



# מלגזות Caterpillar חוסכות לך כסף



## חסכון כתוצאה ממבנה חזק

שילדה המרוכבת בריתוך רציף ליחידה אחת מלוחות פלדה בטובי 13 מ"מ. תורן המורכב ישירות על השילדה. אלה ועוד מקנים למלגזה מבנה חזק במיוחד וחוסכים בזמן בטלה מיותר.

## חסכון כתוצאה מנוחיות ההפעלה

רמת רעש נמוכה, גישה קלה לתא המפעיל, נוחות מירבית למפעיל, מערכות פיקוד המאפשרות הפעלה ממושכת ללא התעייפות המפעיל.

## כל אלה חוסכים בהוצאות התפעול



המלגזות החדשות  
V30C-V40C-V50C

Caterpillar, Cat and  are Trademarks of Caterpillar Tractor Co.



YOUR  
**CATERPILLAR**  
LIFT TRUCK DEALER

## חסכון - זה הקו שהנחה את

מהנדסי קטרפילר בתכנון מלגזות האיכות החדשות מסדרת V30C - V40C - V50C

## חסכון בהוצאות דלק

מנוע דיזל - פרקינס, דגם 4.2032 - החדש בעל 4 בוכנות מהווה שיפור חשוב מבחינת תכנון וביצועים, מערכת בעירה משוכללת המאחדת את היתרונות של חסכון בדלק, התנעה קלה, הקטנת פליטה רעילה, ורמת רעש נמוכה. אלה ועוד חוסכים בהוצאות הדלק.

## חסכון באחזקה

גישה נוחה וקלה למכללים, דרישות מינימליות לשרות תקופתי, תמסורת הידרוסטטית והיגוי הידרוסטטי. אלה ועוד חוסכים בהוצאות האחזקה.

מפיצי מלגזות קטרפילר בישראל:

**אליעזר סקר בע"מ**

חיפה, רדך העצמאות 33, ת.ד. 33091, טל. 04-674 3333





חוברת מס' 80 • חשוון, תשמ"ב • נובמבר 1981

**בתוכן:**

- 2 **חידוש עלומי התחמושת בליטוש אלקטרוכימי**  
מאת חביב הרמן  
תיאור יישומה של שיטת ליטוש מקובלת בתעשייה לצורך הכשרת תחמושת ישנה.
- 10 **מטר"קים — מטולירקיטות רב-קניים**  
מאת שלמה הראל וג'ורא ארבל  
המטר"קים נחשבים כיום לנשק קטלני במיגונה ובמיתקפה, בעיקר בשל יכולתם להנחית בזמן קצר ביותר מכת-אש מרוכזת ומפתיעה. על מאפייני המערכות הללו ותיאור של כמה מהן — במאמר זה.
- 22 **אוויר-רחוס — מושגי-יסוד**  
מאת אבנר נוסבאום  
סקירה כללית על האוויר הרחוס, המשמש בתעשייה כמקור-כוח רב-תכליתי.
- 27 **אטמים**  
פרק שלישי בסדרת מאמרים על אטמים, והפעם — על אטמים טובבים.
- 34 **מגמות בפיתוח טנקים**  
מאת ר.מ. אוגורקייביץ'  
תיאור ממצה של הנעשה כיום בתחומי הפיתוח השונים של הטנקים — החל בסוגי שריון חדישים ומרכיבים אוטומוטיביים וכלה בחימוש, בבקרת-אש ובתצורות הטנקים.
- 18 • **מעניין ומועיל**

**העורך: רס"ר נסים נפתלי**  
**עיצוב השער: אפי**

בשער החוברת — מטר"ק ישראל 290 מ"מ מתוצרת התעשייה-הצבאית (ראה כתבה בעמ' 10). צילומי ה-מטר"ק בחוברת, לרבות צילום השער, נעשו על-ידי יחידת-הצילום ב"ד"צ 02128.

**דמוי-מינוי-שנתי חדשים:**  
על מנת להתאים עצמנו למחירים המאמירים של הוצאות הייצור, אנו נאלצים להעלות את מחיר המינוי השנתי עבור "מערכות-חימוש" ל-45 שקל (כולל מע"מ) המחיר החדש בתוקף מאוקטובר 1981.

**מערכות** בית ההוצאה של  
צבא ההגנה לישראל

עורך ראשי: אל"מ יעקב זיסקינד.  
"מערכות" עורך — סא"ל יוסי פורת.  
"קשר ואלקטרוניקה" ק' עריכה — מלכה שניר

# חידוש עלומי התחמושת בליטוש אלקטרוכימי



מאת חביב הרמן

תחמושת הנמצאת ביחידות ואינה מוכנסת מיד לשימוש עוברת תהליך מתמיד של "הזדקנות", המתבטא בקורחיה ובזיהומים שונים. תהליך ההזדקנות מגביל את השימוש בתחמושת, או אוסר אותה לגמרי. כדי לחסוך בתחמושת חדשה, מחפשים אחר שיטות יעילות וחסכוניות לחידוש "נעורי" התחמושת. השיטה המתוארת במאמר, מבוססת על ליטוש אלקטרוכימי של הכדורים, ולפי הידוע זהו שימוש ראשון מסוגו בעולם.

## בעית התיישנות התחמושת

מן הרגע שכדור יוצא מפס-הייצור, פני-השטח של התרמיל ושל הקליע נתונים להשפעות המזיקות של הסביבה ונוטים להתכסות בכתמי קורוזיה ובזיהומים אחרים. אריזה נאותה ואחסנה תקינה של התחמושת עשויות אמנם לצמצם פגעים אלה למיזער, אבל בהגיע התחמושת ליחידות, אין כבר שליטה מלאה על שלימות האריזה ועל טיב האחסנה. כתוצאה מכך, תחמושת הנמצאת ביחידות ואינה מוכנסת מיד לשימוש עוברת תהליך מתמיד של "הזדקנות", שבעקבותיו אחוז ניכר מהתחמושת שנופקה חוזרת אל בסיס התחמושת — שם נקבע גורלה: אם איכותה נמוכה עד שלא ניתן להחזירה לשימוש (או שאין הדבר כדאי מבחינה כלכלית) היא מועברת לפירוק או להשמדה; ברם, עדיף להכשיר את התחמושת לשימוש, ולו לאימונים בלבד, ובכך לחסוך תחמושת חדשה.

בעיית "מקזור" התחמושת חריפה במיוחד בתחמושת זעירה (תחמושת לנשק קל), בגלל הכמויות האדירות המוזרמות בהתמדה ליחידות. הגורמים הטכניים האחראים לנושא מחפשים בהתמדה אחר שיטות יעילות וחסכוניות, ש"ישיבו את הנעורים" לתחמושת ש"הזדקנה". כאן המקום להבהיר, ש"הזדקנות" זו, אין משמעותה חיצונית בלבד; שכבות הקורוזיה על פני הכדור אכן עלולות לגרום תקלות בזמן הירי.

עד לפני כמה שנים נהוג היה בארץ לחדש תחמושת בשיטת הפסיבציה הכימית, שבה הוטבלו הכדורים בתמיסה של חומצות אַנאורגניות. השימוש בשיטה הזו

הופסק מכמה סיבות — התקיפה הכימית לא היתה אחידה; היה צורך לנטרל את התמיסה המשומשת לפני השלכתה; עלות גבוהה ועוד.

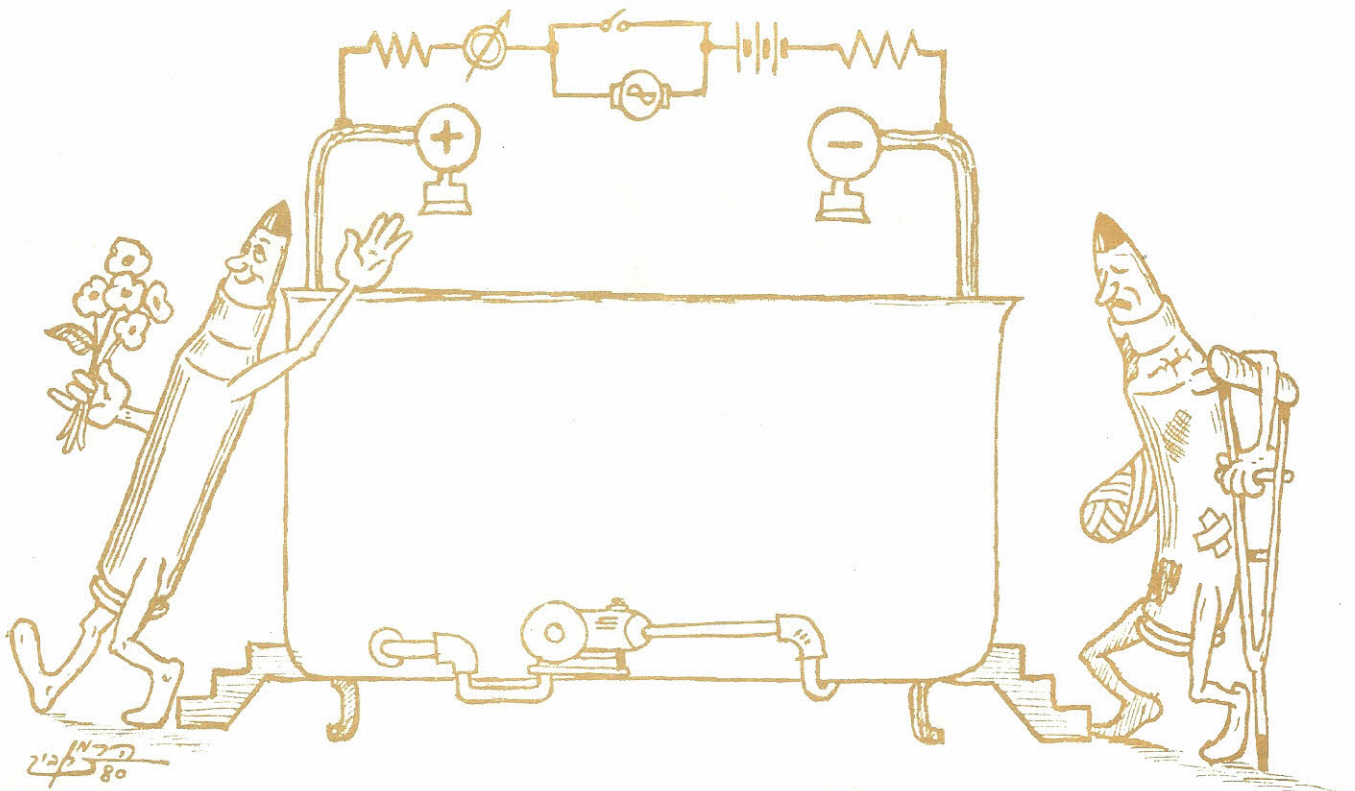
לא מכבר החל בארץ שימוש בשיטה חדישה להנצלת תחמושת ישנה, המבוססת על ליטוש אלקטרוכימי. מציע השיטה ובעל הפטנט עליה הוא מפעל "לימת" מקיבוץ גבעת-חיים-מאוחד. עד כמה שידוע, זהו שימוש ראשון מסוגו בעולם.

## ליטוש אלקטרוכימי

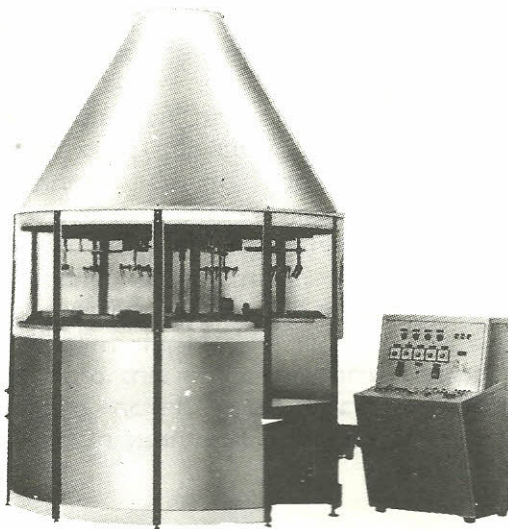
שיטת הליטוש האלקטרוכימי משרתת בתעשייה מיגוון רחב של מוצרים, החל בכלי-בית ומטבח מפלדה לא-מחלידה, חלקי ציוד ומכונות, וכלה באביזרים תעופתיים ורפואיים, ובמיוחד בולט יתרונה בטיפול במוצרים בעלי חללים פנימיים.

שיטת הליטוש שהוצעה להכשרת תחמושת זעירה, מבוססת על מערכת אלקטרוכימית מבוקרת, המבצעת ניקוי אנודי של פני הכדור. כאלקטרוליט, משמשת תרכובת של אַקְסֵטְרִים-של-חומצה-זרחתית עם כוהלים רב-ערכיים, האדישה מבחינה כימית כלפי מתכות.

בתחילת התהליך, עוברים הכדורים ניקוי ושטיפה, כהכנה מוקדמת של השטח. הכדורים, המשמשים כאנודה, מושקעים לתוך האלקטרוליט באמצעות מתקן מתכתי מיוחד המחובר לרשת-החשמל. עם הפעלת הזרם נושרים מעל פני הכדורים חלקיקי-קורוזיה וזיהומים מתכתיים אחרים. הנשורת הזו שוקעת על פני שקי-מְמַקְרָה חדרים-למחצה העוטפים את הקתודות של המערכת.



# לימת ליטוש אלקטרוכימי של מתכות ייצור מתקנים ותמיסות.



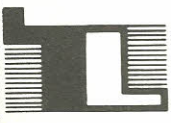
תהליכי לימת מבוססים על טכנולוגיה אלקטרוכימית חדישה המתאימה לטפולי שטח במגוון רחב של מתכות ומוצריהן.

- מוצרי נירוסטה בהרכבים השונים
- מוצרי נחושת ונתכי נחושת
- מוצרי אלומיניום ונתכי אלומיניום
- מוצרי פלדת פחמן ומתכות אצילות.

לימת מתכנת ומקימה מתקנים לעבודה במפעל הלקוח, וכמו כן מקבלת עבודות במפעל (גבעת חיים מאוחד). טפולי השטח הנתנים לבצוע הם: ליטוש והברקה ברמה גבוהה! הסרת גרדים לאחר טפול מכני. הסרת תחמוצות לאחר טפול טרמי. ניקוי שטח כהכנה לצפוי, צביעה או גימור אחר. פסיבציה והענקת עמידות אנטי-קורוזית. טפולי שטח במוצרים חלולים בפנים ובחוץ. כל זאת בתהליך עבודה אחד!



לימת תורמת את חלקה לחסכון בציה"ל  
בהליך הליטוש האלקטרוכימי של לימת מחודשת יום יום  
במות גדולה של תחמושת חיה. חלודה ובלאי ניתנת לשימוש  
תחמישת זו מוחזרת לשימוש



לימת  
ליטוש מתכות  
- גבעת חיים -  
מאוחד  
טל' 063)65101  
063)24918

הנתונים שנבחרו כאופטימליים לצורכי ליטוש תחמושת זעירה הם: טמפרטורת-עבודה — 70°C, זרם — 5 אמפר, מתח-עבודה — 10-15 וולט וזמן-טיפול — 2 דקות.

## האם השיטה טובה לכדורים?

שיטת הליטוש האלקטרוכימי משרתת, כאמור, מוצרי-תעשייה בתחומים שונים והיא עושה זאת ביעילות. כאשר מבקשים להעתיק את השיטה הזו לטיפול במוצר רגיש כתחמושת, חייבים, לפני כן, לבצע שורה של בדיקות מדוקדקות, כדי להבטיח ששכר-השיטה לא ייצא בהפסדה. להלן כמה נקודות המחייבות תשומת-לב:

**השפעה כימית** — בהתחשב בעובדה שהשיטה מיועדת לתחמושת ישנה, סביר להניח, שחלק מהכדורים המיועדים להכשרה יהיו פגומים ותמיסת האלקטרוליט תחדור פנימה. על כן, יש לוודא, שבעת התהליך לא מתפתחת ריאקציה מסוכנת עם האבשר (אבק-שריפה) וכן שיציבות האבשר (תכונה כימית החיונית לפעולתו התקינה בירי) לא נפגעה. כן אין להתיר כל פגיעה של האלקטרוליט בפיקה, שהיא האלמנט הרגיש ביותר בכדור.

**תכונות מטלורגיות** — בעת ייצור התחמושת, עוברים תרמילי הכדורים בדיקות קושי וחוזק מחמירות, המבטיחות עמידתם בלחצים העצומים המתפתחים בזמן הירי בבית-הבליעה של הנשק. מכאן, שכל פגיעה בתכונות המטלורגיות, כתוצאה מתהליך הליטוש, תביא לפסילת השימוש בשיטה הזו להכשרת תחמושת.

**שינוי מידות** — כאמור, קשורה פעולת הליטוש האלקטרוכימי בהסרת חומר מהגוף המלוטש. לכן, תהליך הליטוש צריך להיות מכונן כך שלא יקטין יתר על המידה את עובי דופן-התרמיל ויגרום בכך להחלשתו (לשם המחשה — בתהליך ליטוש אופטימלי לכדורים 7.62 מ"מ מסירים מדופן-התרמיל שכבה בעובי של 0.005 מ"מ בקירוב, בעוד שסבולת-הייצור של התרמיל היא 0.05 מ"מ).

**ביצועים בליסטיים** — מובן שאין להתיר השפעה כלשהי של התהליך על הביצועים הבליסטיים של הכדור — מהירות-הלוע, ולחץ בית-הבליעה. אלה נתוני בליסטיקה פנימית, הנמדדים בקפידה, והקובעים למעשה את ביצועי הכדור ואת בטיחות השימוש בו.

**פעולה תקינה** — לא נוכל להיות בטוחים בהתאמת השיטה לכדורים, אלא אם כן נירה את התחמושת המוכשרת בכלי הנשק המתאימים. בבדיקה הזו יש לירות כמות תחמושת גדולה כדי לעמוד על כל תקלה אפשרית, כגון אי-התאמה לחוליות השירשור, ומעצורים כתוצאה מעיוותים של הקליע ביחס לתרמיל.

**עמידה בתנאי-סביבה** — אם התחמושת המטופלת תהיה רגישה מדי ללחות, לטמפרטורות קיצוניות או לתנאי-סביבה אחרים, לא ניתן יהיה להשתמש בה בשרה.

בשים-לב לנקודות שציינו ולאחרות, נקבעה תוכנית ניסויים מסועפת, שהצלחתה הוצגה כתנאי לאישור השיטה. לניסויים הוכנו מדגמים שונים של כדורים וחלקי כדורים, ובהם תחמושת חדשה מפס-הייצור, כדורים

בהמשך התהליך מותקף השטח המתכתי של הכדור בצורה אחידה. ה"צלקות" הקיימות נעלמות ומתקבל שטח מלוטש, חלק ונקי. להשלמת התהליך חוזרות שוב פעולות השטיפה והייבוש, התוצאה הסופית של הליטוש מתבטאת בשלושה מישורים — הסרת תחמוצות וזיהומים מעל פני-השטח, ליטוש והברקה ופסיבציה כללית.

ניתן לבקר את תהליך הליטוש על-ידי כמה פרמטרים של המערכת האלקטרוכימית:

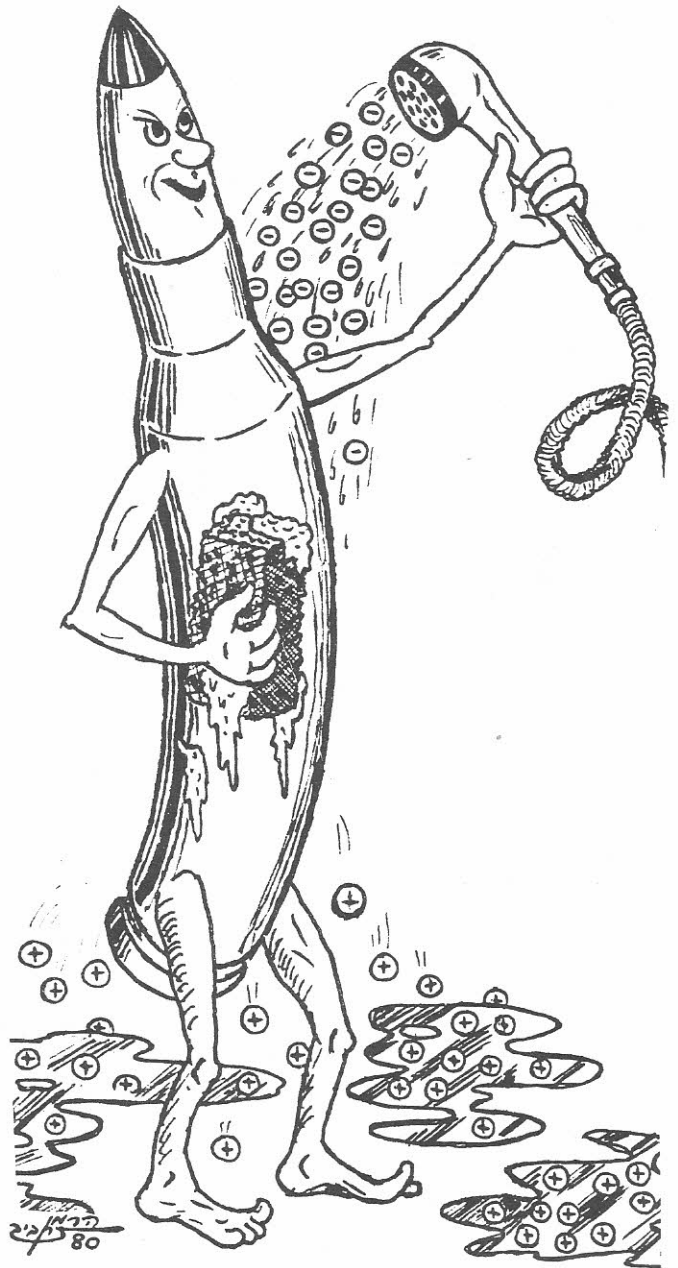
— סוג האלקטרוליט — הרכבו המדויק הוא סוד-מקצועי של המפעל.

— טמפרטורת העבודה של האלקטרוליט.

— עוצמת הזרם החשמלי.

— מתח-העבודה.

— זמן הטיפול — ככל שהכדור נחשף לזרם לזמן ממושך יותר, כן גדל עומק השכבה המוסרת ממנו.



למדוד את אחוז הקורוזיה או את עובי שכבתה בכל כדור, ומיון נכון תלוי לא מעט בניסיון בעבודה. על מנת לסייע בכך, צורף למיפרט הטכני לוח זיהוי ובו תמונות צבעוניות של 5 קבוצות כדורים: במצב טוב — אינם זקוקים לליטוש וניתן להחזירם לשימוש; שתי דרגות קורוזיה — קלה ובינונית — המתאימות לביצוע ליטוש אלקטרוכימי; שתי דרגות קורוזיה — קשה, וקשה מאוד — הפוסלות את הכדורים.

בסדרות הראשונות של תחמושת מלוטשת התגלו כדורים עם אבש"ר רטוב, שבעטיו נגרמו תקלות בירי. האפשרות שהאבש"ר יקלוט רטיבות בתהליך הליטוש נלקחה בחשבון לפני כן, ומשום כך נכללה בתקן-הקבלה הדרושה לשקול את התחמושת לאחר התהליך כדי לגלות כדורים שחדר לתוכם נוזל. אולם, התברר ששיטת המיון בשקילה אינה יעילה, מאחר שמשקל הנוזל שחדר "נבלע" בתוך סבולת משקל הכדור. נעשה ניסיון לגלות חדירת נוזלים באמצעות צילום-ניטרונים — שיטת צילום המאפשרת לגלות נוזלים בתוך הכדורים מבלי שיהיה צורך לפותחם. אולם, התברר שהשיטה אינה מעשית בגלל מחירה הגבוה. מן החקר שבוצע בנושא, הוסק, חד-משמעית, שרטיבות ה-אבש"ר אינה נובעת מתמיסת האלקטוליט, אלא ממי-השטיפה שלפני ואחרי הליטוש. יתר על כן, נמצאו כדורים בעלי תכולת רטיבות עוד לפני שהוגשו לליטוש. עוד נמצא, כי רק אם הרטיבות חודרת לפיקה, רק אז יש חשש לכדור עקר. אבש"ר רטוב, לעומת זאת, מקטין מהירות-לוע ולחץ בית-בליעה, אך אינו גורם למעצורים.

מצידו מוחזר, כדורים חדשים שהוכנו במיוחד ללא אמצעי האטימה המקובלים, תרמילים, פיקות ומדגמי אבש"ר. מרבית המדגמים עברו תהיך ליטוש לפי פרמטרים שנמצאו אופטימליים בניסוי מוקדם. מקצת המדגמים עברו תהליכי ליטוש מחמירים יותר או מקלים — כלומר, הם נחשפו לאלקטרוליט לפרק-זמן ארוך יותר, או קצר יותר. בתום הליטוש נערכה למדגמי התחמושת סדרת בדיקות ארוכה: בדיקה תקנית לגילוי נקודות חלשות על פני התרמילים, בדיקות קושי וחוזק של התרמיל, בדיקת מהירות-הלוע, הלחץ בירי, רגישות הפיקה, עובי דופן-התרמיל, יציבות ה-אבש"ר (גם לגבי אבש"ר חשוף שהוטבל באלקטרוליט), עמידה בתנאי-סביבה (אטימות, קורוזיה, לחות) ובדיקות תקינות פעולת הירי בכלי-נשק שונים.

