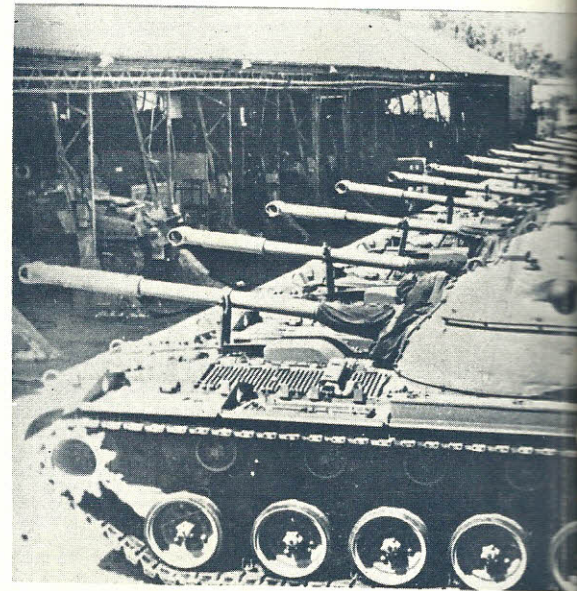
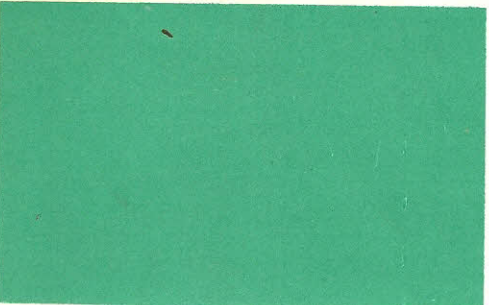
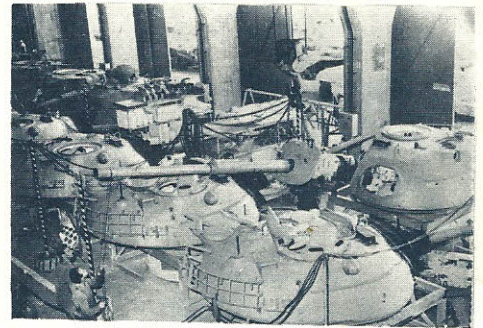
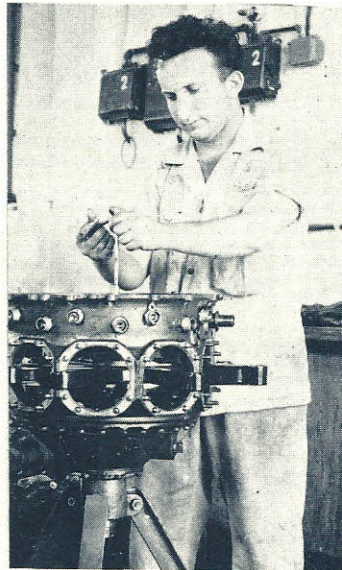
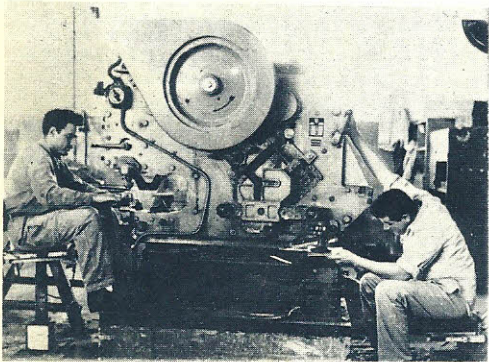
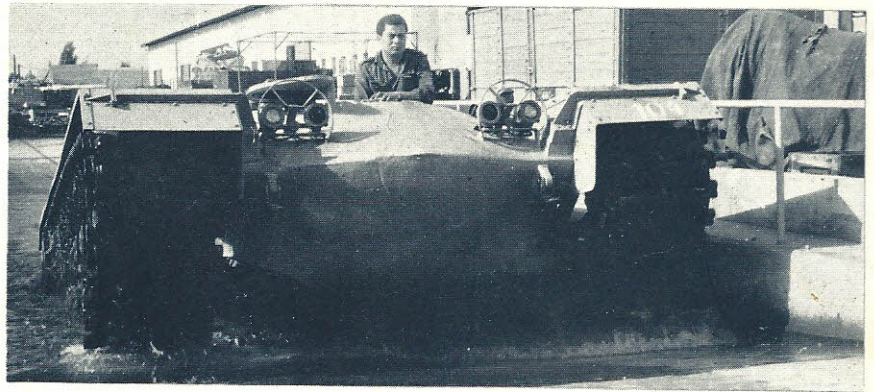
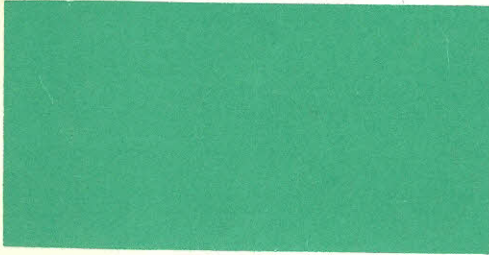


מערכות חימוש

חברת 43 - אב תשל"א - יולי 1971



**למנויי „מערכות-חימוש”
לצה”ל ולאנשי החיל**

שנת הטחון ועוצמה

מאחלת:

מערכת „מערכות-חימוש”

מערכות הימוע

חוברת מס' 43 ♦ אלול תשל"א ♦ יולי 1971

תוכן הענינים :

- תכנון רכב-קרב להישארות בחיים
 ה. אוגורקביץ 42
- יורשיו של הנגמ"ש M-113
 ה. סוליבמן 50
- מגמות בהתפתחות החומרים
 ובתהליכי העיבוד בשנות ה-70 (חלק ב')
 פ. נדלר 54
- האם יכולים מנהלים חסרי הכשרה
 טכנית לנהל מנהלים?
 58
- שימוש נכון בחגורות בטיחות מציל
 את חיידך
 ה. ציקובסקי 60
- תותחים שגא-קוליים
 א. לבון 65
- סיבוב והיגוי בטנקים (חלק ב')
 ב. בן-בשט 68
- נייטינגול-55 סגסוגת, "זוכרת" ושימושיה
 ה. ונגר 72
- מעניין ומועיל 77
- חידושים בצבאות העולם 79

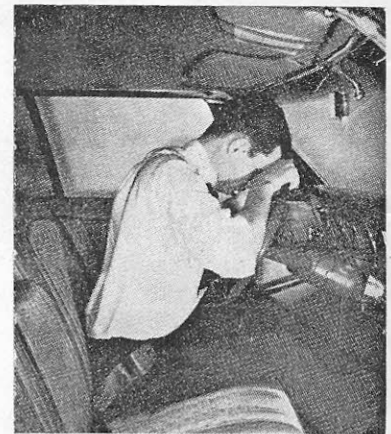
תמונת השער: עובדים בבית-מלאכה
 לשיקום טנקים של צה"ל.



עמ' 42: תכנון רכב-קרב להישארות בחיים



עמ' 50: יורשיו של הנגמ"ש M-113



עמ' 60: שימוש נכון בחגורות בטיחות מציל את חיידך.

החוברת — האקדחיים הצבאיים הניי-
 קריים בעולם מצורפת כשי.

מערכות

בית ההוצאה של
 צבא הגנה לישראל

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

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



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



תכנון רכב-קרב להישארות בחיים



חשיבותו הצבאית של כלי-רכב משוריין אינה מתבססת רק על ההגנה ששריונו מספק; חשיבות רבה יותר נודעת לכושר ניידותו של הרכב המשוריין. אולם למשקל השריון השפעה שלילית על כושר הניידות של הרכב; כלומר: תכונותיו העיקריות והמשניות סותרות זו את זו. אך מבחינה אחרת ניתן להטעים, כי ניידות והגנה שלובים זה בזה: השריון משפר את ניידות רכב-הקרב בשדה, משום שהוא מאפשר לו תמרון רב יותר תחת אש אויב.

מתכנני רכב-קרב שמים כיום דגש על הספקת הגנה מקסימלית לרכב זה, בתנאי שהשריון אינו מפחית את כושר הניידות שלו באורח חמור.

בהמשך המאמר נסקור גישות שונות בתכנון רכב-קרב; המטרה המנחה את כל המתכננים היא שיישארו הלוחמים ברכב-קרב בחיים, אף בתנאי הקרב הקשים ביותר.

הגישה המסורתית

המילה "שריון" התייחסה תמיד למושג "פלדה". הדרך המקובלת להגברת כושר ההגנה של הטנקים היה להגדיל את עובי הפלדה. בד-בבד עם השתכללותו של נשק חודר-שריון, פג קסמה של גישה זו. ציור 2 מציג באורח סכימטי את עובי שריון-הפלדה המבטיח חסינות מוחלטת מפני כלי-נשק נגד-טנקים החדשים ביותר. למעשה, הגדלת עובי השריון לדרגה של הבטחת הגנה מוחלטת היא בלתי-אפשרית, משום שאז נקבל רכב-קרב כבד שאינו רצוי על דעת הכל. היחס בין עובי השריון לבין משקל הרכב מוצג בציור 1. הציור מראה את עובי הלוחות הקדמיים של תובות הטנקים שיוצרו במשך 25 השנים האחרונות ואת משקלם הכולל. הגבול הנמוך של העקום, המייצג את התוצאה הטובה ביותר שהושגה בתחום אותו כופים המערכים המקובלים, מבוטא בקירוב על-ידי היחס הקוי:

$$t = 5 W$$

כאשר:

t = העובי האופקי של השריון ב"מ.

W = משקל הטנק בטונות גדולות (טונה גדולה = 1016.6 ק"ג). ממשוואה זו נראה כי משקלו של טנק גדל ביחס קוי לעובי השריון. גם לחץ הקרקע של הטנק גדל ביחס קוי למשקלו משום שקיימות מגבלות מעשיות לרוחב הזחלים. כתוצאה מכך יורדים ביצועי עבירות הרכב בדרכי עפר עם גידול לחצו על הקרקע, ולכן יש לשמור על משקלו של הרכב-המשוריין נמוך ככל האפשר. מגבלות-משקל אחרות נובעות בשל כושר נשיאה של גשרים, הובלה-ימית, מסילות-ברזל ודרישות של יבילות-אוויר (הקשר בין יבילות-אוויר לבין מרחב בית סוגי הרכב המשוריין הינו מפוקפק).

מלבד טנקים נסיוניים אחדים, שלא היו מוצלחים, לא בנו טנק-מערכה שמשקלו עלה על 50 טונה. למעשה נע משקלם של רוב הטנקים החדשים בתחום 41 טונה או פחות. משקלם של כלי-רכב משוריינים בעלי עוצמה קטנה יותר נע בתחום שבין 9 ל-18 טונה.

בהתחשב במסגרת הכפוייה של מגבלות המשקל, ניתן להשיג התקדמות מצומצמת ביותר, כאשר מתחשבים המתכננים בגישה המסורתית של הגדלת עובי השריון.

צמצום סיכויי הפגיעות

האלטרנטיבה הטובה ביותר הניצבת מול הגדלת עובי השריון היא הקטנת שטחה של המטרה שמציג רכב משוריין בפני נשקו של האויב. הקטנת ממדי הרכב המשוריין מצמצמת את סיכויי הפגיעות ומגדילה את סיכויי הלוחמים בו להישאר בחיים בעת פגיעה, כשם שהגדלת עובי השריון משפרת את השאירות* על-ידי צמצום האפשרות לפגיעת-חדירה בטנק.

סיכויי הישרדותו של רכב משוריין (P_s), שוים למכפלת הסיכוי שלא להיפגע (P_H) בסיכוי שבמקרה של פגיעה לא יהדור הפגז מבעד לשריון (P_P) בסיכוי שתוצאות הפגיעה לא יסתיימו במוות (P_L).

$$P_s = P_H \cdot P_P \cdot P_L$$

כלומר:

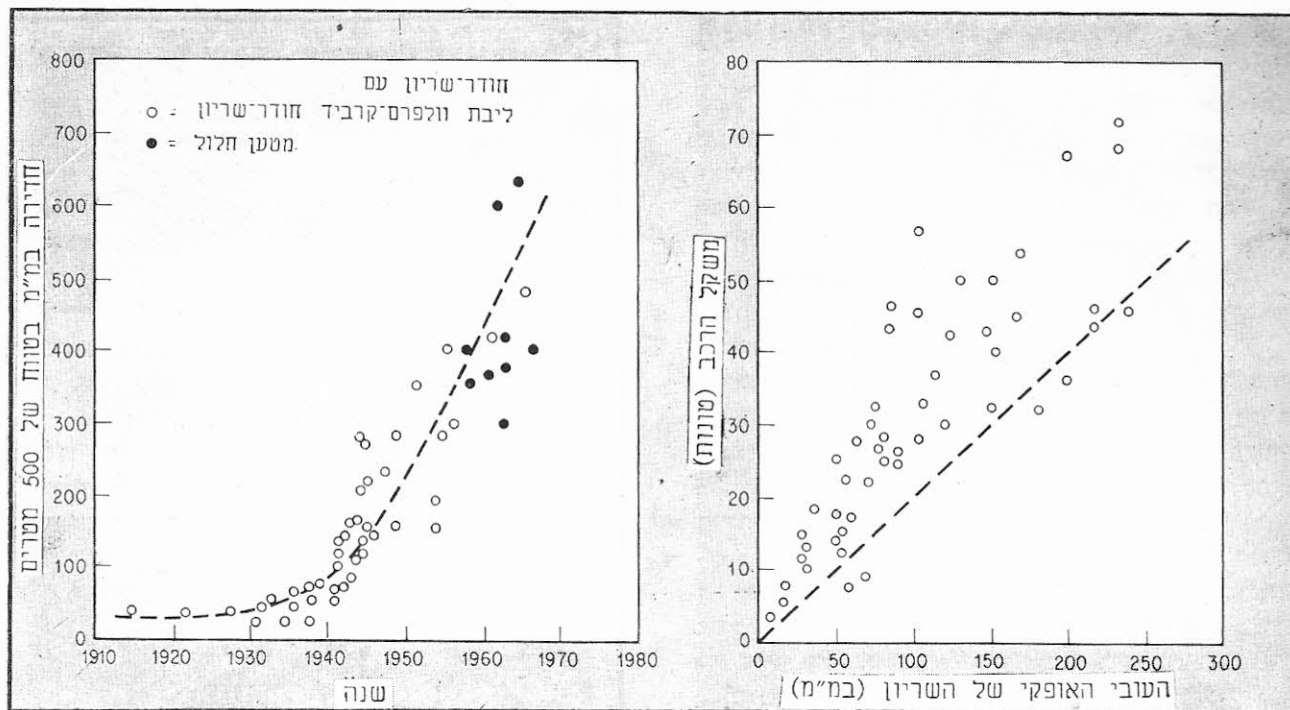
צמצום גובה הרכב כדאי במיוחד, משום שקשה לנשק האויב להשיג דיוק בהגבהה יותר מאשר להשיג דיוק באסימות. הטנק הגרמני החדש, "ליאופרד" משמש דוגמא מוצלחת להנ"מכת פרופיל (צדודית) הרכב, על-אף המגבלות הכרוכות בכך. גובהו הכולל של הטנק 2.54 מטר, לעומת 3.09 מטר של ה-M60 A1 האמריקני.

