופו של הטיל.

כדוגמה מייצגת לטילים מסוג זה, מובא בהמשך הכתוב הטיל "הלפיר", אשר בדגם הראשון שלו הינו טיל המתב-יית לכתם ליזר. בעתיד אמור להיות הטיל בעל ראש ביות מתקדם, שלא יזדקק לציון המטרה. יש החולקים על היותו של טיל זה (במבנהו הנוכחי) טיל מדור שלישי במלוא מובן המלה, אך מכל מקום מבחינת שיטת הקשר בין המשגר לטיל ולמטרה, ה"הלפיר" מייצג דוגמה מאפיינת של דור זה. כל הנתונים והעובדות המובאים במאמר זה, נלקחו מתוך פרסומים גלויים, שראו אור בנושא זה.

הטיל "הלפיר"

את תחילתו של הטיל "הלפיר" (ת. השער) רואים בסוף שנות השישים, כאשר הוחלט בצבא ארה"ב לצייד מסוקי תקיפה עתידיים בטיל נ"ט מסוג "שגר ושכח". כפתרון ביניים הותקנו טילי הטאו על המסוקים, אך עקב מגבלות טווח ושיטת ההנחיה של הטיל "טאו" נמשך החיפוש המאסיבי אחר פתרון מתקדם ונראה כי הפתרון נמצא בטיל "הלפיר", אשר יועד בעיקרו לשיגור ממסוקים (השם HELLFIRE נגזר מהמלים: LAUNCHED FIRE AND FORGET. בשנת 1971 ביצעה חברה ROCKWELL INTERNATIONAL של שבעה טילי "הורנט" (HORNET) מצויידים בראש מתביית על כתם ליזר ובתוצאות מוצלחות ביותר, כאשר כל שבעת הטילים פגעו במטרתם. בחודש ספטמבר 1971, נורה טיל ראשון ממסוק - ושוב בהצלחה. ארבעה עשר טילים נוספים, שנורו לאחר מכן הוכיחו, כי הרעיון של טיל נ"ט אשר יתביית לכתם ליזר ואשר ישוגר ממסוק - ניתן למימוש מבצעי. במשך שנת 1972 בוצעו מספר ניסויים נוספים, שכללו ירי עקיף (כאשר אין קו-ראייה בין המסוק המשגר ומטרתו) וירי אל מטרת נעות בטווחים הגדולים מ-6 ק"מ.

בעקבות ההצלחות הוקצבו בשנת 1974 למעלה מאחד-עשר מיליוני דולרים לביצוע מחקרים-שימושיים בטיל נ"ט על



ציור 3 - אפשרויות ירי של טילי"ט המתביית לכתם-למר.

- ירי עקיף (בירי ממסוק – הטווח המקסימלי המשוער כ-20 ק"מ). הטיל משוגר כאשר אין קוראיה בין המשגר והמטרה והטיל מתביית אל המטרה המסומנת על ידי מקור לייזר, הנמצא בקרבה יחסית אליה.
- ירי ישיר (טווח משוער כ-7 ק"מ, מותנה בטווח הסמן). הירי נעשה כאשר קיים קוראיה בין המשגר והמטרה. בדרך זו מתבצע הציון על ידי המשגר עצמו.
- ירי במטח. המשגר יורה את הטילים ברצף ומספר סמנים מסמנים מטרת שונות. הטילים השונים מתבייתים כל אחד למטרתו



ציור 4 – טילי "הלפיר" מותקנים על מסוק YAH-64

אם כי עדיין לא החלו בהצטיידות בטיל המתביית לכתם לייזר, כבר שוקדים המהנדסים על שיכלול הטיל, בעיקר כדי להפכו לטיל "שגר ושכח" אמיתי, כלומר טיל אשר יתביית עצמאית אל מטרתו ללא צורך באמצעי-עזר כגון סמן.

בין הטכנולוגיות המוזכרות בנושא זה אנו יכולים למצוא ראש-ביות בגלים מילימטריים, ראש-ביות תרמי, ראשים המתבייתים למכ"מ ומשולבים עם מערכת תרמית וכו'. כאמור לעיל, הטיל מתוכנן להצטיידות בשנת 1981. התחזית לטיל, מסתכמת ב-300 מיליון דולר בערך לפיתוח (למעלה מעשרה מיליארד ל"י וב-550 מיליון דולר בערך להצטיידות שתמשך כ-7 שנים).

תחום טילי הינ"ט המונחים ומערכות-השיגור שלהם, כהיותו מבוסס על מרכיבים אלקטרוניים, מאופיין בהתקדמות מהירה ומתמדת. ההתפתחות בתחום האלקטרוניקה (יחד עם שיפורים מתמידים בטכנולוגיות נילוות), הביאו לידי כך, שבכל עשור שנים, מאז הופעת סוג זה של מערכות נשק, אנו מונים דור חדש.

רמת הדרישות וחומרתן ילכו ויגדלו וככל שיהיו טילים מתוחכמים יותר, יימצא מי שידרוש איכויות נוספות. תהליך זה גורם להפריה הדדית בין דורשי-הדרישות ומספקי-הפתרונות הטכנולוגיים, והוא אשר גרם לכך שהי דור השלישי של הטילים אשר לפיתוחו אנו עומדים, שונה בצורה כה מהותית, מאלו של הדור הראשון.

ראשי ביות שונים. המחקר הוכיח תאורטית, כי ניתן לייצר טילי נ"ט, אשר יהיה אפשר בצורה מודולרית להרכיב עליהם ראשי-ביות בטכנולוגיות שונות ובסוף שנת 1974 התחרו חברות "יוו" ו"רוקוול" על קבלת החוזה לביצוע הפרויקט.

בהיותה מנוסה בביצוע ירי של טילים מתבייתים לכתם לייזר, הצליחה חברת ROCKWELL להתאים ראשי ביות לייזר לדרישות ה"הלפיר" ולהכין את הטילים לירי בפרק זמן קצר ביותר. הניסויים המרשים ביותר נערכו בחודש נובמבר 1974, כאשר שני טילים נורו בהפרש של 8 שניות בלבד לעבר מטרת נעות. סמן לייזר יחיד סימן מטרה ראשונה, ומיד עם הפגיעה עבר לסמן את המטרה השנייה, שגם אותה סימן עד שנפגעה על ידי הטיל השני. בחודש אוקטובר 1976 הוכרז רשמית, כי חברת ROCKWELL זכתה במכרז לפיתוח ה"הלפיר" והוקצב סכום של כ-70 מיליון דולר לצורך פיתוח מערכת הנשק.

בשלב ראשון ה"הלפיר" הינו טיל המתביית לכתם לייזר, כלומר: בחרטום הטיל קיימת מערכת חיפוש הסורקת את השטח ומחפשת מטרה המוארת על ידי קרן לייזר, בעלת אורך גל נתון ובעלת צורת-הארה מיוחדת המהווה את הקידוד הנדרש למניעת הפרעות. כשהטיל מגלה מטרה מוארת הוא מתביית אליה באופן אוטומטי – עד לרגע הפגיעה. בתצורת-קרב אופינית המשגר וסמן-הלייזר לא יימצאו באותו מקום (אם כי ניתן כמובן לציין מהמשגר, בתנאי שיש קוראיה) כך שלאחר הירי, יוכל הכלי המשגר לעזוב את נקודת השיגור או להמשיך לירות טילים נוספים. הסמן יידרש להמשיך ולציין את המטרה עד לרגע הפגיעה של הטיל.

פיתוח מערכת הנשק נמשך במלוא הקצב זו השנה הרביעית, כאשר הדגש מושם על מודולריות של המערכת, כך שאפשר יהיה לממש טכנולוגיות חדישות ללא צורך בתכנון נים מעמיקים וניתן יהיה להתקין את המשגר על מגוון רק של פלטפורמות נושאות. בשלב זה משוגר הטיל מעל מסוקי תקיפה מסוג "YAH 64" מתוצרת "יוו" (ציור 4), אך הנטייה היא לאפשר ירי של הטילים ממסוקי "קוברנה" (פל), ממטוס "פיירצ'ילד A10" (שהינו מטוס בעל כנף קבועה לסיוע אוויר-קרקע צמוד) ומ"נגמ"שים מהסדרה M-113 או מעל כל נגמ"ש אחר כדוגמת ה-XM2.

משקל הטיל כ-40 ק"ג, מתוך זה 19 ק"ג בערך מוקדשים לראש הנפץ (הראש הקרבי) שהוא מטען צורתי (חלול) בקוטר 7 אינץ' ומתוכנן לחדור את השריון של הטנק הסובייטי החדש T-80. אורך הטיל 64 אינץ' וקוטרו אחיד לכל האורך 7 אינץ'.

מסוק ה-YAH 64 מצויד ב-16 טילים התלויים מתחת לכנפיו. ניתן לשגר את כל הטילים במטח, כך שקצב האש יהיה 16 טילים לדקה. הדיוק במצב המסוק ביחס לקוראיה אל המטרה הוא נמוך יחסית וניתן לסטות ב-10° מקור-הראיה. גובה השיגור המינימלי ממסוק, אשר בוצע עד כה הוא 4.5 מטר. ניתן לירות את הטיל ב-3 אופני-ירי עיקריים (ראה ציור 3):

כלים לנדסומות C.N.C



איש המקצוע המיומן והמנוסה, ששנים כה הרבה
הקדשת ללימוד מקצוע החריטה והכירסום, שגאוותך
על כישוריך ומקצועך.

המתמחה ללא הרף בחידושים המתוחכמים של C.N.C. ו-
C.N.C. אותם מחשבים משוכללים המפעילים את
המחרטה והכרסומת.