לאחר ניתוח התוצאות מן הבדיקות, גובשו מיפרט-טכני ותקן-קבלה ארעיים, והוחל בעבודה בקורנטיוני, שלא כלל בשלב זה את כל הציוד המתוכנן.

## "מחלות-ילדות"

אחת הבעיות המרכזיות הקשורות בשיטת הליטוש האלקטרוכימי, היא בחירת התחמושת המתאימה לתהליך מבחינת דרגת הקורוזיה שלה. הפרמטרים שנקבעו לתהליך קובעים עוצמת-טיפול המתאימה לתחמושת בעלת דרגת קורוזיה מסוימת. לכן, כשלב ראשון, יש לבצע מיון שיקבע איזו תחמושת תוגש לליטוש. אין דרך מדויקת

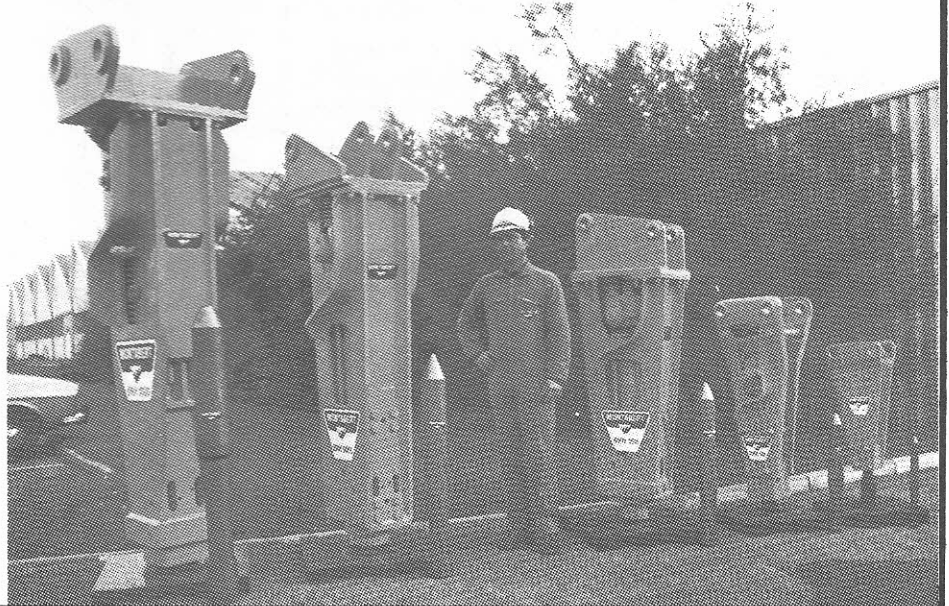


# פטישי חציבה הידראוליים להרכבה על מחפרים

וכמו כן:  
צינורות הידראוליים וגמישים  
תוצרת: B.F. GOODRICH,  
AMERICAN BILTRITE  
WIDIA תוצרת: KRUPP

הסוכנים:

**מכתש** חברה לציוד בע"מ  
רח' בית שמאי 14, תל-אביב.  
ת.ד. 14050, תל-אביב, 61140.  
טלפון 337821-4





— גם בקרב התחמושת הישנה, שטרם לוטשה, ישנו אחוז מסוים של כדורים עקרים (בעיקר בגלל חדירת לחות לפיקה).  
 — התחמושת המלוטשת מיוערת לאימונים בלבד, ולשם כך ניתן לה מספר קטלוגי מיוחד.  
 — חלקן של התקלות בתחמושת המלוטשת מגיע ל-2% בלבד. שמהם 1% הם כדורים עקרים ו-1% גורמים למעצורים.

## טכנולוגיה "על קצה המזלג"

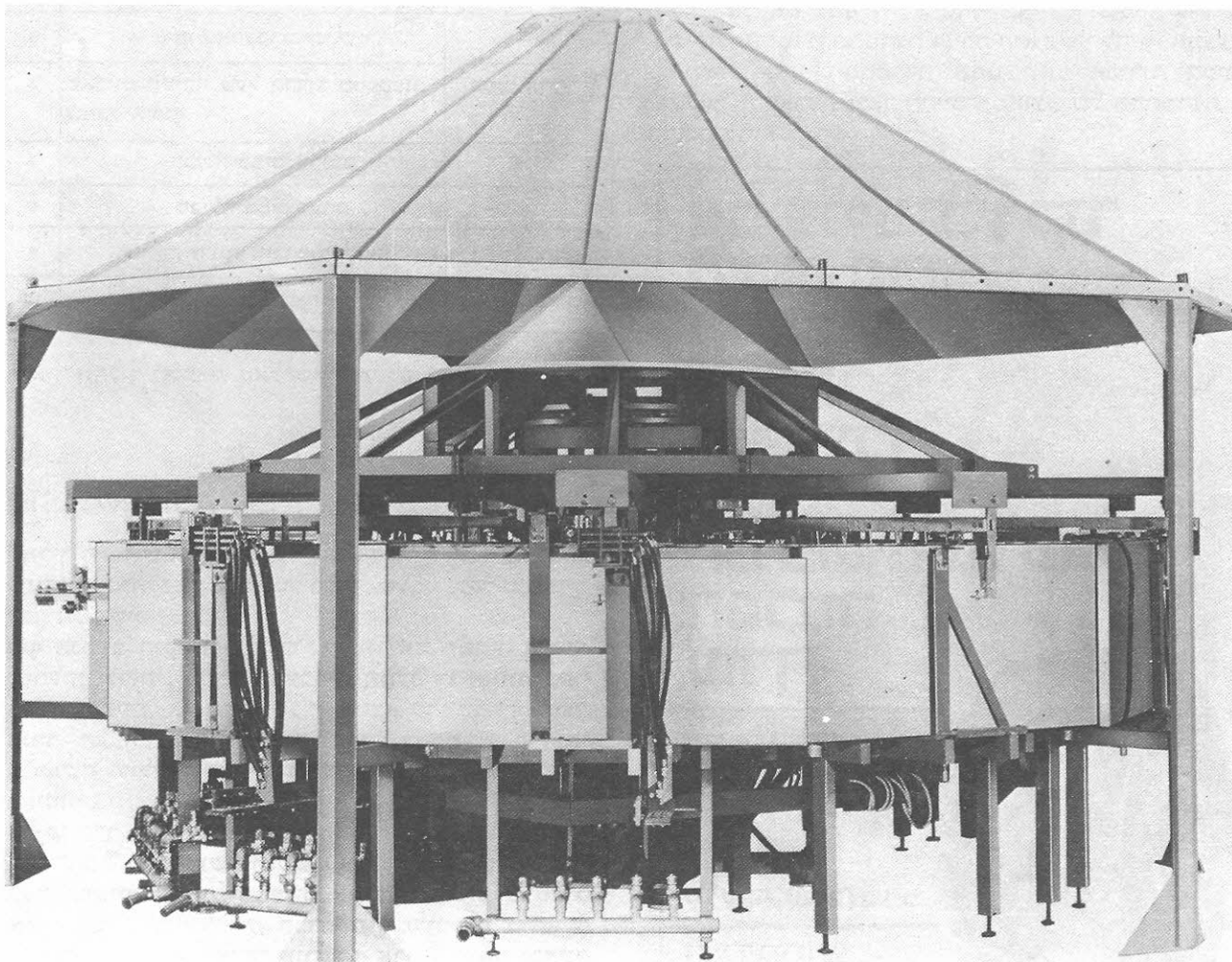
תהליך הליטוש, המופעל על-ידי אדם אחד, מתבצע במערכת קומפקטית דמוית קרוסְלָה (ראה תמונה) המכילה אמבטים לטיפול אלקטרוכימי. שינוע הכדורים מבוצע באמצעות זרועות, העוברות מאמבט לאמבט. בכל אחת מ-10 תחנות-האמבט שבתהליך שוהים הכדורים 2 דקות. אם נוסף לכך עוד 15 שניות זמן העברה מתחנה לתחנה נגיע

בתמונה — מתקן "קרוסְלָה" גדול מתוצרת "לימת", המשמש לליטוש אלקטרוכימי של תחמושת. מתקן כזה מסוגל לטפל, במשך שעה, ב-16000 כדורים מ-7.62 מ"מ. מערכת קומפקטית, קטנה יותר, מלטשת בשעה 3000 כדורים 7.62.

בהתאם לממצאים שהועלו, שונו הקריטריונים למיון הכדורים לפני הליטוש ולאחריו. המיון בשקילה בוטל, ולעומתו הוחמרו המיון המוקדם והמאוחר, לגילוי פגמים חיצוניים שעשויים להעיד על אטימות לקויה (כגון קליע עקום או רופף). בנוסף לכך שונו הוראות השטיפה: לפני הליטוש ינוקו פני השטח בטפטוף בלבד ולאחריו יוטבלו הכדורים במים שמידת חומם מבוקרת. בקרה זו נועדה להקטין את הפרשי הטמפרטורות בין אמבט-הליטוש לבין מי-השטיפה, שבעטיים נגרמים הפרשי לחצים המגדילים את הסיכויים לחדירת מים. כן נוספה למיפלט הטכני ולתקן-הקבלה הדרישה לבצע בתחמושת המלוטשת בדיקה מדגמית לגילוי גושי-אבש"ר, המעידים על חדירת רטיבות.

על מנת לאתר במהירות פגמים אפשריים בתהליך הליטוש, הופרדה בחינת-הקבלה של התחמושת המלוטשת לשני שלבים: השלב הראשון, מבוצע במפעל הליטוש ובמהלכו נבדקים הכדורים חיצונית ומבוצעת הבדיקה המדגמית של האבש"ר. בשלב השני, המבוצע במכון ההכשרה של מרכז-תחמושת, נבדקים האריזה, השירשור ותקינות הפעולה.

בעיית הכדורים העקרים שהוזכרה אינה צריכה להדאיג במיוחד, וזאת לנוכח העובדות האלה:—



סופית (כולל בחינת-פעולה בירי). כיום נבדקת האפשרות, שבבוא הזמן, עם צבירת ניסיון, תרוכז כל עבודת ההכשרה באחד ממכוני מרכז-תחמושת. לצורך זה, צה"ל ירכוש מהמפעל מערכת ליטוש על כל אביזריה, ורק תמיסת האלקטרוליט (שהיא סוד-מקצועי של המפעל) תנופק מדי פעם לחידוש המלאי.

יש כוונה להרחיב את השיטה גם לכדורים מקליברים אחרים ו/או מתכונות נוספות. לשם כך הוחל בסדרת ניסויים לכדורים "0.5"/"ח"ש/מצית ו-"0.5"/"ח"ש/מצית/נובת, ניסויים הדומים לאלה ששימשו לבדיקת כדורים 7.62 מ"מ/רגיל, עם הקלות מסויימות המתחייבות מהניסיון שנרכש עד כה. כאן המקום לציין, שהכשרת קליבר אחר בקריהעבודה הקיים יכולה להיעשות באותה "קרוסלה", על-ידי שימוש בתפסניות מתאימות ועל-ידי כיוון מתאים (במידת הצורך) של משתני התהליך. אם להזכיר בקיצור נמרץ את הצד הכלכלי, הרי שתכנון העבודה לעתיד מתבסס על תחזית, שלפיה העלות הכוללת של הכשרת כדור ישן בליטוש אלקטרוכימי (כולל מיון, הובלה, ליטוש, בחינה, חומרים, אחזקה וכו') תהיה פחותה מ-30% בהשוואה למחיר של כדור חדש.

\* \* \*

לסיכום, אם תהליך הליטוש האלקטרוכימי ישתרש כשיטה להכשרת תחמושת זעירה הוא עשוי להיות אמצעי להגדלת אחוז התחמושת המנוצלת, לאחידות בטיב הטיפול ולהארכת משך-החיים-הממוצע של התחמושת. טקסט לתמונה

בסיכום ל-22 דקות בקירוב, שהוא פרק-הזמן העובר מרגע הכנסת הכדור לקרוסלה ועד לקבלתו מלוטש ונקי. מערכת הקרוסלה מחוברת לספק זרם-ישר. מערכת אספקת הזרם וכן מערכת השינוע ותנאי התהליך מבוקרים כולם על ידי לוח-בקרה. אורך-החיים היעיל של תמיסת האלקטרוליט מבוקר על-ידי מיכשור אלקטרוני. יש לציין, שהתמיסה אינה נדיפה בטמפרטורת העבודה, אינה מפיצה ריח, אינה מתלקחת ואינה גורמת למיטרד אקולוגי לאחר השימוש בה. לעומת זאת היא קורוזיבית ויש לטפל בה בעור מוגן.

תחנה	הטיפול	טמפרטורת עבודה (°C)
1	טבילה בתמיסת ניקוי	80
2	שאריות תמיסה שעל הכדור מטפטפות למיכל איסוף	טמפ' החדר
3	טיפול אלקטרוכימי ראשון	80—70
4	שאריות תמיסה שעל הכדור מטפטפות למיכל איסוף	טמפ' החדר
5	טיפול אלקטרוכימי שני	80—70
6	שאריות תמיסה שעל הכדור מטפטפות למיכל איסוף	טמפ' החדר
7	טבילה במים זורמים	25
8	טבילה במים חמים	70
9	פריקה ידנית וייבוש בויברטור	טמפ' החדר
10	טעינה ידנית	טמפ' החדר

תיאור תהליך הליטוש האלקטרוכימי לפי תחנות הטיפול:

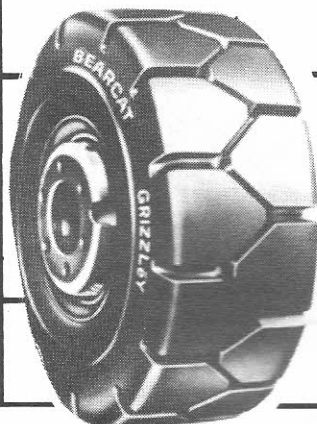
### מה נעשה, ומה צפוי?

תהליך הליטוש האלקטרוכימי אושר על ידי חיל-החימוש להכשרת כדור 7.62 מ"מ רגיל בלבד, שעליו נעשו הניסויים לבחינת השיטה.

הקו הנסיוני הוקם כאמור כדי ללמוד את השיטה ולרפא "מחלות-ילדות". במהלך העבודה התעוררו אומנם כמה בעיות טכניות, אך אלה נחקרו ונמצא להן פתרון הולם. בגמר העבודה בקו הנסיוני הוחל בהכשרת סדרות-תחמושת גדולות יותר, ומיליוני כדורים הוכשרו לשימוש באימונים.

על פי סדר העבודה כיום מתחיל תהליך ההכשרה במיון מוקדם במרכז תחמושת ומשם מועברת התחמושת למפעל בעל הפטנט. במפעל ממיינים את התחמושת, מלטשים אותה ובודקים חיצונית. הכדורים המלוטשים מוחזרים למרכז התחמושת לצורך שירשור, אריזה, סימון ובחינה

## אם צמיגי "בירקט" טובים עבור קלארק, הייסטר, קטרפילר וייל- הם טובים גם עבור המלגזה שלך.



"בירקט" החברה הגדולה בעולם לייצור ושיווק צמיגים תעשייתיים



טל שיווק (1980) בע"מ

המלך ג'ורג' 93  
תל אביב.  
טל. 285010, 282504

# אמינות ואחריות

## לזה אתה

## מצפה מהמוביל



רוטל תעשיות ומסחר בע"מ מתמחה בשוק כימיקלים מתחכמים חומרי איטום ודבקים. אנו עושים זאת מאז 1969 תוך גידול מתמיד, שכור הידע ואיכות השירות. לנו צוות הנדסי מעולה לשרות לקוחות ואנו מייצגים את הטובים שביצרני החומרים, לאלקטרוניקה, מכניקה ותעופה. נשמח לשרתך בהספקת חומרים וייעוץ בכל שלבי התכנון הייצור והאחזקה.



LOCTITE  
PERMATEX  
DEVCON  
E.F. HOUGHTON  
EVACOR  
PERENNATOR  
HYSOL DIV.  
CELTITE  
KENT-MOORE  
SOFRAGRAF  
ROCASIM  
TERRELL  
SEPSCO

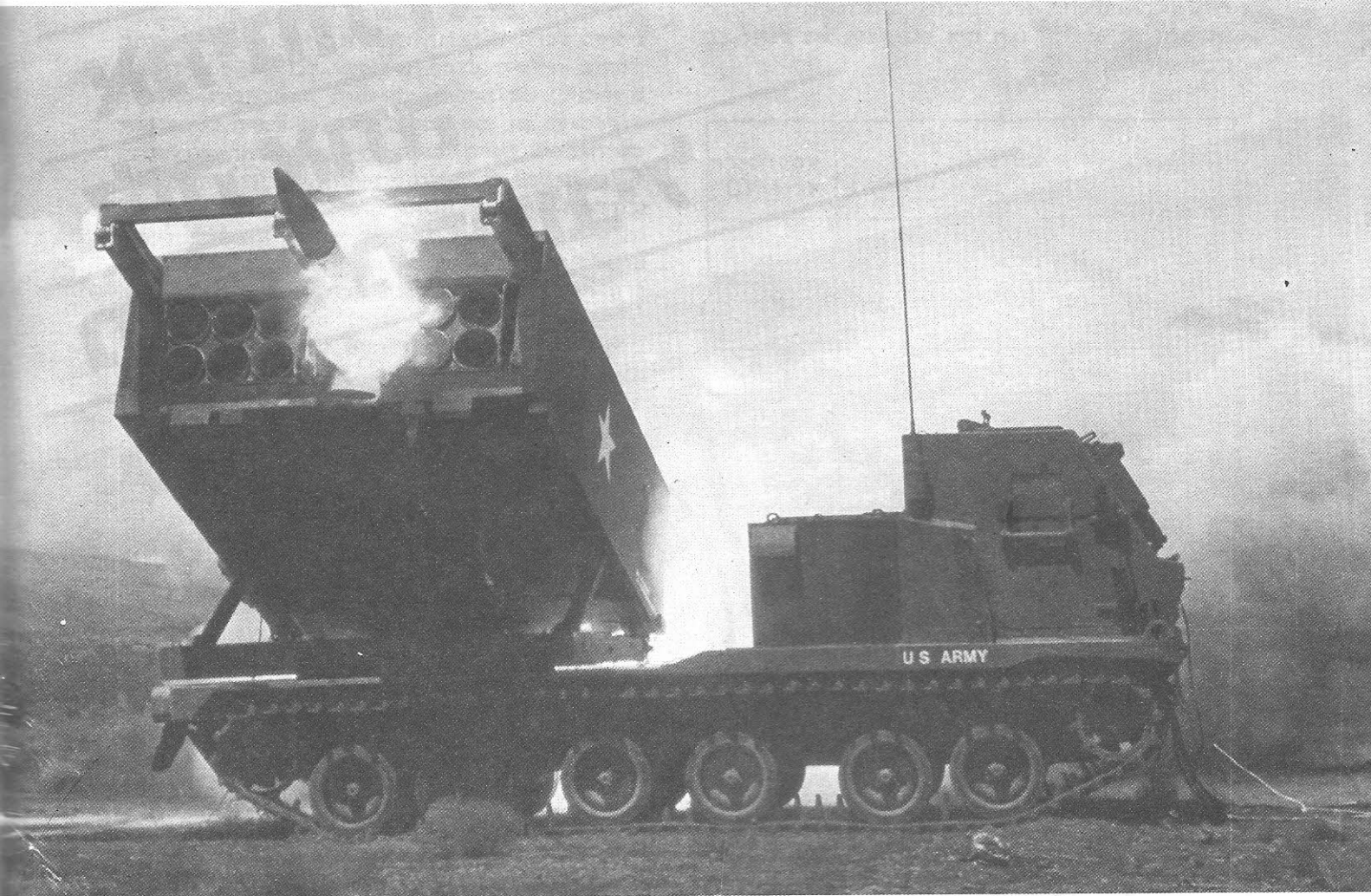
### חומרים למטרות הבאות:

- אבטחת ברגים ● קבוע מיסבים ● איטום צנרת ושטחים
- איטום והדבקת מתכות ● פלסטיק וזכוכית
- חומרים ליצור תבניות ● שמנים לחיתוך מתכת
- מונעי חיכוך ● סיליקונים ● אפוקסי ● פוליאורטן
- גומי סיליקון ● יציקות איטום לאלקטרוניקה
- צפויים באבקה ● חומרי מלוי (אפוקסי מתכת)
- דבקים וחומרי איטום אנארוביים
- דבקים ציאנואקרילטים ● חומרי איטום ודבקים מותכי חום
- מכונות לפזור נוזלים ● אקדחי התכה
- מכונות מינון וערבוב ליציקת אפוקסי וכו' ● מערבלי ואקום

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



# מטר"קים — מטולי-רקטות רב-קניים



מאח שלמה הראל וג'ורא ארבל

ה-מטר"ק הוא כלי-נשק ארטילרי רב-קני לשיגור רקטות במסלול תלול. עוצמתו של ה-מטר"ק טמונה בעיקר ביכולתו להנחית מכת-אש מרוכזת ומפתיעה. הסובייטים היו הראשונים שהכירו בחשיבותה של מכת-אש כזו להשגת הכרעה מהירה בקרב, וכבר בשנת 1941 שילבו בהגנה על מוסקבה 9 גדודי רקטות-ארטילריות ובהם למעלה מ-300 מטר"קים.

מספרן של מערכות ה-מטר"קים בגושה-מזרחי גדל מאז בהתמדה, ומבחינה זו נחות המערב בצורה בולטת. כפועל יוצא מכך, נעשה כיום במערב מאמץ לפתח מערכת מטר"ק יעילה, שתוכל לשגר שלושה ראשי-נפץ — ראש-פצצונות (מיצור), ראש מוקשי-נ"ט וראש תת-מטענים בעלי ביות סופי.

ברקיטות — החל בראשי-נפץ אחדים, דרך ראשי-  
פצצונות וראשי מיקוש וכלה בראשי-נפץ מתבייתים.

מגבלותיו של ה-מטר"ק, הן ברמת הדיוק של הרקיטות  
ובמחירן. דיוק אופייני של מערכת רקיטות חופשיות (ראה  
להלן) מתבטא בפיזור של 1—1.5 אחוזים מהטווח, לעומת  
פיזור הקטן מ-1% במערכות התותחים. הדבר נובע מן  
ההבדל היסודי בעקרונות התכנון: לעומת "שלב-ההנעה"  
של הפגז, המסתיים בקנה-התותח, הרי שלב-ההנעה של  
הרקיטה נמשך למן צאתה את המשגר ועד עוברת כמה  
מאות מטרים. מכאן צבירת הפיזור של הרקיטה, עקב  
השפעות הרוח, אי-ציריות של כוח-ההדף וכתוצאה  
ממהירויות-זוויתיות בשיגור.

כדי לענות על בעיית הפיזור הטבעי, מוכנסים ברקיטות של  
ה-מטר"קים החדשים ראשי-נפץ המכילים פצצונות ותת-  
מטענים אחרים, כגון מוקשים ופצצונות מתבייתות. בתחום  
תורת-הלחימה מתבטא הדבר בהקצאת מטרות-שטח  
גדולות. הצעדים האלה משפרים בצורה משמעותית את  
האפקטיביות של ה-מטר"ק והופכים אותו לנשק קטלני.  
המגבלה השניה נעוצה, כאמור, בעלות החימוש הרקיטי.  
הרקיטה יקרה יותר מן הפגז, בשל גודלה, תיחכומה ובשל  
סדרות-הייצור הקטנות שלה. מסיבה זו מייעדים את ה-  
מטר"קים למשימות מיוחדות המתוכננות מראש וכסיוע  
למסגרות צבאיות גדולות.

## רקיטות חופשיות — מבנה והפעלה

רקיטות ה-מטר"קים הן רקיטות חופשיות — זה השם  
הניתן לרקיטות שאין בתוכן כל מערכת ניווט. הרקיטה  
בנויה ממנוע-רקיטי, מראש-נפץ וממסגרת אוירודינמית.  
המנוע-הרקיטי בנוי משני שלבים: מאיץ — המאיץ את  
הרקיטה ממהירות אפס עד למהירות התחלתית מסוימת  
ומשֵׁיט — המקנה לרקיטה מהירות סופית רצויה. המסגרת  
האויירודינמית כוללת את מעטפת הגוף וכן ארבעה  
מייצבים או כנפיים הקבועים לרוב בחלק האחורי של  
הגוף. עם תום פעולת המנוע ממשיכה הרקיטה לנוע  
במסלול הנקבע על-ידי כוחות משיכת כדור-הארץ  
והכוחות האויירודינמיים.

על הרקיטה החופשית פועלים כוחות שגורמים לסטיות  
מהמסלול המתוכנן:—

- מהירות הרקיטה בעזבה את המשגר — קטנה, וכל  
רוח משפיעה על תנועתה במידת ניכרת גם בעת  
היציאה וגם לאורך הדרך כולה.
- אי-ציריות-ההדף — כוח-ההדף של המנוע הרקיטי  
אינו עובר במדויק דרך ציר האורך של הרקיטה.  
כתוצאה מכך פועל כוח קבוע השואף להסיט את  
הרקיטה מהמסלול המחושב.
- אי דיוקים ביצור ובהרכבה של הרקיטה גורמים  
לחוסר איזון של המבנה האויירודינמי, שבגללו  
מתוספים לרקיטה בעת מעופה כוחות ומומנטים  
בלתי-רצויים.

כדי לתקן חלק מהשגיאות האלה עושים כמה פעולות:—  
✦ מאריכים את המשגר, ובכך תורמים להשגת מהירות  
התחלתית גבוהה ולא-ירגישות להשפעות הרוח באותו  
שלב.