את גובה הטנקים ניתן לצמצם עוד יותר על-ידי "סטייה" מהמערכים המקובלים, ובמיוחד על-ידי שינוי מיקומם המקובל של אנשי הצוות. לאחרונה נראו שלוש דוגמאות למגמה זו בתכנון:

- בטנק הבריטי החדש, "צ'ייפטין" נמצא הנהג במצב שכיבה על-גבו כאשר מדפו סגור. לפיכך נמוכה תובת ה"צ'ייפטין" מן הגובה שיכול היה להיות לה לו ישב הנהג. כן צומצם גובהו הכולל של הטנק.

- הטנק האמריקני-גרמני M.B.T.-70 משמש להדגמה אחרת: תובת הטנק נמוכה במידה ניכרת מתובת של הטנקים המקובלים. דבר זה נתאפשר על-ידי הוצאת הנהג מהתובה וקביעת מקומו בצריח. נוסף על כך מצויד הטנק במערכת זחלים-קפיצים-ומרכוב הידרו-פנאומטית מתכווץ-ננח, המאפשרת הנמכה זמנית של גובה הטנק מעל לקרקע.

* שאירות — יכולתו של הנשק להתקיים במצב שמיש, למרות האמצעים לפגוע בו. השאירות מותנית באי-פגיעות הנשק.



ציור 1: עובי אופקי של שריון קדמי של התובה לעומת משקל הטנק בטונות.
 ציור 2: גידול בכוסר חדירת השריון של כלי-נשק, במשך השנים. חדירת הקלע בשריון פלדה במ"מ, נראה עבור פגיעת קלע רגיל מטוחה של 500 מטר.

המערכה עבה בחזית יותר מאשר בצדדים. סידור זה מבוסס על מחקרים בתחום חקר הביצועים המוכיחים כי קיים סיכוי של 70% שהאש תבוא בתחום קשת חזיתית של 60 מעלות.

דרך אחרת ליעולו של השריון נגד קליעים חודר-שריון בעלי מהירות גבוהה היא להטותו מהכיוון ממנו צפויה ההתקפה. פירוש הדבר: יש לעשות את השריון משופע במקום מאונך. מצד אחד מגדיל השיפוע את עוביו האופקי של השריון, אך מצד שני הוא מאריך את השריון הדרוש להגנת השטח האנכי הפנימי הנתון. לכן שווה משקלו של לוח-שריון משופע למשקלו של לוח-שריון אנכי שיש לו אותו עובי אופקי.

אולם עוביו היעיל של שריון משופע גדול יותר (ציור 7): לוח-פלדה שעוביו 100 מ"מ, למשל, וזוית שיפועו היא בת 60 מעלות הוא בעל עובי אופקי ממשי של 200 מ"מ; ואילו ההגנה הבליסטית של לוח כזה שווה לזו שמעניק לוח-פלדה אנכי שעוביו כ-300 מ"מ.

יתר-על-כן: ככל שהשיפוע גדול יותר — כך תועלתו רבה יותר, למרות שצורת הרכב שיעוצבו כתוצאה מכך לא יתקבלו, אולי, ברצון מסיבות שונות. לוחות-החזית של תובות הטנקים משופעים בדרך כלל בזווית שבין 50 ל-60 מעלות. למרות זאת מגיעה זווית השיפוע בטנק השוודי "S" ל-78 מעלות, כיוון שתצורתו חסרת-הצריח מסייעת לו בשימוש הרב ביותר של שריון משופע.

היעילות של כל עובי נתון של שריון גדלה עוד יותר, אם נוסף על היותו נטוי למישור האנכי הוא גם נטוי בזווית למישור

הטנק השוודי "S" מייצג את הדוגמא השלישית. למרות שחזותו של הטנק "S" שונה מזו של ה-M.B.T.-70, הרי לשניהם תכונות-יסוד משותפת אחת: בשניהם סטו המ-תכננים מהסידור המוסכם של "שני נדבכים" לפיו מת-קיינים את החימוש העיקרי של הטנק מעל הנהג. במקום להעביר את הנהג אל הצריח הפכו המתכננים את הנהג, וקבעו את מקומו של הצוות ושל החימוש העיקרי בתוך התובה. כתוצאה מכך הפך הטנק "S" חסר צריח ונשקו מכונן על-ידי שינוי גובה התובה באמצעות מערכת זחלים-קפיצים-ומרכוב הידרו-פנאומטית, ועל-ידי הפניית הרכב כולו. כיוון שהטנק "S" הוא חסר צריח, הוא נמוך בהרבה מהטנקים המקובלים וקשה לפגוע בו. בטוחה הקרב האופ-ייני של 1,000 מטרים קטן סיכוי ההיפגעות של הטנק על-ידי תותח נגד-טנקים ב-30% מסיכוי ההיפגעות של הטנ-קים הנמוכים ביותר בני-זמננו — שהם בעלי צריחים.

תצורת השריון

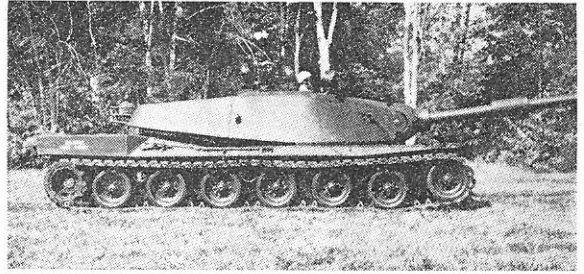
על-אף המאמצים הרבים המוקדשים לצמצום גודלה של המטרה שמציג הטנק לנשק האויב, הרי יצליח האויב לפגוע לפעמים. כדי להישאר בחיים, בוטחים עדיין הטנקים בשריונם; וכיוון שכמות השריון מוגבלת, הרי ההישארות בחיים תלויה במידה רבה בניצולה של כמות השריון המותרת. אחת הדרכים לניצול יעיל יותר של השריון תהיה לחלקו בצורה שאינה אחידה — כלומר: לעשותו עבה יותר במקומות שבהם סיכוי הפגיעה ברכב גדול יותר, ודק יותר במקומות האחרים. זהו, למעשה, הנהוג הרגיל: שריונם של כל טנקי

תכנון פלדת-שריון

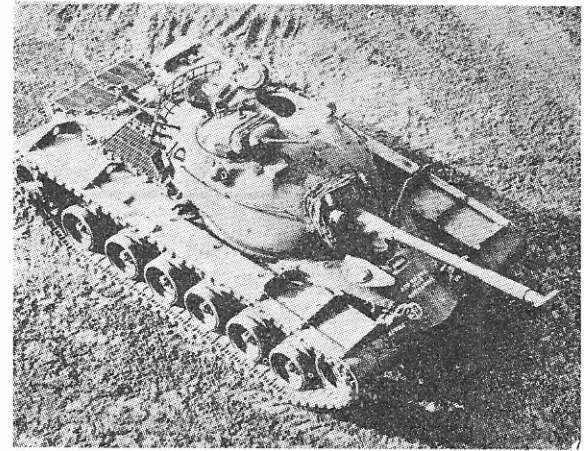
עד לזמן האחרון שימשו סגסוגות הפלדה כחומרים יחידים ליצור שריון. אף היום הפלדה היא החומר הבלעדי ליצור השריון של טנקי-מערכה ושל כלי-הרכב האחרים המיועדים לעמוד בפני פגיעות הקליעים הכבדים, בעלי הקליבר הגדול. הסיבה למקום-הכבוד הראשוני שתופסת הפלדה בתחום זה נעוצה בתכונותיה הכוללות צירוף של קשיות — הדרושה לעמידות בפני קלע מוקשה בעל מהירות גבוהה, ושל חוזק — הדרוש לספיגת אנרגיית הקלע מבלי לגרום לבקיעת השריון במידה רבה.

פלדת-השריון נבדלות זו מזו בהתאם ליעודן ולמקורן. בדרך-כלל הן מכילות בין 0.2% ל-0.4% פחם, וכמויות משתנות של אלמנטים אחרים. פלדות הסגסוגת הטובות ביותר מיוצרות בתנוריקשת-חשמלית (electric-arc furnaces), אך כמויות גדולות של פלדת-שריון מיוצרות גם ב"תנור-רם" (open-hearth furnaces). שריון עובר, כרגיל, טיפול בחום המגביר את קשיותו ולאחר מכן הוא עובר תהליך הרפיה. כדי לעשותו גמיש יותר ופריך פחות. מידת ההרפיה תלויה ביעוד השריון. לוח-שריון דק, למשל, המיועד לעמוד בפני קליעים שאינם מתוחכמים, יחסית, בעלי קליבר קטן הוא בדרך-כלל גמיש פחות. אך יותר קשה מאשר לוח-שריון עבה המיועד לעמוד בפני קליעים כבדים.

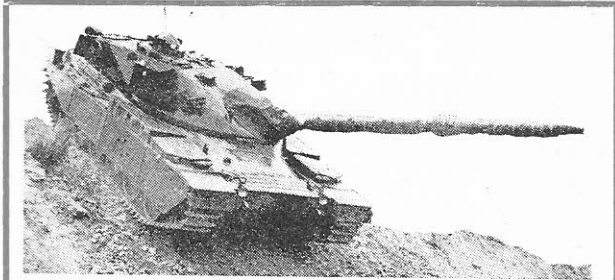
לוח-שריון מעורגל של פלדת-שריון הומוגנית מצטיין בחוזק מקסימלי למשיכה בין 10,000 ק"ג לסמ"ר לבין 13,000 ק"ג לסמ"ר ומידת קשיות שבין 300 ל-390 לפי שיטת רינול.



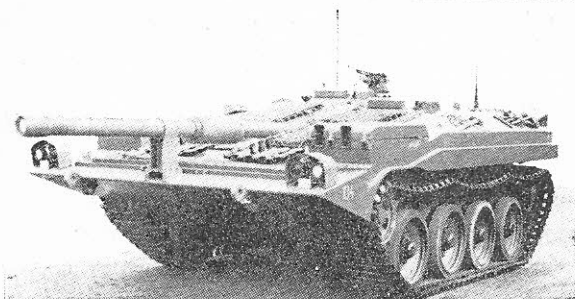
צויר 3: בצויר נראה הטנק האמריקני-גרמני M.B.T.-70 כאשר מערכת המתלה ההידרו-פנימטית שלו נמצאת במצבה הנמוך ביותר — כדי לצמצם את גובה המטרה.



צויר 4: בצויר נראה הטנק האמריקני M-48 שהיה הטנק הראשון שתוכנן עם תובה יצוקה מיציקה בעלת מקשה אחת וכן בעל צריח יצוק.



צויר 5: בצויר נראה טנק המערכה האנגלי "צ'יפטיין" שצריחו יצוק בצורה טובה.



צויר 6: בצויר נראה הטנק השוודי "S" שתוכנן במיוחד ללא צריח, לדגמים אחדים של הטנק שריון בעל צלעות המכוסה ברשת תיל.

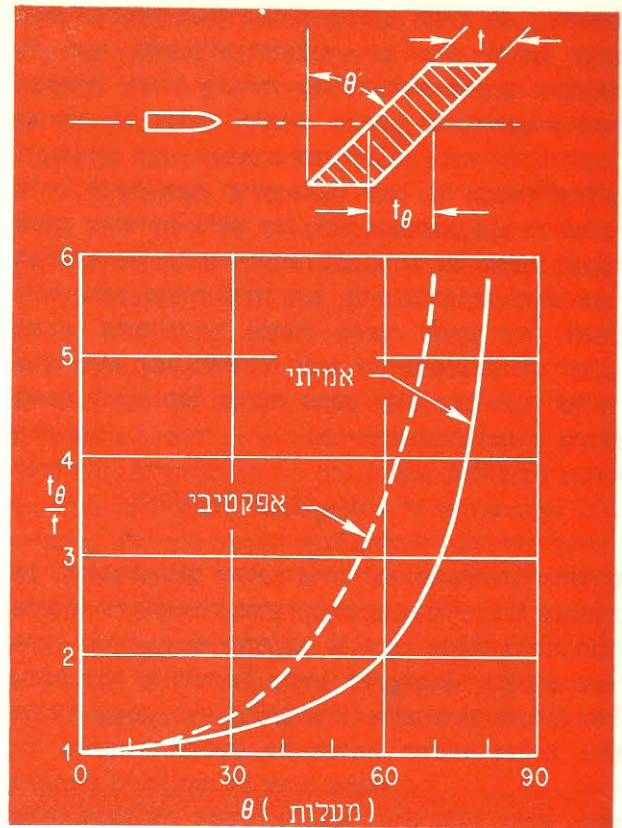
האופקי ביחס לקו מעוף הקליע (טיל). במקרה זה פוגע הקליע בשריון בזווית מורכבת ויעילות השריון גדלה בהתאמה. הניסיון לנצל גורם זה נעשה בתכנון הטנק הסובייטי הכבד T-10 על-ידי עיצוב חזית תובתו בצורת "V". בצריחי הטנקים רווח השימוש בזווית מורכבות עוד יותר מאשר בתובות. בדרך-כלל יצוקים הצריחים כדי לספק להם את הצורות המורכבות הדרושות.