האדם המתאים לנו, המבין ומעריך את החידושים
והשיכלולים במבחר הכלים והאביזרים לעיבוד שבבי,
שקבוצת E.T.M. מעמידה לרשותך.

תעריך את נאמנותם, אמינותם, חוזקם, דיוקם
ויעילותם של המכשירים.

ואותך נהיה גאים לצרף לחוג לקוחותינו הנאמנים.

**יצרני כלי חיתוך ואביזרים לעיבוד שבבי
כלים מיוחדים לפי הזמנה.**

אתה

אתה

אתה

אתה

אי.טי.אם.

חברה לתעשית מכשירי הנדסה בע"מ

שיווק: "אטמוס" חברה להפצת מכשירים בע"מ

אזור התעשייה הרצליה ב' ת.ד. 309 טל. 77351, 78376, 052-70914



אחד הנימוקים העיקריים
המעורר התנגדות לשימוש
באטמים במערכות הידראוליות
הוא דליפות במערכת. מעריכים,
כי ניתן היה לחסוך כל שנה
יותר ממאה מיליון גלון של
זורם, לו מנעו דליפות חיצוניות
ממערכות הידראוליות.

(א)

החברה האמריקנית "מובייל-אוייל"
קואופורישן" ערכה מחקר ופיתחה מִדָּד
לזורם ההידראולי (HFI), שבאמצעותו
ניתן לערוך השוואה בין קיבול השמן
במיכל לבין צריכת השמן. המחקר
מגלה, כי מדד הזורם ההידראולי באר-
צות הברית הוא 4: פירושו - שכל
שנה, מפעל ממוצע משתמש בשמן
שכמותו גדולה פי ארבעה מקיבול
השמן במכלי הציוד ההידראולי
והמערכות שברשותו.

האם קיימת אפשרות למנוע דליפות
חיצוניות של זורם? התשובה היא חיר-
בית. מערכות הידראוליות במטוסים
נטולות למעשה כל דליפה, ודליפות
במערכות ציוד ממונעות פחתו במידה
ניכרת. בציוד תעשייתי מתוכנן ומותקן
כהלכה, בעיית הדליפות נעלמה כמעט
כליל.

הצמצומים בהיקף הדליפות הושגו
כתוצאה מפיתוח אטמים משופרים
ומטכנולוגיה ותכנון מתקדמים.

לפי ההגדרה, אטם הוא התקן או אמצעי
המונע או מצמצם מעבר של זורם בין
שני משטחים. הקדשת זמן-מה לעיון
עשויה לסייע בלימוד כל הכרוך באטי-
מה.

תפיסת-היסוד של אטימה עוסקת בקו
אטימה או בפס-אטימה. זהו קו מגע או
שטח מגע רציף בין האטם לבין שטחי
המגע הנגדיים שלו, אשר עוצר ביעי-
לות מעבר של זורם ממקום הנתון
בלחץ לעבר מקום הנתון לפחות לחץ.
כל דבר המפסיק את הקו או הפס הר-
ציף יגרום לדליפה.

א

ט

מ

י

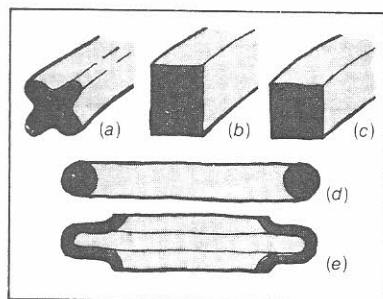
ם

אטמים סטטיים

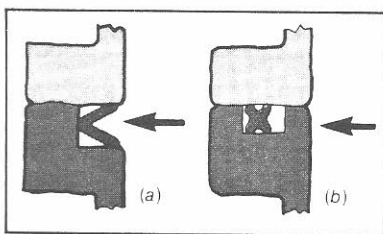
באטם סטטי משתמשים בכל מקום שאין קיימת בו תנועה יחסית כלשהי בין שטחי מגע, להוציא תנועה מזערית הנובעת משינויים בלחץ ובטמפרטורה, מהתרחבות והתכווצות, מבלייה רגילה, מזעזועים ותנודות. דוגמאות לשימוש באטמים סטטיים כוללות אטמים המיועדים לאוגנים, מגופות וצינורות (עיין בציור 1). אלה הן דוגמאות לשימוש דוגמאות של סוגי אטמים סטטיים כוללות, למשל, טבעות O, אטמי-אוגנים, טבעות בעלות אונות וטבעות מתכת (עיין בציור 2).

אטם-הרכבה

אטם הוא מסוג אטם-הרכבה, אם הוא ומשטחי המגע שלו צריכים להיות במגע ברמת-לחץ שהיא גדולה מן הלחץ של הזורם הנתון לאטימה. אל רמת לחץ זו מגיעים בדרך כלל באופן מכני, כמתואר על ידי דיסקיט-מעיקה או אטם-טריז (עיין בציור 3).



ציור 1 - שימושים שונים באטם מסוגים מסוימים (במקרה זה טבעות O) כוללים אטם-כיפה (a) עם תושבת פינמית (החלל המקבל בתוכו את האטם), אטם-פקק עם תושבת חיצונית, (c) אטם-אוגן, (d) אטם-מצח על אוגן-צינורות, (e) אטם-טריז.



ציור 2 - אטמים סטטיים אופייניים כוללים טבעת בעלת חתך עם ארבע אונות (a), טבעת מלבנית חרוטה (b), טבעת ריבועית חרוטה (c), טבעת O (d), טבעת מתכת צורתית (e).



ציור 3 - אטמי-הרכבה הם אטמים אשר בהם השטחים האוטמים מהודקים באופן מכני, כדי למנוע או לעוות את צורת האטם ובכך ליצור קו אטימה או פס אטימה. דוגמאות אופייניות הן: (a) דיסקיט-מעיקה, (b) אטם-טריז.

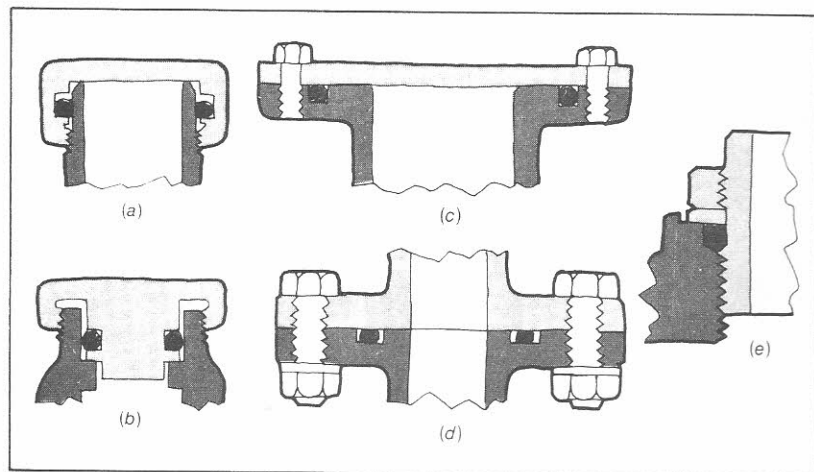
אטם-לחץ

סוג אחר של אטם סטטי מכונה אטם-לחץ (או אטם-פעולה) המתואר בציור 4. כאן, הלחץ הראשוני הוא נמוך למדי ונגרם על ידי לחץ ההידוק של מקום החיבור. אילו רק הלחץ הזה היה הגרם הבלעדי, כי אז ללא ספק היתה מתחוללת דליפה באטם זה. בכל אופן כאשר הולך וגדל הלחץ במערכת, הוא גורם לשינוי של צורת האטם, כך שלחץ האטימה העולה יוכל לעמוד בפני לחץ הנוזל. דוגמאות אופייניות לאטמים כאלה מייצגות טבעות O, טבעות בעלות אונות, טבעות בצורת "V" וצורות אחרות. בחירת אטם לשימוש סטטי היא לעתים קרובות ענין הכרוך בפשרה. בשביל אטם-הרכבה יידרש חומר גמיש ורך. לעומתו, יידרש חומר קשה וחזק יותר כדי למנוע דחיקת אטם ממקומו. קשיי

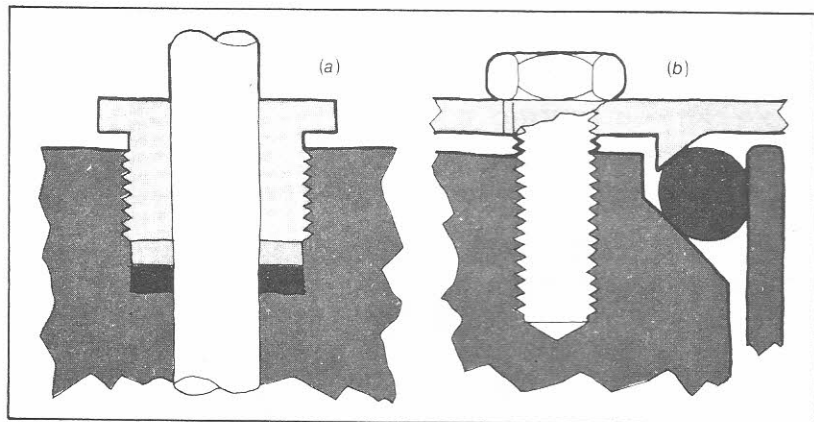
הרכבה או התקנה, עשויים להצביע על הצורך באטם מעוצב מראש. שיקולי השפעת הסביבה עשויים להיות הגורם המכריע בבחירת האטם וזאת בגלל סוגי הזורמים ההידראוליים במערכת.