יכולתו המבצעית של ה-מטר"ק הסובייטי BM-21, שכיום  
הוא הנפוץ והיעיל ביותר בגושה-המזרחי, ממחישה את אחד  
היתרונות הבולטים של מערכת ה-מטר"ק — היכולת  
להנחית בפרקי-זמן קצרים מכות-אש בעלות עוצמה וריכוז  
גבוהים למדי, יכולת שאינה ניתנת להשגה במערכת  
ארטילרית אחרת.

המאפיין היחודי הזה מקנה למערכת ה-מטר"ק יתרונות  
בולטים בשדה-הקרב הנוכחי והעתיד: בקרב-מיגונה —  
לתפקידי חסימה ושיבוש, על-ידי פגיעה באיזורי התכנסות,  
בנקודות פריצה עיקריות ובריכוזי סיוע ותגבורת, ובקרב-  
מיתקפה — לשבירת ריכוזי אויב, כדי לאפשר פריצת  
הקו.

נוסף על המאפיין הבולט — הכושר להנחית מכת-אש  
מרוכזת בזמן קצר — יש ל-מטר"ק יתרונות חשובים  
אחרים:

## אפקט הפתעה

קצב-האש הגבוה של ה-מטר"ק, כשלעצמו, יוצר אפקט  
פסיכולוגי במטרה. מתוספת לכך העובדה שהמותקף אינו  
נמצא בכוננות לספוג את האש הבאה עליו בפתע. אם  
ניקח, כדוגמה, את ה-מטר"ק הסובייטי BM-21, יקל להבין  
תחושת חיילים, שבתוך 20 שניות סופגים מטח מפתיע של  
40 רקיטות בקוטר 122 מ"מ.

## מערכת שיגור פשוטה זולה

מערכת ה-מטר"ק זולה ופשוטה בהרבה בתכנון ובייצור  
בהשוואה למערכות-תותחים, וזאת בעיקר בשל העובדה,  
שבמערכת מטר"ק, התאוצות ולחצי השיגור נמוכים מאלה  
הקיימים במערכות תותחים. באשר למחיר, הרי שבממוצע  
מחירה של מערכת מטר"ק כמחצית ממחירו של תומ"ת.  
כאשר ההשוואה הזו נעשית על-פי קריטריון של עוצמת-  
האש שמפיקה כל מערכת, הרי היחס הזה גדל לאין שיעור,  
לטובת ה-מטר"ק כמובן.

## כוח-אדם

צוות מטר"ק אופייני מונה 3-4 חיילים, לעומת 5-6 חיילים  
בצוות תומ"ת. גם כאן, כאשר עורכים את ההשוואה על פי  
קריטריון של עוצמת-האש, גדל יתרוננו של ה-מטר"ק  
בהרבה.

## הישָׁרדות

לאחר ירי-מטח מסיים ה-מטר"ק את משימתו ומדלג  
לעמדת-ירי חליפית. התותח, לעומת זאת, חייב להישאר  
זמן רב באותה עמדה כדי להשיג אפקט לאש שלו, ובכך  
הוא חושף עצמו לאש נגד-סוללות.

## חימוש מגוון

תאוצות הירי הנמוכות הקיימות במערכות מטר"קים (עד  
100g בקירוב), והגמישות המימדית בתכנון הרקיטות,  
מבחינת הקוטר, האורך והמשקל — אלה מקנים ל-מטר"ק  
פוטנציאל רחב מבחינת סוגי ראשי-הנפץ שניתן להרכיב

---

נשער — ה-מטר"ק MLRS, הנחשב למתקדם בעולם, מיועד להיות ה-  
מטר"ק העיקרי של נאט"ו.

## מערכות מטר"קים בעולם

### בגוש-המזרחי

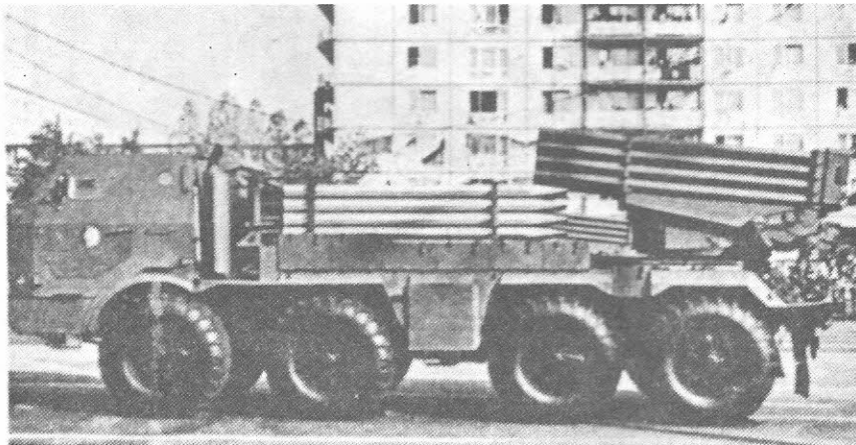
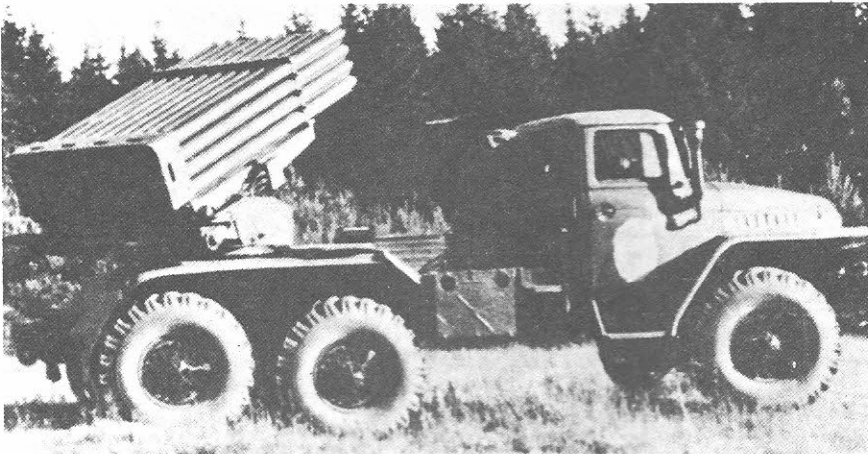
הצבא-האדום היה הראשון שהכניס מטר"קים לשימוש מבצעי. ביולי 1941, ירה ראשון המטר"קים — BM-13 את המטח הראשון שלו — 16 רקטות (קטיושות) בקוטר 132 מ"מ לטווח של 9 ק"מ. לקראת סוף אותה שנה השתתפו בהגנת מוסקבה 9 גדודי רקטות-ארטילריות ובהם למעלה מ-300 מטר"קים, ובשנת 1943 כבר פעלו בצבא-האדום 6 דיוויזיות של מטר"קים, שכל אחת מהן מסוגלת לשגר מטח-דיוויזיוני בין 4000 רקטות.

מאז מלחמת-העולם השניה ממשיכים הרוסים להגדיל בהתמדה את מספרן של מערכות הארטילריה הרקטית, הן בצבא-האדום והן בארצות הגוש-המזרחי. מערכת ה"מטר"ק הנפוצה והיעילה ביותר כיום בגוש המזרחי היא המערכת BM-21, בעלת 40 קנים לשיגור רקטות 122 מ"מ לטווח של 20 ק"מ. הרקטה, מיוצבת-סנפירים, נושאת ראש-נפץ שמשקלו 18.6 ק"ג. המערכת מופיעה בגרסות שיגור שונות, שהמתקדמת והמוצלחת מכולן היא המערכת הציבית, שסימונה M-1972. המערכת, בעלת מנגנון-טעינה-אוטומטי, מותקנת על משאית טטרה בעלת עבירות משופרת. תא-הלחימה במשאית, שלא כבגירסה הרגילה של ה-BM-21, מספק הגנה מלאה לצוות, וכן יש על המשאית מקום למנת-טעינה נוספת. זמן הטעינה בגרסה זו של ה-BM-21 התקצר למחצית — 5 דקות.

✦ מסובבים את הרקטה בגלגול, כדי להקטין את הפיזור הנובעים מאי-דיוק ביצור ומאי-ציריות-הדחף.  
✦ הכנפונים (מייצבים אוירודינמיים) מקופלים בזמן החלקת הרקטה על המשגר, ונפתחים זמן קצר לאחר העזיבה. פעולה זו משנה את המקדם-הבליסטי של הרקטה ומקטינה את הסטיות.

כדי להשיג אפקט רב על פני שטח מוכה, צריך להפעיל את הרקטות החופשיות במטח, וזה אמור במיוחד לגבי רקטות הנושאות ראש-נפץ רגילים. היתרון בירי-מטח הוא, כאמור, בהשגת מכת-אש ראשונה גדולה. הרקטות לטווחים קצרים (עד 20 ק"מ) מופעלים ממשגרים רב-קניים (12, 24 או 48 רקטות במטח). יציאת הרקטה מלונך ברעידות מהירות של המשגר, הנמשכות כשניה. כדי למנוע סטיות-המראָה הרדיות, משגרים את הרקטות בזו אחר זו בהפרשי זמן של שניה ויותר ובכך מונעים לחלוטין את ההשפעה ההרדית בין הקנים. לפני שיגור הרקטות יש צורך לערוך מדידות מטאורולוגיות של טמפרטורת האטמוספירה וצפיפותה ובאופן מיוחד של עוצמת הרוחות. מדידות אלה מובאות בחישוב זווית-ההצבה שלפיה משוגרות הרקטות. התנאים האטמוספריים בנקודת השיגור אומנם אינם מאפיינים את התנאים לאורך כל המסלול, אך גם מדידה בנקודה אחת של המסלול מפחיתה בהרבה את הסטיות.





בתמונות — המטר"ק הסובייטי BM-21, היעיל והנפוץ ביותר בגוש המזרחי, בעל 40 קנים לשיגור רקטות 122 מ"מ לטווח מקסימלי של 20 ק"מ. ל-מטר"ק הזה יש גירסות שיגור שונות, שהמתקדמת והמוצלחת מכולן היא הגרסה הצ'כית (תמונה תחתונה), המשלבת מנגנון-טעינה-אוטומטי, רכב שיגור בעל עבירות גבוהה ותא-לחימה מוגן.

התיקון המטאורולוגי עבור המטר"ק מושג על-ידי שילוב של מכ"מ ומחשב. תחילה נורית רקיטה אחת לכיוון המשוער של המטרה, ומתוצאות מעקב המכ"מ אחר הרקיטה מפיק המחשב את הנתונים עבור המשגרים המכוונים לאותה מטרה.

בכל דיוויזיה גרמנית נמצאות שתי סוללות LARS בנות 8 מטר"קים האחת. באמצע שנות ה-80 אמורים מטר"קים אלה לפנות את מקומם למערכות MLRS של נאטו.

## יפאן

משנת 1975 נמצא בידי הצבא היפני המטר"ק MRS, בעל 30 קנים לשיגור רקטות 130 מ"מ לטווח של 15 ק"מ. ה-מטר"ק מורכב על תובת הנגמ"ש היפני APC-73 והוא מצויד במקלע 0.5" ובתא עם צריחון.

## ישראל

מאז מלחמת ששת-הימים ב-1967, שבה נתקל צה"ל במערכות-הנשק הרקטיות מסוג ה"קטיושות", ניתנה דחיפה לפיתוח מערכות מקבילות על-ידי מפעלי התעשייה הצבאית. בשלב הראשון יצרה התעשייה הצבאית רקטות קרקע-קרקע שהתבססו על מערכות השיגור של הרקטות בקוטר 240 מ"מ (BM-24) מתוצרת בריה"מ, שנתפסו שלל במלחמה.

עם הזמן התחזקה הדרישה לנשק רקטי לטווחים ארוכים

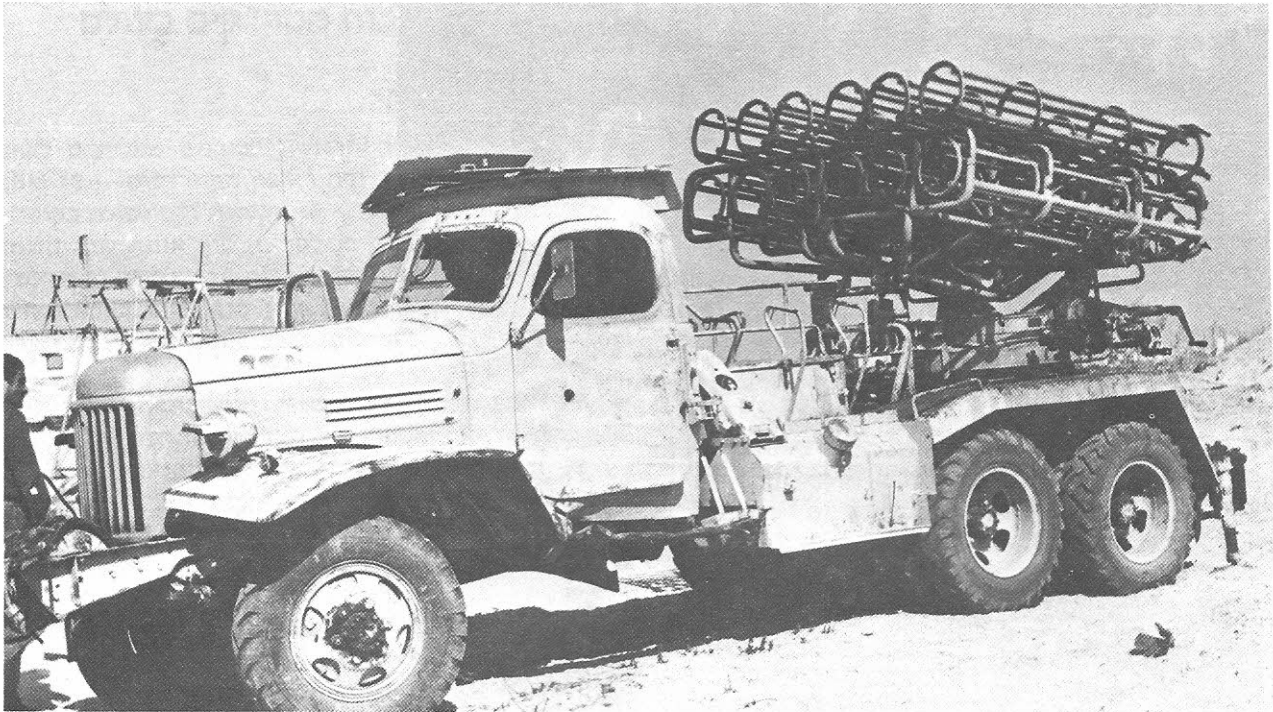
בצבאות ברית-הברית, בכל אוגדת-רובאים-ממוכנת ובכל אוגדת-שיריון פרוס גדוד מטר"ק BM-21. גדוד כזה כולל 18 משגרים, המסוגלים לירות 720 רקטות בפרק-זמן של 20 שניות — כמות אש שניתן להפיק מ-120 (!) תותחיים-155 מ"מ היורים פגז אחד בירי-מטח. ה-BM-21 נמצא בשימוש בצבאות בריה"מ, מזרח-גרמניה, הונגריה, צפון-קוריאה, מצרים, עירק, ויטנאם, דרום-תימן, פולין ועוד.

מערכת מטר"ק סובייטית, הנמצאת גם בשירות צה"ל, היא המערכת BM-24, בעלת 12 קנים לשיגור רקטות 240 מ"מ לטווח של 10 ק"מ. תא-הלחימה של המטר"ק מוגן על-ידי לוחות-פלדה.

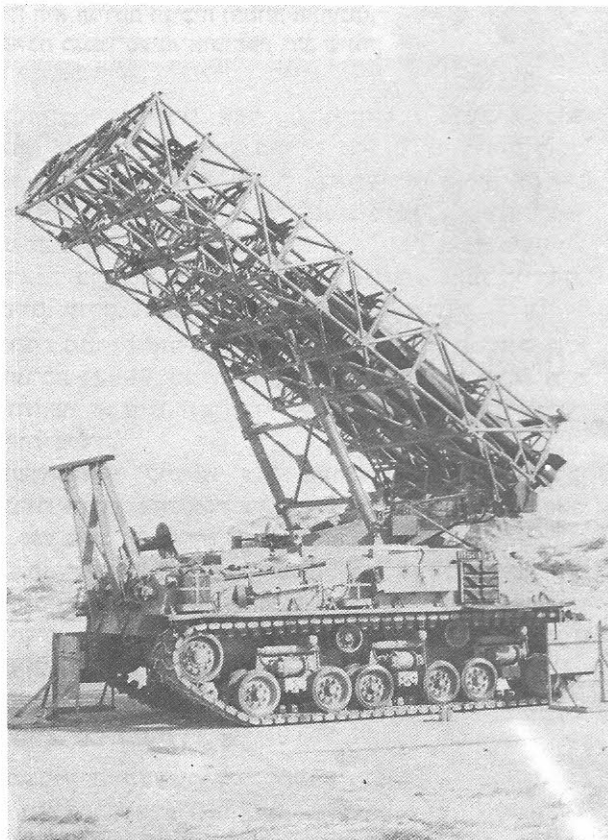
בגושה-המזרחי קיימות עוד מערכות מטר"קים, חלקן נגררות וחלקן מותקנות על משאיות, בקטרים מ-122 מ"מ עד 250 מ"מ ולטווחים עד 30 ק"מ. על פי ידיעות במערב, ישנן כיום מערכות-מטר"קים סובייטיות לטווחים שמעל 30 ק"מ, המצוידות בראשי-נפץ חדישים, לרבות ראשי-מיקוש, ראשי-פצצונות וראשים כימיים.

## מערב-גרמניה

ה-מטר"ק המבצעי היחיד במערב אירופה — LARS-110 — נמצא בשימוש הצבא המערב-גרמני מאז 1970. הוא מכיל, כחימוש עיקרי, מוקשים נגד-רכב (AT-1) ונגד-רק"מ (AT-2) והוא מיועד להשתלב במערך המיגנה של הצבא-הגרמני כנגד פלישת כוחות ברית-הברית.



בתמונה — ה"מטר"ק הסובייטי BM-24, בעל 12 קנים לשיגור רקטות 240 מ"מ לטווח מקסימלי של 10 ק"מ. ה"מטר"ק BM-24 נמצא גם בשירות צה"ל, והרקטות עבורו מיוצרות על-ידי התעשייה הצבאית.



בתמונה — מטר"ק ישראלי 290 מ"מ.

יותר (הטווח של הרקטה 240 מ"מ — 10 ק"מ), שחסרונו בלט במיוחד על רקע מלחמת-ההתשה ומלחמת יום הכיפורים. הכניסה לעומק התחום הזה קשורה במידה רבה לפנייתה של אחת ממדינות נאט"ו אל התעשייה הצבאית, בשנת 1968, בבקשה לפתח עבורה מנוע לרקטה ארטילרית לטווח בינוני. בעקבות הצלחת עבודות הפיתוח נתקבלה כעבור זמן מה גם דרישת צה"ל לפתח ולייצר עבורו מערכת נשק רקטית קרקע-קרקע. עבודת הפיתוח נעשתה ללא ידע מן החוץ, ושותפו בה גורמים שונים בצה"ל, כגון חיל-החימוש, ששימש קבלן-משנה לפיתוח רכב השיגור, לביצוע הבחינה ולניסויי הירי. הרקטה, שקוטרה 290 מ"מ, סופקה לראשונה לחיל התותחנים בשנת 1973. המשגר, המכיל 4 רקטות 290 מ"מ, מותקן על תובת טנק שרמן M-51.

## ארה"ב

המערכת הרקטית הרב-קנית המתקדמת ביותר בעולם והנמצאת כעת בשלבי-ייצור ראשוניים היא מערכת MLRS (Multiple Launch System), המיוצרת על-ידי חברת Vought עבור הצבא האמריקאי. המערכת תוכנס לשירות גם בגרמניה, צרפת ובריטניה הנוטלות חלק במימון ובפיתוח הפרויקט.

מערכת הנשק תכיל שלושה ראשי נפץ — ראש-פצצונות מסוג M-42, שיהיה מבצעי ב-1982; ראש מוקשיניט מסוג AT-2, שיפותח על-ידי מערב-גרמניה ויהיה מבצעי ב-1986; וראש תת-מטענים בעלי ביות סופי, שיוכנס לשירות החל משנת 1989.

במערכת MLRS שולבו מירב החידושים בשטח ה-



מטר"קים, הן מבחינה טכנולוגית והן מבחינת תפיסת לחימה:—

★ מארז/משגר מתכלה

המערכת MLRS הינה הראשונה שבה הוכנס לשימוש מארז/משגר מתכלה. המשגר מכיל שני מארזי-שיגור, בני 6 קנים כל אחד. כל מארז משמש כארגז לאיחסון הרקיטות, להובלתן למרכז הטעינה, ולאחר הרכבתן במשגר — כצינור שיגור המכיל את כל הפונקציות לירי. בסיום הירי, המארז מושלך ובמקומו מוכנס אחר. במתכונת הזו מתאפשרת טעינה עצמית בתוך 5—10 דקות.

★ רכב-שיגור

רכב השיגור של המערכת מתבסס על תובת הנגמ"ש החדיש M-2, המצטיינת בעבירות גבוהה ומגינה היטב על הצוות. מזקו"מ-הרכב מכיל מערכת נעילה אינטגרלית. ברכב מופעלת מערכת על-לחץ, המונעת חדירת גזי הבעירה לתא-הלחימה ומשמשת גם כהגנת-אב"כ לצוות

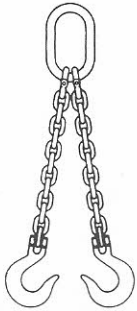
★ מערכת ניווט/ייצוב/פינון

ב-מטר"ק MLRS הוכנסה לשימוש מערכת משולבת לניווט, ייצוב וכינון, המספקת נתונים על מיקומו הרגעי של המשגר. המערכת הזו משמשת גם ככוונת-צירודי-הגבהה, השומרת בין ירי אחד למשנהו על הכיוון המקורי של המשגר.

## צבי לפידות



- כלי הרמה, כבלים ושרשראות
- מנופי חשמל ויד
- ציוד חילוץ וגרירה
- אביזרי הרמה תוצרת קרוסבי
- כבלי פלדה מתוצרת מסילות
- מעונבים להרמה (סלינגים) מיוצרים מכבלי פלדה ורצועות נילון
- שרשראות מפלדה מסוגסגת (ALLOY) למערכות שינוע והרמה
- מענבים להרמה (סלינגים) בהתאם לדרישות הלקוח

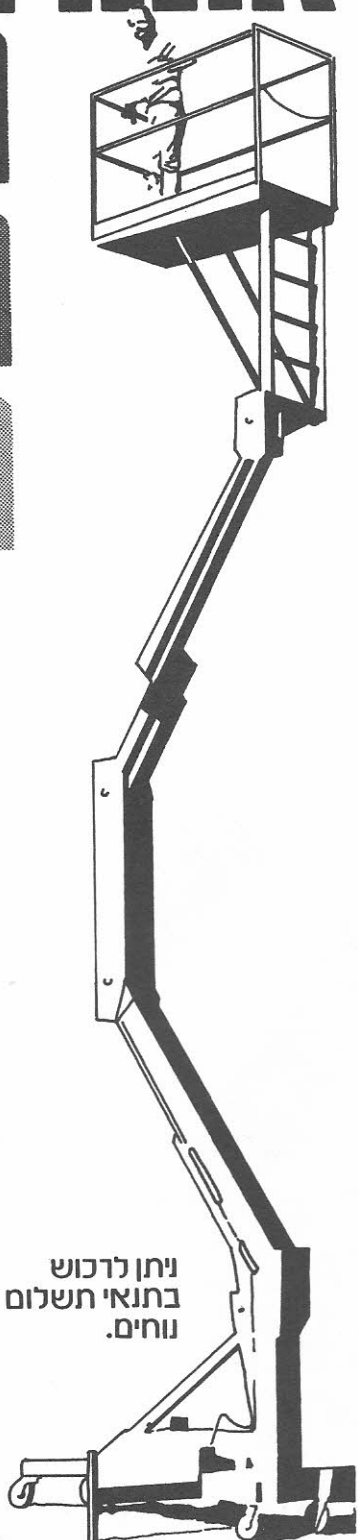


רח' צ'לנוב 5א' תל-אביב  
 ת.ד. 1256 תל-אביב, 61012.  
 טל : 623939, 621473

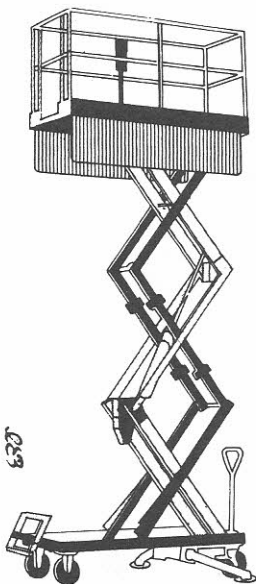


בתמונה — LARS-110 — ה"מטר"ק המבצעי היחיד במערב-אירופה נמצא בשימוש צבא מערב-גרמניה מאז 1970. בעל 36 קנים לשיגור רקטות 110 מ"מ לטווח מקסימלי של 14 ק"מ.

# אתנו תביע גבוה גבוה גבוה גבוה



ניתן לרכוש  
בתנאי תשלום  
נוחים.