אפשר להגדיל את יעילות השריון על-ידי הוספת צלעות חיצוניות; אם צלעות אלה מרווחות זו מזו בצורה נאותה על-גבי השריון המשופע, הן מסיטות את הקליעים. עד כה נעשה שימוש מועט בשריון המורכב משני לוחות המופרדים זה מזה על-ידי חלל. סידור זה יעיל במיוחד נגד קליעים בעלי ליבת-וולפרם-קרביד. כישות חודרי השריון הרכות של קליעים אלה נקלפות על-ידי הלוח החיצוני. יתרת הקליע היא, אם כן, יעילה פחות נגד הלוח השני ועשויה אפילו להתפרק בעת הפגיעה, בעיקר אם היא פוגעת בזווית. יש להטעים כי שריון בעל לוחות שיש חלל ביניהם, הוא בדרך-כלל פחות יעיל נגד קליעים חודרי-שריון מקובלים, העשויים מקשה אחת.

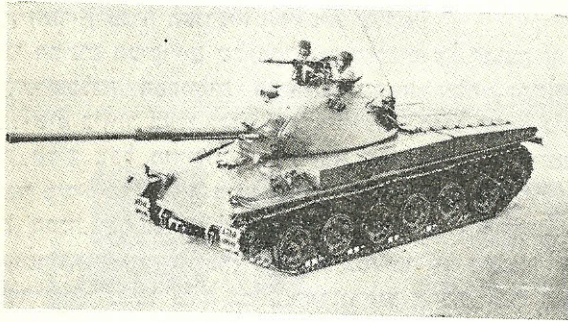
לחרטום התובה בלבד — ועל יתרת התובה להיות עשויה מפלדה מעורגלת.

מדי פעם נעשו נסיונות לחסם את פני השריון עד ל-600 לפי שיטת ברניל — כדי להגביר את עמידותו בפני הדירה — מבלי להקטין את חוזקו. הנסיונות הללו הצליחו במקרים אחדים, ביחוד בטנקים הגרמניים „פנצר וו" ו-„פנצר וו" מימי מלחמת-העולם השניה. מכל-מקום, הניסיון לא הביא לכלל אימוץ נרחב של שריון שפניו חוסמו. נסיונות ליצר שריון כפול (Duplex), המורכב מלוח חיצוני קשה המרוחק ללוח תמיכה רך יותר אך גמיש יותר, היו עוד פחות מוצלחים. שיפורים בטכניקה של ריתוך על-ידי פיצוץ יביאו, אולי, להצלחת סוג זה של שריון מורכב.

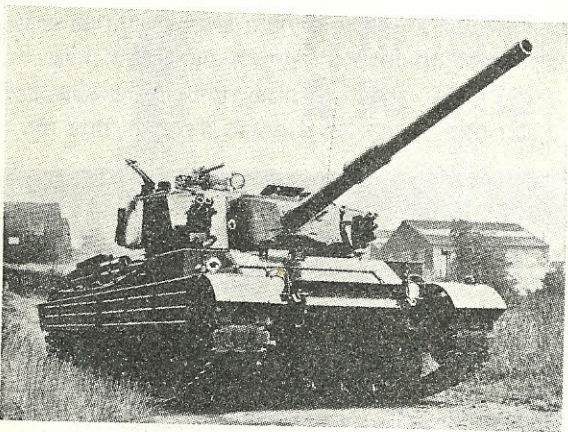
כתחליף ניתן ליצר על-ידי יציקה שריון המורכב משני חומרים השונים במהותם אחד קשה יותר ואחד גמיש (משיך) יותר. שריון הומוגני קשה, שדרגת קשיותו כ-450 או יותר לפי שיטת ברניל, יוצר בצורת לוחות דקים יחסית בשביל רכב-קרב משוריין קל, אך הוכח שהיצור מסובך וכי השריון נוטה להתבקע בעת הפגיעה. הניסיון שנצטבר עד כה מנע בעד פיתוחו הנוסף של שריון מסוג זה.



ציור 7: העובי האמיתי והאפקטיבי של לוח שריון משופע לעומת זווית הנטיה.



ציור 8: בציור נראה הטנק השוויצרי Pz-61 שתובתו יצוקה, מכיוון שלמדינה זו אין אמצעים לייצור לוח שריון עבה מעורגל.



ציור 9: בציור נראה הטנק האנגלו-הודי „וויקארס" ויגיאנטה" שתובתו וצריחו מרותכים מלוח מעורגל, דבר זה נעשה בגלל העדר בתי-יציקה מתאימים בהודו.

שריון יצוק יעיל פחות מפלדה מעורגלת, ולכן צריך עוביו להיות בין 5% ל-10% גדול יותר כדי שיספק אותה מידה של הגנה שמספק לוח מעורגל. אולם, שריון יצוק מתאים ליצור צורות מורכבות בעלות עיקומים כפולים ועובי דפנות משתנה. דבר זה מסביר את העובדה שעושים ביציקות כמעט שימוש כללי ביצורם של צריחים לטנקי-מערכה. כיום ידועים רק שני יוצאים מן הכלל: האחד הוא הטנק האנגלו-הודי „וויקארס ויגיאנטה", שצריחו מרוחק מלוח מעורגל; דבר זה נעשה בגלל העדר בתי-יציקה מתאימים בהודו.

יוצא הדופן השני הוא הטנק האמריקני-גרמני M.B.T.-70; בדומה לטנקים הגרמניים מימי מלחמת-העולם השניה, עשוי צריחו מפלדה מעורגלת כפופה.

יציקה אינה מתאימה בדרך-כלל לצריחיהם של טנקים קלים, משום שדפנותיהם דקים מדי ביחס לממדיהם הכוללים. אולם צריחונים קטנים למקלעים יוצרו בהצלחה על-ידי יציקה.

תובות הטנקים, שצורתיהן פחות מורכבות בדרך-כלל מצורות הצריחים, מרותכות ברוב המקרים מפלדה מעורגלת. יוצאים מכלל זה הטנקים האמריקניים מסדרת M-48 ו-M-60 וטנק המערכה השוויצרי Pz-61, שתובותיהן עשויות מקשה אחת של פלדה יצוקה.

קשה ליצור תובות יצוקות. התובה והצריח של הטנק Pz-61 יצוקים, משום שבשוויצריה אין מתקנים ליצור לוחות-פלדה מעורגלים עבים. הרצוי ביותר הוא להגביל את שריון היציקה

הרכב המשוריין המוקדם, כיוון שהמטען החלול הוכנס לשימוש רק בימי מלחמת העולם השנייה. גם כיום מתוכנן הרכב המשוריין בעיקר לעמידה בפני התקפת קליעים שפעולתם מבוססת על אנרגיה קינטית — דבר שאינו מעניק הגנה אופטימלית מפני המטענים החלולים.

פלדה, למשל, אינה יעילה באופן יחסי נגד מטענים חלולים, משום שלחדירת סילון הגז בעל המהירות הגבוהה שיוצר המטען החלול מתנגדת הכמות ולא חוזקו של החומר. למעשה עומד עומק חדירת סילון הגז, ברוב החומרים, ביחס הפוך לשורש הריבועי של צפיפות החומר. לפיכך ניתן להשיג אותה מידת הגנה באמצעות חומר בעל צפיפות נמוכה ρ_{LD} בדומה לחומר בעל צפיפות גבוהה ρ_{HD} אם עוביו של כל אחד מהם t_{LD} — t_{HD} — מתייחסים לצפיפותיהם בהתאם למשוואה:

$$t_{LD}/t_{HD} = \sqrt{\rho_{HD}/\rho_{LD}}$$

שני החומרים מהם עשוי השריון הוא פרופורצינולי לשורש הריבועי של היחס בין צפיפותיהם, או ככלל — ככל שצפיפות חומר השריון קטנה יותר, כן קל יותר משקלו למידת-הגנה נתונה. דבר זה רומז על שימוש בחומרים אל-מתכתיים בעלי צפיפות נמוכה, כגון: פוליפרופילן, אולם, חומר זה אינו יעיל נגד התקפה המבוססת על אנרגיה קינטית, ועליכן ניתן להשתמש בו רק יחד עם שריון מתכתי.

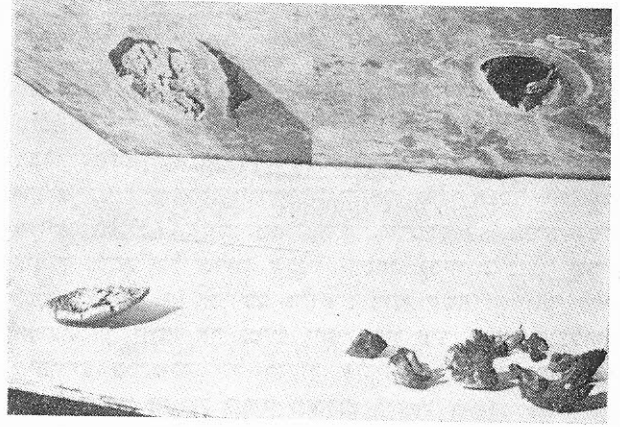
פתרון דומה אך קוסם יותר, אשר טרם נוסה ונמצא עדיין בגדר תכנית, מסתכם בהתקנת מכלים קלי-משקל בחזית הרכב ובצדדיו. מכלים אלה ימולאו בחול או במים לפני יציאה לפעולה. בהיותם מלאים תהיה פעולתם דומה לזו של לוחות פוליפרופילן, אך הם ישחררו את הרכב מנשיאת החומר המגן הנוסף במשך כל הזמן.

הדרך הפשוטה ביותר לניצול תכונות ההגנה של חומרים בעלי צפיפות נמוכה היא לשנות את מיקום מכלי-דלק-הדיוזל, ולהתקינם בטנק בכיוון הצפוי של התקפת המטענים החלולים. דבר זה אפשר לעשות תוך סיכון קטן למדי של דליקה, בעיקר אם מלאים המכלים בקצף הפוליאוריטן — המעכב דליקה — אשר פותח לאחרונה.

אולם, הנסיונות שנעשו עד כה לשיפור כושר ההגנה נגד מטענים חלולים הצטמצמו בקביעת לוחות דקים או רשתות-תיל לפני השריון. הלוחות או הרשתות גורמים לכך שהמטענים החלולים יתפוצצו הרחק ככל האפשר מהשריון העיקרי. דבר זה מפחית את יעילות המטענים, משום שחדירתם פוחתת ככל שגדל המרחק בין בסיס המטען לבין שטח המטרה.

ירידת כושר החדירה לתוך שריון-פלדה עם גידול המרחק בין בסיס המטען לשטח המטרה מבוטא ככפולת הקוטר של המטען החלול. כיוון שאפילו קוטרם של המטען החלול של הקליעים הנורים מכלי הנשק נגד-טנקים הקלים של חיל הרגלים הוא כ-7—8 ס"מ, וקוטרם של טילי נ"ט מונחים נע בתחום 10—16 ס"מ — יש להביא בהשבון מרחק ניכר בין בסיס המטען לשטח המטרה כדי שרשת כל שהיא תצמצם את החדירה לכדי שיעור ניכר.

אולם, ממבט ראשון נראה כי גישה זו אינה משאירה כל פתח לתקוה, אפילו נגד כלי-נשק קלים יחסית. למעשה קיימת



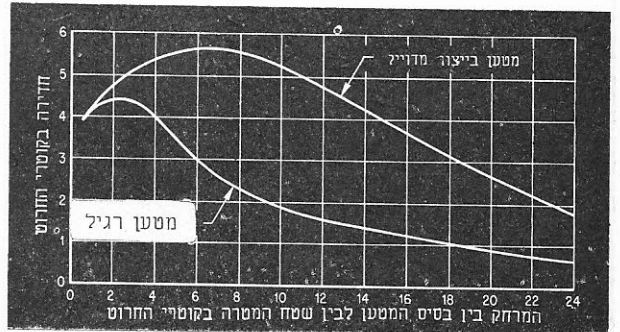
ציור 10: בצד ימין נראית חדירה בלוח שריון ששוביו 145 מ"מ שנגרם עליידי קלע חודר-שריון-מנעל. בצד שמאל — נראה קילוף שנגרם עליידי פגז נפיץ 99לסטי.

המטען החלול

שריון משופע — או שיפור חוזקו וגמישותו — אינם יעילים באותה מידה נגד כל סוג של התקפה. יעילותן של תכונות אלה מוגבלות בעיקר לקליעים בעלי מהירות גבוהה החודרים את השריון בכוח האנרגיה הקינטית שלהם.