טבעות O - כאטמים סטטיים

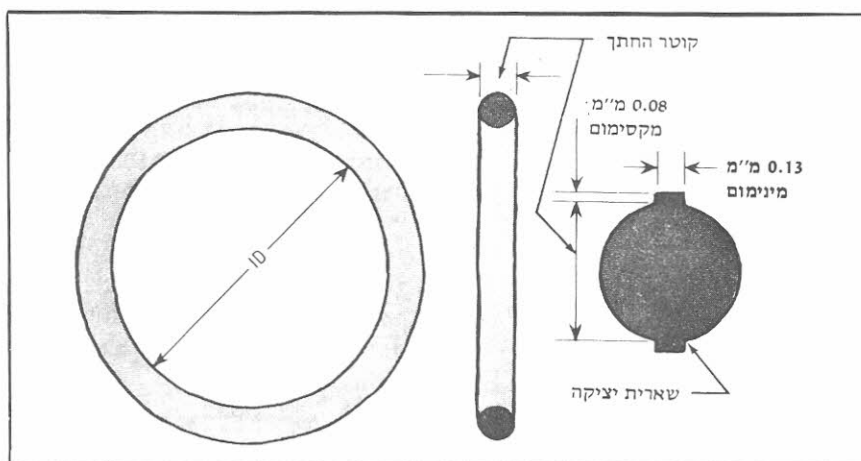
לצורכי אטימה רבים שבהם מאפשרים זאת תנאי טמפרטורה, לחץ, סוג זורם או הגיאומטריה, לעתים קרובות יוצא שטבעת O היא בחירה מצוינת (עיין בציור 5). בגלל החתך הרוחבי העגול שלה, היא מתאימה ללא קושי לצורות הגיאומטריות המקובלות שבשימושים ההידראוליים ופנימטיים ואוטמת ביעילות לחצים עד כדי 100 אטמוספרות בלי להסתייע בטבעות תמיכה, אגב יצירת לחץ מגע בגבולות 3 עד 12 ק"ג לסנטימטר אורך של קו המגע. בעזרת תכנון נאות של התושבת והשימוש



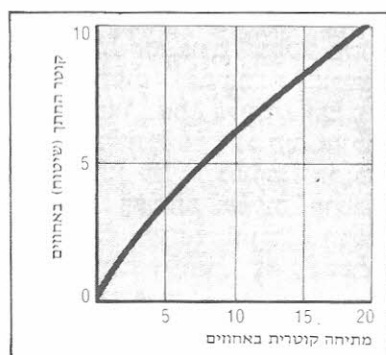
ציור 4 - שימושים שונים באטם מסוגים מסוימים (במקרה זה טבעות O) כוללים אטם-כיפה (a) עם תושבת פינמית (החלל המקבל בתוכו את האטם), אטם-פקק עם תושבת חיצונית, (c) אטם-אוגן, (d) אטם-מצח על אוגן-צינורות, (e) אטם-טריז.



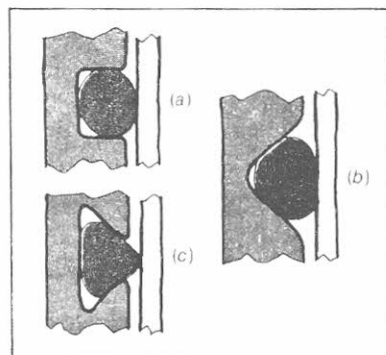
ציור 5 - אטמי-הרכבה הם אטמים אשר בהם השטחים האוטמים מהודקים באופן מכני, כדי למנוע או לעוות את צורת האטם ובכך ליצור קו אטימה או פס אטימה. דוגמאות אופייניות הן: (a) דיסקיט-מעיקה, (b) אטם-טריז.



ציור 5 - קוטר החתך של הטבעת והקוטר הפנימי מסומנים בדרך כלל בעשיריות של אינץ' או במ"מ. המידות המותרות המקסימליות של השאריות מיציקה האטם מצוינות ללא תלות בגודל הטבעת-0.



ציור 6 - הגרף מראה שיטוח הטבעת-0 באחוזים, לעומת המתח הקוטרית באחוזים של הקוטר הפנימי בעת ההרכבה.



ציור 7 - צורות תושבת-אטם מקובלות: (a) מלבן, (b) צורת "V", (c) טרפז ("זנב יונה").

או בהיקף החיצוני, ולכן מחירו זול יותר. אולם, אטם שהתושבת שלו בצורת "V" יוצר את החיכוך הגדול ביותר מכל שלוש הצורות.

החריץ בעל חתך הטרפז (או "זנב יונה") נועד לשימושים סטטיים או לשימושים שיש בהם תנועות איטיות הלך-ושוב. הוא מונע דחיקת האטם ממקומו, מבטיח אטימה דינמית הדוקה יותר, ומפחית את החיכוך הנוצר בעת

מוצעות לשימושים רבים. הצורות הן - מלבן, צורת "V" וטרפז (עיין בציור 7). צורות אחרות גם הן מקובלות. אפשר להשתמש בחריץ המלבני לכל שימוש הכולל מצבים סטטיים שמופעל בהם לחץ גבוה. צדדיו נטויים כלפי חוץ בשיעור 7 מעלות עם רדיוס שפות של 0.1 מ"מ בערך. מידות הנפח של התושבת מצוינות בפרסומים טכניים המוצאים לאור על ידי היצרנים.

עיבוד פני השטח חייב להיות חלק למדי ומבוצע על פי רוב בתהליכי השחזה עדינה וכדומה. כתוצאה מלחצי צים גבוהים יותר, עלולים המשטחים להחליק או לעבוד בעת פעולת המערכת. ההחלקה גורמת לבליית האטם; ככל שהמשטחים גסים יותר, כן גוברת מהירות הבלייה של האטם. אם אין אפשרות למנוע החלקה, יידרשו משטחים חלים חלקים יותר לצורך הארכת אורך חיי האטם. אך יש לזכור, אטמים צריכים להתבלות מוקדם יותר מהרכיבים היקרים יותר שבהם הם מורכבים.

הינתקות של משטח האטימה כתוצאה מהפעלת לחצים גבוהים, עלולה לדחוק את הטבעת-0 אל מחוץ לתושבת אל תוך המרווח שבין החלקים (עיין בציור 8). אחר כך, נפילת לחץ פתאומית עלולה ללכוד את שפת האטם בתוך המרווח. פעימות לחץ שנוצרות כתוצאה מכך עלולות לכרסם בשפה הנדחקה של האטם. בסופו של דבר ייכשל האטם ותיגרם דליפה.

החריץ בצורת "V" מתאים ביותר ללחץ נמוך, לשימושים סטטיים ולטמפרטורה נמוכה, שבה הוא עומד בפני קור בזכות לחץ גדל והולך המורעל על האטם. החריץ הזה הנו פשוט ביותר לעיבוד בין אם בהיקף הפנימי

בטבעות-תמיכה ניתן להרחיב את תחום הלחץ עד 200 אטמוספרות ויותר. בשביל קוטר פנימי מסויים של טבעת-0, ניתן להשתמש בחתכים רוחביים בעלי מידות אחדות. ברוב השימושים, כל חתך רוחבי מצוי המתאים למקום, עשוי למלא את התפקיד הנדרש. בדרך כלל:

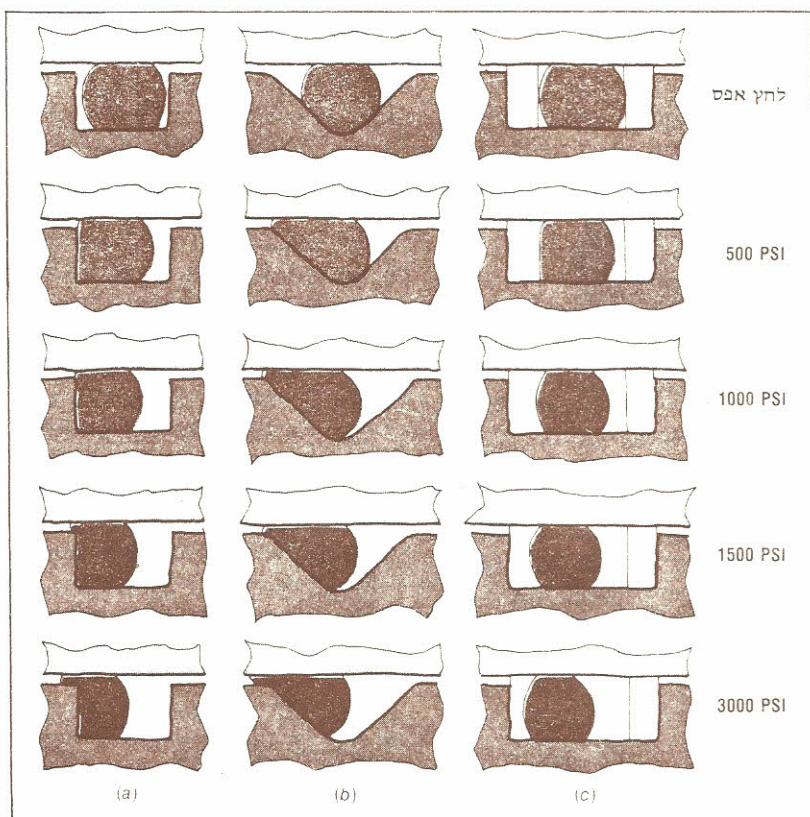
- יש להשתמש בחתך רוחבי הגדול ביותר שמצוי במצאי והמתאים למקום מסויים.
- חתכים רוחביים גדולים עלולים להיזק פחות כתוצאה מהתקנה, שחיקה, גלגול או פיתול.
- חתכים רוחביים גדולים עמידים טוב יותר בפני עליות פתאומיות וגבוהות בטמפרטורות.
- סיבולות למתיחה ומעיקה של הטבעת הן בדרך כלל נוחות וגדולות יותר בטבעות בעלות חתכים רוחביים גדולים יותר.