## אמיר

חברה להנדסה ומסחר בע"מ

רח' ויצמן 6 איגבעתיים, 53101 ת.ד. 175  
טל. 03-737441, 03-730895

אנו מרימים הבכ

★ מערכת מחשב מרכזית ומערכת תקשורת ספרתית מערכת ה-מטר"ק מבוקרת ומפוקדת על-ידי מחשב מרכזי, המאפשר ביצוע ירי אוטומטי לחלוטין, ללא התערבות הצוות. מערכת התקשורת הספרתית מאפשרת להעביר נתוני ירי ופקודות ירי אל המשגר הבודד.

★ מערכת טעינה אינטגרלית

משגר MLRS מצויד במערכת טעינה המסוגלת לטעון את שני מארזי השיגור מן הקרקע או ממשאית התחמושת.

★ מטר"ק יביל-אוויר

מערכת MLRS, שמשקלה הטעון 24.5 טון, ניתנת להובלה אווירית, באמצעות המטוסים האמריקאים C-141, ו-C-151.

★ רקיטה

הרקטה של ה-מטר"ק MLRS תוכננה לטווח מבצעי מעל 30 ק"מ. הופעלה בה טכנולוגיה חדישה להקטנת הפיזור בשלבי ההנעה — פתיחת כנפי הרקיטה מושהית בקטע שבו הרקיטה רגישה ביותר להשפעות רוח-קרקע — שיפור המבטל את הצורך במדידה המטאורולוגית של הקרקע.

בתכנון ראש-הנפץ של הרקיטה הופעלה טכנולוגית פיזור המנצלת מוטי-הודף מרכזי, שבאמצעותה הושגה צפיפות זיורד גבוהה של הפצצונות. מרעום הרקיטה, הוא מרעום זמן אלקטרוני הניתן להפעלה מרחוק (מתוך תא-הלחימה). כמו כן הוכנס במנוע הרקיטה חומרי-הודף מתקדם מסוג HTPB.



בתמונה — ה-מטר"ק MLRS. נמצא כעת בשלבי ייצור ראשוניים ומתוכנן להיות ה-מטר"ק העיקרי של נאט"ו. בעל 12 קנים לשיגור רקיטות 227 מ"מ לטווח של 30 ק"מ. ב-מטר"ק MLRS שולבו מירב החידושים בתחום הזה, הן מבחינה טכנולוגית והן מבחינת תפיסת-לחימה.

מקורות:

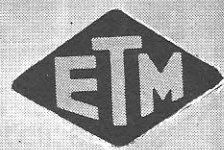
1. טילים ורקילות בלוחמה המודרנית / ש. יפתח
2. התעשייה הבטחונית בישראל / י. עברון

# א.י.טי.אם. איכות ללא פשרות

# ETM



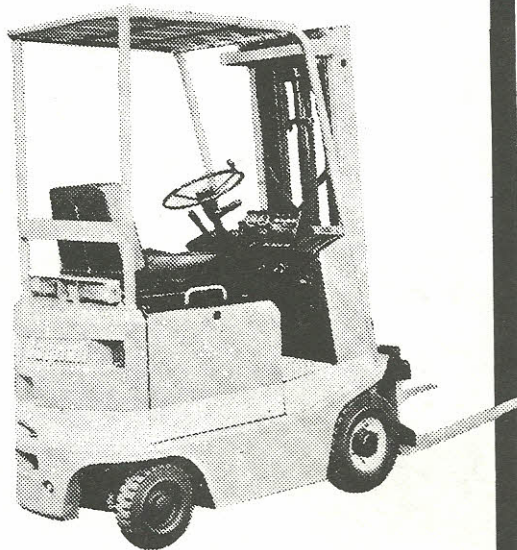
יצרני כלי חיתוך  
אביזרים לעיבוד שבבי  
מערכות כלים  
למכונות CNC



## א.י.טי.אם. בע"מ

שיוק: "אטמוס" חברה להפצת מכשירים בע"מ. אזור התעשייה הרצליה ב' 46'103 ת.ד. 309 טל. 59491-59588-052

# ההדמה הטובה ביותר



## LANSING

מלגזות חשמליות בנוזן • גז ודיזל  
עד 40 טון - לרכישה ולהשכרה.

המפיצים הבלטדיים:

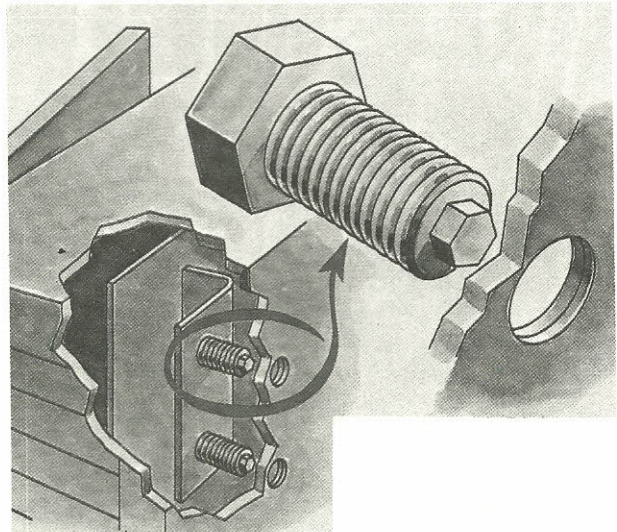
### בידמה

ציוד לתובלה בעי"מ  
רח' בן אביגדור 13, ת"א טלפון: 331466

מלגזות ההדמה הטובה בעולם



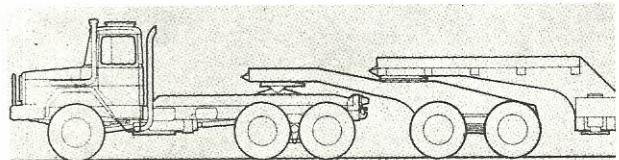
שני ראשים לבורג עדיפים מראש אחד



לבורג המתואר בציור יש שני ראשים משובשים - האחד, כרגיל, והשני בקצה הנגדי, קטן יותר. בורג כזה קל יותר לשחרר כאשר הגישה לראש הבורג מוגבלת. הבורג תוכנן על-ידי חברת "רוקנול" עבור רשות-החלל האמריקאית, ונועד להקל בפירוק מנוע מעבורת-החלל מן התושבת שלו.

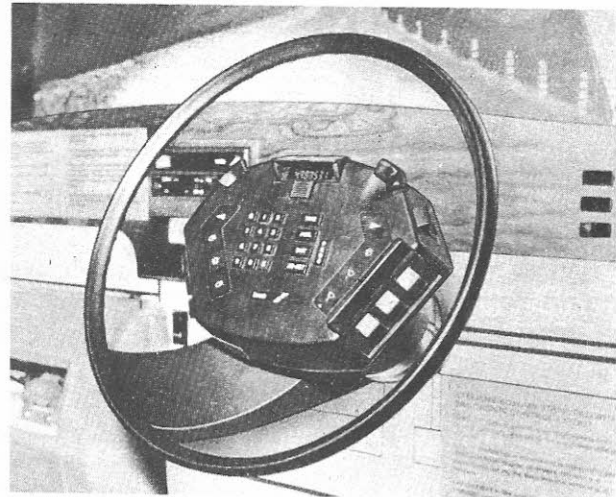
MACHINE DESIGN, March 12, 1981

מתקן המקל על גרירת גרורים כבדים



כדי שניתן יהיה לגרור גרורים כבדים מאוד באמצעות גורר-תומך 6x6, פותחה במערב-גרמניה "עגלת-משקל" המחוברת בין הגרור הכבד ובין הגורר. העומס שאמור היה ליפול כולו על צלחת-הגרירה של הגורר מתחלק כעת בינה ובין הצלחת של עגלת-המשקל.

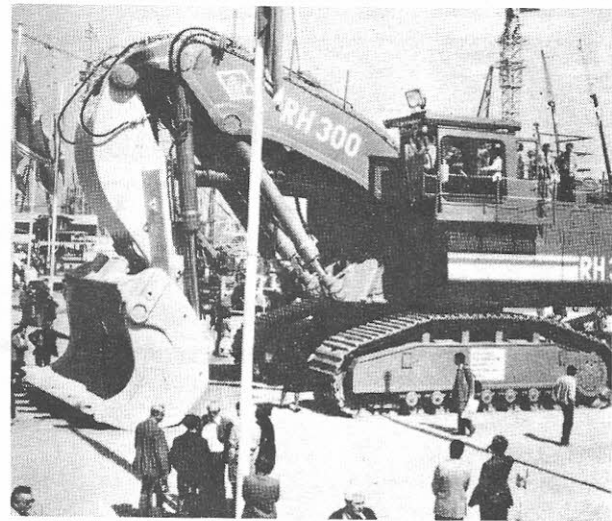
SOLDAT UND TECHNIK, 6/1980



לוח המתגים שבתמונה, המיוצר על ידי החברה הבריטית "לוקס", מאפשר להפעיל את מחווני הפניה, את האורות, המגבים והצופר בלחיצת אצבע, בלא להסיט את היידים מן ההגה. נוסף על כך, יש במרכז הלוח מתגי הפעלה למחשב-נסיעה. המידע הנפלט מן המחשב מוצג ספרתית על מירקע טן בקצה העליון של לוח המתגים.

MACHINE DESIGN, March 12, 1981

מחפר הידרולי ענק



המחפר שבתמונה, הנחשב לגדול בעולם, מיוצר במערב-גרמניה, על-ידי תישלובת O&K. למחפר כמה יעים חליפיים, בעלי קיבול בין 17.5 ל-30 מ"ק, בהתאם לצפיפות החומר הנחפר. הספק המנוע 2352 כ"ס, ורוע-ההרמה מסוגלת להגיע למרחק 30 מטר ולחפור לעומק 16 מטר. גובה מושב הנהג מן הקרקע — 6.5 מטר. כל אחד מזחלי המחפר מונע על-ידי מנוע נפרד וכך יכול המחפר לבצע סיבוב במקום.

POPULAR MECHANICS, May 13, 1981

**דבקים הנדסיים  
חומרי מילוי**

**ואיטום** באמינות גבוהה ביותר עדיפים ומומלצים לעבודות פיתוח, ייצור, אחזקה ותיקונים של כל סוגי רכב, ציוד מכני והנדסי, מתקנים ומכונות.

- נעילה, קיבוע ואבטחת תברגים וחלקים גליליים (מתאימים גם לחומרי נפץ).
- איטום משטחים, צווארונים (פלאנז'ים), צנרת (פרמה בונד PERMABOND A)
- הדבקת מתכות כחוזק גבוה במיוחד, אפוקסי חד-מרכיבי (פרמה בונד PERMABOND ESP)
- הדבקת משטחי מתכת, חומרים פלסטיים, זכוכית, עץ - עמידים ברעידות ותנאים קשים (פרמה בונד F = דבק דו-מרכיבי ללא ערבוב)
- דבקים וחומרי איטום לחום גבוה גם מעל 1300°C
- חומרי איטום למנועים, תיבות הילוכים - סיליקון RTV
- ציפוי פוליאוריתן גמיש לעמידות בשחיקה, קרינת שמש, מים וכימיקלים (IRATHANE)
- הדבקות מהירות של גומי, ויטון, EPDM, גומי ספוגי, אצטל, EVA, חומרים פלסטיים, PVC גמיש, מתכות, עץ, קרמיקה (פרמה בונד PERMABOND C)
- חומרים לתיקונים מתכתיים קרים - חורים וסדקים ביציקות, מילוי מתכת שנשחקה, סתימת חורים במיכלי דלק, תיקון קדחי הברגות, גופי מנוע, בתי משאבות (DELOPOX METALIX)
- סופר ניילון עם  $M_0S_2$  לתותבים, מיסבים, גלגלי שיניים ולוחות שחיקה. לעומסים וטמפרטורות גבוהות. עמיד בשחיקה ובכימיקלים. עדיף בהרבה על ניילון !!6 קל פי 7 מפוספורבונזה !! (NYLATRON GSM)
- צנרת לחץ פלסטית גמישה - עמידה בשחיקה, מכות וכימיקלים NYLAFLOW

**דרשו דבקים וחומרי איטום  
פרמה בונד PERMABOND A**

שאינם גורמים לדלקות ורגישויות עור גם בשימוש ממושך



**PERMA  
BONDA**

די.אי.פלוס - ייעוץ טכני ומכירות

גבעתיים רחוב כצנלסון 84'טל : 03'317929, 03'310794

הזרקת חומר-אוטם להגנה מפני תקר

מעבדות "פורמוקסט" בארה"ב מציעות ערכה חדשה להגנה מפני תקר בגלגלי הרכב. זוהי מערכת "עשה זאת בעצמך", הכוללת שפופרות של חומר-אוטם ואקדח-הזרקה, הזרקת החומר האוטם — שפופרת לכל צמיג — נעשית לפני הנסיעה. סיבוב הגלגל בנסיעה מביא למריחה מושלמת של החומר על השטח הפנימי של הצמיג, וכבר עם הימרח החומר מוקנית לצמיג אטימות מפני תקרים הנגרמים על-ידי מסמרים ודומיהם עד לקוטר 6 מ"מ בקירוב וכן מפני תופעות אחרות הגורמות לאובדן אויר, כגון נקוביות הגומי ועוד. בכך, לא רק נחסכים הוצאות, אי-נוחות ואף סכנה, אלא גם נשמר לחץ-האוויר בתוך הצמיג, ובעקבות זאת גדל היחס ק"מ/ליטר ועימו גם אורך חייה הצמיג.



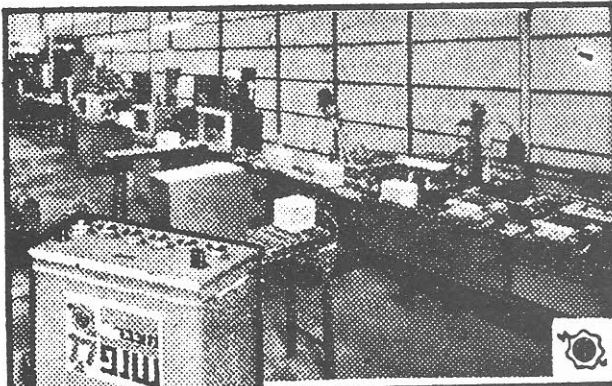
MACHINE DESIGN, March 12, 1981

## שנפיל

המילה האחרונה במצברים!

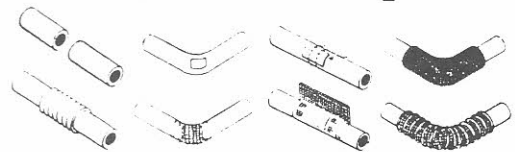
SHNAPP 77 אחריות - 12 חודש!

SHNAPP 77 ארגז פוליפרופילן שקוף!



ע.שנפ ושות. בע"מ

## המוצר המהפני דבק פיליבונד.



- \* תיקון, כסוי, מלוי, אטימה, הבטחה והדבקת מירב המתכות.
- \* עמיד בלחצים ובטמפרטורות גבוהות במיוחד.
- \* עמיד בלחצי גזירה גבוהים (PSI-1000)
- \* מתאים במיוחד לשימוש ותיקון בעזרת קיטור, מים חמים, הסקה, מעבים ומחליפי חום, טורבי-נות, צנרת קירור וכו'.
- \* מיוצר לפי תקני צבא ארה"ב.
- \* עמיד במי-מלח, דלק ושמן, כימיקלים ומירב החומצות.

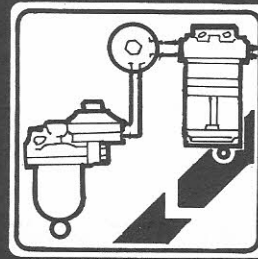
נסה עוד היום וחסכת זמן ובעיות!  
יבוא - שוק והפצה

כלן בע"מ  
תל אביב: רח צייטלין 8, טל. 269550  
חיפה: דרך העמאות 51, טל. 644413

# חלקי הילוף מקוריים לפניך

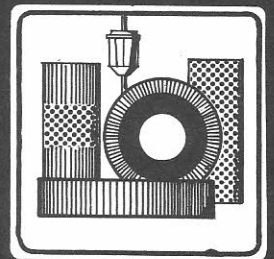
CAV Lucas

משאבות דלק ומרססים



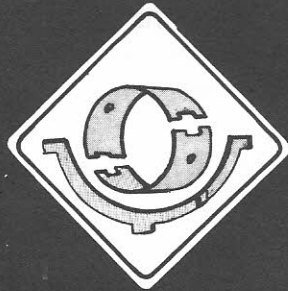
KNECHT

מסנני אויר, דלק ושמן



GLYCO

מיסבי מנוע



EATON

שסתומי מנוע



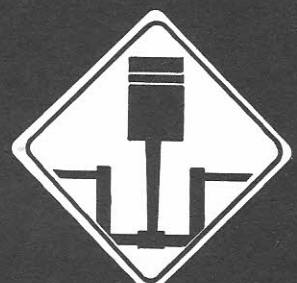
Goetze

טבעות מנוע, סתמים  
ומחזירי שמן



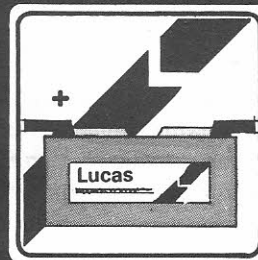
MAHLE

בוכנות ושרוולי מנוע



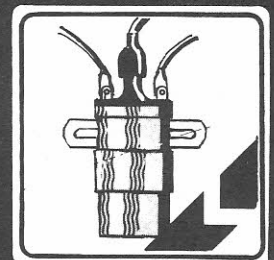
Lucas

מצברים



Lucas

מערכות הצתה,  
התנעה ותאורה

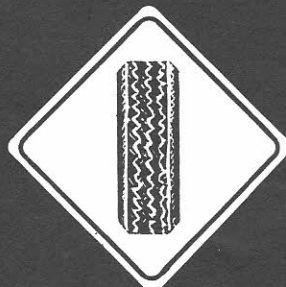


## החברה המאוחדת למזרח הקרוב בישראל בע"מ

תל-אביב, החשמונאים 115, טל. 260261  
חיפה, הנמל 48, טל. 667738

DUNLOP

צמיגים ואבובים



Don

רפידות למעצורים  
ומצמדים



Girling

משאבות בלמים  
ובולמי זעזועים



למשאיות  
לפרטיות  
לאוטובוסים  
לטרקטורים  
ולתעשייה

# אוויר דחוס — מושגי יסוד

מאת אבנר נוסבאום

האוויר הדחוס משמש בתעשייה כמקור כוח רב-תכליתי. משתמשים בו הן להפעלת מכונות מסתובבות כגון טורבינות ומנועי-אוויר, והן לקבלת תנועה קיט בתוך צילינדרים ושסתומים. אוויר דחוס משמש גם כאמצעי הסעה לחומרים בתפוזרת, לריסוס צבע וחול ולהנעת נחלים. רבגוניות זו של שימושים הפכה את האוויר הדחוס לאמצעי שהיעדרו היה מאט את התפתחותן של רבות מתעשיות הכוח או אפילו משבית אותן.

## האוויר מהו?

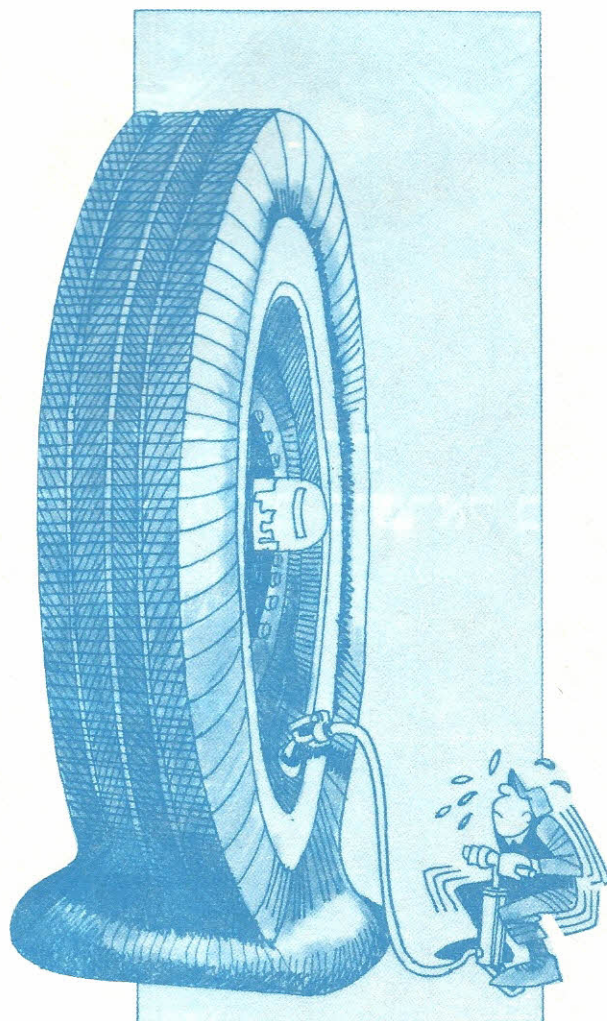
האוויר הוא הגז האופף את כדור-הארץ. המעטפת האטמוספירית הזו סביב כדור-הארץ יוצרת את הלחץ על פניו. עמוד-אוויר ששטח בסיסו 1 סמ"ר וגובהו כגובה מעטה האטמוספירה שוקל בגובה פניהים 1 ק"ג. זהו הלחץ האטמוספירי, שאליו מיוחסות רוב מערכות האוויר הדחוס.

מבחינת הרכבו, האוויר הוא תערובת של 5 מרכיבים עיקריים, חלקם קבועים, מבחינת חלקם היחסי מהאוויר, וחלקם משתנים. המרכיבים הקבועים הם: חנקן (77%), חמצן (20%) וגזים אינרטיים (1%). המרכיבים שפמותם משתנית הם אדי-מים ואבק; חלקם היחסי מהאוויר מתחיל מ-2% בטמפרטורה הנמוכה ביותר, ומגיע עד ל-4% בטמפרטורה הגבוהה ביותר, אבל, הלחות באוויר, כתופעה, קיימת תמיד, ללא כל קשר לטמפרטורה. כאשר מנצלים את האוויר להפעלת מערכות-כוח הופכים האבק והלחות שבו למקור של בעיות במערכת האוויר הדחוס ובכלים עצמם.

## האוויר ככוח מכני

חרשי-הברזל הקדמונים, שלא היו מודעים ליתרונות המכניים הטמונים באוויר ניצלו אותו כספק-חמצן לליבוי אש. המפוחים שנבנו אז לצורך זה, היו למעשה המדחסים הראשונים.

רק במאה ה-17 הוכר האוויר הדחוס כבעל פוטנציאל מכני. רוברט בויל, מדען אירי בן-התקופה, גילה אז, שכאשר מקטינים את הנפח של כמות-גז קבועה גדל לחץ הגז באופן יחסי. לדוגמה, כאשר נפחו של אוויר בלחץ של 3 אטמוספירות מוקטן למחצית, מוכפל לחצו ומגיע ל-6 אטמוספירות.





כאמור, המקור העיקרי לתערובת הקורוזיבית היא הלחות שבאוויר; מכאן, שפיקוח על רמת הלחות תאפשר לפקח גם על כמות התערובת הזו.

## מושגייסוד

נגדיר להלן כמה מונחים ומושגייסוד שבאמצעותם מאפיינים מערכות פנימטיות:—

P.S.I. (Pound per Square Inch) — ליברות לרגל (מרובע) — יחידה המגדירה את לחצו של נפח האוויר על השטחים הפנימיים במערכת אויר דחוס.

P.S.I.G. (Pound per Square Inch Gauge) — יחידה המגדירה לחץ-עבודה בתוך מערכת אויר דחוס, כפי שנמדד על ידי מד-לחץ.

C.F. (Cubic foot) — רגל מעוקב) — יחידת-נפח המגדירה כמות אויר שנפחה רגל מעוקב.

C.F.M. (Cubic Foot per minute) — יחידת-ספיקה המגדירה, ביחידות רגל-מעוקב את כמות האוויר העוברת בחתך מסוים של מערכת האוויר במשך דקה.

S.C.F.M. (Standard Cubic Foot Minute) — זוהי למעשה יחידת CFM המוגדרת בטמפרטורה של  $68^{\circ}\text{F}$  ( $20^{\circ}\text{C}$ ), בלחץ של 14.7 PSI (1 אטמוספירה) ובלחות-יחסית של 36%.

הדרך המקובלת להגדיר כמות של אויר דחוס היא: כמות של "X" SCFM בלחץ של "Y" PSIG.