שני הסוגים העיקריים של הקליעים הנמנים על קבוצה זו הם קליעי-הפלדה המקוריים העשויים מקשה אחת, והקליעים החדשים ביותר בעלי ליבת קרביד-יולפרם. הסוג היעיל ביותר של קליע בעל מהירות גבוהה הוא קליע חודר-שריון-מנעל אשר משיל מעליו את מנעלו הקל (מעטה ססגות) אחר עזבו את הקנה, כך שרק ליבת-היולפרם הדחוסה שקוטרה קטן מקוטר הקנה (תת-קליבר) ממשיכה במעופה עד למטרה. קליע חודר-שריון-מנעל נורה גם במהירות-לוע הרבה יותר גבוהה מזו של הסוגים הישנים של קליעים חודר-שריון שמהירותם נעה בין 600 מטר לשניה ל-1,000 מטר לשניה; מהירות הלוע של קליעים חודר-שריון-מנעל היא בין 1,200 מטר לשניה לבין 1,500 מטר לשניה.

בתכנון שריון יש להביא בחשבון גם סוגי קליעים אחרים. חשובים במיוחד הקליעים והטילים שלהם ראש נפץ של מטען חלול. אלה חודרים את השריון לא בכוח האנרגיה הקינטית שלהם, אלא עליידי מיקוד אנרגיית ההדף. לא היה צורך להתחשב בצורה זו של התקפה בעת תכנון של



ציור 11: חדירת מטען חלול לעומת המרחק בין בסיס המטען לשטח המטרה. שני הפרמטרים נתונים בקוטרי חרוט המטען.

את תוצאות החדירה של מטענים הלולים ניתן לצמצם גם על-ידי ציפוי הצד הפנימי של שריון המתכת בפוליאיתילן או בחומרים דומים. ציפויים אלה מגדילים גם את ההגנה בפני קרינה; בעיקר ציפוי פוליאיתילן המכיל כמויות קטנות של מילוי בור — חומר זה מספק הגנה יעילה נגד נויטרונים באזורי שטף נמוך; אולם נציין כי את ההגנה הטובה ביותר נגד קרינה מספק שריון-פלדה.

הפלדה יעילה יחסית גם נגד קליעים-נפיצים-פלסטיים. קליעים אלה מתפוצצים בעת מגע קרוב עם השריון ויוצרים גלי-הלם חזקים הגורמים להתזת שבבים מהדופן הפנימית של השריון. כלומר, השריון אינו נפגע (נחדר) אך שבבים קטלניים משתחררים מצדו הפנימי. מכל מקום, אם מתפוצץ קליע-נפיץ-פלסטי לפני שהוא פוגע בשריון, הרי מצטמצמת במידה רבה תוצאת התפוצצותו. אולם, לוחות-מגן קלים עלולים להשתחרר בתהליך זה, והרכב יהיה פגיע יותר להתקפה נוספת. במקרה של רכב בעל שריון כבד במיוחד ניתן להשיג חסינות מלאה נגד קליעים-נפיצים-פלסטיים על-ידי שתי שכבות שריון עבות יחסית, כאשר רווח אויר מפריד ביניהן. אולם סידור מעין זה יעיל פחות נגד קליעים רגילים המופעלים על-ידי האנרגיה הקינטית שלהם, ואילו קליעים-נפיצים-פלסטיים עלולים לגרום, למרות הכל, נזק חמור לציוד החיצוני. □

תקוה קלושה בלבד המאפשרת הגנה נגד המטענים החלולים כיוון שכושרם לחדור שריון שעוביו הוא פי ארבעה עד חמישה מקוטרם פירושו שקליע שקוטרו 7-8 ס"מ יכול לחדור לוח שריון שעוביו 30-38 ס"מ — ולוח שריון כזה יהיה עבה משריונו של הטנק הנסיוני הכבד ביותר שנבנה עד היום.

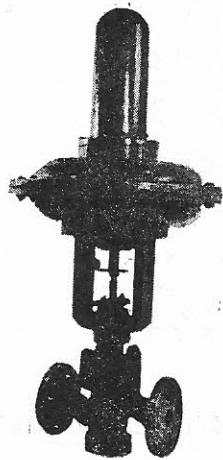
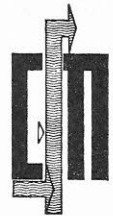
על כל פנים, יש להבין שהמספרים המופיעים בציור 11 ומספרים דומים להם מבטאים רק את מידת עומק החדירה לתוך שריון הפלדה בתנאים אידיאליים. נתונים אלה אינם מייצגים את עובי השריון אותו יכולים המטענים החלולים לחדור תוך גרימת תוצאה קטלנית. בתנאי שדה יש להם, בדרך-כלל, השפעה פחותה מכך. לחדירת שריון גרידא יכולות להיות תוצאות מועטות מאוד, למעשה. כל-ירכב משוריניים רבים — במלחמת-העולם השנייה ובויאט-נאם — נוקבו על-ידי מטענים חלולים מבלי שנגרם כל נזק לצוותיהם.

לכן נחשב סידורן של רשתות-מפוצצות בצורה של מגיני-רפש לאורך צדי הטנק ככדאי בתכנון הטנקים הבריטיים, "סנטוריון" ו-"ציפטין". לוחות אלה יעילים במיוחד נגד קליעים של נשק חי"ר קל, הנורים ממארבים. לאחרונה הוקדשה תשומת-לב לרשתות-מפוצצות העשויות מוטות פלדה מחוסמים, המחלי-שים עוד יותר את החדירה של מטענים חלולים ומסוגלים אף לנפץ את ראשיה-נפץ של הקליעים הפחות מתוחכמים.



תצוגה מתמדת

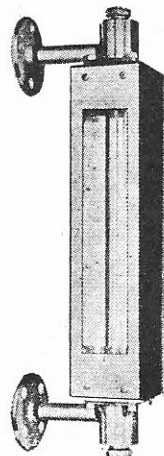
שד' ההסתדרות (כביש חיפה-עכו), מפרץ חיפה
טל. 723502, 725175
ת. ד. 1540 חיפה



חברת סברו (ישראל) בע"מ

ייצור ססתומי בקרה
פניאומטיים
"PNEUMATIC
CONTROL VALVES"
דגם "SEVFRN" אנגליה

אספקה מיידית של
כל הדגמים והגדלים
החל מ-1/2" ומעלה.
פלדה, פלב"ם, פ.וי.סי
טפכון וברזי סונדרס
הפעלה 3-15 PSI



מוצרי חלית בע"מ

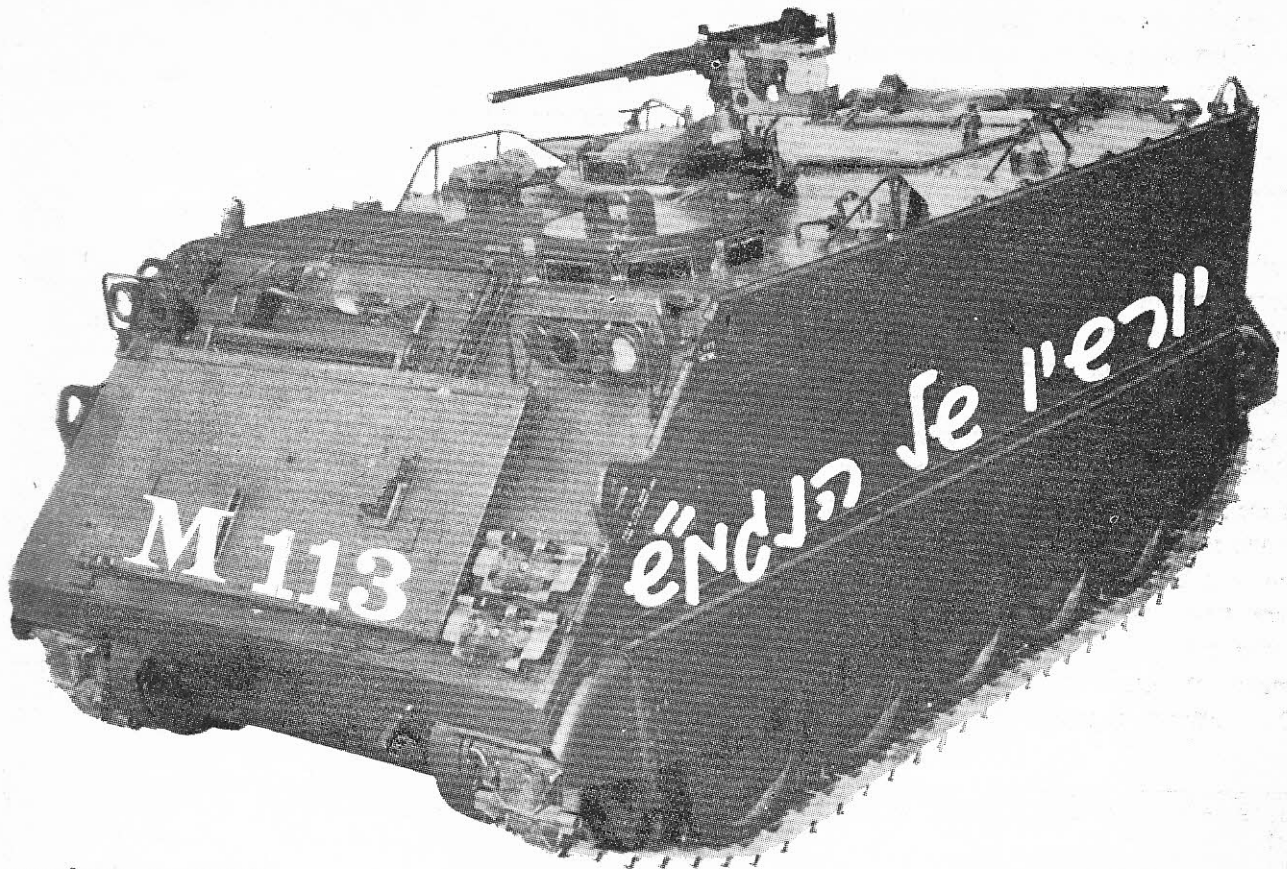
ייצור מדי זרימה — רוטמטרים
מ-1/8"-2" לכל סוגי נוזלים

*

ייצור מכשירי בקרה ללחץ, חום,
גובה וזרימה לרישום וויסות.

*

אספקה מיידית של כל הדגמים.



מואת: ר. סוליבנון

באמצע שנת 1959 הגיש צבא ארה"ב את הזמנתו ל-900 נגמ"שים M-113 לחברת F.M.C. ה-M-113 היה גרסא קטנה יור-תר, קלה יותר וזולה יותר מקודמו ה-M-59, אותו החלו ליצר ב-1952. במאמר זה נתאר את חיפושי צבא ארה"ב אחר תחליף מתאים ל-M-113 ותאומו בעל מנוע הדיזל, M-113A1. חיפושים אלה נמשכים יותר מ-10 שנים מאז הוכנס ה-M-113 לשירות. במשך עשור זה היו ה-M-113 וה-M-113A1 (בהמשך ייקראו שניהם למען הפשטות M-113) נתונים למבחנים מן הסוג הקשה ביותר – בלחימה בדרום-מזרח אסיה ובמקומות אחרים. על-אף הזמן שחלף ונסיון הקרב שנצטבר, לא נמצא עדיין תחליף לזוג נגמ"שים רב-תפקודי זה.

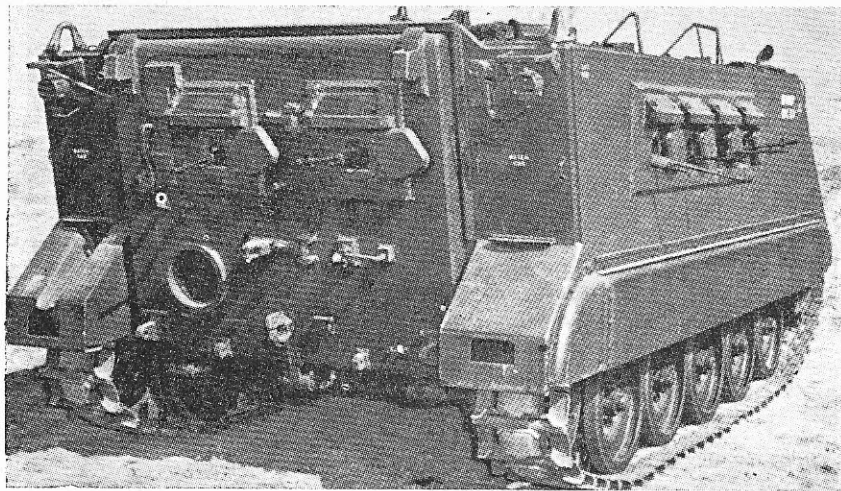
הדרישות מרכב-קרב

ממוכן ל-חי"ר

הרכב שעתיד להחליף את ה-M-113 חייב לעמוד בדרישות שהוצגו בשלהי 1964 –

ה-M.I.C.V. חייב לספק הגנה חלקית מפני מוקשים, רסיסי-פגזים, אש מנשק קל ואש אוטומטית. כן עליו לאפשר ל-חיילי החי"ר המוסעים בתוך הנגמ"ש לרדת ממנו במהירות – כשהם מוגנים מפ-

והוגדרו ברעיון של "רכב-קרב ממוכן ל-חי"ר" (M.I.C.V. – "Mechanized Infantry Combat Vehicle") על-פי רעיון זה יילחמו חיילי החי"ר הן מתוך הרכב והן מחוצה לו. נגמ"ש המתוכנן על-פי רעיון



XM-734

XM-734

מועמד אחר לירושה היה M-113 שהוסב על-ידי תוספת של 10 חרכי ירי בצדדים ובכבש האחורי; דגם זה קרוי XM-734. נוסף על חרכי הירי כולל הרכב מנוע קרייזלר מונע בנוי וצריחון — שהותקנו בו 2 מקלעים מקבילים 7.62 מ"מ. המשקל הנוסף השפיע לרעה על כמה מהתכונות המקוריות של ה-M-113 ולכן נפלו במקצת מהירות הנגמ"ש, טווחו ויחס כ"ס לטון מתכונות אלה ב-M-113.