מתיחה של יותר מחמישה אחוזים עלול להגרם לדליפה; מתיחה בצירוף טמפרטורות גבוהות או סוגי נוזל שהתאמתם לחומר האטם גבולית, עלול להגרם לעיוות החומר האטם. כמו כן, מתיחה גדולה מדי מצמצמת את שטח החתך הרוחבי וגורמת לשיטוח (עיין בציור 6).

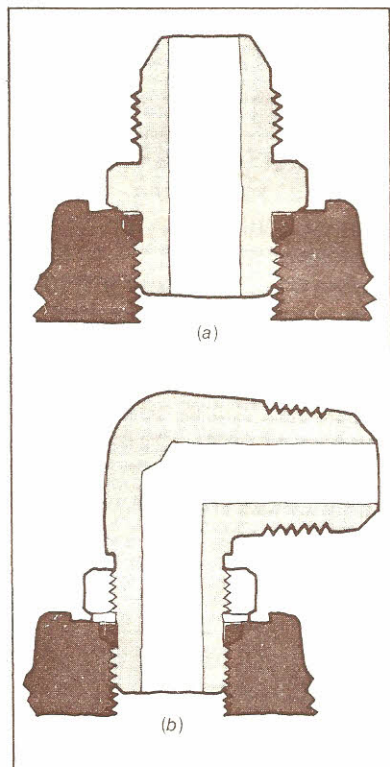
טבעות-0 במעיקה

טבעות-0 הן אטמים יעילים בזכות כושר הזכרון של החומר האטם: הוא יחזור לצורתו המקורית לאחר שינוי צורתו. עומק התושבת של טבעת-0, צריך להיות קטן מקוטר החתך הרוחבי של הטבעת. לכן, כאשר מורכבת טבעת-0, היא נלחצת ומועמסת בעומס מוקדם ומשנה צורה כדי ליצור קר-אטימה או פס-אטימה.

הואיל וחומר אלסטי מתכווץ 5-16 פעמים יותר מאשר מתכות בעת נפילת טמפרטורה, עלולה טבעת-0 הלחוצה בקלות להישאר בלא כוח לחיצה בכלל, אם נפילת הטמפרטורה מגיעה ל-80 מעלות צלזיוס ויותר. המעיקה המינימלית המומלצת על ידי יצרן מסוים - בלי להתחשב בחתך הרוחבי - הוא 0.15 מ"מ. המקסימום המומלץ בדרך כלל הוא 35 אחוז מקוטר החתך הרוחבי של טבעת-0. לאחר קביעת מידות חתך התושבת, יהיה זה צעד נכון לבדוק את הצטברות הסיבולות למקרה הגרוע ביותר וזאת, כדי לוודא שהמעיקה הרצויה תשאר הגבולות המותרים. שלוש צורות תושבת של טבעת-0



ציור 8 - הציוור מתאר תנועת האטם כפונקציה של עליית הלחץ המסתיימת בדחיקת האטם (a) ר (b) במקום מושבו, אלא אם כן משתמשים בהתקן המונע דחיקת האטם, כגון טבעת תמיכה, וכו' (c).



ציור 9 - מחבר "משושה" קבוע לתברגי צנרת ישרים (a) ואבזור צנרת מתכוונן (b), תלויים במידת המעיכה של הטבעת-ט בתושבת המלבנית של האטם.

התנעה ופעולה. לרוע המזל, הוא הקשה ביותר לעיבוד, ולכן גם היקר ביותר.

ככל שהקשיות של אטם טבעת-0 גדלה, כן גדלה התנגדותו לדחיקתו ממקומו ולהינזקו. למשל, בבדיקות מעבדה שנערכו בשמן שהטמפרטורה שלו היתה 70 מעלות צלזיוס גרמו 100,000 פעימות לחץ בשיעור של כ-100 אטמוספרות נזק חמור לאטם שנדחק ממקומו, כאשר המרווח הקוטרי היה גדול מאשר:

- 0.1 מ"מ - באטם בעל קשיות בינונית.
- 0.2 מ"מ - באטם בעל קשיות בינונית.
- 0.3 מ"מ - באטם בעל קשיות גבוהה.

גודל המרווח הוא גורם המחייב פשרה בתכנון, משום שסיבולות צפופות מייקרות מאוד את עלויות העיבוד. מערכות בעלות לחצים גבוהים זקוקות לאטמים בעלי קשיות גבוהה יותר כדי למנוע את דחיקתם ממקום מושבם. אטמים בעלי קשיות גבוהה מתבלים במהירות רבה יותר על משטחים המעובדים באופן גרוע.

תברגי צנרת ישרים (שאינם קוניים)

תברגי צנרת ישרים תלויים בטבעת-0 בכל הנוגע לאטימות. משטח האוגן המשושה באבזור-הצנרת בעל "המשור" שה הקבוע" מעוות בעת הידוקו את צורת האטם בתוך החלל שהוא נמצא בו (עיין בציור 9), כשם שעושה זאת הדיסקית הנמצאת מתחת לאום של אבזור-הצנורות המתכוונן.

לתושבת הטבעת-0 בתברגי צנרת נקבי ישר יש חתך דומה למשולש; האטם סגור בשלושת צדדיו (ציור 10). משום כך, קיים מעט מאוד חלל מיותר שבתוכו ניתן להכיל את תפיחת האטם כאשר האטם יבוא במגע עם זורם הגורם לתפיחתו. כאשר הטבעת-0 תופחת, נוצרים לחצים גבוהים מאוד שיגרמו לסדיקה או למעיכה של המבנה המתכתי ולדחיקת האטם ממקום מושבו. עיין בטבלה 1 בקשר לאיתור תקלות ותיקונן בתברגי צנרת ישרים.

אטמים בעלי צורות שונות פועלים בדומה לטבעות-0 בתושבת של אטם סטטי. דוגמאות של הצורות הללו מיוצגות על ידי טבעת בעלת ארבע אוגות, טבעות חרוטות שהן "פרוסות" אחידות של שרוול-גומי בעלות חתך

רוחבי מלבני או ריבועי, וכן צורות אחרות.

אטמי אוגנים (GASKETS)

אטם-אוגנים הוא אטם-הרכבה העשוי מחומר רך הנלחץ בין שני משטחים, הוא נועד לסתום אי-התאמות של המשטחים כדי ליצור קו-אטימה או פס-אטימה (עיין בציור 11). אטמי האוגנים הם מן הסתם אמצעי-האטימה הישן ביותר שעדיין נמצא בשימוש, עם או בלי עיבוד התושבת. אם כי שיטות אטימה חדישות יותר באות במקומם בתכנון הידראולי חדיש, רצוי שהמתכנן לא יתעלם מהם באורח אוטומטי בטרם יחקור את תכונותיהם. אטמי האוגנים נחתכים או מנוקבים לעתים קרובות מלוחות דקים העשויים בדרך כלל מחומר גמיש שטוח. למרות העובדה שהאטם החסר תושבת מער בדת יכול לחסוך עלויות עיבוד ניכרות, מצריכים אטמי אוגנים טיפול אחזקה ועומס-קדם גבוה בעת הרכבתם.

הואיל ולעתים קרובות נמצא שמשטחי אוגן הם גדולים ואף אינם חלקים או מקבילים, עלול הכוח או העומס הדרוש

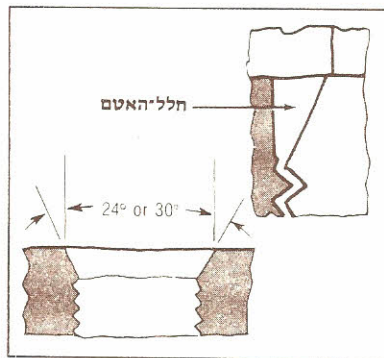
עלית הלחץ במערכת. קפיצותה של המערכת מסתגלת לאי-ההתאמות המצויות במשטחי ההתחברות, וציפוי מתכתי או פלסטי כך המגשר את פגמי המשטח הקטנים ביותר – מבטיח את האטימה המושלמת.

טבעות-0 מתכתיות הן בנות תחרות עם אטמים קפיציים מתכתיים בתנאי פער לה זהים. מלבד טבעות חלולות פשוטות, נמצא באחד הסוגים קדחים בהי"ק הפנימי (באטימת לחצים פנימיים) או בהיקף החיצוני (באטימת לחצים חיצוניים), כדי להפעיל את לחץ הנחל להשגת האטימה (עיין בציור 13). סוג אחר הוא אטם שקיים בו לחץ פנימי להשגת קפיציות נוספת; אטם זה יעיל במיוחד בשימוש בטמפרטורות גבוהות.

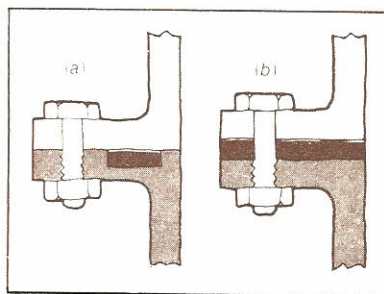
אטמי אוגן צינורות

מבחר רב של אוגנים נמצא בדרך כלל בשימוש במערכות צנרת. אטמיים עשויים להיות טבעות-0, אטמי-אוגנים או צירוף של אטם-אוגנים עם אטם אלסטי מעוצב מראש. אטמי-ההרכבה הללו יכולים להתגבר אפילו על חספוס שטח דמוי חריצי תקליט הקיים לעתים קרובות על אוגנים.