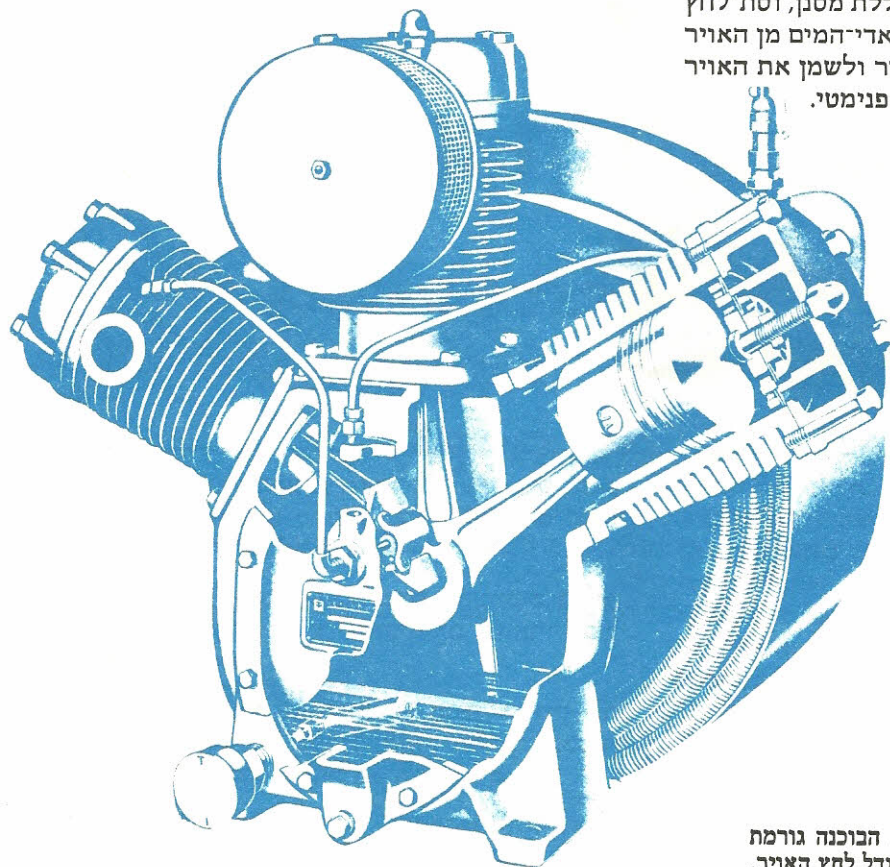
שיטות לניצול האוויר ככוח מכני נוסו בהצלחה מוגבלת עד סוף שנת 1800. השיטה היעילה הראשונה שהוכיחה את עצמה היתה מדחס הבוכנה, הבנוי על העקרון של משאבת-יד. מדחסי-בוכנה (ראה ציור 1) הם עדיין הנפוצים ביותר, אף כי לצידם גדל בהדרגה מספר המדחסים הסיבוביים (ראה ציור 2). עקרון פעולת הדחיסה במדחסים מבוסס על יניקת אויר בלחץ אטמוספירי מהסביבה, הקטנת נפחו באמצעים שונים ופליטתו בלחץ גבוה לתוך מיכל אגירה, או ישירות לצנרת.

## האוויר הדחוס

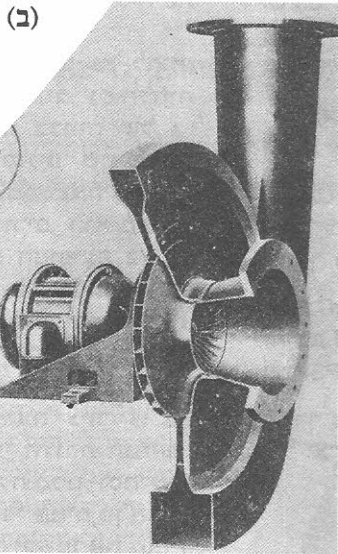
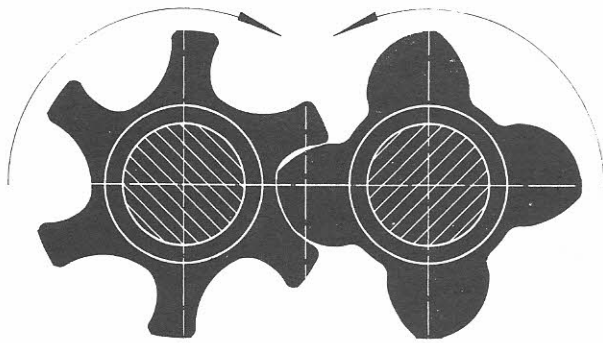
נבחן עתה כמה תופעות המתרחשות בעת תהליך דחיסת האוויר.

כאשר המדחס יונק אויר, הוא קולט לתוכו גם לחות, שכמותה, באחוזי נפח, עולה עם דחיסת האוויר. עם הלחות נינקים גם חלקיקי אבק מיקרוסקופיים בכמות של כ-350,000 חלקיקים לסמ"ר, הכוללים סוגים שונים של חומרים אינרטיים וחומרים פעילים וכן מיקרואורגניזמים. היות והמדחס אינו יכול לדחות גופים זרים, הוא מערביל אותם לתערובת קורוזיבית ואברסיבית המופיעה בצורה נוזלית או בצורת אדים. התערובת הזו פוגעת במרכיבים השונים של הציוד הפנימטי — מיסבים, תותבים, תושבות, אטמים ונחיריים.

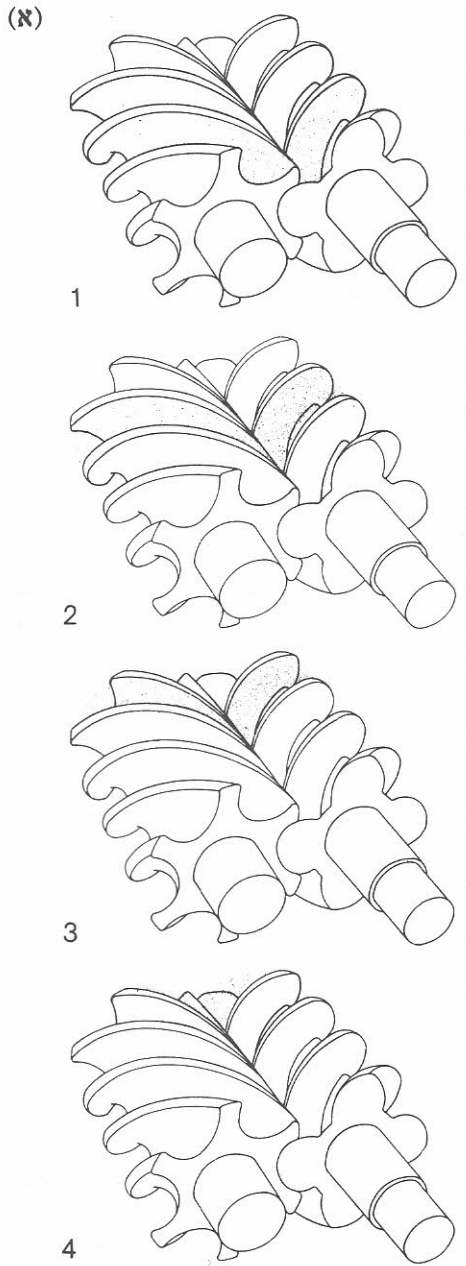
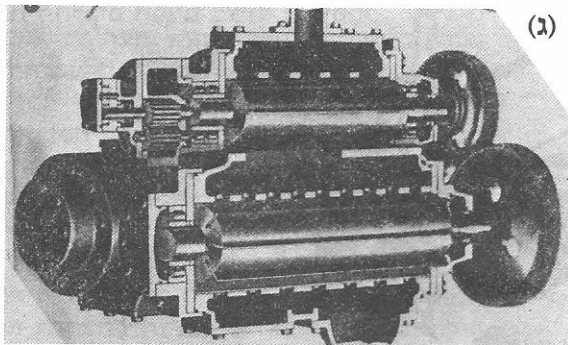
כדי למנוע פגיעה בכלי-עבודה פנימטיים המופעלים על-ידי אויר דחוס, מרכיבים יחידת-שירות (ראה ציור 3) בין הצנרת הקשיחה היוצאת מהמדחס ובין הצנרת הגמישה המוליכה אל הכלי. יחידת השירות, כוללת מסנן, וסת-לחץ ומשמנת ותפקידיה להפריד ולנקו את אדי-המים מן האוויר המגיע מהמדחס, לווסת את לחץ-האוויר ולשמן את האוויר לצורך סיכת החלקים הנעים בציוד הפנימטי.



ציור 1 — מדחסי-בוכנה (דו-דרגתי). תנועת הבוכנה גורמת לדחיסת האוויר (הקטנת נפחו) וכחוצאה מכך גדל לחץ האוויר.



ציור 2 — מדחסים סיבויים: א — עקרון פעולה של מדחס-בורגי; שני ברגים, משולבים זה בזה, דוחסים את האויר תוך כדי תנועתם הסיבובית. השטחים המודגשים מציינים נפח אויר בשלבי דחיסה שונים. ב — חתך במדחס צנטריפוגלי; כאן האויר נדחס על-ידי הכוח הצנטריפוגלי הנוצר כתוצאה מתנועה סיבובית מהירה של המניפה. ג — חתך במדחס-קפות (דור דרגתי); דחיסת האויר מושגת על-ידי הקטנת נפחו באמצעות מנגנון-סיבוב אקסצנטרי.



של האויר יורדת, ועודף האדים מאולץ לחזור למצב נוזלי. הטמפרטורה שאליה מורידים את האויר על מנת לעבות את אדייהמים שבו נקראת נקודת-טל. דוגמה מחיי יום יום לתופעה הזו הוא בקבוק המים שמוציאים מהמקרר. הבקבוק הקר גורם בסביבתו הקרובה לירידת הטמפרטורה אל מתחת לנקודת-הטל, ואדייהמים המתעבים כתוצאה מכך הופכים לטיפות נוזל על פניו.

## בקרת-לחות

הכוח המכני המופעל לצורך דחיסת האויר מומר לחום כתוצאה מהכנסת אנרגיה קינטית בפרודות האויר. החום

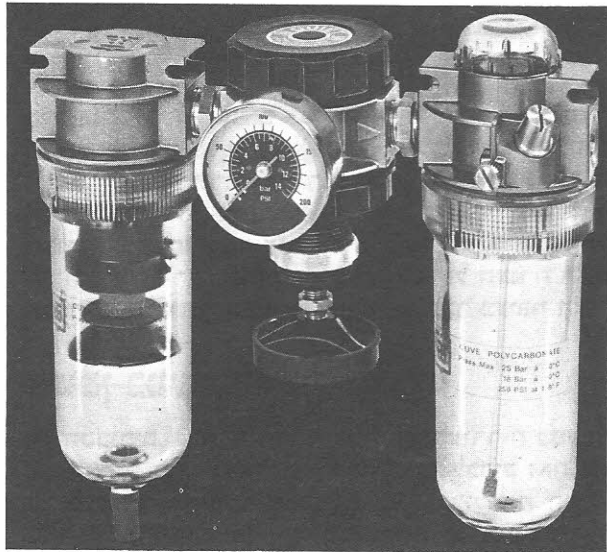
כפי שצינו, קשורות תופעות האויר הדחוס קשר הדוק ללחות שבאויר, ומושגים בתחום הלחות מופיעים תדיר בהקשר זה. להלן העיקריים שבהם:—

רוויה (Saturation) — מצב שבו כמות אדייהמים באויר שווה ל-100% מכמות האדים המקסימלית שהאויר יכול להכיל באותם תנאים.

לחות-יחסית (Relative Humidity) — מושג המציין את כמות הלחות באחוזים שמכיל האויר מתוך הכמות המקסימלית שהוא יכול להכיל באותם תנאים.

נקודת-טל (Dew Point) — כאשר הטמפרטורה של אויר נוזי (בעל לחות-יחסית 100%) יורדת, גם קיבולת האדים

תופשת נפח קטן יותר באויר דחוס וריכוזה עולה יחד עם העליה בלחץ. מכאן, שעבור אותה טמפרטורה ימצא אויר דחוס בנקודת-הטל שלו, בעוד שאויר בלחץ אטמוספירי יהיה רחוק מנקודה זו. המושג נקודת-טל הוא אחד המאפיינים של מייבשי-אויר שבהם מתבצע הייבוש על-ידי הורדת טמפרטורת האויר



ציור 3 — יחידת שירות למערכת אויר-דחוס: האויר היוצא מהמדחס, נכנס למסנן (ראשון משמאל) עובר דרך וסת-הלחץ (באמצע), נכנס למשמנת וממנה יוצא אל הצנרת הגמישה של הכלי.

בשעת הדחיסה מגיע לטמפרטורה של 150—200 מעלות צלסיוס, ובתנאים אלה אין שום סיכוי שאדים יתעבו. לפני צאתו את המדחס עובר האויר דרך המצנן הסופי המוריד את הטמפרטורה, בתוך שניות, ל-27°C. הירידה המהירה של הטמפרטורה גורמת להתעבות רוב איד-המים, ומתקן הפרדה מוציא את המים מן המערכת.

כמות המים המתנקזת מהמדחס תלויה בתנאי הסביבה שבהם פועל המדחס. לדוגמה, ממדחס בעל הספק 20 כ"ס וכושר ספיקה של 100 SCFM, הפועל במשך 40 שעות בשבוע בטמפרטורת סביבה של 27°C ובלחות יחסית 100%, יתנקזו בסך הכל כ-140 ליטר מים. בתנאי לחות-יחסית 50% ועבור אותן שעות-עבודה יתנקזו כ-60 ליטר מים, ואפילו בתנאי יובש — בלחות-יחסית של 15% — יתנקזו במשך הזמן הזה כ-3.5 ליטר מים.

למרות שכמות מים גדולה כזו מתנקזת מהמדחס עדיין מגיעה לחותו היחסית של האויר היוצא ממנו ל-100%, דהיינו הלחות המקסימלית עבור אותם תנאים.

## נקודת-טל בתנאי לחץ

נקודת-הטל בלחץ-עבודה, שונה מזו שבלחץ אטמוספירי. נקודת-טל אטמוספירית, כזכור, היא הטמפרטורה שבה מתעבים אדי-המים בלחץ אטמוספירי (PSI 14.7 או PSIG 0); לעומת זאת, נקודת-טל-בלחץ היא הטמפרטורה והלחץ שבהם מתעבים אדי-המים במערכת אויר דחוס. הגדרה זו של נקודת-טל-בלחץ נובעת מכך, שכמות אדי-המים הנמצאת בנפח מסויים של אויר בלחץ אטמוספירי

# מכניקו מהנדסים מערכות אויר דחוס



העיות במערכת הקיימת?  
 מרחיבים את המפעל?  
 רוכשים מרחס חדש?

אל תעשה דבר בטרם התייעצת אתנו  
 מהנדסנו יעמדו לשרותך במתן חוות דעת מקצועית ואוביקטיבית  
 בנושאים הבאים: ★ בחירת מדחסים  
 ★ מערכות פקוד למדחסים ולתחנות מדחסים  
 ★ הפרדת שמן  
 ★ הפרדת מים  
 ★ ייבוש אויר  
 ★ צנרת אויר

יעוץ, תכנון, ביצוע והספקת ציוד תוך הדגשה על ניצול אופטימלי של הציוד וחסכון באנרגיה.

רח' ירמיהו 44 תל-אביב, 62594 טל. 443077



## "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

לנקודת-הטל. כאן ראוי לציין, שהנתון של נקודת-הטל בלחץ הוא הנתון המעשי ביותר מבחינת הגדרתו את טמפרטורת עיבוי אדי-המים במערכת האויר הדחוס, אם כי ישנן חברות המאפיינות את מכשירי הייבוש שלהן על פי נקודת-הטל האטמוספירית. בעזרת טבלאות מיוחדות ניתן למצוא את נקודת-הטל-בלחץ על פי נקודת-הטל האטמוספירית.

## מתקנים להפרדת מים

מלכודות-אדים ומסננים אכן מפרידים מהאויר את האדים שהתעבו, אולם אין הם מסוגלים לנקז את אדי-המים עצמם. האויר הזורם בצינורות עדיין רווי ונמצא בנקודת-הטל-בלחץ שלו. לשם כך מותקנים מפרידי-מים לאורך הצנרת, ובמיוחד במקומות שבהם עלולים האדים שהתעבו לגרום לנזק הרב ביותר. הולכת החום של הצנרת תורמת את חלקה לקירור המערכת ומסייעת בכך בעיבוי האדים.

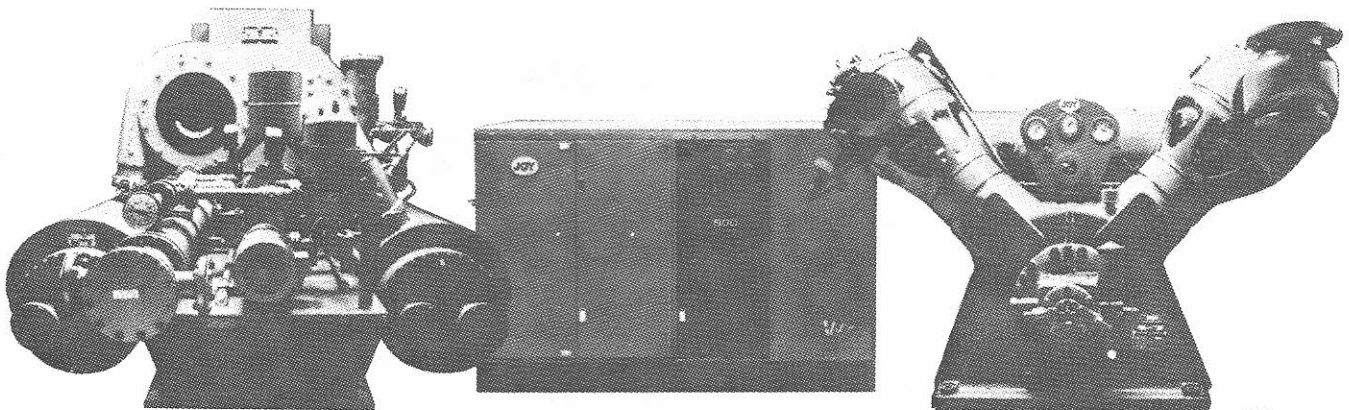
## השמן במערכות אויר-דחוס

יש הסבורים, שמקורן של הבעיות המתעוררות במערכות אויר-דחוס נעוץ בשמן ולא במים. כדי לבדוק זאת, ניקח מדגם מתוך התמיסה המנוקזת. אם נבדוק את התמיסה לאחר כמה שעות נבחין בשמן הצף על פני המים. הבדיקה הזו מוכיחה שלמעשה מדובר בתערובת של שמן ומים. הקטנת כמות אדי-המים שבאויר תביא גם לפתרון בעיית השמן.



## מדחסים ניידים ותעשיתיים

בהספקים עד 35,000 C.F.M.



הסוכנים: **מכתש** חברה לציוד בע"מ  
רח' בית שמאי 14, תל-אביב.  
ת.ד. 14050, תל-אביב, 61140.  
טלפון: 337821-4



א

ט

מ

י

ם

(ג)

פרקים א' ו-ב' של המאמר,  
שפורסמו בגליונות מס' 76  
ו-79, עסקו באטמים סטטיים  
ובאטמים דינמיים. פרק ג',  
המובא להלן, עוסק באטמים  
סובבים.

מעובד מתוך:

HYDRAULICS & PNEUMATICS

מרץ 1981.

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

החברה האמריקנית "מובייל-אוויל-  
קואופורישן" ערכה מחקר ופיתחה מִדָּד  
לזורם ההידרולי (HFI), שבאמצעותו ניתן  
לערוך השוואה בין קיבול השמן במיכל  
לבין צריכת השמן. המחקר מגלה, כי  
מדד הזורם ההידרולי בארצות הברית  
הוא 4; פירושו — שכל שנה, מפעל  
ממוצע משתמש בשמן שכמותו גדולה פי  
ארבעה מקיבול השמן במכלי הציוד  
ההידרולי והמערכות שברשותו.  
האם קיימת אפשרות למנוע דליפות  
חיצוניות של זורם? התשובה היא  
חיובית. מערכות הידרוליות 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.

# אטמים סובבים

האטמים הדינמיים, שלא כאטמים הסטטיים, נעים בתנועה יחסית כלפי החלק שאותו הם אמורים לאטום. ניתן להשתמש באטמים הדינמיים הן במקומות שקיימת בהן תנועה קווית (תנועה הלך ושוב) והן במקומות שהתנועה בהם סיבובית. לשימושים הקשורים בתנועה הסיבובית מוקדש פרק זה.

אטמים סובבים נעים בדרך כלל במהירויות גבוהות בהרבה מאלו של האטמים הקויים. תנועתם של האטמים הסובבים רצופה בדרך כלל, ואין היא נפסקת כאשר משתנה כיוון התנועה. החיכוך הנוצר בזמן התנועה אינו מתחלק על כל השטח, אלא מתרכז באיזור צר יחסית של הגל הסובב ועלול בשל כך לגרום לבעיות התחממות.

האטמים הסובבים אינם יכולים לסבול עומסי-צד גדולים ואינם יכולים לספוג את הריטוט הנוצר על ידי גל אקסצנטרי המסתובב במהירות. מהסיבות הללו, הכרחי לתמוך גלים סובבים על מיסבים המסייעים להפחית את מידת האי-מרכזיות של הגל בתוך האטם. בדרך כלל נחלקים האטמים הסובבים לשני סוגים — אטמי-שמן ואטמי-שטח מכניים.

## אטמי-שמן

אטם-שמן (מופר גם כאטם-שפה רדיאלי, או אטם-גל) הוא הַתְקֵן הסוגר או אוטם את הרווח בין חלקים נייחים או נעים, כדי למנוע יציאת זורם או חומר-סיכה. בהתאם לשימוש, יתכן שיידרש אטם-שמן כדי להחזיק חומר-סיכה. למנוע חדירת גופים זרים (מוצקים או נוזלים), או להרחיק נוזלים או גזים הנבדלים בתכונותיהם. אטמי-השמן זולים יחסית, תופשים מעט מקום, נוחים מאוד להתקנה ויכולים לענות על סוגים רבים של צורכי אטימה.

אטמי-שמן מיוצרים במיגוון תצורות רחב. למרות זאת, ניתן להבחין ברובם בשלושה אלמנטים בסיסיים: בית-מתכתי, שפה-גמישה וקפיץ-קישור.

## אטמים עם קפיץ או בלעדיו

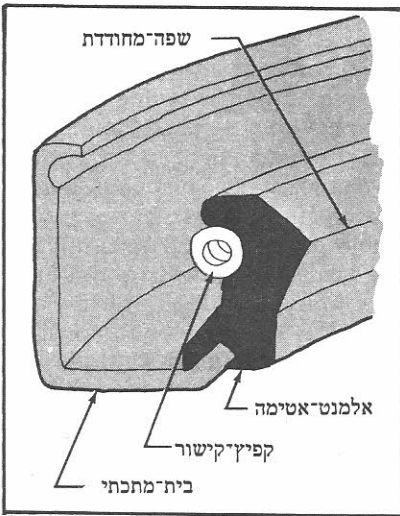
בדרך כלל מסוגים אטמי-שמן לשתי קבוצות: בעלי-קפיץ, או ללא קפיץ (שים לב, אין אפשרות להשתמש בסוג האחד במקום הסוג השני).

אטמי-שמן בעלי-קפיץ (ראה ציור 1) הם אטמים רב-שימושיים המיועדים לצרכים כלליים בתעשייה ובכלי-רכב. האטמים האלה מתוכננים לעצור זורמים וחומרי-סיכה ולמנוע חדירת מזהמים מוצקים או נוזליים. אטמי-קפיץ מספקים את הכוח הקפניץ הדרוש כדי להבטיח מגע מתאים בין החלק האוטם ובין החלק הנאטם (שהוא לרוב גל). הקפיץ, עקב הלחץ הקבוע שלו על הגל, מקזז את השחיקה הרגילה של שפת האטם ואת אי-מרכזיות הגל.

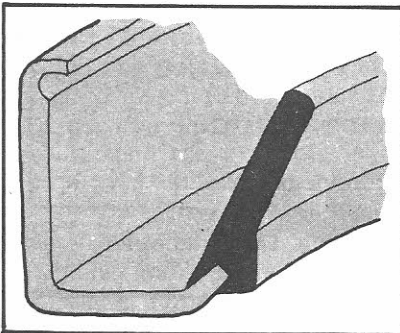
אטמי-שמן ללא קפיץ (ראה ציור 2) נמצאים אף הם בשימוש נרחב ותפקידם למנוע התזה מקרית של חומר-סיכה כבדים ולהרחיק לכלוך קל ואבק. האטמים האלה משמשים גם כאטמים חיצוניים, יחד עם אטמי-קפיץ.

## מבנה עקרוני

תצורה אופיינית של אטם-שמן (ציור 1) כוללת אלמנט-אטימה קפיצי (מעור או מפלסטיק), המוחזק בתוך בית-מתכתי. בתוך האטם נמצא לרוב התקן היוצר לחץ



ציור 1 — אטם-שמן בעל-קפיץ, בעל שפה-אוטמת אחת המגופרת בבית-מתכתי פתוח.

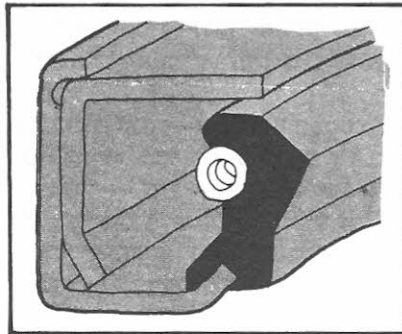


ציור 2 — אטם-שמן בלא-קפיץ, בעל שפה-אוטמת אחת המגופרת בבית-מתכתי פתוח.





ציור 3 — אטם-שמן בעל-קפיץ, בעל שתי שפות-אוטמות המגופרות בבית-מתכתי פתוח.



ציור 4 — אטם-שמן בעל-קפיץ, בעל שפה-אוטמת אחת המגופרת בבית-מתכתי סגור.

## הרחקת לכלוך

באטמים סובבים רבים קיימת שפה המכוונת כלפי חוץ, שתפקידה להרחיק לכלוך ואבק וכן גופים זרים (נוזלים ומוצקים). בכך מגינה השפה הזו על השפה-האוטמת הבסיסית מפני שחיקה ומונעת זיהום של הזורם הנאטם. השפה הזו, שלא כאלמנט-האטימה הראשי, אינה מצוידת בקפיץ; גמישותו של חומר-האטם היא השומרת על מגע הדוק עם הגל.