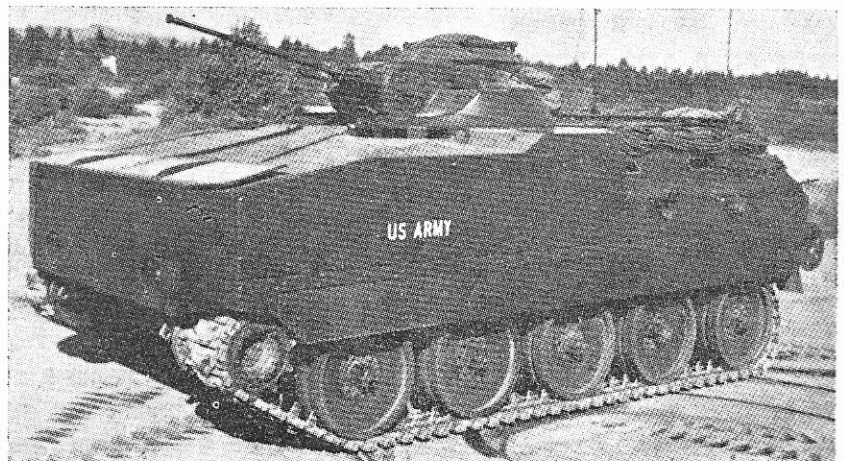
ה-XM-734 הוכנס לשירות נסיוני בויאטנאם, אולם חרכי הירי הנמצאים בתובה לא היו מקובלים על החיילים בשעת מבצעים בהם נהגו הלוחמים „לרכב“ על גבי הסיפון של הנגמ"ש ולהפעיל את נשקם ממנו.

XM-765

דגם נסיוני אחר הוא ה-XM-765 שהוא למעשה ביסודו M-113A1 שהוסב על-ידי תוספת כיסוי פלדה שמשקלו 1 טונה אשר הותקן בצדדיו ובחזיתו, תותח בן 20 מ"מ ו-10 חרכי ירי. דגם מאוחר יותר של ה-XM-765 (שתכונותיו מפורטות בטבלה) היה בעל משקל נמוך יותר. בדגם זה החליפו את התותח במקלע 0.5 מ"מ. ה-XM-765 היה הראשון שהתקרב למבנה המבוסס על עקרון ה-M.I.C.V., כיוון שהיה הראשון בעל דפנות משופעות. שיפור זה מקהה את הביקורת הנמתחת לעתים קרובות על צורתו דמוית הקופסה של ה-M-113.

מקסימלית של 60 קמ"ש וטווח פעולה ניי-כר — 650 ק"מ. גובהו של הנגמ"ש — 2.8 מטר לערך; משקלו כשהוא ערוך לקרב עולה על 27 טונה. תכונות אלה הופכות אותו לרכב גדול הרבה יותר מן ה-M-113. שמידותיו המקבילות הן: גובה — 2.5 מטר, משקל — 12 טונה.

שלא כ-M-113, חמוש ה-XM-701 בתותח בן 20 מ"מ ובמקלע מקביל 7.62 מ"מ; כן מצויד הנגמ"ש ב-7 חרכי ירי בתובה. הכלי מסוגל לטפס על מדרגה שגובהה 90 ס"מ הוא בעל תכונות אמפיביות ובעל שתי כננות-הילוך — לחילוף עצמי. נוסף על כך מצויד הנגמ"ש בהתקני-מגן נגד לוחמה אטומית-ביולוגית-כימית ובעזרי ניווט. למרות תכונותיו החיוביות הרבות נפסל הכלי מפני שלא עמד בדרישות עבירות כפי שנתגלה במבחני יכולת הנדסיים וצבאיים להן הועמד ב-1965.



MX-701

ני אש שטוחת-מסלול הניתכת על חזית הכלי. על הרכב לשמש בסיס להתקנת מערכת כלי-נשק בעלת קצב-אש גבוה המוגנת כליל. נראה כי פירושה של דרישה זו כלי-נשק-אוטומטי בעל קליבר 7.62 עולה על 0.5", שיהיה מוגן כליל בצריחה.

ניידותו של הנגמ"ש חייבת להתאים לזו של הטנק M.B.T.-70 (XM-803), בעת ציפה עליו להתגבר על זרמים שמהירותם לפחות 9 קמ"ש, לעבור מכשולים אנכיים שגובהם כ-90 ס"מ ולהיות יביל-אוויר.

טווח הפעולה הדרוש הוגדר, משום מה, על-ידי אמת-מידה של זמן ולא של מרחק. חק. הנגמ"ש חייב להיות מסוגל לבצע את משימותיו במשך 24 שעות לפחות, בלי שתיעשה בו פעולות תחזוקה ובלו שתחור דש אספקתו. הרכב צריך לאפשר לחיילים לצפות החוצה ולהפעיל את נשקם האישי מתוך הרכב, וכן נדרש שתהיה ממנו אפשרות להתקנת פצצות כימיות ופצצות עשן. נוסף על דרישות אלה חייב הרכב לעלות במהימנות, באחזקה נוחה ובאורך-חיים על ה-M-113.

XM-701

שנה לאחר הכרזת דוקטרינת ה-M.I.C.V. הוציעה חברת Pacific Car and Foundry האמריקנית חמישה דגמים ראשוניים של ה-XM-701 החדש שלה. הכלי נראה כ-M-113 שהזיתו מקוצרת ומותקנים בו תותח בן 20 מ"מ וצריחון הנמצאים במרחק הסיפון. ה-XM-701 מפתח מהירות

השוואת תכונות של יורשי ה-M-113

XM-701	XM-734	XM-765	M-113 (PI)	התכונה
15.7	17.3	16.5	18.5	כ"ס ברוטו לטון
2.8	2.5	2.6	2.7	גובה (מטרים)
24,200	10,800	11,500	12,500	משקל כללי (ק"ג)
425	209	212	260	כ"ס ברוטו
60	63	66	64.5	מהירות מקסימלית ביבשה (קמ"ש)
אינ	4.6	4.8	5	מהירות מקסימלית במים (קמ"ש)
650	380	370	490	טווח נסיעה (ק"מ)
חמרן	חמרן	חמרן	פלדה	סוג השריון
2.3	1.6	1.6	1.7	מעבר שוחות (מטר)
0.90	0.60	0.60	0.63	מעבר מכשול אנכי (מטר)
12	12	12	12	מס' אנשי צוות וחיללים
תוחח 20 מ"מ	2 מקלעים 7.62 מ"מ	מקלע 0.5"	תוחח 20 מ"מ	נשק עקרי
7	10	10	5	חרכי ירי
G.M—	קרייזלר בנזין	G.M—	G.M—	סוג מנוע ודלק
לא	כן	כן	כן	התאמה ליבילות אווירית

ב-2 תאים משוריינים, הממוקמים מעל לפגושות האחוריים. כ-90% מחלקי החי-לוף הנדרשים לאחזקת הדגם PI משותף פים ל-M-113 ולכלי-רכב צבאיים תקינים אחרים.

השוואה לדרישות M-I-C-V

מן הנאמר לעיל ומתוך עיון בטבלת ה-תכונות ניתן להיווכח שאף אחד מהדגמים שתוארו אינו מספק את כל אמות-המידה שנדרשו ב-1964.

יבילות-אווירית: משקלו של ה-XM-701 אינו מאפשר להטיסו במרבית כלי הטיס. טיפוס על מכשול אנכי ואחת-מידה של טווח פעולה/נסיעה: ה-XM-734, ה-XM-765 ו-XM ואף ה-M-113 המשופר, לא עמדו ב-תכונות אלו.

אולם ה-M-113 המשופר, בדומה לדגמים אחרים, יכול להיות מצויד במשגר פצ-צות או במערכת לפליטת עשן.

השוואות לאור הניסיון

שנרכש בקרבות ויאט-נאם

ניתן להעלות מערכת נוספת של השו-אות לאור הצעות ושיפורים של ה-M-113 אותן העלו חיילים שחזרו מויאט-נאם אשר התנסו בקרבות עם ה-M-113. ארבעת ההצעות שחזרו ונשנו לשיפור ה-M-113 היו:

- תוספת שריון ותוספת עוצמת אש ל-נגמ"ש.
- שיפור העבירות בתנאי שדה.
- היכולת לירות מהרכב ולראות ממנו.
- מנוע רב-דלקי.

ל-XM-701 יותר שריון מאשר ל-M-113 דבר המתבטא במשקלו הכללי, הכפול לערך ממשקל ה-M-113. ה-XM-701 מתאים לדרישות בדבר תוספת עוצמת אש. חרכי הירי שלו מאפשרים ירי נשק קל מתוך הכלי. אולם הנגמ"ש לא הוכיח עבירות סבירה — כפי שהוכיחו הניסויים שנערכו ב-1965.

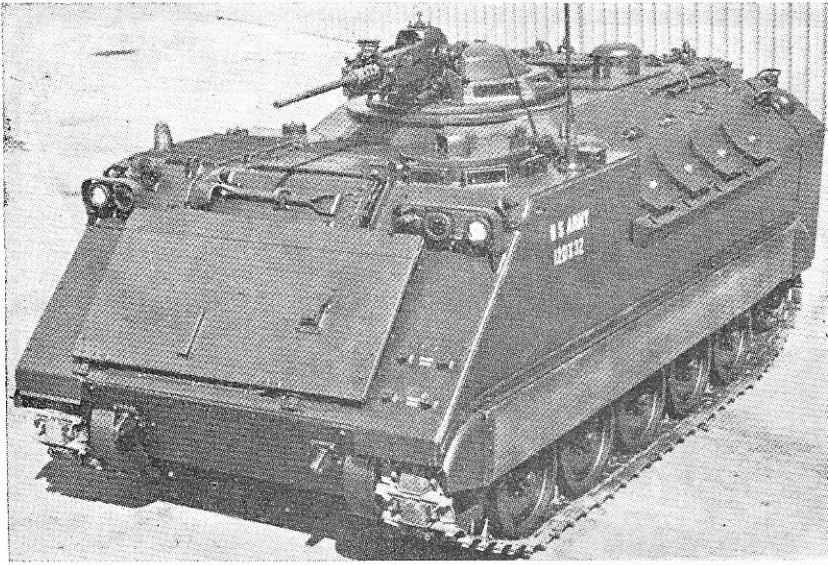
למרות של-XM-734 אין שריון עבה יר-תר או חימוש רב יותר מכפי שיש ל-M-113, הרי הוא מצויד ב-10 חרכי ירי הנמצאים בדפנות ובכבש. תכונותיו האחרות זהות או פחותות קמעה מאלה של ה-M-113, שממנו הוא פותח. גם ה-XM-765 לא עונה על ארבע ההמלצות

מ"מ — או קל יותר, כמו מקלע 0.5". תכונות נוספות של דגם זה כוללות לוחות שריון הניתנים להסרה ומנוע דיזל בעל 260 כ"ס עם טורבו-מדהס ומערכת של מוט-פיתול בתוך צינור, שתפקידו להג-ביר את מהלך גלגלי המרכוב מ-15 עד 22 ס"מ, וכן לשפר את מהימנותו ואת כושר התחזוקה שלו.

עמדת המפקד מאחורי מקומה של מער-כת הנשק היא בגדר חידוש נוסף; מיקום העמדה מאפשר תצפית, ניהול-אש וקשר ישיר עם הרובאים הנמצאים בתוך ה-נגמ"ש. הדלק לנגמ"ש משופר זה נישא

M-113 — תוצר משופר

הדגם האחרון של ה-M-113, שפורסם כ-תוצר משופר (PI — product improved) כולל את ההידושים השונים של הדג-מים הקודמים. לנגמ"ש דפנות משופעות, זגוגיות משוריינות למטרות תצפית ו-חרכי ירי — מהם יכולים הרובאים לראות ולירות. מאווררים המונעים בחשמל מפ-נים מפנים הרכב את גזי השריפה הנוצ-רים כתוצאה מן הירי. תוחח בן 20 מ"מ מופעל על-ידי התוחחן המוגן בתוך הר-כב. עמדת הנשק מסוגלת לקלוט נשק-כבד יותר — כמו, למשל, תוחח בן 25



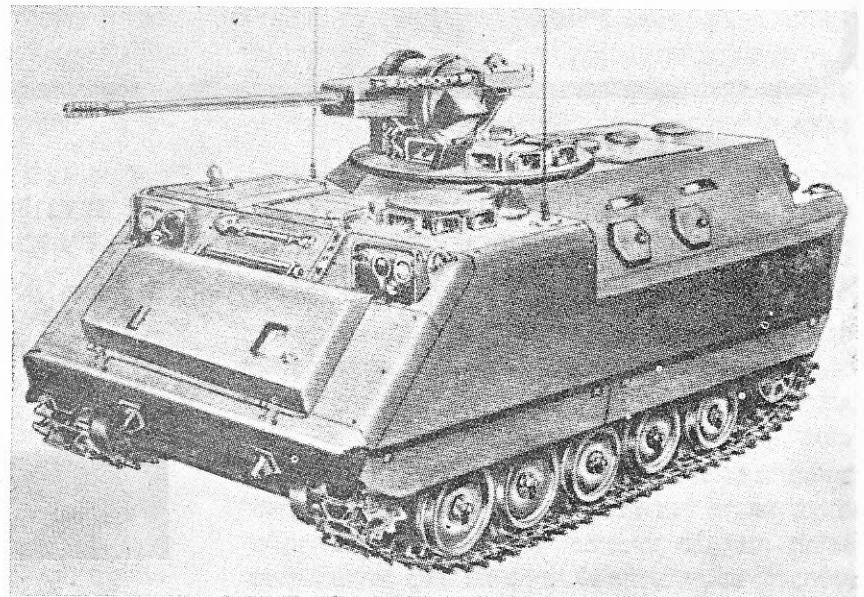
לשיפור שנזכרו לעיל — פרט לתכונה שאפשר לראות ולירות ממנו. לנגמ"ש 10 הרכי ירי כמו ל-XM-734. הדגם המשו" פר של ה-M113 (PI) כולל כמה המ" לצות שהועלו על-ידי ותיקי קרבות ויאט" נאם. חימושו שופר על-ידי תותח בן 20 מ"מ וכן זכה לשריון נוסף המחזוק על- ידי ברגים. כתוצאה מהגברת כ"ס, חל שיפור גם בניידותו. מן השיפור באמי- נותו של המתלה, ממשככי זעזועים טובים יותר, וממרווח הקרקע שלו, שהוגדל ב- 2.5 ס"מ — חל שיפור גם בניידותו בשדה. זוגיות התצפית שלו מאפשרים לחיילים היושבים בתוכו להעסיק מטרות מפנימו של הנגמ"ש. אין ל-M113 (PI) או לדגמים האחרים שתוארו מנוע דב-דלקי.