מתאמי אוגן פריקים לאבזרי-צינורות



ציור 10 – חלל טבעתי קוני לאטם-0 במחבר צנרת אופייני (חתך).



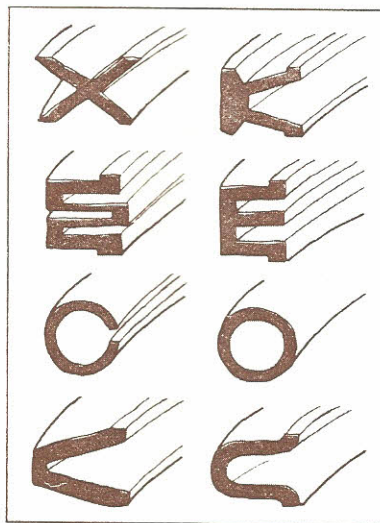
ציור 11 – אטמי אוגנים יכולים להיות בעלי תושבת (a) או בלעדיה (b).

ללא אטם-אוגנים. דוגמה אופיינית לכך הינה משטח בעל חללים או שקעים אחדים הסמוכים מאד זה לזה (כגון ראש מנוע וכדומה). כאן ניתן לבצע את האטימה בקלות בעזרת אטם אוגנים מתאים ופשוט. השימוש באטם-אוגנים מסייע בשיטות יצור רבות, שבהן אין אפשרות להיעזר בטבעות-0.

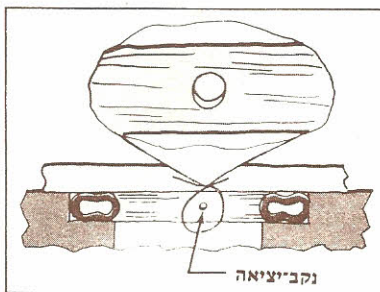
למעשה, בגלל יעילות השימוש הזו בייצור, חוברו חומרים אלסטיים אל בסיסי מתכת או פלסטיק, כדי להקנות להם את תכונות האטימה של אטמים אלסטיים יחד עם יתרונות ההרכבה הסמוכים באטמי אוגנים.

אטמים מתכתיים

כאשר טמפרטורות, תכונות הזורם ותנאי פעולה אחרים חורגים מעבר לסיבולת של חומרים אלסטיים, ייתכן שאטם מתכתי הוא הפתרון. אטמים מתכתיים קפיציים (עיין בציור 12) הם במהותם אטמי-הרכבה ללחצים נמוכים, אולם הם נהפכים לאטמי-לחץ בעת



ציור 12 – אטמים מתכתיים אופייניים הם אטמי הרכבה בלחצים נמוכים והם נהפכים לאטמי-לחץ עם עליית הלחץ.

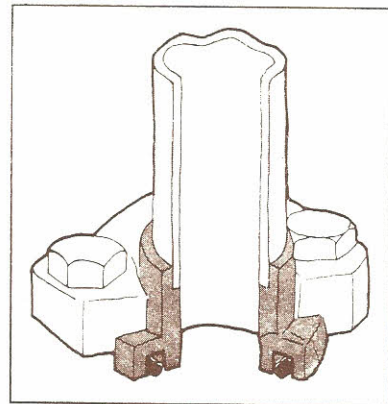


ציור 13 – טבעת-0 מתכתית חלולה לחוצה לתוך החריץ, ויש לה נקב בקוטר הפנימי להידוק האטימה בהשפעת לחץ הנחל (אטם-לחץ).

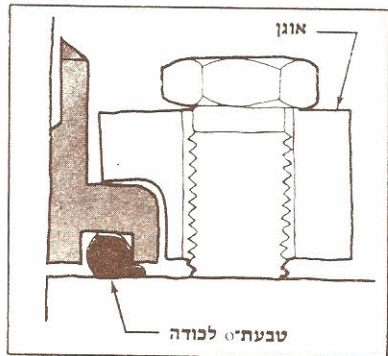
לשינוי צורת אטם-האוגנים וליצירת קו אטימה – להיות גבוה מאד, בהתחשב בחומר שממנו עשוי אטם-האוגנים. לכן, לעתים קרובות יידרשו אוגנים ולולבים כבדים יותר, המייקרים את העלות. בעייה אחרת כרוכה בהידוק ופיתול שווים של הלולבים.

על אטמי אוגנים מופעל כל עומס ההי"דוק של האוגנים. תחת לחיצה מתמדת של עומס מוקדם זה, עובר החומר של אטם האוגנים תהליך של הרפייה פלסטי (רלקסציה) וזחילה, כלומר הוא הולך ונעשה דק מתחת לעומס תוך ירידה הדרגתית בעומס מתיחת הלולב והאוגן. לכן, בגלל התרופפות כל החיבור, הכרחי לחדש את ההידוק באופן תקופתי כדי למנוע דליפה. רוב ירידת העומס מתרחש בתוך 18 שעות, לכן חייוני הוא חידוש ההידוק לאחר תום מועד זה, ומומלץ לבצעו בטמפרטורת הפעולה של המערכת – אולם ללא לחץ עבודה.

שימושים רבים באטמים עלולים להיות יקרים, קשים או אף בלתי אפשריים



ציור 14 – התאמתה של טבעת-0 באוגן היא מכריעית להרכבה נאותה של מתאם-אוגן-פריק לצינור.



ציור 15 – אם האוגן של מתאם-אוגן פריק לצינור נוטה הצידה בעת הרכבה עלולה הטבעת-0 להילכד מחוץ לחריץ וקרב לוודאי שתתרחש דליפה. כאשר האוגן מורכב כהלכה, מבטיח אבזרי-הצנרת הגנה מעולה בפני דליפה.

טבלה 1 – איתור תקלות ותיקון בתברגי צנרת ישרים

התקלה	התיקון
1. טבעת-0 בקועה	החלף את הטבעת-0, סוך אותה בוולין או בנוזל שבמערכת. השתמש במעטה כדי להגן על הטבעת בעת התקנתה מעל תברגים; בדוק אם אין חספוס.
2. טבעת-0 לחוצה בקושי בעת הרכבתה בתוך הפתח	בדוק את החספוס של משטח האטימה של הפתח. תקן או החלף חלק אם הגימור גס מ-100 מיקרואינץ'. סוך את הטבעת-0 לפני הרכבתה.
3. משטחי האטימה של פתח או של אבזר-הצנרת שרוטים או פסולים	תקן במידת האפשר ולא – החלף.
4. משטחי האטימה של הפתח או של אבזר-הצנרת מלוכלכים	נקה וסוך את החלקים לפני הרכבתם מחדש.
5. משטחו של הפתח קטן מדי. האום או הדיסקית תלויה על כתף המשטח המאותר	הגדל את המשטח כך שאבזר הצנרת ייקבע כהלכה למקומו, או החלף חלק פגום.
6. קצות הטבעת-0 מכורסמים, משום שהלחץ מרים את אבזר הצנרת.	בדוק את כוונון שסתום-פורק-הלחץ; הגדל את מומנט הפיתול באבזר הצנרת.

טבלה 2 – איתור תקלות ותיקון באטמים סטטיים

התקלה	התיקון
1. אטם הוצא ממקומו או כורסם במידה ניכרת	החלף את האטם ובדוק כדלקמן:– ● משטחי האטימה צריכים להיות מקבילים בתחום 0.01 מ"מ; החלף חלק אם הוא חורג מהגבולות המותרים. ● מומנט הפיתול הראשוני של הלולב עלול להיות נמוך מדי. בדוק במדריך הטכני כדי לוודא מומנט פיתול תקין. ● פעימות הלחץ עלולות להיות גבוהות מדי. בדוק כדי לוודא כוונון נאות של שסתום-פורק-לחץ. ● אם לחצי העבודה הרגילים יותר מ-1500 פ' לאינ"ר, יש להשתמש בטבעות-תמיכה.
2. אטם בלוי מאד	החלף את האטם ובדוק כדלקמן:– ● משטח האטימה גס מדי; לטש עד 16 מיקרואינץ' במידת האפשר, או החלף את החלק. ● לולב המהודק במומנט פיתול קטן מדי מאפשר תנועה; בדוק במדריך הטכני וודא כוונון נכון. ● חומר האטם או קשיותו אינם מתאימים. בדוק במדריך הטכני.
3. אטם קשה או קיבל מעוות שיורי מופרז	החלף את האטם ובדוק כדלקמן:– ● קבע את טמפרטורות הפעולה הרגילות; בדוק את טמפרטורות המערכת בפועל. ● בדוק במדריך הטכני כדי לוודא שמשמשים בחומר האטם המתאים.
4. משטחי האטימה שרוטים, פסולים או יש בהם חריצי עיבוד ספירליים	החלף חלקים פגומים אם אין אפשרות ללטשם.
5. אטם נצבט או נחתך בעת ההרכבה	השתמש בוולין כדי להחזיק את האטם במקומו כאשר אין גישה אליו בעת ההרכבה; השתמש בפחיות-מגן אם האטם צריך לעבור מעל תברגים חדים.
6. דליפה באטם בגלל סיבה בלתי ברורה.	בדוק את גודל האטם ואת גודל החלק והשג חלפים מתאימים.

אטמים כאלה, אולם, מגמתה להצביע על מקצת מהיקף הירע, המחקר והשימושים הקיימים בתחום זה.