הגוף-המתכתי באטמים בעל-קפיץ מופיע בשתי צורות — פתוח או סגור. בציור 1 מתואר גוף פתוח עם שפה-אוטמת אחת ובציור 3 — עם שתי שפות אוטמות. בציור 4 מתואר גוף סגור עם שפה אוטמת אחת ובציור 5 — עם שתי שפות אוטמות. הגוף המתכתי מסייע בהגנה על קפיץ הקישור ועל השפה האוטמת ועושה את האטם כולו קשיח יותר.

אטמים ללא-קפיץ בנויים רק עם גוף-מתכתי פתוח. יש להם שפה-אוטמת אחת (ציור 2) או שתי שפות-אוטמות (ציור 6)

## גירסות תכנון

באטמי-שמן, המתוארים בציורים 1 עד 6, משטח האטם הלחוץ בתוך בית-האטם

(כגון קפיץ-קישור), שתפקידו להפעיל עומס על אלמנט-האטימה. לאלמנט-האטימה יש שפה מחודדת, המשמשת כפס-אטימה צר על הגל. ברוב האטמים החדשים, אלמנט-האטימה והבית-המתכתי הם יחידה אחת יצוקה.

## כיצד מתבצעת האטימה?

באטם-שמן, המתוכנן ומותקן כהלכה, השפה-האוטמת "רוכבת" על שכבת חומר-סיכה שעוביה 0.0001 אינץ' בקירוב. מאחר ששכבת חומר-הסיכה היא המבצעת למעשה את פעולת האטימה, יש לבקר בקפדנות רבה את עוביה. הבקרה הזו נעשית בדרך כלל באמצעות התקן מכני, כגון קפיץ קישור. אם שכבת השמן עבה מדי, האטם לא יכול למנוע מהזורם לדלוף החוצה. ולהיפך, אם שכבת השמן דקה מדי, השפה האוטמת תשתחק יתר על המידה ותיפגם, ומוכן שהדבר יסתיים בדליפת הזורם.

אטמי-שמן בנויים כך, שהקצה החד של האטם חובק בחוזקה את הגל או הבית שהוצד לאטימה. חלק זה של האטם פועל בדומה למגב-גומי, המנגב את חומר-הסיכה מהגל ומונע מהנוזל לדלוף החוצה.

# רדיון חברה להנדסה בע"מ נציגים בלעדיים

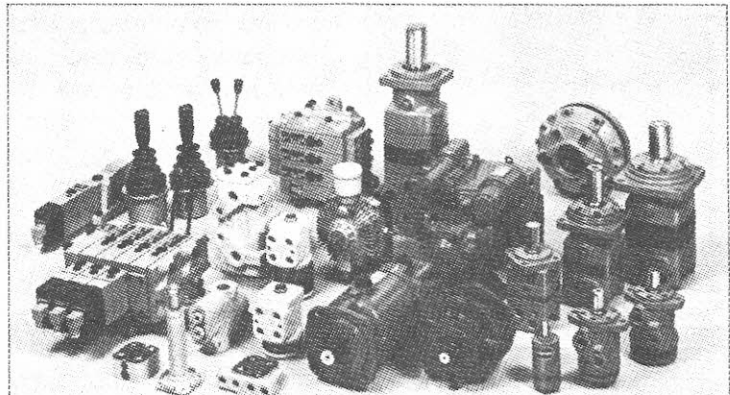


- אטמים מכניים
- אטמי שמן
- חבלי אטימה
- אטמים הידראוליים
- יריעות אטימה

תל-אביב, שד' רוטשילד 4  
ת.ד. 1312, מיקוד: 61012  
טלקס: 342293  
טלפון 03-656151/2/3



- מכשירי פקוד ובקרה
- מנועים הידראוליים עד 60 כ"ס
- מערכות היגוי הידרוסטטיות
- משאבות בוכנות עם ספיקה משתנה
- סלקטורים מודולרים עם פקוד
- מרחוק חשמלי והידראולי



במלאי אצלנו ואצל משוקינו

עשוי מתכת בלבד. למקרים שבהם יש הכרח למנוע מגע בין מתכות בעלות תכונות שונות, או במקום שבו יש חשש לבעיות התחממות העלולות לפגוע בבית-האטם, משתמשים באטמים שבהם הגוף המתכתי מצופה בגומי (ציור 7). ישנם גם אטמי-שמן בעלי חרטום-גומי, עם קפיץ או בלעדיו (ציורים 8—9) וכן אטמים שבהם ניתן להפריד בין הגוף-המתכתי לבין החלק הגמיש העשוי גומי (ציור 10).

### בחירת אטם-שמן

כמה גורמים משפיעים על בחירת אטם-שמן. החשוב ביניהם, הוא כמובן מטרות השימוש. נציין להלן תשעה גורמים שמתכנני האטמים חייבים להתחשב בהם.

● מהירות הגל — המהירות המקסימלית המותרת של הגל היא פונקציה של כמה גורמים — טיב פני-השטח של הגל, מידת מרכזיותו או אי-מרכזיותו של הגל בתוך בית-האטם, סוג הנוזל הנאטם וסוג חומר-האטם. בטבלה 1 מצויינות הנחיות הנוגעות למהירות הגל, סייגי הטמפרטורה, הלחצים המקסימליים, טיב השטח, קשיות הגל ומידת אי-מרכזיותו.

● טמפרטורה — טמפרטורת-הפעולה של המנגנון שבו מותקן האטם אינה צריכה לעבור את תחום-הטמפרטורות המותר לחומר-האטם. פעולה רצופה מעבר לטמפרטורה המומלצת עלולה לגרום להתקשות האטם ולקלקולו.

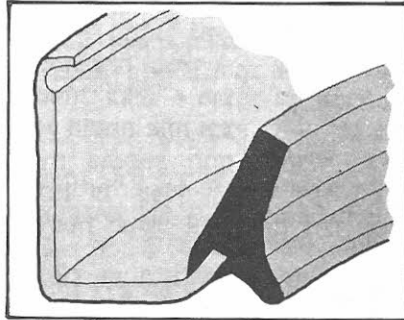
● לחץ — רוב אטמי-השמן תוכננו לשימושים בלחץ נמוך מאוד — כ-8 פס"י או פחות. אורך החיים של אטמים לשימוש כללי מתקצר כתוצאה מהפעלת כוח מופרז על האיבר האטום. אם היווצרות הלחץ צפויה מראש, מומלץ להתקין פונק-לחץ פנימי בנקודת האיטום. ניתן לרכוש או לתכנן אטמים מיוחדים כאלה שיתאימו לשימוש מסוים.

● קשיות הגל — אף על פי שרוב גלי-הפלדה המעורגלים בקור ממלאים את תפקידם בצורה נאותה, הרי שגלים בעלי קשיות של Rc-30 או יותר יתרמו להארכת חיי-האטם. אם צפויה חשיפה לפעולת שחיקה, מומלץ להשתמש בגלי-פלדה ששיעור קשיותם מגיע עד Rc-60.

● טיב פני-השטח של הגל — ככל שטיב פני-השטח של הגל טוב יותר, כך ניתן להשיג אטימה טובה יותר. סימני העיבוד על הגל והנתיב הלולייני הם שני גורמים



ציור 5 — אטם-שמן בעל-קפיץ, בעל שתי שפות-אוטמות המגופרות בבית-מתכתי סגור.

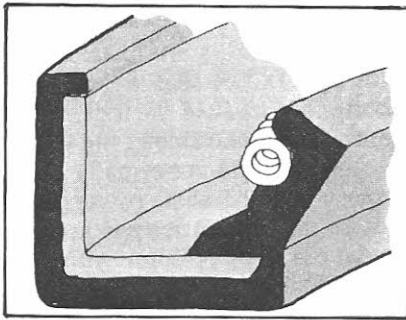


ציור 6 — אטם-שמן בלא-קפיץ, בעל שתי שפות-אוטמות המגופרות בבית-מתכתי פתוח.

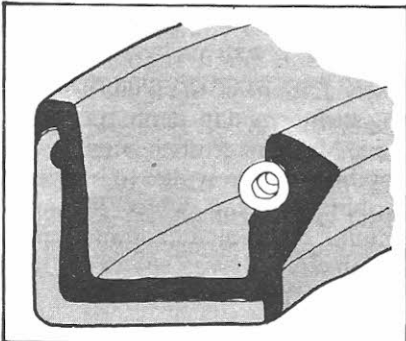
המשפיעים על יעילות האטימה. נתיב עיבוד לולייני מוביל לעבר הנוזל בעת שהגל מסתובב. לכן, יש להעדיף גלים מלוטשים או מושחזים בעלי סימני עיבוד קונצנטריים (ללא נתיב לולייני). בשימוש באטמי-עור, מומלץ טיב-שטח של 5—30 מיקרואינץ' לגל שמהירותו הקויית עד 800 רגל לדקה. טיב-שטח של 5—25 מיקרואינץ' מומלץ למהירויות גבוהות יותר. בשימוש באטמים סינטטיים, יש להגיע לטיב-שטח של 10—20 מיקרואינץ', וזאת בלי להתחשב במהירות הגל.

● סיכה — כאשר אטם פועל במצב של סיכה מתמדת, כושר האטימה שלו טוב לאין שיעור. כאשר סיכה רצופה אינה אפשרית, או מעוררת בעיה גדולה, עדיף להשתמש באטמי-עור בלבד, המסוגלים לפעול בתנאים של יובש יחסי. אטמים סינטטיים, לעומת זאת, יש לסוך כל הזמן.

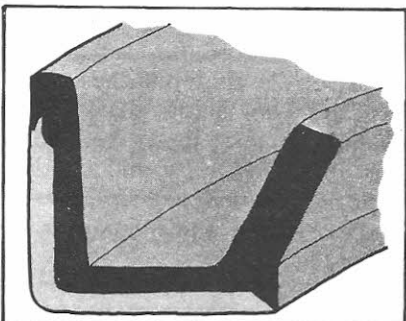
● מרכזיות — כאשר מרכזי הקדח והגל אינם מתלכדים, עלולים חיי-האטם להתקצר, משום שהשחיקה מתרכזת בצד אחד של השפה-האוטמת. אי-מרכזיות (אקסצנטריות) נוטה ליהפך לגורם מכריע כאשר מהירות הגל הולכת וגדילה.



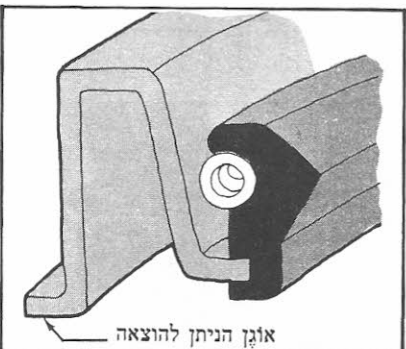
ציור 7 — אטם-שמן בעל-קפיץ, בעל שפה-אוטמת אחת, המכוסה על-ידי גומי בבית-מתכתי פתוח.



ציור 8 — אטם-שמן בעל חרטום-גומי וקפיץ, בעל שפה-אוטמת אחת בבית-מתכתי פתוח.



ציור 9 — אטם-שמן בעל חרטום-גומי, בלא קפיץ, בעל שפה-אוטמת אחת בבית-מתכתי פתוח.



ציור 10 — אטם-שמן בעל-קפיץ, בעל שפה-אוטמת אחת המגופרת בבית-מתכתי פתוח שיש בו אוגן הניתן להוצאה.



● סבולות (טולרנסים) של הגל וקדח — סבולות מדוייקות חיוניות להשגת אטימה מקסימלית. גורמים אחרים שיש להביא בחשבון, הם אי-מרכזיות הגל, המירווח הצירי בקצה הגל והריטוט.

● "זריקה" — תופעת ה"זריקה" נובעת מכך, שציר הסימטריה של הגל אינו מתלכד עם ציר הסיבוב שלו. את התופעה הזו יש לצמצם למינימום. כאשר מתוספת לכך גם אי-מרכזיות בין הגל לקדח, הבעיה חמורה הרבה יותר והאטם לא יחזיק מעמד.

### טבעות O- כאטמים טובים

טבעות O- משמשות לעיתים קרובות כאטמים טובים. השימושים העיקריים, הם במתקנים הפועלים במהירות נמוכה, עד 200 רגל לדקה, ובמתקנים הפועלים במהירויות גבוהות יותר אך בלחצים שאינם גבוהים, 50—800 פס"י. מבנה תושבת-האטם לשני השימושים האלה נבדל בכוח המעכה המופעל על הטבעת ובמתחה הנוצרת בקוטר הפנימי שלה. בשימושים במהירויות גבוהות — מעל 200 רגל לדקה — מערכת החתך הרגילה של 8%—25%, המקובלת באטמי O- בשימושים במהירות נמוכה, תגרום לחיכוך ולחום. אם בנוסף לכך הטבעת גם נמתחת יותר מדי על פני הגל, החום יגדל ויגרום לפְּשָׁל האטם.

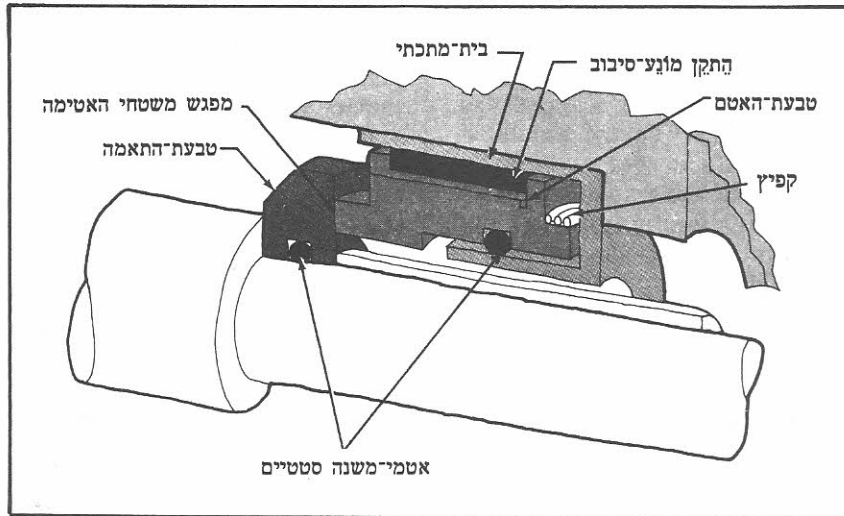
### אטמי שטח מכניים

אטמי-שטח מכניים, או אטמי-שטח, משמשים בעיקר למניעת דליפה בין גל מסתובב לבין בית ניח שדרכו עובר הגל. אטמי-שטח מתאימים ביותר לשימושים, שהשיקול המכריע בהם הוא צמצום הדליפה למינימום.

אם תכנונם, ייצורם והרכבתם של אטמי-שטח נעשים היטב, הם מסוגלים לעמוד בפני לחצי-פעולה, טמפרטורות ומהירויות גבוהים. הם מאריכים ימים ודולפים פחות, ולפיכך אחזקתם מועטה. אטמי-שטח שימושיים הן לתנאי פעולה ניחים והן לפעולה דינמית. הם עומדים בפני שינויי לחץ גדולים ומתאימים לסוגי זורמים רבים. כן הם מסוגלים לעמוד בשינויים במהירויות הסיבוב של הגל, בכיוון הסיבוב וכן בתנודות בלחץ ובטמפרטורה. בתחום הסבולות המותר, יכולים אטמי-שטח לעמוד בפני מידה

טבלה — גבולות תיפעול של אטמי-שמן לשימוש כללי

זהו הגורם העיקרי בבחירת האטם; הוא שולט על כל יתר הגורמים המובאים בחשבון בבחירת האטם.	מהירות הגל (רגל לדקה)
מהירות איטית 1000—0	
מהירות בינונית 2000—1000	
מהירות גבוהה 3000—2000	
גבולות הטמפרטורה המצויינים להלן, הן נקודות שבהן החומר האטם נעשה בלתי-יעיל. איטום בטמפרטורות קיצוניות, מחייב שימוש בתרכובות מיוחדות.	טמפרטורה (מעלות צלסיוס)
בפעולה רצופה -45° עד +107°	
פעולה לא-רצופה -54° עד +121°	
אטמי-שמן מקובלים אינם אטמי-לחץ; בלחצים גבוהים מאלה הרשומים כאן, יש להשתמש באטמים מיוחדים.	לחץ (מקסימלי, פס"י)
במהירות איטית 7	
במהירות בינונית 5	
במהירות גבוהה 3	
טיב פני-השטח, וכיוון סימני העיבוד משפיעים על טיב האטימה. העדיפות היא לשטח מלוטש או מושחז, בעל סימני עיבוד מרכזיים.	טיב-השטח של הגל (מיקרואינץ')
במהירות איטית 10—25	
במהירות בינונית 10—20	
במהירות גבוהה 10—20	
אף על פי שניתן לאטום בהצלחה גלים רכים כגלי פלדה המעורגלים בקור, עדיפה קשיות של Rc-20 ואף יותר. היעדר כמות מספקת של זורם, חומרים שוחקים ומהירויות גבוהות — כל אלה מחייבים שימוש בגלים בעלי קשיות גבוהה יותר.	קשיות הגל (לפי סולם רוקנל)
עם חומרים שוחקים יותר מ-C-45	
ללא חומרים שוחקים יותר מ-B-80	
סטיה קבועה של מרכז סיבוב הגל לעומת מרכז הקדח גורמת לריכוז הבליה בצד אחד של האטם. הבליה מתגברת עם הגדלת המהירות.	סטיה בין הגל והקדח (קריאה כוללת, באינץ')
במהירות איטית 0.15	
במהירות בינונית 0.10	
במהירות גבוהה 0.10	
אלה תנודות בלתי-מרכזיות בין מרכזי הגל והקדח. התופעה הזו יוצרת בעיות איטום קשות, ויש להגבילה למינימום האפשרי.	חריגת הגל ("זריקה") (קריאה כוללת, באינץ')
ב- 800—0 סל"ד 0.25	
ב- 800—2200 סל"ד 0.20	
ב- 2200—4200 סל"ד 0.15	



ציור 11 — אטם-מכני בסיסי, מורכב משני אלמנטים — ראש-אטם, לרוב בעל-קפיץ, וטבעת-התאמה. בתכנון המתואר כאן, הגל וראש-האטם מסתובבים ולעומתם, הבית-המתכתי וטבעת-ההתאמה ניחים.

החלק הקפיצי, העשוי מגרפיט או מפלסטיק, וכן ההתקן המונע-סיבוב מורכבים יחד בתוך הבית הנייח. סידור זה מבטל את השפעתו של הכוח הצנטריפוגלי על הקפיצים ועל הטבעת. טבעת-המשנה הסטטית, בהתאם לסביבה שבה היא פועלת, עשויה מגרפיט, ממתכת או מחומר אלסטי.

רגל לדקה, הטבעת הנייחת, המורכבת בתוך הבית, עשויה מקרמיקה או ממתכת, בעוד החלק הסובב, המצוייד בקפיץ ומורכב לרוב על הגל, עשוי בדרך כלל מגרפיט או מפלסטיק.

לשימושים במהירויות מעל 5000 רגל לדקה, פני-השטח המתכתיים או הקרמיים מסתובבים יחד עם הגל ואילו

מסויימת של חוסר כיוונון ואי-מרכזיות של הגל ושל הקדח. נוסף לכך, מכיוון שאטמי-שטח אינם גורמים לשחיקה, הרי שהמטלורגיה של הגל, טיב פני-השטח שלו וכן קשיותו ועגילותו (מלשון עגול) אינם גורמים מכריעים בפעולת האטימה. לעומת זאת, אטמי שטח, בגלל תצורתם, יכולים לסבול מידה מינימלית בלבד של תנועה צירית יחסית בין הבית והגל. מסיבה זו, אין אפשרות להשתמש בהם במקומות שבהם קיימות תנועות הלוך-ושוב ארוכות.

## מבנה

שני האלמנטים העיקריים באטם-שטח מכני הם ראש-אטם (לרוב מועמס) וטבעת-התאמה (ראה ציור 11). ראש-האטם מורכב מחלקים אחדים. לחלקים האלה כמה תפקידים:

— הם מחלקים את שינויי הרווח הקני לאורך מכלל האטם.

— מקזזים שחיקה של משטחי האטימה. — מתכווננים בהתאם לחוסר התאמה ולתנועה האורכית בתוך היחידה הנאטמת.

ראש-האטם עשוי להיות סובב או נייח. אם ראש-האטם מסתובב, טבעת-ההתאמה נשארת נייחת, ולהיפך. אטמים בעלי ראש-אטם סובב משמשים בדרך כלל לאטימת יחידות שבהן הגלים מעובדים בסכולות מדויקות ומיועדים להסתובב במהירות איטית יחסית. לעומת זאת, אטמים בעלי ראש-אטם נייח מתאימים יותר לשימושים במהירויות גבוהות, מאחר שקל יותר יחסית לאזן אותם איזון דינמי.

מגע האטימה העיקרי (הדינמי) נעשה בין האיבר הסובב לאיבר הנייח. כדי לבצע את האטימה הדינמית חייב ראש-האטם לקיים מגע-התקנה מסויים עם טבעת-ההתאמה, המורכבת על הגל או בתוך הבית שדרכו עובר הגל.

כך דרושים שני אטמי-משנה סטטיים בין ראש-האטם והגל לבין טבעת ההתאמה והבית, או להיפך, בהתאם למבנה האטם.

## חומרים לאטמי-שטח

מרחב בחירת החומרים עבור שני משטחים אוטמים הבאים במגע, הוא גדול מאוד. בחירת החומר תלויה במבנה האטם ובתנאי השימוש המיועדים לו, כגון סוג הנזול הנאטם, לחץ-הפעולה, הטמפרטורה, המהירות וכד'. לשימושים במהירויות הנמוכות מ-5000

מס' ספק  
83/22011—8



- ייצור אטמים כלליים למכוניות — טרקטורים ורכב כבד
- סתמים לתעשיה ומנועים שונים
- ייצור גם לפי הזמנות מיוחדות

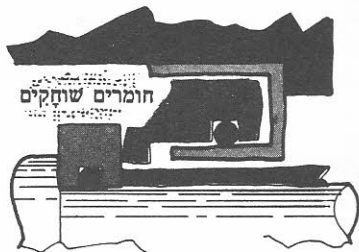
ה ט פ י ב —

תל-אביב, רח' יסוד המעלה 62  
(פינת לוינסקי 117)  
טלפונים : 333581, 338695

## בעיות באטמי-שטח, והצעות לפתרון

אף על פי שאטמים מאוזנים מגלים יתרונות רבים, יש להם גם מגרעות. התפישה של איזון האטם תלויה ביכולת לחזות את פרופיל-הלחץ של שכבת הזורם בין המשטחים האוטמים הנמצאים בתנועה. לרוע המזל, הסביבה שבה פועל האטם עלולה לגרום לכך, שפרופיל-הלחץ האמיתי יהיה שונה מזה שהניחו בתחילה.

תנאי פעולה רבים יכולים לשנות את פרופיל הלחץ החוץ: הידוק רופף של טבעת ההתאמה עלול לגרום לעיוותה; לחץ או שינויי טמפרטורה יכולים להקנות צורה קונית לטבעת-האטם. חומרים שוחקים יכולים לגרום לבליה בלתי-שווה של המשטחים האוטמים.



בליה כתוצאה מפעולה אברסיבית



טבעת-האטם מקבלת צורה קונית



טבעת-ההתאמה מתעוותת

להלן כמה עצות העשויות למנוע את היווצרותן של הבעיות האלה ולהבטיח אריכות-חיים לאטם:

\* אִזָּן איזון-יתר קל את האטם, כך ששינויים קלים בפרופיל-הלחץ לא יעוררו כוחות פתיחה שיצליחו להפריד בין המשטחים האוטמים.

\* ודא שפני המשטחים האוטמים שטוחים ככל האפשר; הימנע מסידורי הידוק או העמסה העלולים לעוות את טבעת-האטם, או את טבעת-ההתאמה.

\* תכנן את טבעת-האטם כך, שתוכל להפחית עיוותים הנוצרים בגלל לחץ או טמפרטורה.

\* קרר את האטם כאשר הטמפרטורה גבוהה מדי ועלולה לגרום לעיוות.

\* שטוף את האטם כדי להרחיק חומרים שוחקים.

אטמי-שטח מכניים יכולים לאטום גם מערכות-כוח הפועלות בנוזל, בלחצים עד 3000 פס"י, במהירויות עד 5000 סל"ד ובטמפרטורות מ-218 עד +649 מעלות צלסיוס. לשימושים מיוחדים, תוכננו אטמי-שטח ללחצי פעולה עד 10,000 פס"י. ללחצים גבוהים יותר, אפשר להרכיב כמה אטמי-שטח בזה אחר זה, ובכך לחלק את הלחצים במידה שווה.

## העמסת שטח

כדי להגיע לאיטום מוחלט בין שני משטחי אטימה, חיוני ביותר להעמיס על טבעת האטם עומס צירי. העמסה זו צריכה להיות גבוהה דיה, כדי להתגבר על החיכוך ולהחזיק את המשטחים מהדקים בכל תנאי הפעולה. עם זאת, יש לזכור כי העמסה גבוהה מדי נוטה להחיש את תהליך בליית האטם.