MX-765

M-113(PI)

סיכום

כיום מושקעים מאמצים בתכנון דגם "צנע" של נגמ"ש שיעמוד בדרישות ה-M.I.C.V. ושיתאים ל-M.B.T.-70 (XM-803) ש הורד אף הוא לדרגת "צנע". על הנגמ"ש החדש לענות על דרגת היעילות הקרבית הדרושה במחיר הנמוך מזה של הדגמים שנדונו לעיל. מוסדות הצבא האמריקני טוענים שהאשם טמון בחוסר תקציב ולא בחוסר בידע טכני. עדיין אין תכנית פי- תוה מאושרת לתכנון נגמ"ש על-פי M.I.C.V.; למרות המידע ולמרות הדרי- שות המפורטות אין עדיין תחליף מוסכם ל-M-113. □



מגמות בהתפתחות החומרים ובתהליכי העבוד בשנות ה-70

מאת: ב. נדלר

במאמר הקודם (חוברת 41) סקרנו את דעותיהם של המומחים בעולם המערבי על המגמות בהתפתחות החומרים. במאמר זה נסקור את דעת המומחים על מגמות בהתפתחות תהליכי העיבוד.

גבוהה, אשר יחליפו את הפטישים החד-כיווניים במכשירים רב-כיווניים. צופים כי עד 1980 יוכל מכבש בעל כוח של 400.000 טונה לעצב חלקים גדולים ומסובכים. כך יפנה החישול בחום, המקובל כיום, את מקומו לעיצוב בקור בעיקר בחלקים גדולים. חלקים קטנים — למשל: גלגלי שיניים פשוטים — יעוצבו בחום עד לצורתם הסופית, או כמעט עד לצורתם הסופית. ככל שתימשך הנטיה לעבור לעיצוב בקור, כך יגדל השימוש בפלדות בעלות תכולת פחמן נמוכה המתאימה אותן לשיפור כושר החישול. בתחום תהליכי העיצוב החדשים שמור מקום נכבד לניצול האנרגיות העל-קוליות בעוצמות גבוהות למשיכת צינורות, חוטים, מוטות וקורות בעלות חתכים מורכבים מחמרן, נחושת, פלדה ומתכות אחרות. כן יאפשרו הטכניקות העל-קוליות קידוחים עמוקים ועיבודים מיוחדים בחומרים קשים במיוחד.

בעתיד הקרוב תפותחנה מערכות בקרה משוכללות יותר, הבנויות על מרכיבים טרומיים אשר יבטיחו אחזקה קלה ויעילה. צפוי מעבר משיטה של בקרה סיפרתית (NC) לשיטה

8'13

לתהליכי העיצוב תהיה השפעה מכרעת על שתי עובדות: ההולכות ומטביעות את חותמן בתעשייה העולמית. האחת: המחסור ההולך והגובר במתכות מסגסוגות, והאחרת: הדרישה המתמדת לעובדים מיומנים, בדיבד עם עליה מתמדת בשכר העבודה עד כדי נטיה אינפלציונית.

המחסור במתכות יגביר את פיתוח התהליכים, אשר יקטינו למינימום את תהליכי השיבוב — בהם מתבזבזים טונות של ניקל, כרום, מוליבדן, ונדיום ומתכות מסגסוגות אחרות. את עיקר הדחף בתחום זה יקבלו תהליכי הערגול, החישול והשיחול. הטבעת מוצרים שתבטיח דפנות חלקים תקטין עד למינימום את תהליכי הגימור (finish) המכניים, כגון: חריטה, הקצעה, כרסום, קידוח וכד'.

כדי להגשים מגמות אלה יפותחו אמצעי חישול בעלי אנרגיה

לתהליכי הסינטור, או כפי שמכנים אותם — מטלורגיית האבקות, שמור מקום נכבד מאוד בשנות ה-70. חמש סיבות לכך:

- הדגש המיוחד ששמים כיום על צמצום העיבוד השבבי ועל החיסכון בחומרים.
- הסיכויים להשגת תכונות משופרות יותר של חלקים הע- שויים מאבקות כתוצאה מפיתוח אבקות דחיסות יותר, לחצי עיבוד גבוהים יותר ושיטות חדישות — כמו הסינטור החשמלי (Spark Sintering).
- ירידת מחירי האבקות.
- חדירת התהליך לתחומי החמרו, הטיטניום, הטונגסטן, המוליבדן וכד'.
- ניצול תהליכי הסינטור כשלב מכין לתהליכי החישול.

בשלהי עשור זה עשויה צריכת האבקות לעלות על מיליון טונה לשנה, כלומר: פי ארבע מהיצור הכולל ב-1968. ירידה במחירי האבקות ושילוב תהליכים חדישים ומשוכללים יותר יסייעו לתעשייה זו לשמור על קצב גידול של 20%.

מכבשים בעלי עוצמה גבוהה יאפשרו יצור חלקים גדולים בעלי צורות מורכבות. באמצעות הסינטור החשמלי יידחסו חלקים אלה עד כדי צפיפותם המקסימלית התיאורטית והתהליך ייעשה בלחצים נמוכים, ללא חום, ללא עיוותים כלשהם וללא שינוי בצבעם. לא תהיה זו הפתעה אם לקראת שנות ה-80 ייצרו לוחות, מוטות ופסי-פלדה מאבקות. כן יתאפשר ערגול לוחות עשויים מאבקות מעובי של 8-12 אינץ' עד עובי הקטן מ-0.003 אינץ'.

לתעשיית המכוניות, הנחשבת כיום לשטח בו אפשרי שימוש רב במטלורגיית האבקות, יש תכניות גדולות להרחבת השימוש בחלקים מחושלים העשויים מאבקות מסוגסוגות, כגון: גלגלי-שיניים למסרות, טלטים, מרימי-שסתומים וכדומה. כן יתאפשר יצורם של חלקים בעלי מבנה וחזק שאינם אחי-דים, כדי להבטיח עמידה טובה לשחיקה וחזק גבוה באזורים מסוימים של החלק — עלידי צירוף אבקות שונות לחלק אחד.

יצור חלקים לתת-מכללים בתהליכי הסינטור יצמצם הן את השימוש במכונות העיבוד והן את תהליכי העיבוד השונים. יתאפשר יצור חלקים אלה מסוגסוגות קשות לחישול עלידי מכות אחדות על אלמנטים מוכנים, העשויים אבקה ובעלי צפיפות גבוהה וגודל גרעין המבוקר היטב. השימוש במטלור-גיית האבקות יאפשר את ניצולו של מגוון רב יותר של סוגסוגות, תוך הבטחת חזק גבוה, יצור חלקים מורכבים ועמי-דים בטמפרטורות גבוהות, חיסכון בחומרים יקרי-ערך וצמצום בתהליכי העיבוד.

של בקרה סיפרתית ישירה (DNC); שיטה זו תנוהל על-ידי מחשב מרכזי שיהיה מהיר מאוד. יש חושבים שהמעבר יהנה צעד קדימה, צעד גדול מזה שנעשה במעבר ממערכות מקובלות למערכות הבקרה הסיפרתית.

קידום האוטומציה וישום מערכות מתוחכמות יותר בתהליכי העיצוב יפחיתו בהרבה את הדרישה למומחיות בהפעלה. דבר זה חשוב במיוחד, משום שהחיפוש אחר עובדים מיומנים יהנה בעתיד בעיה חמורה, חמורה אף יותר מהמחסור במתכות.

גימור כ"י הטח

אין ספק שצפויות התפתחויות רבות בתהליכי גימור פני-השטח של מתכות, במיוחד בציפוי חשמל. אולם בעיית זיהום מקורות המים והביוב תעסיק תעשייה זו ביתר-שאת ותדרוש מאמץ מוגבר למציאת פתרונות מבוקרים, אשר יובאו בחשבון בתכ-נון התהליכים.

יתוכנונו שיטות חדשות של ניקוי וציפוי, שיענו על ההגבלות החוקיות של פליטת חומצות וציאנידים לנחלים ולאגמים. יר-שם דגש על חומרים שכמעט אינם דורשים היחזור — או שאינם דורשים אותו כלל — ושאפשר להטמיעם במפעל.

יפותחו שיטות ציפוי מהירות מאוד, שיעזרו במערכות או-טומטיות ובאמצעים לבקרה שפעולתם תתבסס על מחשבים לאנליזה מתמדת של התמיסות. השיטות יפותחו הן לגבי צי-פויים מוקדמים והן לגבי ציפויי גימור.

המחסור המתמיד במתכות הציפוי המסורתיות — כגון: ניקל וקדמיום — יחיש פיתוחם של חומרי גימור אחרים. סגסוגות קובלט בתוספת מעט ניקל נראות כסבירות ביותר למילוי מטרה זו, אולם אין להתעלם מסגסוגות אחרות. אף חומרי הפלסטיק עשויים להחליף, במידה רבה, את הקדמיום. ציפוי חשמלי בשיטה אלקטרופורטית, כלומר: הנחת שכבות, ימשיך להחליף בהצלחה רבה את הצביעה המקובלת, הוא יקניף תע-שיות רבות, כולל תעשיית המכוניות, יצור מכשירים לבית, מכלים ובתים טרומיים.

אין להוציא מכלל אפשרות העשרת פני השטח על-ידי מתכות מסוגסוגות, ציפויי קרמיקה או פולימרים — באמצעות דרכי צי-פוי חדשות המבוססות על הטכנולוגיה של ריסוס פלסמה. הנקון באמבט-מלח ישמש גם בעתיד כפתרון הטוב לבעיות הבליה וההתעייפות, הקשורות בחלקים ברזליים ובטכניקות של ציפוי קשה על בסיס של תהליך אלקטרוליטי באמבט-מלח. תהליך זה יבטיח הגנה טובה על מתכות נגד קורוזיה ושחיקה. משטחים חלקים במיוחד (1 מיקרו-אינץ' rms) ומכשירים מדויקים עם סיבולות הנעות בתחום 20-50 מיקרו-אינץ', יתפכו לשגרה ביצור תעשייתי. מטריצות לשיחול פולימרים, גלילים לערגול סרטים דקים ומסבי-אוויר מדויקים — אלה רק דוגמאות בודדות לאפשרויות הטמונות בטכנולוגיה זו.

ותלת-ממדיים, באמצעות קרני-לייזר, שיטות על-קוליות והולוגרפיה.

מסעי החלל אל כוכבי הלכת יציבו דרישות רבות וכבדות בפני יצרני החומרים. בדבדב עם החיפוש אחר חומרים מתאימים לטיסות החלל, הולכת וגוברת הדרישה לחומרים אמינים יותר גם בתעשיית הרכב. בנייתו הסופי של הבעיה מתברר שהיא מצטמצמת בצורך בתקני בחינה טובים יותר.

בתחום המעבדתי של המטלוגרפיה והקרומוגרפיה יישאר השימוש במיקרוסקופים אופטיים הדרך העיקרית לחקר ולבקרה. עם התקדמות הטכנולוגיה יחדרו לשימוש מיקרוסקופים אלקטרוניים בעלי-עוצמה גבוהה המשולבים במחשבי בקרה, והמסוגלים לנתח עצמים קטנים עד כדי קוטר של 50 אנגסטרום. באמצעות מיקרוסקופים אלקטרוניים אלה יוכלו המדענים להעריך ולהבין את פשרם של פגמים בסדרי גודל קטנים ביותר, ולאפשר יחד עם זאת שימוש במקדמי ביטחון קטנים ביותר בתכנון — מבלי לפגוע במהימנות המוצר.

השיפורים במיקרוסקופים יכללו פיתוח של מיקרוסקופים אלקטרוניים אדירים (טווח פעולה בין 500,000 לבין 5,000,000 ואולי עד 10,000,000 וולט), שיאפשרו בדיקה וטיפול בדוגמאות עבות של חומרים מורכבים.

כלית ניתן לאמר, שמכשירי הבדיקה והבחינה יהיו יעילים יותר — הדגש יושם על מהימנות גדולה יותר ועל צמצום באחזקה.

ריתוק

שיטות הריתוך המקובלות כיום ילוו אותנו במשך העשור, אך יחסי השימוש בהם ישתנו. אולם יושם דגש על שכ-לולים שישפרו את יעילותם.