מעובד מתוך:

HYDRAULICS & PNEUMATICS
מרץ 1980

ולכירסומו של האטם (עיין בצירור 15). לבסוף, כאשר הלולבים מהודקים כנדרש, נוטים האוגנים להתכווץ בהיקף הפנימי שלהם. חלק גדול ממומנט ההידוק מושקע לשם התגברות על הכפיפה בחלקים הללו. סקירה קצרה זו, הנוגעת רק לאטמים סטטיים אינה יכולה להיות תחליף ללימוד העקרונות והכעיות שכתבנו, בשימוש ובאחזקה של מערכות בעלות

יכולים להתחבר אל צנרת קשיחה וגמישה במגוון קוטרים רחב (עיין בצירור 14). כיוון שהאבזר הזה אוטם על משטח-המצח (הניצב לכיוון הזרימה), הכרחי שכתף האוגן המכילה את האטם תהיה מקבילה למשטח הנגדי ומחוזקת אליו על ידי הידוק שווה של לולבים. דבר זה מעורר לעתים בעיות, משום שהידוק לא שווה של לולבים עלול לגרום לנטייה קלה של אוגן אחד

לוחות אטימה

(Compressed Asbestos Jointings)

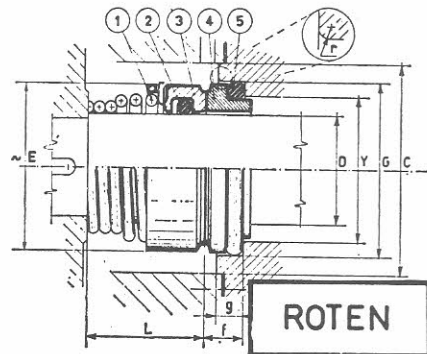
"Klingerit"

מכל הסוגים ולכל המטרות,
בלוחות או אטמים מוכנים,
מתוצרת חברת:

Rich. Klinger

אטמים מכניים - MECHANICAL SEALS

למשאבות ומערבלים, בכל המידות ולכל המטרות!



מפיץ בלעדי לישראל:

TRANSTECHNICA LTD.

8 HASHARON STR. TEL-AVIV

P.O.B. 325

תל. ד. 325 טלפון: 338213, 338616, 334456, 338141 ; טלקס : 32485

טרנסטכניקה בע"מ

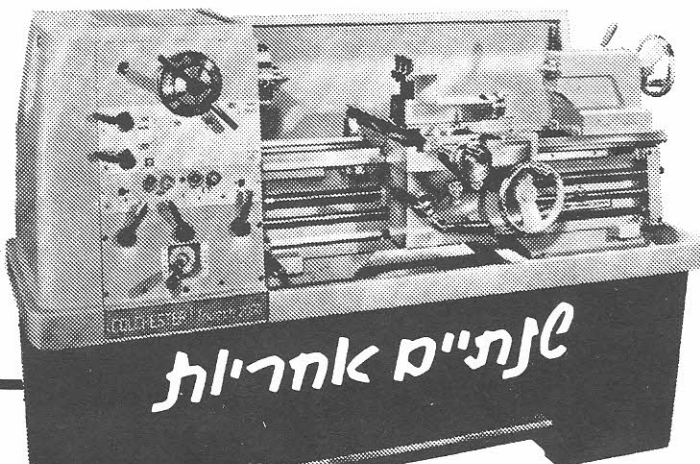
רח' השרון 8 תל-אביב

מחרטות

קולצ'סטר - COLCHESTER

מתאימות לאחזקה במפעלים
לייצור בתעשייה ובתי מלאכה
לקיבוצים, בתי-ספר ומעבדות

- ★ דיוק רב עד 2 מיקרון
- ★ מסילות מיטה מוקשות ומושחות
- ★ מיסבי Gamet
- ★ שימון אוטומטי
- ★ קדחים גדולים בכוש
- ★ גלגלי שיניים מוקשים ומושחים



לנתיים אחריות

תנאי אסראי מיוחדים!

ש. גוזמן ובניו בע"מ
S. GOUSMAN & SONS LTD.

מכירה

ותצוגה מתמדת

**המחלקה למכונות
לעיבוד מתכת**

רח' המקצוע 2, תל-אביב
(פינת המסגר 8)
טל. 33-334142/337820



ענף צי"ח — לשירות חיילי החימוש

אם המכונאי בשדה מבצע
את מלאכתו בקלות
ובמהירות בנוחות
מקסימלית, הרי זה תודות
למהנדסי ענף צי"ח
שתפקידם ... לשרת את
חיילי החימוש.

מאת — אברהם בן-יוסף

דומה, כי אין עוד ענף
במפקדת קצין החימוש
הראשי המטפל במגוון כה
עצום של פריטים, מסוגים
שונים, כענף צי"ח (ציוד
ייעודי חי"ח). אולם, למרות
התפרסותו הנרחבת של הענף,
הוא נותר צנוע וכמעט נחבא
אל הכלים.

חיילי החימוש, ביחידות
השדה השונות, הכירו בשנה
האחרונה את הענף מקרוב,
אולם בקרב חילות צה"ל,
עדיין לא גילו כולם את קיומו.
וזאת משום, שענף צי"ח,
משרת בראש ובראשונה את
חיל החימוש על יחידותיו
השונות. בעוד שכל אחת
מיחידות חיל החימוש מעניקה
שירותים טכניים לחילות
הלוחמים ומלווה אותם לאורך
כל הדרך, הרי שענף צי"ח
משרת בראש ובראשונה את
חיילי החימוש המקצועיים
ודואג להם, כי מלאכתם תהיה
קלה יותר ומהירה יותר, ועם
זאת חסכונית מבחינת
העלויות שלה.



תחומי אחריות

למען האמת, גם אנו לא ידענו בדא-שית הפגישה עם סא"ל ל', ראש ענף צי"ח, במה עוסק הענף אשר שמו אינו מסגיר את מגוון פעילויותיו. כאשר שואלים את ראש הענף, הוא חושב קמעה ומיד מתחיל ל"הפ-ציץ" אותנו במגוון הרחב של הפעילויות כפי שהן מופיעות בחור-ברת עבת-כרס הכוללת את תפקידי הענף ותחומי אחריותו. כדי שלא לייגע את הקורא במאות רבות של סעיפים, נציין רק את תפקידיו העיקריים של הענף, אשר עלה בשנה אחרונה ל"כותרות" חיל החימוש:-

- ציוד לבתי מלאכה, על מיגוון הפריטים הנרחב.
- ציוד הרמה, חילוץ, גרירה וקשירה לכל מערך צה"ל.
- כלי עבודה חשמליים, פניאומטיים והידראוליים.
- אמצעי שינוע לסוגיהם כגון: מלגוזות, טרקטורי-גרירה וכד'.
- דיגום רכב וטנקים בנושאי חי"ח.

האחריות המקצועית של הענף כוללת: -

- תכנון אמצעי חדשים ופיתוחם.
 - רכישת ציוד מסחרי והתאמתו לשימוש צה"ל, ומנחה הרכישה על ידי מפרטים ואופיונים.
 - אחראי מקצועית לקליטת הציוד כולל הדרכה ראשונית, ופרסום הוראות תפעול, טיפול ואחזקה.
 - מנחה ביצוע הדרכת בעלי מקצוע לציוד על כל שלביו ודרגיו.
 - מנחה ביצוע שיקום, חידוש ושיפורים טכניים בציוד קיים.
 - קביעת שיטות עבודה, תוך כדי הנחיה על בטיחות כמשתמע לפקודת העבודה.
 - אחראי למתן אישורי השבתה לציוד לאחר בדיקה טכנית.
- אבל, כל יהיה הדבר קל בעיניכם. מאחורי כל אחד מהסעיפים הללו רוחשת פעילות מקיפה ומגוונת של נושאי-משנה ותת-נושאים לאלפים, עמם חייב הענף להתמודד.
- ### נושאים חדשים
- אולם, נראה כי הבעיה העיקרית של הענף היא התמודדות עם נושאים חדשים, העולים חדשות לבקרים. הענף נוטל על עצמו אחריות ביותר

ויותר נושאים ותחומים חדשים, אשר לא טופלו טכנית במסגרת צה"ל; דבר זה מציג אתגרים בפני מהנדסי הענף החייבים להתמודד עם מיגוון הציוד החדש ביותר המוכנס לשירות. "בשנה האחרונה בלבד, פורסמו כ-30 חוברות הדרכה" - מציין בגאווה סא"ל ל' את "יבול" הענף. חוברות אלו משמשות כלי בסיסי לאיש החימוש ומאפשרים לו לתפעל ולתחזק את הציוד בשדה. כמות כזו של פרסומים עולה על העבר וזאת נוכח ההתחדשות הטכנולוגית. יחד עם פרסום החוברות יש צורך להכשיר בעלי מקצוע, בתחום אחזקת הציוד ושיפוצו בעת הצורך. וככל שהציוד חדיש יותר, הרי מלאכת-ההדרכה קשה יותר והיא חייבת להתעדכן כל העת. "מחירה של מלגזה גדולה נע כיום סביב 60 אלף דולר ומחיר מלגזה חשמלית נע סביב 15 אלף לירות שטרלינג", אומרים בענף. אין פלא, איפוא, כי ברמת מחירים כה גבוהה יש צורך בכח אדם מיומן ממדרגה ראשונה. ואכן מציינים בסיפוק בענף, כי לקורס בוחני ציוד הרמה מתקבלים רק בעלי השכלה מקצועית מושלמת וצוות המדריכים בקורס כולל את מהנדסי הענף בלבד.