אמצעים שונים יכולים לספק את כוח ההעמסה; דיסקית-קפיץ גלית, כוח-משיכה מגנטי, קפיץ לולייני רגיל, או תישלובת של קפיצים קטנים.

דיסקית-קפיץ גלית — (מופרת גם בשם "דיסקית-גֶּלְיִיל") תופשת את המקום הקטן ביותר. אולם, דרישות ההרפיה בעת ייצור הדסקית מטילות הגבלות על בחירת חומר-הדסקית ועל התנגדותה לקורוזיה, ובסופו של דבר — גם על יעילותה הקפיצית. גם קצב פעולת הקפיץ עלול לעורר בעיה. כפיפה מסויימת בדיסקית מחוללת שינויים גדולים בהעמסה, יותר מאלה הנגרמים על-ידי קפיץ יחיד או תישלובת קפיצים.

כוח מגנטי — בכמה אטמים, יכול הכוח המגנטי לשמש תחליף לקפיצים, ובתנאי פעולה מסויימים יכול אטם כזה לעלות בכיצועיו על אטם-קפיץ.

קפיץ יחיד — כאן, המבנה הכבד יחסית מאפשר לקפיץ לעמוד בפני מידה רבה יחסית של קורוזיה. עם זאת, הקפיץ היחיד בנוי להעביר עומס אחיד, והוא תופש בדרך כלל מקום רב. נוסף על כך, הכוחות הצנטריפוגליים באטמים הסובבים נוטים להתיר את הקפיץ.

תישלובת קפיצים — תופשת מקום קטן ומאפשרת לשנות בקלות את מידת ההעמסה על-ידי שינוי מספר הקפיצים. תשלובת הקפיצים יעילה יותר גם בהתנגדותה להתרת הקפיצים. כאן חשוב שהקפיצים ייוצרו מפלדה לא-מחלידה, שכן הם עשויים מתיל בעל קוטר קטן, הפגיע יותר מקורוזיה.

# מגמות בפיתוח טנקים



מאת ר. מ. אוגורקייביץ

פיתוחם של טנקים התקדם במידה רבה בשנים האחרונות והוא מוסיף להתקדם. במהלך הפיתוח חלו תמורות בצורתם של הטנקים, ויש להניח כי צורתם תשתנה אף יותר בשנים הבאות.

התוצאה הכוללת העולה מהתקדמות הפיתוח צריכה להיות — חיזוק מעמדם של הטנקים כפריט בסיסי בצידוד הצבא, פריט שיהיה שימושי ויעיל בכל התחום של מבצעי היבשה ולא רק בכמה תפקידי מיתקפה מוגבלים.

## סוגי שיריון חדשים

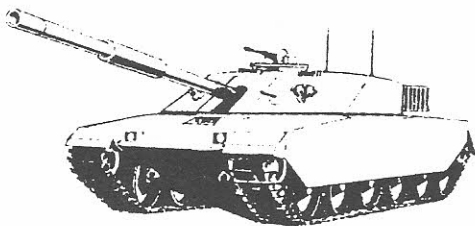
השינויים שנעשו במגמה להקנות לטנק הגנת שיריון כבדה יותר לזו בפיתוחים של סוגי שיריון חדשים ויעילים בהרבה. הבולט בהם הוא השיריון המורכב, הנקרא גם שיריון ציפּהם, שפותח לראשונה על ידי המכון הבריטי להנדסה ולפיתוח רכב צבאי. הפרטים על סוג השיריון הזה עדיין אפופים סוד, אולם ידוע שהוא עשוי להיות יעיל פי-שניים עד פי-שלושה כנגד מטענים צורתיים בהשוואה לשיריון-פלדה בעל אותו משקל.

שיפור מרשים כזה ביעילותה של הגנת השיריון איפשר להקטין במידה ניכרת את מידת פגיעותם של הטנקים ממטענים צורתיים, שהם הבסיס לרוב רובם של כלי-הנשק נגד-טנקים. שיריון מן הסוג הזה, לו היה בא בחייתו של טנק שמשקלו כ-36 טון (כדוגמת ה-T-55) במקום שיריון הפלדה ההומוגני, יכול היה להגן עליו מפני סוגים מקובלים של טילי נ"ט הנושאים ראשי-נפץ בקוטר 100 מ"מ בקירוב. ברור כמובן, כי באותה צורה ניתן להגן על טנקים כבדים יותר מפני טילים בעלי ראשי-נפץ גדולים יותר. ואומנם, למרות תוספת המשקל הנכבדה הכרוכה בכך, משולב השיריון המורכב בכמה מן הבולטים שבטנקי הלחימה כיום, כגון הציפטיין FV-4030, ה-M-1 וה-ליאופרד-2.

עד כה, לא נראה שום טנק סובייטי עם שיריון מורכב. עם זאת, ידוע כי הצבא הסובייטי מתממה בחשיפת הטנקים החדשים שלו. הטנק T-72 למשל, הוצג בפומבי לראשונה רק בנובמבר 77, למרות שבגירסתו הראשונית היה טנק מבצעי עוד בחורף 70. מכאן, שהטנק הזה תוכנן זמן רב לפני הטנקים המערביים החדשים בעלי השיריון המורכב, ולכן אין מקום להשוואה ביניהם.

קרוב לודאי, שהתכנון הבסיסי של ה-T-72 החל עוד בראשית שנות השישים, ומעניין לציין כי תכונותיו הכלליות מתאימות במובנים רבים למגמות הפיתוח שרווחו בעת ההיא בארצות-הברית, כלומר, בסמוך להתחלת תוכנית ה-MBT-70. מאז תכנון ה-T-72, אמורים היו הרוסים לעבוד על שיריון מורכב ויש להניח כי מצוי בידם טנק חדש עם שיריון כזה. עובדת הימצאותו של טנק רוסי בעל שיריון מורכב המכונה ה-T-80, מקובלת כיום על רבים, בין היתר גם בשל תכנון ראשי-נפץ גדול יותר לטיל-נ"ט "הלפייר", מ-152 מ"מ ל-178 מ"מ.

גודלו החדש של ראשי-הנפץ ביהלפייר מספק בעקיפין רמז נוסף ליעילותו של השיריון המורכב. עם זאת, כמובן, אין השיריון המורכב מקנה לטנק חסינות בפני כל צורות התקיפה. לעומת זאת, הוא מאפשר לטנק לנוע ביתר



תכונה שהעלתה את הטנקים לדרגת החשיבות הנמשכת הזאת, הוא כמובן השילוב היעיל של כוח-אש וניידות. היכולת של הטנק לנגד את כוח-האש שלו כרוכה בשני גורמים: האחד, כמובן, הוא כושרו האוטומוטיבי, וביחוד — כושר תנועתו בשדה. הגורם השני, שהקשרו לניידות פחות ברור, היא הגנת השיריון, המאפשרת לטנק לנוע בשדה-הקרב בחופשיות, יותר מאשר יכול לעשות זאת רכב בלתי משוריין.

שני מרכיבי הניידות הללו, לרוע המזל, מקפלים בתוכם תכונות הסותרות זו את זו. במיוחד אמור הדבר לגבי הגנת השיריון, המגדילה את משקל הטנק ואינה תורמת לא לניידות אוטומוטיבית ולא לניידות איסטרטגית. הסתירה הזו תרמה ותורמת לחילוקי-דיעות בנושא העדפת אחד משני המרכיבים האלה על משנהו.

## הגנת שיריון כבדה יותר

מאבק-הדיעות על הגנה ומשקל התנהל במיוחד באמצע שנות החמישים ובתחילת שנות השישים. אז גם נתקבלו ההכרעות שהובילו לדור הנוכחי של טנקי-לחימה.

אחת ההכרעות הקיצוניות שנתקבלו בשנים ההן, מומשה על-ידי הצבא הצרפתי בטנק "אמקס-30" שמשקלו 36 טון בלבד. הצבא הצרפתי אימץ את ההכרעה כמובן האוטומוטיבי וקיבל רמה צנועה יחסית של הגנת שיריון. זו היתה הכרעה הגיונית לאור ההערכות בנות-זמננו על כלי-נשק חודרי-שיריון וביחוד על טילים-מונחים נגד-טנקים, אשר החלו להשתלב במערך המבצעי. כלי-הנשק הללו נחשבו אז יעילים במידה כזו, שסברו כי כל כמות הגיונית של שיריון אינה יכולה להגן על הטנקים מפניהם.

באותן שנים ממש התברר גם, כי משקלם של טנקים בעלי שיריון קל אינו עושה אותם ניידים בצורה בולטת — זאת, על כל פנים, באשר לזירות באירופה המרכזית ובמזרח התיכון — ואז החל המאזן ליטות לטובתו של השיריון הכבד.

הטנקים שיוצרו אז במערב-גרמניה צוידו בשיריון כבד יותר ומשקלם גדל בהתאם. משקלו של ה-ליאופרד-1 בגירסתו הראשונית הגיע ל-40 טון, ובגירסתו הסופית ל-42 טון. ה-ליאופרד-2 לעומתו, הגיע למשקל כבד בהרבה — כ-55 טון בגירסת הייצור הנוכחית — ובכך משתווה משקלו לזה של ה-ציפטיין הבריטי, אשר היה עד לזמן האחרון טנק-לחימה הכבד ביותר בשירות, ואשר הצבא המערב-גרמני ראה בו בעבר טנק כבד מדי. דוגמה נוספת למגמה הזו, הוא הטנק האמריקאי M-1 (XM-1), שגם בו ניתנה עדיפות ליכולת ההישרדות ומשקלו מתקרב ל-55 טון.

עם זאת, ראוי לציין, כי ייצורם של טנקי-לחימה שמשקלם פחות מ-40 טון נמשך עדיין, ואם הזכרנו את הטנק הצרפתי "אמקס-30", הרי שניתן לצרף אליו גם את הטנק השווייצרי Pz-68, הטנק ההודי "וינאטטה", הטנק היפאני "דגם 74" והטנק הארגנטינאי "טם", שמשקלו 30 טון בלבד.

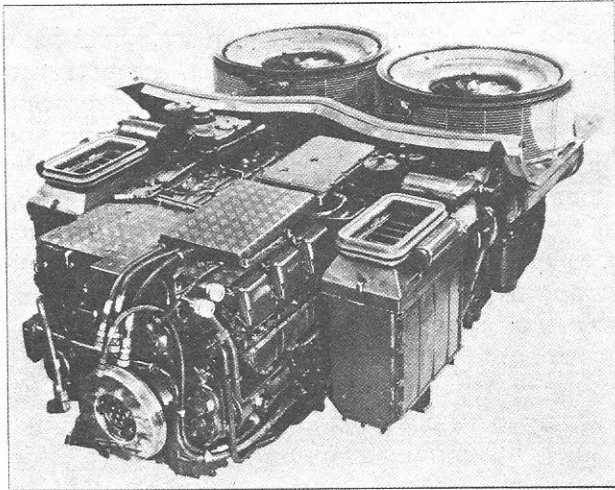
בתמונת השער — ליאופרד-2, חמוש בתותח חלק-קדח בקוטר 120 מ"מ. הגנת השיריון בטנק היא מן המעולות כיום. לוחות השיריון הנוכחיים ניתנים לציפוי, או להחלפה בשיריון חדיש יותר, בהתאם לשינויים שיחולו בעתיד בתחום הזה.

בתמונה משמאל — ה-MBT80, טנק-הלחימה העתידי של הצבא-הבריטי, העשוי להיות הטנק האחרון בעל הצורה המוכרת.

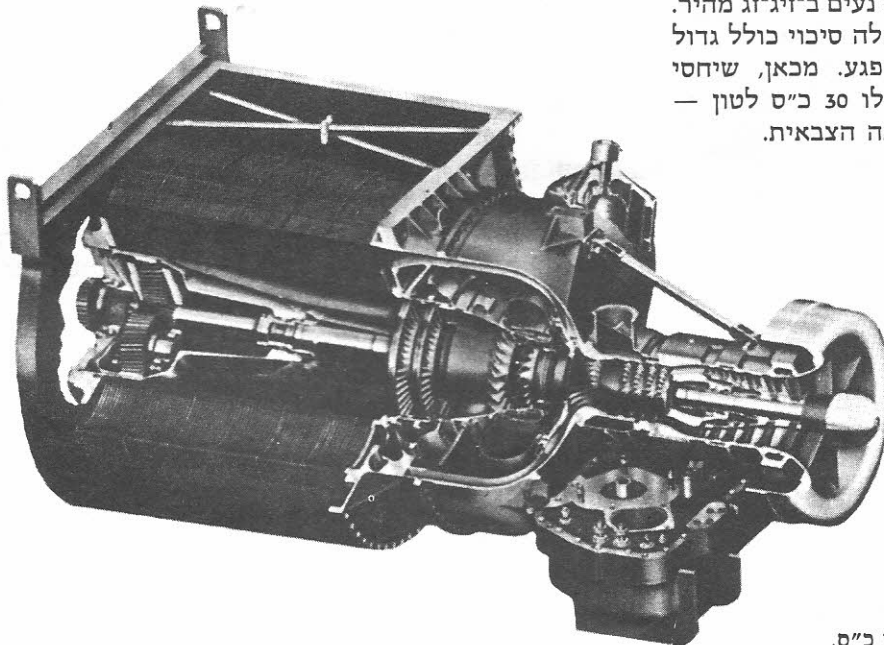
## מרכיבים אוטומוטיביים

הדרישות ליחסי הספק/משקל גבוהים הביאו לפיתוחם של מנועים רבי-עוצמה. אחד מהם, הוא מנוע טורבינת-גז AGT-1500 מתוצרת Avco Lycoming, שהספקו 1500 כ"ס והוא מותקן בטנק M-1. טורבינת הגז היתה והונה אפשרות קוסמת כמנוע לטנק. אף על פי כן, עד היום נתקוזה יתרונותיה על-ידי חסרונותיה, ובפרט על-ידי צריכת הדלק והעלות הגבוהות שלה.

בשל כך, הדרישה למנועי-טנקים רבי-עוצמה מתרכזת כיום בתחום הדיזלים. הדגם המתוחכם ביותר בתחום זה עד כה היה מנוע הדיזל AVCR-1360 מתוצרת סלדיין קונטיננטל, אשר פותח בתחילה בשביל ה-MBT-70 ומניע כיום את הרק"מ הניסיוני ה"מג". זהו מנוע "V" מקורר-אוויר, בעל 12 צילינדרים הפועלים ביחס-דחיסה משתנה. הספק המנוע — 1500 כ"ס בהשוואה לנפחו — 19,300



בתמונה — חטיבת-הכוח של ה-ליאופרד-2, מורכבת ממנוע MB-873 מתוצרת MTU ומחבת ההילוכים HSWL-254 מתוצרת ראנק.



בתמונה — תחך בטורבינת-הגז AGT-1500 מתוצרת AVCO-Lycoming, המניעה את הטנק M-1. הספק הטורבינה 1500 כ"ס.

חופשיות מול כלי-נשק רבים יותר ובכך למעשה הוא מגדיל את סיכוייו של הטנק להישרד בשדה-הקרב.

## ניידות וקלות-תנועה

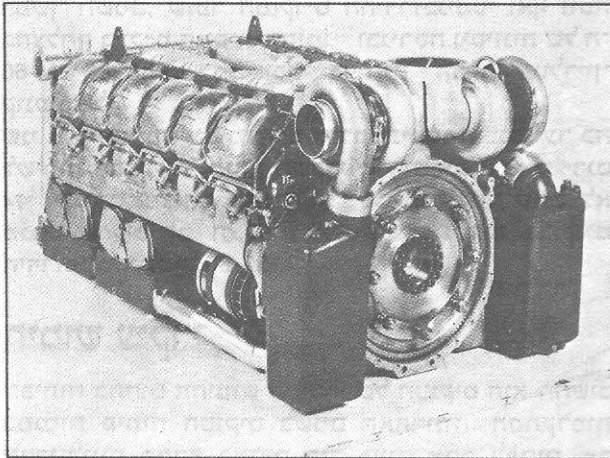
ניסיונות נוספים להגדיל את סיכויי הישרדותם של הטנקים לא הניבו עד היום תוצאות משמעותיות. הניסיון החשוב ביותר בין אלה הסתכם בייצורם של טנקים ניידים וקל-תנועה יותר. הרעיון שעמד מאחורי הניסיון הזה, היה שטנק מהיר ונייד מקשה במידה רבה על הפגיעה בו, ולפיכך, קרוב לוודאי שסיכויו להישרד תחת אש יגדלו.

ייצור טנקים מהירים וקל-תנועה יותר מצריך, קודם כל, יחס הספק/משקל גבוה יותר. כיום, היחס הזה ב-צ'יפטיין הבריטי וב-T-62 הסובייטי מגיע ל-13—15 כ"ס לטון. לעומת זאת, בדרישות שהעמידו הצרפתים והגרמנים לתכנון ה-אמקס-30 וה-ליאופרד-1 דובר על יחס של 30 כ"ס טון, אף שלמעשה לא הגיעו בטנקים האלה ליותר מ-21 כ"ס לטון. ב-T-70 לעומת זאת, הגיעו ליחס של 30 כ"ס לטון, ואל היחס הזה קרובים מאוד היום ה-M-1 וה-ליאופרד-2.

בינתיים החלו לחשוב על יחס הספק/משקל גבוה יותר. במיוחד אמור הדבר על גרמניה-המערבית, שם החלו לבחון כלי-רכב ניסיוניים בעלי יחס הספק/משקל של 50 ואפילו 69 כ"ס לטון! גם בצבא ארה"ב, עוד לפני 4 שנים, החלו לבחון את הרק"מ הניסיוני "HIMAG" — (High Mobility Agility) שבו הגיעו ליחס של 51 כ"ס לטון.

יחס הספק/משקל גבוה מגדיל את תאוצת הטנק ואת מהירותו המקסימלית. בטנקים M-1 ו-ליאופרד-2 למשל, ניתן להגיע למהירות של 32 קמ"ש בפחות מחצי הזמן שנוקד לו הטנק M-60, שהוא בעל יחס הספק/משקל של 15 כ"ס לטון. תאוצה כזו היא מרשימה למדי, אך עדיין צריך לברוק את משמעותה הצבאית.

יש כיום הוכחות לכך, שקשה לכוון על טנקים בעלי יחס הספק/משקל גבוה, במיוחד כאשר הם נעים ב-זיגזג מהיר. אך, אין זאת אומרת שיש לטנקים כאלה סיכוי כולל גדול יותר בצורה משמעותית שלא להיפגע. מכאן, שיחסי הספק/משקל גבוהים — 50, או אפילו 30 כ"ס לטון — עדיין צריכים להצדיק עצמם מהבחינה הצבאית.



בתמונה — מנוע הדיזל MT-883, המרשים מבחינת הקומפקטיות שלו. הספקו הנוכחי 1500 כ"ס, ובתכנון כעת מנוע בהספק של 1850 כ"ס. התקנתו בליאופרד-2 תאפשר הן להקטין במידה ניכרת את תא המנוע והן להגדיל את ההספק הנוכחי.

נוסף על הדרישה למנועים חזקים יותר ולממסרות הילוכים יעילות יותר, הוליד החיפוש אחר ניידות גבוהה גם דרישה ל"מזקו"מים משופרים. לאמיתו של דבר, מאחר שהדרישה מהטנק היא לניידות גבוהה בשטחים קשים, נחוץ לשם כך, קודם כל, מזקו"מ טוב יותר ורק אחר כך מנוע בעל הספק גבוה יותר.

בתחום המזקו"מ, נעשו שיפורים רבים בחיזוקם של מוטות הפיתול על ידי בחירת פלדות חזקות המקנות כושר פיתול גבוה יותר ומכאן — מהלך-גלגל גדול יותר. כתוצאה מכך, הוכפלה המהירות המבוקרת של הטנקים בשטחים קשים לתנועה.

בכל זאת, עדיין ייתכנו שיפורים גדולים יותר, וזאת בתחום המזקו"מים ההידרופנימטיים. מזקו"מים כאלה, מתוצרת חברת "נשיונל ווטר ליפט" נוסו עוד בשנות החמישים בטנק האמריקאי T-95, ובשנות השישים בטנק MBT-70. ההתנגדות לאימוץ המזקו"מ ההידרופנימטי נבעה מן החששות לאחזקה יקרה ומחירי רכישה גבוהים.

סמ"ק בלבד, עושה אותו לאחד ממנועי הדיזל הטובים בעולם.

גישה שמרנית יותר בתחום מנועי-הדיזל מייצגת ה-BM-873 מתוצרת החברה הגרמנית MTU. מנוע זה, אשר הספקו 1500 כ"ס (מקורר-מים) מניע כיום את הליאופרד-2. בציפיה לדרישה עתידית, פיתחה החברה עוד מנוע דיזל, קומפקטי במיוחד MT-880. הנפח הסגולי של המנוע הזה קטן ב-40% מהנפח הסגולי של מנועי טנקים אחרים, והוא יכול לפתח הספק מקסימלי של 1850 כ"ס! באנגליה, חברת "רולס-רויס-מוטורס יצרה מנוע-דיזל חדש, מקורר-מים — CV-12. למנוע שתי גירסות: בהספק של 1200 כ"ס, המניע את ה-ציפטיין, ובהספק של 1500 כ"ס, המיועד ל-MBT-80 — טנק הלחימה העתידי של הצבא הבריטי.

פיתוח חשוב אחר, צרפתי הפעם, היא מערכת ה-"Hyperbar". במערכת הזו נעזרים בתא-שריפה כדי להגביר את זרימת האנרגיה אל מרחסי הטורבו של המנוע ובכך תורמים להגדלה ניכרת בהספק המדחסים ובמהירות התגובה שלהם. לרוע המזל, זוהי גם מערכת מורכבת יותר, הצורכת גם יותר דלק, ולכן יש מקום לבחון את תרומתה הכוללת.

על כל פנים, ההתקדמות הניכרת בתחום מנועי הטנקים נמשכת, ואין לצפות למחסור במנועים מתאימים לטנקי העתיד.

כך גם לגבי ממסרות ההילוכים. שתי החברות הצועדות בראש בתחום זה — ג'נרל-מוטורס — אֶלִיסוֹן והחברה הגרמנית "ראנק" — פיתחו ממסרות מתוחכמות מאוד. החדישות שבהם — x-1100 מתוצרת אֶלִיסוֹן, המותקנת בטנק M-1 ו-HSWL-354 מתוצרת ראנק, המותקנת בטנק ליאופרד-2. שתיהן ממסרות אוטומטיות, בעלות 4 הילוכים, הינע היגוי הידרוסטטי המשתנה עד אינסוף, ממיר-מומנט עם מצמד-נועל להגדלת הנצילות וכן מנגנון האָטה הידרולי המבצע את רוב פעולות הבלימה ומפחית במידה ניכרת את בלייתם של בלמי החיכוך הראשיים.



בתמונות — הטנק היפאני "דגם 74" בעל מזקו"מ הידרופנימטי המאפשר לטנק לכווץ את גובהו ולשלוט על נטייתו. הטנק נושא תותח 105 מ"מ ומצויד במערכת הגנת אב"כ.

הצבא הבריטי מתכוון לצייד את טנק-הלחימה החדש שלו בתותח בעל קרח מחורק בקוטר 120 מ"מ. בנוגע לסוג התחמושת העיקרי, מוסכם על הכל כי זהו כדור ח"ש-מינעל מיוצב-סנפירים (APFSDS) בעל חודרן ארוך. הכדור הזה מייצג שלב מתקדם בהשוואה לקודמים לו — כדור ח"ש מינעל מיוצב-סיחרור וכדור ח"ש בעל קליבר מלא (ללא מינעל) ובפיתוחו תרם רבות לחיזוק מעמדם של תותחים בעלי מהירות-לוע גבוהה לשמש כחימוש העיקרי של הטנקים.

## מערכת בקרת-אש

פיתוחים טכנולוגיים אשר תרמו אף הם במידה רבה להגברת יעילותם של תותחי הטנקים נעשו במערכות בקרת-אש. הכנסתן של מערכות הכוללות מְיִי־טווח-לִיזָר, מחשבים אלקטרוניים וחישנים שונים סיפקה פתרון מושלם כמעט לתותחנות הטנקים, לפחות בנוגע לִיזָר מעמדות נִיחֹת.

שיפורים בולטים ביותר נעשו גם בתחום של ירי-טנקים תוך כדי תנועה. תחילה פותחו מערכות בקרת ייצוב-תותחן יעילות יותר, ועליהם נוספו כיום גם כוונות-תותחן המיוצבות באורח עצמאי בהגבהה ובצירוד, ואשר מסוגן מותקנות ב־הִיִּמְג' וב־ליאופרד-2. המערכות הללו קירבו את סיכויי הפגיעה בירי תוך כדי תנועה לאלה המושגים בירי מעמדות נייחות.

לרוע המזל, מערכות בקרת-אש החדישות הללו הן מסובכות ויקרות. למערכת מן הסוג הזה שהותקנה ב־MBT-70 נזקפו 40% מהעלות הכוללת של הטנק.

## תצורות טנקים

צורת-המבנה של רוב הטנקים השתנתה במידה מועטה

במשך השנים, שופר המזקו"מ ההידרופנימטי ואף נוסה בהצלחה ברק"מ הניסיוני "הִיִּמְג'" ובגירסה ניסיונית של ה-M-60, כשהפעם ממשיכה בפיתוח חברת "טלִיִּין-קונטיננטל".