ריתוך-יד באמצעות אלקטרודות מצופות ישתכלל באורח רב משמעי על-ידי שיפור האלקטרודות, ייוצרו אלקטרודות למטרות מוגדרות, ציפויים של אבקות ברזל, מתכות מילוי לפלדות בעלות חוזק גבוה ואלקטרודות ארוכות יותר המונות בכוח הכובד. למרות השיפורים האלה תוחלף שיטה זו בתהליכי ה-MIG האוטומטיים-למהצה ברוב המפעלים ליצור המוני.

תשומת-לב רבה תוקדש לאוטומציה של התהליכים המקובלים; כך למשל יפותחו שיטות ריתוך של חוט מתמשך עבור 90% לפחות מן התהליכים האלה. בשיטות החדישות יעשה, ודאי, הצעד הגדול ביותר על-ידי שיטת ריתוך בקשת עם אלקטרודות חלולות בעלות ליבת-פלוקס (flux-cored arc welding). בקרה יעילה יותר תבטיח את עתידו של התהליך המקובל — למשל השיטה של ריתוך-התנגדות נקודתי — המאפשר חיבורים בעלי איכות גבוהה; אמצעים אלה ניתן לשלב כתחנות ריתוך בקווי היצור של מפעלים בעלי תפוקה גדולה. כן תגדל חשיבותו של הריתוך הנקודתי באמצעות MIG אשר ייעל את תעשיות הרכב, ואת יצורם של מרכיבים ומבנים מפת.

מגמתה העיקרית של התעשייה המודרנית כיום היא לבטל כליל את הגורם האנושי בתהליכי היצור. לכן צופים שתי נטיית בהתפתחות תהליכים אלה. האחת: הקפדה גוברת על יצור בטוח, והאחרת: הקפדה על אמינות המוצר. לשתי הנטיית הללו משמעות רבה כשמדובר בתהליכי הבחינה והפיקוח.

מן המהנדסים נדרש כיום לפתח מערכות פשוטות ואמינות, המתייחסות למפרטים קפדניים. דבר זה מחייב אותם להשתמש במערכות בחינה מסובכות, כדי לוודא את עמידת מערכותיהם לנוכח הדרישות. מהנדסי מכונות, למשל, ממליצים על מערכות אוטומטיות לביקורת ולבקרת איכות, כגון: בחינה ללא-הרס, אשר השפעתה בתעשייה תגבר במהירות מפליאה, ושילובה בשיטות אוטומציה יבטיח גידול חשוב בבחינה של 100%. למטרות אלה ישולבו בתהליכי היצור, באופן אינטגרלי, שיטות של בחינה על-קולית, ספקטרוסקופיה של קרני-X ומערכות ללא-הרס (ראה מאמר „בדיקות בלתי הרסניות“ מערכות-חימוש מס' 38 ו-39).

פגמים וממדיהם ימדדו בקפדנות על-ידי מערכות אלקטרוניות, על כל משתניהם, ותוצאות אלה יועברו למחשבי הבקרה בתהליך היצור. שימוש רב יותר צפוי לטכניקות העל-קוליות ולזרמי המערבולת לקביעת קשיות ועומק של פחמון, לקביעת הרכבי פלדות ולגילוי פגמים בריתוך.

מידע על תכונות החומרים — כגון: הומוגניות, אלסטיות וחוזק — ניתן יהיה להשיג בשיטות בקרה ללא-הרס. דבר זה יתאפשר הודות לניתוח תוצאות על-ידי מחשבים שבי-אמצעותם יחזו במדויק דרגות איכות ובטיחות של מאמצים — במהירות רבה, באופן אוטומטי וממרחק רב ממקום השימוש. צופים כי הבחינה ההולוגרפית תהפוך ליצור יום-יומי בגילוי פגמים בהדבקות של חומרים פלסטיים, חלקי מתכת מצופים, הדבקות של גומי אל מתכת, הדבקות בין חלקי מכונות ובין מערכות מתלים, הדבקות בין דיסקות לבין בלמים וצמיגים. עקרונות היסוד של ההולוגרפיה ניתנים לשימוש בעזרת צורות שונות של אנרגיה — כגון: אנרגיית גלים תת-אדומים, אנרגיה אקוסטית, אנרגיית מיקרו-גלים ואף אנרגיית קרני-X. כדי להבטיח תפוקה מקסימלית מפעולות היצור, ישולבו בקווי היצור מערכות לגילוי פגמים תוך כדי הרכבה. מערכות מסוג העל-קוליות או התת-אדומות יבצעו בהתמדה ביקורות-איכות, כדי לאותת על קיום פגמים ולעורר על הצורך בתיקונם. יפותחו תכניות בקרת-איכות על-ידי מחשבים, המותאמות לדרישות הנתונות מראש — כדי להבטיח ולחזות מראש את אורך חייה של המכונה.

בדיקות התעייפות על-קוליות של חומרים יוכלו לצמצם את משך בדיקות ההתעייפות הנהוגות כיום, ויאפשרו לכלול תכונות אלה בנתונים הטכניים של החומרים. שיטות דומות יחישו את בחינת הפעולה של מסבי הכדורים והגלילים, ויבטיחו איכות גבוהה ומבוקרת. יפותחו טכניקות חדישות לניתוח מאמצים דינמיים, סטטיים

מכך צפוי פיתוחן של שיטות אשר יפחיתו עד למינימום בעיות מסוג זה.

יושם דגש על בקרה קפדנית יותר על מרכיבי הציוד באמצעות מכשירי בדיקה ללא־הרס — כדי להבטיח אורך חיים, אחזקה תקינה של מרכיבים קריטיים והבטחת תהליך הטיפול במגמה להבטיח אמינות גבוהה של המוצר. מערכות מתוחכמות אלה תשלטנה על הפרמטרים של זמן ושל טמפרטורה בתהליך, וכך יצטמצם עד למינימום הסיכוי לטעות שעלול לגרום לה העובד.

שיפורים רבים יוכנסו באטמוספירות המגן של התהליך התרמי — הן על־ידי התאמת מרכיבי האטמוספירה והן על־ידי מכשור יעיל למדידה ולתיקון המשתנים, המשפיעים על התהליך. צפויים הרכבי אטמוספירות מגן כאלה, אשר יבטלו השפעות על־פני השטח, ויבטלו את החמצון הבינ־גרעיני תוך כדי פחמון על־ידי גז.

מכשירים אנליטיים אמינים יותר יבטיחו הכנה ופעולה נכונות של אמבטי־מלח, אמצעי־חיסום, תנורי־ריק, מערכות פחמון ומוצרים רבים אחרים שיהיו שימושיים בתהליכי הטיפול התרמי.

החנקון, שהינו שיטה יעילה בהגדלת חוזק להתעייפות, יזכה לשדה רחב יותר של שימושים, בעיקר בטיפול בגלגלי שיניים לטורבינות בעלות מהירויות גבוהות.

עליה בהוצאות הפיקוח על הזיהום תצריך אימוץ אטמוספירת־מגן בלתי פעילה, שתצמצם השפעותיה על המוצר ועל הי־ווצרות סיגים ופסולת. צמצום בצורך לניקוי יצמצם מצדו בעיות נלוות — לדוגמא: שימוש בתמיסות איכול ושפיכתן למערכות הביוב. טיפול תרמי בתנורי־ריק מסוגל לבטל כליל את הצורך בניקוי, ועל־כן צפוי להם שימוש רב בתחום הטיפול התרמי.

גם בתעשיית הכורים יחולו שינויים ושיפורים מרחיקי־לכת. טיפולים תרמיים בטמפרטורות גבוהות יותר — ובמיוחד תהי לייך הפחמון — יתבעו שיפורים מתמידים בחומרי הבניה של הכורים יזדקקו לסגסוגות עמידות לטמפרטורות גבוהות ול־חומרים עמידים בפני אש. המחסור הקיים בניקל — הצפוי להימשך — גורם לבעיות גם בתעשייה זו; לכן יבטיח פיתוח סגסוגות כתחליף את אי־תלותה של תעשיית הכורים במתכת זו לקראת 1980.

עם פיתוח מערכות בקרה ומערכות משוב (feedback), הרגי־שות לפילוג הטמפרטורות באיזור ההתכה, תתאפשר בקרה צמודה יותר לתהליכי הריתוך. על־ידי־כך ייהפך תהליך הר־יתוך ליותר אוטומטי ויותר אמיץ, ויתבררו הפגמים תוך כדי ציון מקומם בתהליך הריתוך.

במשך עשור זה יפותחו מערכות אוטומטיות להפעלה מרחוק, לשימוש באזורי ריתוך שאין אליהם כל אפשרות גישה, או באזורים מסוכנים. ציוד כגון זה יהיה שימושי במיוחד לחיבור קווי צנרת בגבהים שונים, ולתיקון סדקים בכוכים ובדוודים.

התעשייה האווירית, שמגמותיה העיקריות הן חיסכון במשקל ובניית מבנים מורכבים באמצעות דפוסי־מבנה סטנדרטיים המצריכים מינימום של עיבוד סופי, תהנה גורם חשוב בפיתוח טכניקות חדשות בחיבור. טכניקות אלה כוללות, למשל, הדבקה על־ידי דיפוזיה, הדבקה על־ידי פיצוץ, ריתוך בלחץ, ריתוך על־ידי קרן אלקטרונית, ריתוך באמצעות קשת פלסמה וריתוך באמצעות קרני־לייזר.

ריתוך על־ידי קרן אלקטרונית נחשב לתהליך אשר יטיל את מרותו בכל תחומי העבודה, החל מהחלל החיצון ועד לקרקעית הים. המגמה היא להשתחרר מהתלות בריק (ואקום) ולפתח מערכות בעלות עוצמות עד כדי 300 קילוואט, שיאפשרו חדי־רות גדולות מאלה המקובלות כיום (0.5 אינץ' בפלדות).

הריתוך באמצעות קשת פלסמה נמצא עדיין בתהליך פיתוח; ולא מן הנמנע שבקרוב ייהפך למתחרה הרציני ביותר לתהליך ה־TIG. יחידות לזרם נמוך תוכלנה למצוא כר נרחב בשימושיים מכניים. כך יתאפשר, למשל, ריתוך ביד של סרטים דקיקים מאוד (foils) באותה מידת הצלחה המושגת בריתוך הומרים עבים.

ריתוך על־קולי ייהפך לתהליך מעשי בעבודות רבות — כמו, למשל, הרכבת מעגלים משולבים, ריתוך מוליכי חמרן (במקום נחושת) על לוחות מעגלים מודפסים ואריות מוצרים תעשיי־תיים (למשל: תרופות, מזון מיובש וחומרים היגרוסקופיים).

לעשור זה חוזים פיתוח שיטות כלכליות יותר בתהליכי הריתוך המקובלים וכן פיתוח דְבָקִים העומדים בטמפרטורות גבוהות, בתנודות דינמיות ובהתעייפות.

סיכום תרמי

בעשור זה יש לצפות להגדלת היקפה של האוטומציה בפעולות ובתהליכים, ולסטנדרטיזציה נוספת של כורים ושל מרכיביהם. מומחים צופים שאת המגמה העיקרית יתפוס תהליך לצמצום ממדיו של הציוד לטיפול תרמי, וצעידה לקראת אוטומציה מלאה; זאת, בשל דרישות גוברות מצד מפעלים, הדורשים לשלב ציוד זה בקווי היצור.

פיקוח ממלכתי חמור על זיהומי אויר ומים יחייב חיפוש אחר פתרונות יעילים יותר של ביקורת ושל סילוק הפסולת. כתוצאה

סיכום

סקרנו אחדות מן המטרות שהציבו לעצמם מהנדסי המחקר והמעשה בטכנולוגיה המודרנית. המציאות בעשור הבא תגלה אם תתממשנה מטרות אלה בעשור זה, וכיצד יסייעו בהגשמת האתגרים העומדים בפני החברה המודרנית. □

האם יכולים מנהלים חסרי הכשרה טכנית לנהל מהנדסים?

נועובד כותוך ה־SAE JOURNAL

מנהלים חסרי הכשרה טכנית אחר ראיים לעתים על הכוונה וניהול של עובדים טכניים. היצליח שיי לוב זה ויקדם את המפעל? על כך עונה בחיוב ר' טימקן מנהל מפעל "Timken" בארה"ב.

אותן הבעיות מתעוררות גם בארץ ו־חריפותן תלך ותגדל ככל שיגדל היקף התעשייה ותחכומה. קרע של חוסר הבנה מקשה על מנהלים חסרי הכשרה טכנית לפקח על עובדים טכניים — ואילו מהנדסי סים אינם נוטים לשתף פעולה עם אנשים חסרי הכשרה טכנית בכל הדרגים, כולל מנהלים. אולם ניתן לגשר על־פני הקרע הזה, ואף לשלב בהצלחה את עבודת המנהלים והעובדים הטכניים.

- אם מטרתם של כל הקשורים בחברה היא לקדמה בדרך הטובה ביותר.
- אם כל אחד מן הנוגעים בדבר מכבד את כשרונם של האחרים לתרום למפ"על המשותף.
- אם כל אחד תורם כמיטב יכולתו כדי לסלול דרך לשפה משותפת.

במלים אחרות: בעלי הכשרה טכנית ו־החסרים אותה יכולים להשיג תוצאות טובות תוך שיתוף פעולה, למרות העוב־דה שמערכת החינוך המתקדמת נוטה לבנות שני טיפוסים שונים לגמרי של אנשים. תכניות הלימודים בנושאים טכ־ניים מתרכזות יתר־על־המידה בנושאים, בעוד שתכניות הלימודים שאינם טכניים התרחקו ככל שהיה ביכולתן אפילו ממה שגובל בתחום הטכני. אמנם, מקצועות אחרים ממדעי הרוח נדחסים למערכת ל־י־מודי ההנדסה ומעט מלימודי הביאולוגיה, המתמטיקה והכימיה מפוזרים בתכניות הלימודים שאינם טכניים; אולם בדרג

האוניברסיטאי קיים הבדל ברור בנושאים, בשיטות ההוראה, בהלך המחשבה ובשי־מת הדגש.