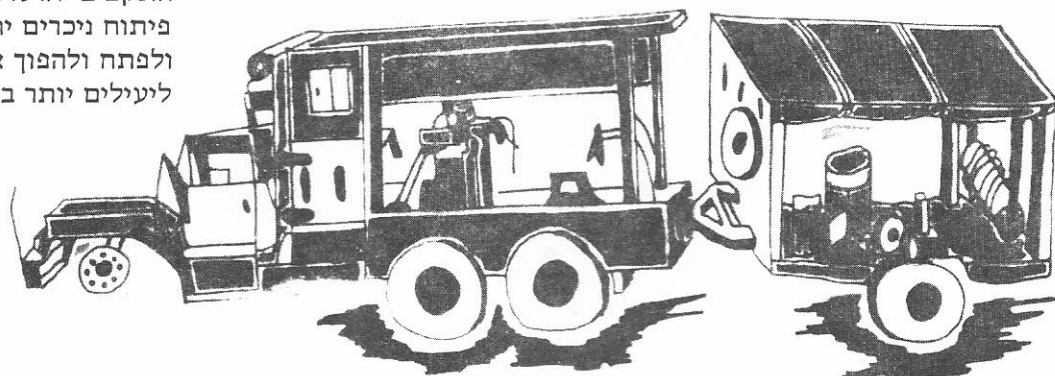
ענף אפור

ענף צי"ח, הוא למעשה ענף אפור, אנשי היחידה טוענים בפשטות "הכלים שלנו לא יורדים", אין הם יכולים להתגאות בפיתוח כלי לחימה הזוכים לכותרות בחג העצמאות. אולם, בקרב מפקדי חיל החימוש תרומת הענף ברורה. גם מפקדי אוגדות בצה"ל השכילו להכיר בחשיבות הענף בימים של הידוק חגורה וצמצום תקציבים. ככל שעלות הציוד יקרה יותר, קיימת חשיבות יתרה לטפול מהיר ונוח. בצה"ל, אינו יכול להרשות לעצמו, בתקופה של אילוצים תקציביים, לבזבז זמן יקר על תיקונים ואחזקה, הגורמים להשבתת כלים – ודווקא בימים כאלו עולה תרומתו של ענף צי"ח. הראייה הבולטת לכך, היא בעובדה, כי למרות ה"מחנק" התקציבי אושרו לענף זה תקציבי פיתוח ניכרים יחסית, כדי להמשיך ולפתח ולהפוך את חיילי החימוש לעילים יותר במלאכתם.

הערה סביב הפריטים הקטנים והזעירים (הנראים במבט ראשון אפילו בלתי חשובים). טלו, למשל, נושא שולי, לכאורה, בית-מלאכה נייד. נכון, אין בו כל חדוש טכנולוגי מרשים, בדומה לכלים אחרים שמפתח חיל החימוש. אולם כלי זה, כולל בתוכו מגוון עצום של ציוד מיצרנים שונים ומשונים, אשר הענף השכיל ל"בש"לם" יחד. כל פריט מסודר במקומו המדויק, אסור לשכוח התקנה של פריט מסוים, שמא יזדקקו לו חיילי החימוש בשדה – ושם כידוע אסור שיקרה "הכל בגלל מסמר קטן...".

מגוון הציוד

החשיבות שמייחסים בענף לנושא ההדרכה נעוצה באופי הציוד המגוון העומד לשירות חיילי החימוש. כל אחד מהפריטים המוכנס לשימוש, חייב בבדיקות קפדניות, כדי לוודא אם אכן הוא עתיד למלא את ייעודו הסופי – הקלה לחיילי השדה. וארמנם הטכנולוגיה אינה קופאת על שמריה, מדי יום נוספים פריטים חדשים המיוצרים באלפי מפעלים בעולם ומהנדסי הענף עומדים, לעיתים, משתאים מול מגוון ההצעות המוגשות להם על ידי יצרנים וסוכנים שונים. כל פריט ולו הזעיר ביותר, חייב בבדיקות מקיפות, בתכנון מערכת ההדרכה סביבו ופרסום ספרות מקצועית. וככל שמתעמקים יותר ויותר בפעילות הענף ותחומי אחריותו, משתאים נוכח הפעילות



MERCURY MARINE

„מרקרויזר“
120-260 כ"ס

„מרקיוורי“
3.6-300 כ"ס

מנועי חוץ, חוץ פנים, המשוכללים בעולם
לסירות גומי, סירות עבודה וסירות מרוץ.



מפיצים:

„אמביל“ בע"מ
השרון 4, תל-אביב
טל. 331969



„הידראוליקה“

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

טל. 823564 - 821638

מערכות הידרוסטטיות

מערכות הגה

משאבות

בוחרים

אביזרים הידראוליים שונים

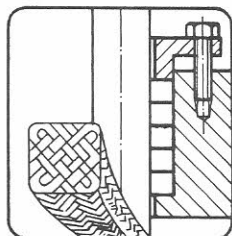
אטמי שמן מכל הסוגים

ייצור, תקון, יבוא, מכירה

Garlock

אָה"ב -
הידוע ביותר בעולם

אנו מחזיקים מלאי של;
טבעות אטימה (O/RING) במידות מ"מ
ובמידות אינץ' מחזירי שמן במידות מ"מ
ובמידות אינץ'.
פלטות של GYLON שהן פיתוח בלעדי של
GARLOCK ל TEFLON משפור.
אטמים מיכניים ו P/S SEAL, P/S LIPL שהם
פיתוחים בלעדיים של GARLOCK לאטמים
מיכניים.



המפיצים: **מכתש**

דרך בית 126, תל-אביב טל. 252891

סוכן בלעדי;

ערבה א.ט.י. בע"מ

ת.ד. 14051 תל-אביב 67136 טל. 330814

Where weld studs will do, PEM Self-Clinching Studs will do better. PEM studs require no rust protection, and no welding equipment. They are easier to install properly, and at lower cost. They can be installed as plated studs; can be installed in aluminum or other non-ferrous sheets as well as pre-finished sheets. And, if installation is less than perfect, tightening torques improve rather than weaken stud attachment.

Write for more details.



**PEM®
Self-Clinching
STUDS**

טלביטון TALVITON
טלביטון אלקטרוניקה בע"מ
רח' בילעמור 9 ת"א ת.ד. 21104

PHONES 444572, 446280, 455626 P. O. B. 21104 - TEL-AVIV

"אשרי האיש אשר קנה תורה מנעוריו"

סיסמא זו התנוססה באולם הטקס, שבו הוענקו השנה המילגות על שם סא"ל פאול ברניקר ז"ל למצטיינים בפנימיה הטכנית של חיל החימוש. הטקס לזכרו של המנוח, שהיה מראשוני החיל, נערך במעמד סגן קצין החימוש הראשי, מפקד בית הספר לחימוש, נציג משפחת המנוח, הורי השוחרים בפנימיה, ואורחים.

מפקד בית הספר לחימוש סקר את דרך חייו של סא"ל פאול ברניקר ז"ל עד הגיעו לעמדתו הבכירה בחיל.

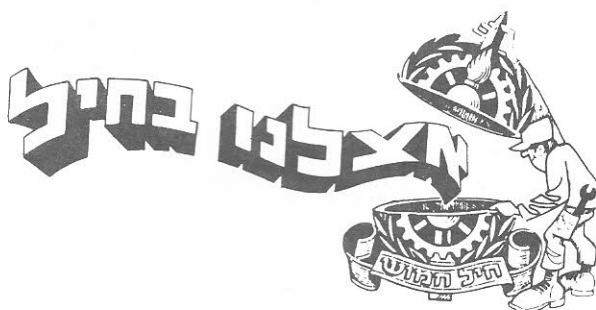
סגן קצין החימוש הראשי בירך את השוחרים על מאמצייהם בלימודים, ואמר בין השאר: "חיל החימוש מהווה את חוט השדרה של המערך הלוגיסטי בצה"ל וחיל זה הוא שמקנה לצה"ל את חוסנו וכשירותו. האחריות לכשירותו של ציוד הלחימה בכוחות היבשה נתון בידי קציני וחילי החימוש. חיל החימוש משקיע מאמץ ניכר בתחום החינוכי-המקצועי של הנוער הן במסגרת בתי-הספר התעשייתיים והן בפנימית חיל החימוש, ולכן מפעלו של סא"ל פאול ברניקר ז"ל שהיה ממניחי היסוד של חיל החימוש מדגיש באופן בולט את החשיבות שהיתה מאז ומתמיד לחינוך המקצועי של הנוער. אני משוכנע, כי תעשו כל מאמץ לסיים את לימודיכם בהצלחה ותצטרפו למשפחת חיל החימוש, עתירת המעש כחוגרים וכקצינים".

לאחר הענקת המילגות אמר נציג השוחרים דברי תודה.



החימוש הראשי, תא"ל
בן-ציון בן-בשט, קצינים
בכירים בחיל, הורי המסיימים
ובני משפחותיהם.

טקס סיום קורס בסיסי של
קציני חיל החימוש, נערך זה
מקרב בבית-הספר של החיל,
בהשתתפות קצין חיל



השתלמות חינוכית לקצינים בכירים בחיל החימוש

לאחר השתלמות חינוכית שנתקיימה לקצרים בכירים של חיל החימוש בירושלים נערכה במרוצת הקיץ השתלמות חינוכית נוספת – הפעם בגליל.

הקצינים הבכירים התארחו, ב-3 מחוזות, ביחידת החינוך במעלות ועסקו בנושאים הקשורים לגליל, כגון: התיישבות, ביטחון, ידיעת הארץ, ועוד.

ההשתלמות כללה סיורים ופגישות עם אישי ציבור ונציגי ממשלה העוסקים בנושאים הקשורים בגליל, כמורכב וכללה בהשתלמות פעילות תרבותית.

בכוונת חיל החימוש לקיים מדי פעם השתלמויות חינוכיות נוספות באזורים שונים של הארץ ולכלול בהשתלמויות הנוספות גם קצינים ברמות מגוונות של החיל.