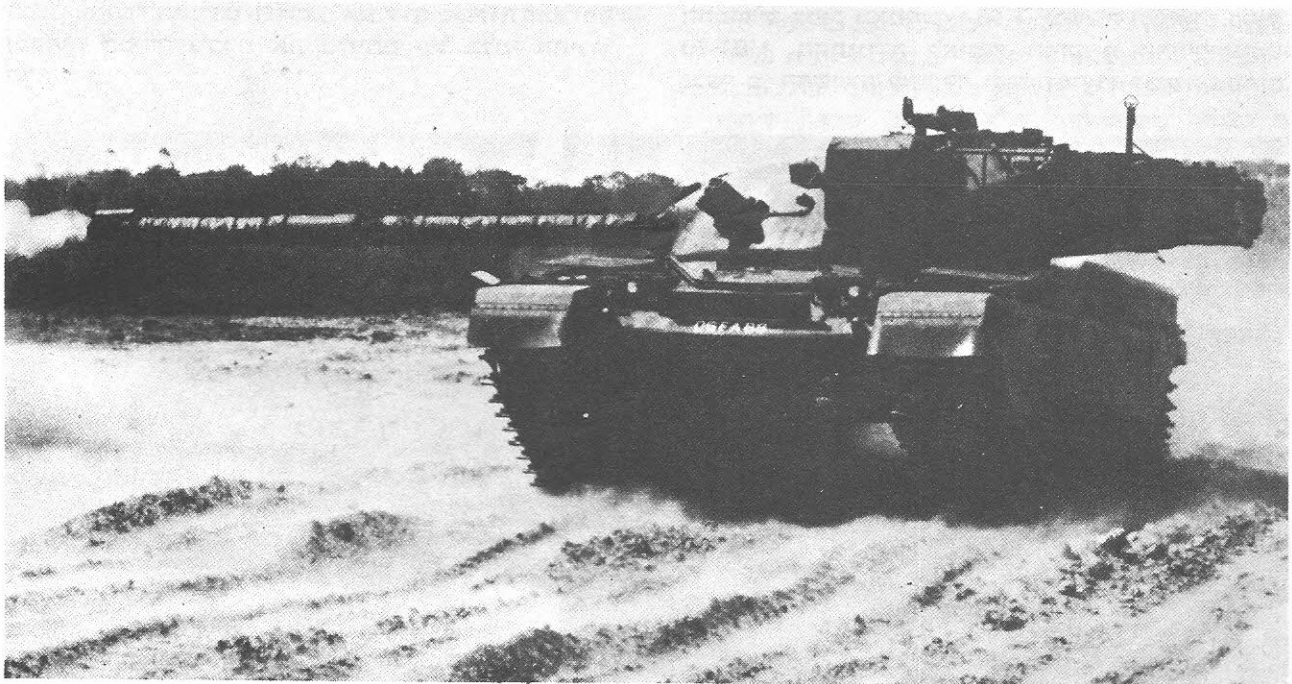
שני טנקי-לחימה עם מזקו"מ הידרופנימטי הוכנסו עד כה לשירות מבצעי — הטנק השבדי "S" והטנק היפאני "דגם 74" ושניהם נמצאים במערך המבצעי כבר כמה שנים. לא מכבר החליט גם הצבא הבריטי על שימוש במזקו"מ הידרופנימטי לטנק MBT-80.

## חימוש עיקרי

הפיתוח בתחום החימוש העיקרי של הטנקים הוא החשוב במגמות פיתוח הטנקים בשנים האחרונות. ההתקדמות הטכנולוגית פתרה בתחום הזה בעיה אחת לפחות, אך לעומת זאת יצרה בעיה אחרת.

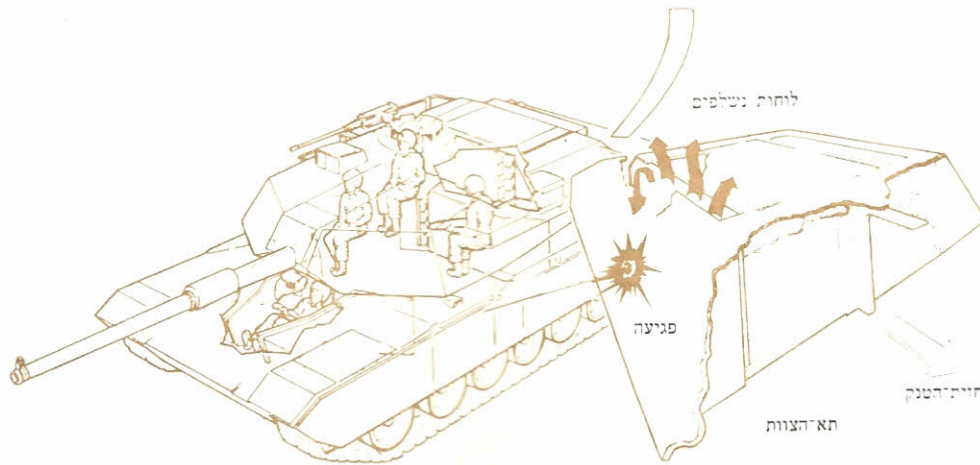
הבעיה שנפתרה, היתה הבחירה בין תותחים לבין משגרי-טילים. בעיה זו, שהיתה מוחשית מאוד עד לפני כמה שנים, נפתרה לטובת מערכות התותחים, בעקבות כשלונן של מערכות הטילים להוכיח יתרון כולל. מאז שירדו מעל הפרק תכניות הפיתוח של הטנק MBT-70 ושל מערכת הטיל "אָקְרָא", לא הועלתה אף לא הצעה אחת לחמש טנקים חדשים במשגרי-טילים.

הבעיה שנתעוררה בתחום החימוש העיקרי היתה הבחירה בין קנה-תותח מחורק ובין קנה חלק-קרח. מקנים בעלי קרח מחורק ניתן לירות את כל סוגי הפגזים המקובלים, מיוצב-סיחרור ומיוצב-סנפירים. בעוד שתותחים חִלְקִי-קרח יכולים לירות רק פגזים מיוצב-סנפירים. למרות זאת, המערב-גרמנים והצרפתים, וגם צבא-ארה"ב החליטו לצייד את הטנקים שבידם בתותח חלק-קרח בקוטר 120 מ"מ. הצבא הסובייטי, אף הוא, צייד את טנקי ה-T-62 וה-T-72 בתותחים חלקי-קרח בקוטר 115 ו-125 מ"מ. רק



בתמונה — הטנק הבריטי צ'יפטיין, המצויד במערכת בקרת-אש מתוצרת מְרְקוֹנִי, מציג ירי בתנועה לעבר מטרות נעות.





בתמונה — הטנק האמריקאי M-1. בולט במיוחד הצריח הרחב, הן בשל השימוש בשיריון שכבתי והן בשל חשומת-הלב המיוחדת שניתנה לנושא הנדסת-אנוש. למעלה — חתך בטנק M-1 המציג מיקום כללי. לצורך הגדלת כושר ההשרדות של הטנק הותקנה מחיצת שיריון להפרדה בין מיכלי-הדלק ומחסני-התחמושת לבין הצוות, וכך, כפי שמתואר בתרשים, שולבו במבנה תא-התחמושת לוחות-שיריון האמורים להישלף כלפי-חוץ בעת התפוצצות התחמושת ובכך לשפך את הלחצים הנוצרים.



כפיתוח של רעיון הטנק "S". על כל פנים, גם ב־מרכבה המנוע מותקן מלפנים, מקום שבו הוא מספק הגנה נוספת לצוות. ברומה לטנק "S", גם ב־מרכבה מוחסנת רוב התחמושת בחלק האחורי של התובה, שהוא המקום המתאים לה ביותר. תבנית-טנק הדומה לזו של ה־מרכבה, אך מתקדמת יותר ממנה, הוצעה על ידי החברה השווייצית "קונְטְרִיבְס" לטנק-הלחימה החדש של הצבא השווייצרי. כאן, התחמושת לא רק מאוחסנת בחלק האחורי של התובה, אלא שהיא נמצאת בתא נפרד. כן קיימת בטנק מערכת טעינה אוטומטית ומכאן שצוות הטנק מונה שלושה חיילים.

אפשר לצמצם עד למיזער את חשיפת הטנק בעמדת ירי, וזאת על ידי התקנת התותח מחוץ לצריח. על-ידי כך ניתן גם לעצב תובה קומפקטית יותר, שבה תופרד התחמושת לחלוטין מן הצוות. מאידך, ייתכן שמבנה כזה יעשה את התותח פגיע יותר, והגובה הכולל של הטנק יהיה גדול יותר מאשר במצב שבו התותח מותקן בתוך הצריח. ובכל זאת, הרעיון של תבנית-טנק עם תותח מחוץ לצריח נבדק כיום ביותר מארץ אחת.

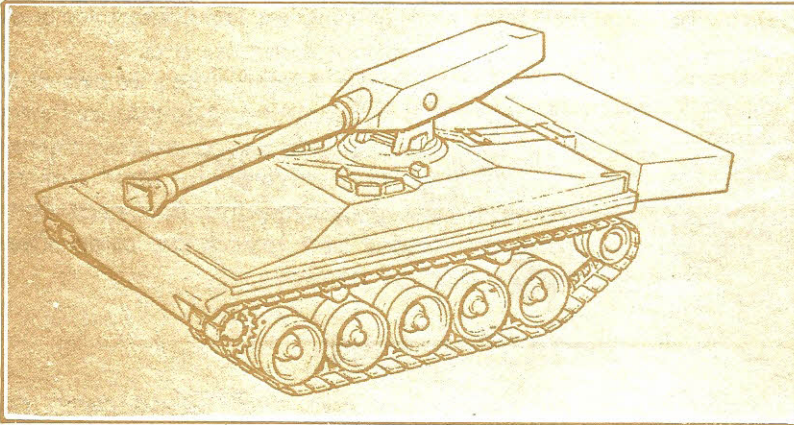
דוגמא אחת, נסיונית, לשילוב תותח 105 מ"מ חיצוני מומשה על-ידי הצבא השוודי בטנק "S" משופר ובנגמ"ש

בשנים האחרונות. תבניתם של רוב הטנקים, כולל ה־M-1 וה־ליאופרד-2, דומה עקרונית לתבניתו של טנק הסויר הבריטי A-10 משנת 1934.

הסיבה לכך, שבמשך עשרות שנים לא חלו שינויים בתצורת הטנקים נעוצה בתלותם הנמשכת של הטנקים באנשי-צוות לטעינת התותח. אולם, גם בתחום הזה מתחולל כיום שינוי עקב פיתוחן של מערכות הטעינה האוטומטיות. מערכת כזו הותקנה כבר בטנק הרוסי T-72, ומכאן שצוותו מונה שלושה חיילים, במקום ארבעה כמקובל. צמצום מספר אנשי-הצוות סייע לבנות טנק קומפקטי יותר, אפילו לפי קנה-המידה הסובייטי, ובתוצאה מכך נתאפשרה הגנת-שיריון טובה יותר לטנק ביחס למשקלו.

טנק-הלחימה היחיד הנמצא כיום בשירות ומצויד ב־טַנְךְ אוטומטי הוא הטנק השבדי "S". תצורת הטנק — חסר צריח ובעל מְקָבֵע־תותח קבוע — מייצגת סטיה קיצונית מהתבנית המקובלת, שנתאפשרה בזכות מערכת הטעינה האוטומטית. התבנית הזו, עקרונית, נמוכה יותר וקומפקטית יותר מאשר כל תבנית טנק אחרת, אולם, לרוע המזל, היא מקפלת בתוכה גם כמה חסרונות, כולל הצורך לשנות את נטיית הטנק כדי להגביה את התותח.

הטנק הישראלי "מרכבה" יכול להיחשב, בכמה מובנים,



בתמונה — התפיסה השוודית לטנק-לחימה מציגה טנק בעל תותח חיצוני שצלליתו נמוכה מאוד.

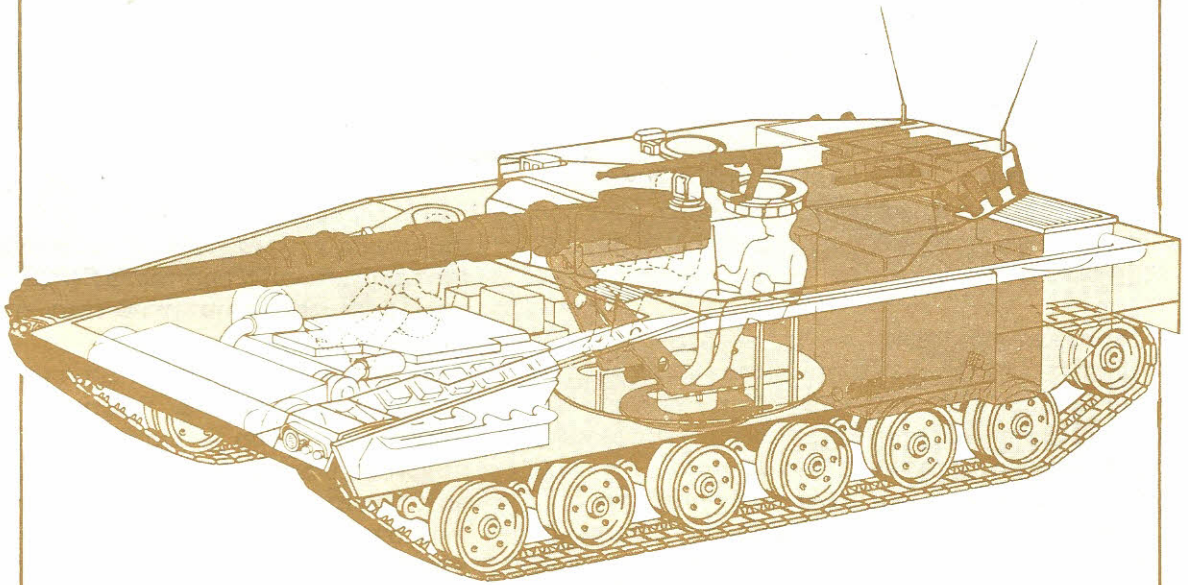
\* \* \*

יש עוד פיתוחים חדישים בתחום טכנולוגית הטנקים שחלקם נעשו בזמן האחרון וחלקם אפשריים בעתיד, וגם בלי לציין את כולם, ברור הוא שנעשתה בתחום הזה התקדמות רבה. יחד עם זאת ברור גם, שיש מקום לפיתוח נוסף ומשמעותי בתחום זה. אחת המסקנות מכאן היא, שטנקי העתיד עשויים להיראות שונים מאלה של היום; אולם — יהיה מראהם אשר יהיה — הטנקים יוסיפו להיות מרכיב חיוני של כוחות-היבשה.

"מאָרְר" שהושאל מצבא מערב-גרמניה. גם חברת "טיסן הנש"ל" המערב-גרמנית עורכת כיום ניסויים בתותח 105 מ"מ חיצוני על שילדת מארדר. עוד דוגמה לניסיון כזה הוא תותח 75 מ"מ חיצוני שהותקן על הרק"מ הנסיוני "הִיִּמְגִי".

פיתוחים נוספים בתחום הזה עשויים להפוך את הטנקים בעלי תותח חיצוני למתחרים רציניים לטנקים שתותחיהם מותקנים כמקובל בתוך הצריח. עד שיגיעו לכך, יש עוד להשקיע עבודה רבה בתחום מערכות הטעינה האוטומטיות, עבודה החיונית להצלחתן של מערכות אלה ולמעשה לכל התקדמות גדולה אחרת בעיצוב תבנית הטנק.

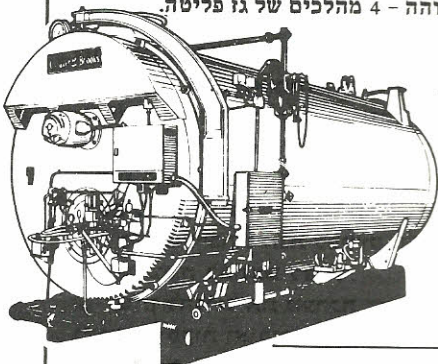
בתמונה — חתך בטנק-הלחימה המתוכנן על-ידי חברת "קוֹנְטְרִיִּקְס" בשביל הצבא השוויצרי. מאפייניו העיקריים — מנוע בחזית הטנק; מערכת טעינה אוטומטית — ומכאן צוות מוקטן בן 3 חיילים; תותח חלק-קדח בקוטר 120 מ"מ; התחמושת מופרדת מהצוות; מקומות פגיעים מוגנים על-ידי שריון מיוחד.



# Cleaver Brooks®

יצרני דודי קיטור בעלי  
מוניטין עולמי

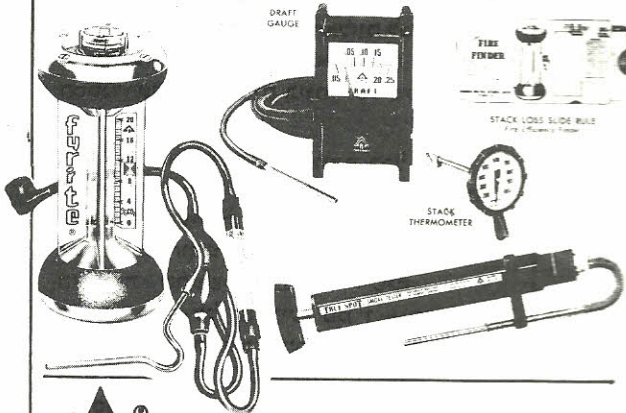
סוגי הדודים: צינורות אש; צינורות מים.  
גדלים: הספק קיטור עד 40 טון/שעה.  
מים חמים עד 6,000,000 קק"ל/שעה.



- יעילות טרמית גבוהה - 4 מהלכים של גז פליטה.
- פעולה שקטה.
- הפעלה נוחה.
- החזקה מינימלית.
- איכות מעולה.
- זמן הספקה קצר.

## בדיקת גזי השריפה חוסכת דלק וכסף!!

הננו שמחים להודיעכם כי נתמנינו  
לסוכנים בלעדיים של חברת BACHARACH  
לציון המנוי מתקיים מבצע הוזלות מיוחד



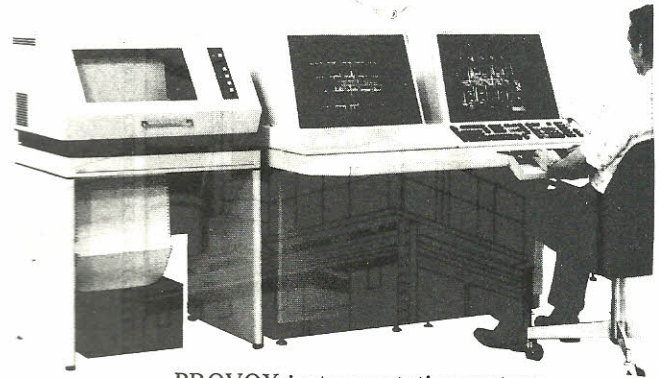
## BYCOSIN

תוספת הדלק לדוודי קיטור לשיפור  
יעילות השריפה והגנה מפני קורוזיה.

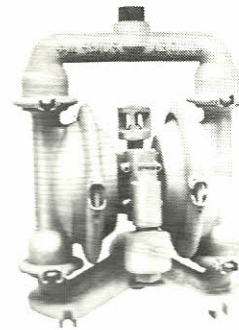
### Design V100 Vee-Ball® valve

החברה המובילה בתחום הבקרה התהליכית  
ומיצרת את המכשירים והאביזרים הבאים:

- ברזי בקרה מופעלים פנאומטית וחשמלית.
- וסתי לחץ, וסתי זרימה וכו'.
- מכשירי לוח ושדה אלקטרוניים ופנאומטיים.
- בקרים, משדרים וכו'.
- מערכות בקרה ממוחשבות.



PROVOX instrumentation systems



## WILDEN PUMPS AIR OPERATED DOUBLE DIAPHRAGM

המשאבה ששואבת הכל: שפכים, ברצה, דלק,  
דבק, צבע, כימיקלים, אבקות.

מחלקת הסחר הבינלאומית של I.N.P.C מייבאת חומרי גלם לתעשייה מכל רחבי תבל, עץ, נייר, פלדה ומתכות  
אחרות. כמו כן, אנו משמשים כסוכני ייצוא למוצרים תעשייתיים לאירופה, ארה"ב ואפריקה.

נשמח להעמיד לרשותכם שרות מקצועי ואמין.

# אקרומית

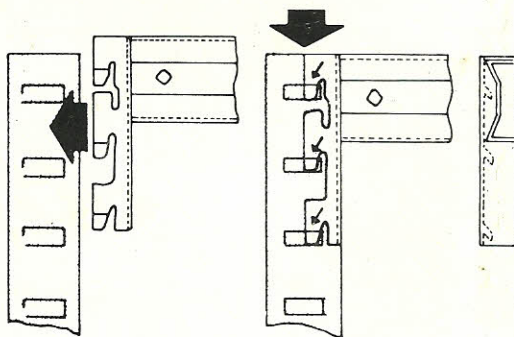
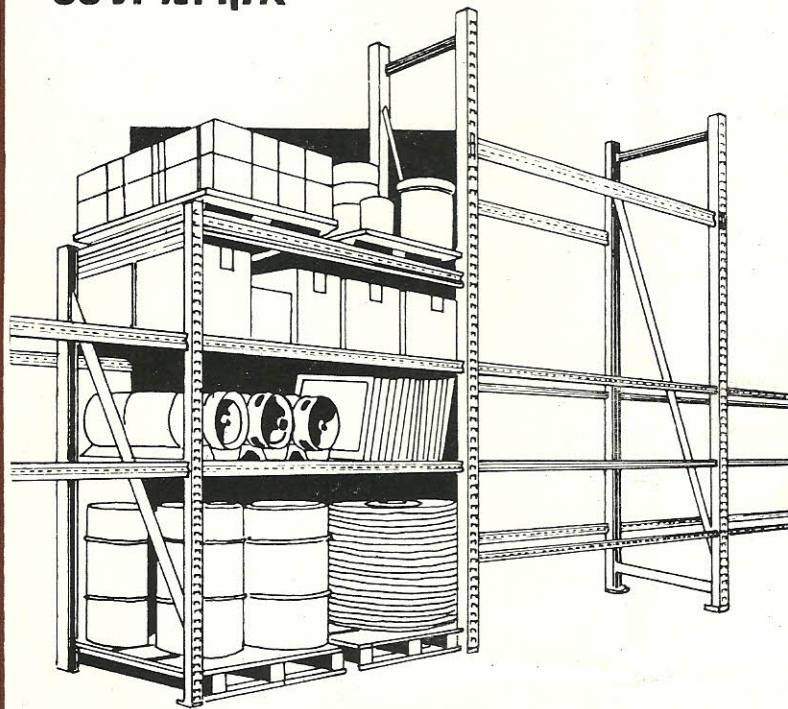
# 88

מערכות האחסנה אקרומית 88 מורכבות משני אלמנטים בסיסיים :

1. מסגרות פלדה.
2. קורות פלדה.

משני אלה ניתן להרכיב מערכת איחסון בכל אורך שהוא, בגובה ללא הגבלה ובמרחקים שונים בין מפלס למפלס. כושר ההעמסה על כל מפלס נע בין 200 ק"ג ל-5000 ק"ג בהתאם לצורך. לשם העמסות כבדות במיוחד ניתן לחזק את האלמנטים ע"י תוספות חיזוק מיוחדות. למירומית הזיכיון הבלעדי הבלעדי בארץ לייצר את מוצרי החברה האמריקנית PALMER SHILE (תחת השם מירומית). זוהי חברה בעלת מוניטין בינלאומי בעולם לצידוד אחסנה מתוחכם.

## אקרומית 88



### תכונות נוספות של מערכת האחסון

\* המערכות מתאימות לאיחסון ארגזים ואריזות מקרטון, גלילים וחביות, לאיחסון מטען ממושטח או מטען להזנה ידנית, לוחות פח, עץ, פורמייקה, חלקי חילוף לרכב לאחזקה וכו'.

\* כל המערכת ניתנת לפירוק ולהרכבה בצורה שונה בהתאם לצורך.

\* ניתן להגדיל את מערכת האיחסון בצורה אופקית ואנכית וכן להעלות או להוריד את מפלסי האחסנה במקצבים של 3 אינץ' (ובכך לאפשר ניצול מירבי של נפח המחסן).

\* למערכת האחסנה אקרומית 88 פטנט בלעדי : סגר בטחון בכל מפלס המונע שליפה מיקרית של קורות מערכת האיחסון (למשל, ממכה מאסיבית של מלגזה).

\* בהעדר סטנדרטים ישראליים למערכות אחסנה מיוצרות מערכות אקרומית 88 לפי הסטנדרטים הקנדיים ביותר של מכון התקנים האמריקני.

אקרומית 88 מיוצרת ומשווקת בכל רחבי הארץ ע"י מירומית מפעלי מתכת אשקלון ומשרתת ביעילות מפעלים רבים. ביניהם : משרד הבטחון על כל שלוחותיו ; התעשייה האזרית ; התעשייה הצבאית ; רשות הנמלים ; אל-על ; ארקיע ; ממ"ז — מסוף מטענים לוד ; המשביר המרכזי ; תדיראן ; טבע — תעשיות פרמצבטיות ; מפעלי הפוספטים ; מפעלי ים המלח ; כיתן דימונה ; בתי זיקוק חיפה ואשדוד ; מפעלי רוגוזין ; אמפא ; פלסאון ; ארד דליה ; רב-בריח.

בני ברק : רח' מתתיהו 8, טל. 03-776011  
חיפה : טל. 04-717840  
ירושלים : טל. 02-221967

**מירומית**  
ניפועי מוננת אשקלון בע"מ