ככל שבבעיות האיחסון שלך נעשות ארוכות יותר...

...אתה זקוק יותר ל"קונטיליבר"

צלצל עכשיו

תל-אביב טל' 03-76011/2

חיפה טל' 04-514664

כיום ניתן להשיג גם בישראל מערכת קנטיליבר אמריקה המיוצרת עפ"י הסכם ידע בלעדי עם חברת הענק האמריקאית PALMER SHILE. מערכת קנטיליבר של מירומית מיועדת לאחסון שיגורים: קורות, לוחות מתכת, משטחי עץ ופורמייקה ושאר פריטים שאורכם רב.

הרכבה: ההרכבה והפירוק קלים ומהירים. המפעלים ניהלים לשינוי מידי לפי צרכיך, ונציג שטח האיחסון על כל מפלס הינו מקסימלי.

תכונות: ניתן להעמיס עד 100 טון לכל עמוד 3.5 טון לכל זרוע - הרבה מעבר למקובל בכל מערכת אחרת בישראל.

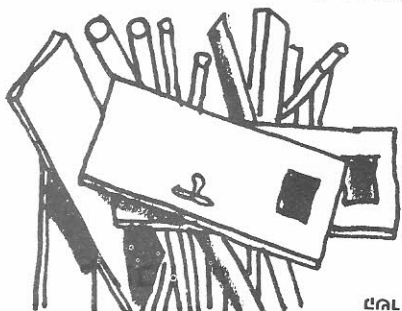
המחיר הכולל:

1. ביצוע תכנית מפורטת על ידי מומחי מירומית לנציגות מסימלית של שטח ההחסנה שלך.

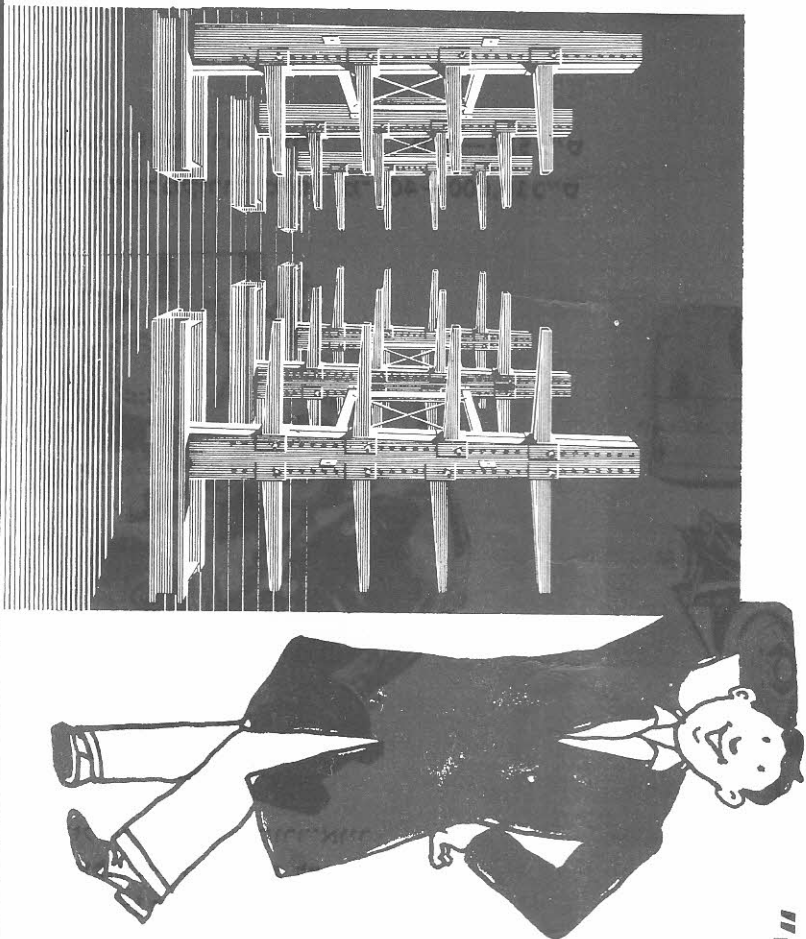
2. ייעוץ לגבי שיטות יעילות לניהול ורישום מלאי בעסקך שדות מהיר ויעיל בנוסף.

3. אמריקה.

מערכות אחסנה נוספות של "מירומית": אקדומית 88 - עד 5 טון על כל משטח. אקדוקל - עד 350 ק"ג על כל משטח. סופאסלוט - עד 100 ק"ג על כל משטח. לוחצוגת מוצרים. שדות עצמי - לוחצוגת מוצרים.



חשבוטאלט



בני ברק: רח' מתחנת 8

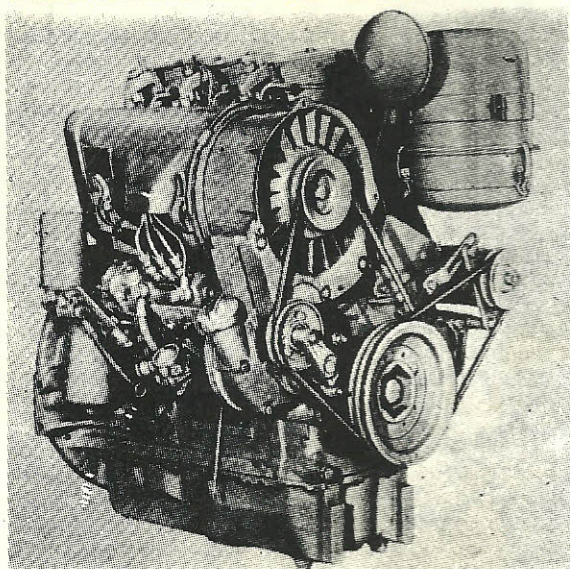
אין פחות מדי מקום, רק פחות מדי מירומית.



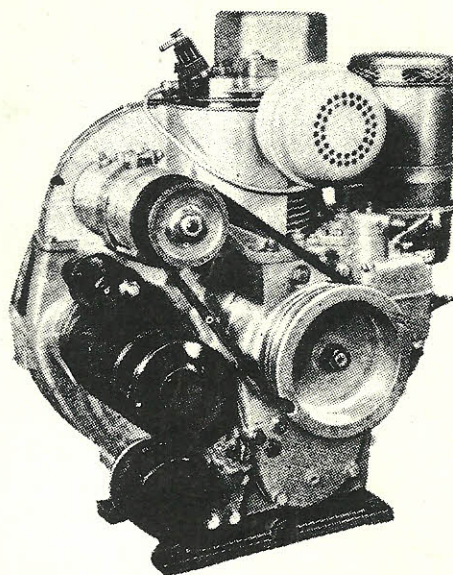
מנועי-דיזל "דויטץ"

מנועי דיזל מקוררי-אוויר מ-3 — 525 כ"ס

מנועי דיזל מקוררי-מים מ-400 — 10,000 כ"ס



מנועי דיזל מדגם F2—F6L912
מקוררי אוויר בהספקים מ 21 כ"ס עד 120 כ"ס



מנוע-דיזל חד-צילינדר מקורר-אוויר
עם משקולת איזון פנימית לדיכוי רעידות
הספק: 3 — 15 כ"ס, 1,500 — 3,600 סל"ד



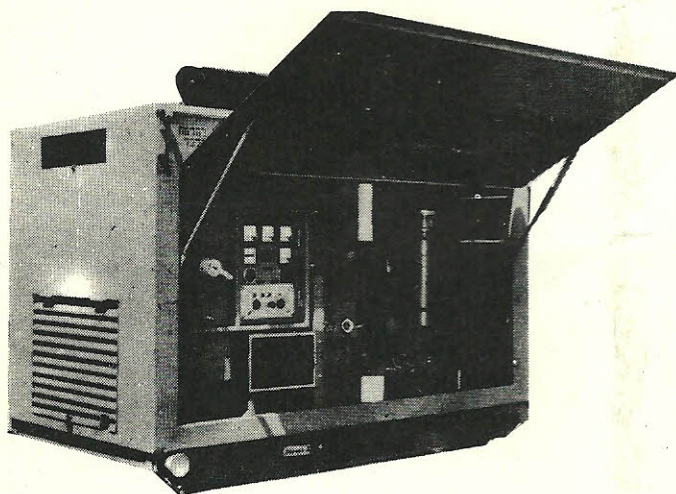
דיזלגנרטורים ואלטרנטורים

מ-2 עד 8000 KVA

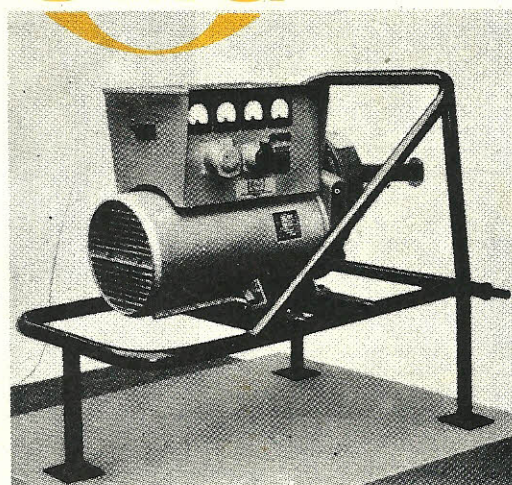
A. van Kaick

SMG

הצעה מיוחדת



דיזלגנרטור 30 KVA עם חופה



גנרטור להרכבה ל-P.T.O.
ושלוש נקודות בטרקטור

מלאי, שירות, יעוץ, חלפים, אחריות

אמקול חברה להנדסה ולתעשייה בע"מ

תל-אביב שד' רוטשילד 7, טל. 651511, ת.ד. 1191