הבדלים אלה מובלטים, לאחר־מכן, בניסיון בעבודה. מהנדס מצליח חייב להתמחות ולהתרכז בתחור — כפי שעשה בבית־ספרו, ואולי אף יותר מזה. נקודת המפגש המשותפת של בעלי מקצועות טכניים ושאינם כאלה מצטמצמת עתה יותר מאשר באוניברסי־טה. ואף־על־פי־כן חיוניים שני הסוגים הללו לרוב החברות התעשיתיות.

הוכח כי אנשים בעלי הכשרה טכנית הצ־טיינו בביצוע מוצלח של משימות ופרור־יקטים מוגדרים. את תכניותיהם הם מפת־חים, בדרך־כלל, באופן הגיוני ומעבדים אותן היטב. הם מביאים בחשבון את העובדות באופן מסודר הרבה יותר מא־שר אנשים חסרי הכשרה טכנית.

אולם נראה כי לעובדים טכניים קשה יותר לעסוק בבעיות המופשטות של מנ־הל העסקים. אין להם סבלנות לחשיבה אשר הדיוק אינו חשוב בה ביותר, ואשר נראית לעתים אף כבלתי הגיונית. אולם קיימים מצבים מסויימים שחשוב לנהוג כפוליטיקאי, או על־פי רגשות, ולא להי־צמד בחוסר גמישות לעובדות. נראה כי באוירה כגון זו מצליחה יותר פעולתם של אנשים חסרי רקע טכני.

מספר גדל והולך של גברים ו־נשים בעלי תארים הנדסיים מ־חפשים כיום משרות שהן מנה־ליות ולא טכניות בעיקרן, ויש לראות מגמה זו בחיוב. כ־40% מכלל המועמדים ללימודי התואר, "מוסמך במנהל עסקים"

באוניברסיטת הארווארד הם בעלי תואר "בוגר" בהנדסה. גם בבתי־ספר למוסמ־כים במנהל עסקים בישראל מסתמן לחץ של מהנדסים הרוצים להירשם ללימודים אלו. מגמה זו עשויה לצמצם את בעיית התקשורת בתעשייה. אותם בוגרים יוכלו לשמש כמתווכים, כיוון שהם מסוגלים ל־דבר בשפת המהנדסים, ויחד עם זה לא התמחו במידה כה קיצונית עד שתישלל מהם האפשרות לעסוק בבעיות המופש־טות של הניהול. קיימים אף אנשים חסרי הכשרה טכנית, אשר ניסיונם המעשי מח־פה על חוסר הכשרתם. אולם האפשרויות לכך מוגבלות; מהנדס יכול, ללא ספק, לחשוב במונחים מופשטים ביתר הצ־לחה מכפי שיכול אדם חסר הכשרה טכ־נית לדון במקדם־האלסטיות. אך אין להת־עלם מהעובדה, כי בראש רוב התש־לובות התעשייתיות עומדים אנשים חסרי הכשרה טכנית. הבנתם הטכנית של רוב המנהלים הללו מוגבלת למה שהצליחו לקלוט במשך עבודתם. אולם, אנו מא־מינים שהם יכולים לפעול בהצלחה, וא־פילו בתעשייה מקצועית מאוד — אם הם נזהרים מכמה מכשולים. לדוגמא מוצעים שישה צעדים שהניסיון מורה כי יועילו למנהל חסר הכשרה טכנית לנהל ולפקח על חבר עובדים טכניים:

- הימנע מלחשוב שאתה נעשה למהנ־דס; הימנע מלהשתמש במונחים ובני־בים מתחום ההנדסה; אל תשלה את עצמך ששימוש ב"זרגון" מקצועי מהווה סימן לידע.
- עשה כל מאמץ לנסח חומר המיועד למהנדסים ועובדים טכניים בצורה ברורה והגיונית.
- הימנע, ככל האפשר, מהתערבות ב־פרטים טכניים; אדם חסר הכשרה

לסיכום, חשוב שמנהל חסר הכש-
 רה טכנית העוסק בתכניות טכניות
 יזכור את מגבלותיו ויפיק תועלת
 מיתרונותיו. עליו להימנע מלהיכנס
 לפרטים מסובכים ולמלא את תפ-
 קידו בעזרת הגיון פשוט. אם יעשה
 כך יתנהל הכל כשורה — בתנאי
 שהמהנדסים הכפופים לו אמנם יצ-
 ליחו בשיפוטם הטכניים ויתאימו
 עצמם לשיטה של הצגת הדברים כך
 שהמנהל, חסר ההשכלה הטכנית
 יוכל להבינם. □

● נצל את חוסר הידע הטכני שלך כדי
 לראות את היער ולא את העצים.
 לעתים קרובות מאפשר חוסר ידיעת
 הפרטים לראות דברים שמהנדסים
 אינם יכולים לראותם.

● תן ידך ליעולו של מפעלך — בהנד-
 סה, במחקר ובשאר התחומים. תכ-
 נון, אהריות, פיקוח ומדידה הכרחיים
 בהנדסה ובמחקר כמו בכל תחום
 אחר.

● טכנית עלול להסתבך במבוך טכני
 למשך שעות — בלי להרויח דבר
 בסופו של חשבון.

● אל תנסה לשפוט ישירות את יתרונ-
 גותית הטכניים של ההצעה. סמוך על
 הערכת המהנדסים, שאפשר לדעתך
 לסמוך עליהם. לאחר מכן השקע זמן
 רב בעיקוב אחר דעת אותם מהנד-
 סים, אשר שיפוטם הוכח בדרך-כלל
 כמהימן. שפוט את המהנדסים ותן
 להם לשפוט את הנתונים.

בית יציקה הידרו לחץ

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



רח' סלמה 46, תל-אביב, טל. 825113

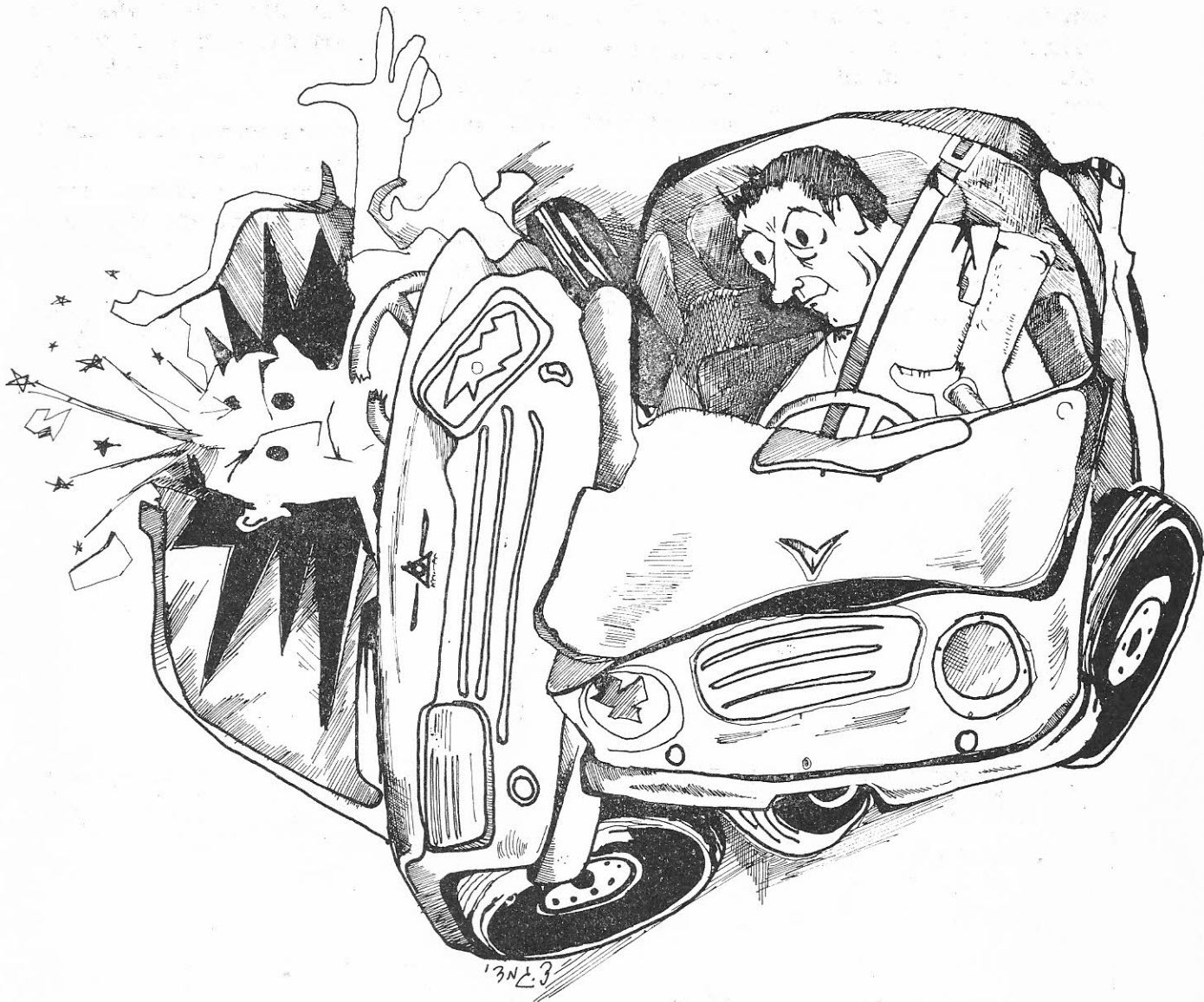
קינג בע"מ

ייצור נויסביים
למנועים



חולון — איזור התעשייה — רח' הסתת 13

טל. 846609

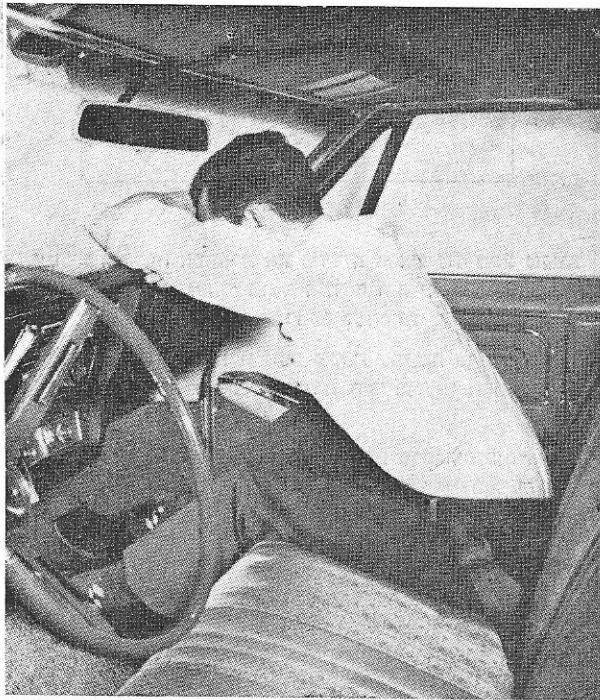


נכון ✓
**שימוש בחגורות
בטיחות
מציל את חיך**

נואת: ח. ציקובסקי



ציור 1: כדי לצמצם את חומרת הפגיעה בעת התנגשות, חוגר חגורת ירכיים והשען קדימה. הנח את ראשך וידך על-גבי גלגל ההגה.



ציור 2: אם הנך נוסע ויושב בספסל הקדמי לצד ימין הנהג, נהג על-פי הטכניקה של „תנוחה טרם היפגעות” והנח את ראשך מעל ללוח המחוונים.

על הילדים, החוגרים חגורות ירכיים — בין אם יוש-בים הם במושב הקדמי ובין באחורי — לכרוך את ידיהם סביב ירכיהם, אם יש להם מרווח לתנועה חופשית של ראשיהם.

לאחרונה מוטלת החובה להשתמש בחגורות-בטיחות ברכב. מאמר זה מדגיש את חשיבות הנושא ומתאר צורות נכונות של התקנת חגורות-בטיחות. הוכח כי ניתן לצמצם את חומרת ההיפגעות בעת תאונת-דרכים כאשר משתמשים בחגורת-בטיחות.

בעת נסיעה עם חגורת בטיחות יש להטות את הגוף לפני טרם ההיפגעות, ולהניח את הזרועות והראש על-גבי המשטח שלפנים.

אם מעורב בתאונת-דרכים אדם החוגר חגורת בטיחות — עליו לנהוג טרם ההיפגעות כמתואר בציורים 1 ו-2. על-ידי כך יצמצם את חומרת ההיפגעות כדי 80%. על-ידי הטיית הגוף קדימה מתקצר עד למי-נימום המרחק בין האדם לבין פנים המכונית, ובכך מצטמצמת השפעתה של מהירותו היחסית של האדם ביחס למכונית. היושב ברכב כבול למערכת מגבילה, ועל כן עליו „לרכב” עם הרכב ולנצל את מערכתו שסופגת אנרגיה. בסדרת הניסויים בה פותחה טכניקת „רכיבה” זו הוכחו חוקים בסיסיים אחדים שרצוי לנהוג על-פיהם, כל עת שחוגר הנוסע ברכב חגורת כתף או חגורת ירכיים.

תנוחות נכונות

ברוב מצבי התאונות נותר זמן די הצורך לעבור ל„תנוחת ההתנגשות טרם ההיפגעות”. אם חוגר הנהג חגורת ירכיים, עליו להניח את שתי ידיו על הגב העליון של גלגל ההגה, כשהאגודלים אף הם על הגב העליון של גלגל ההגה, ואילו המרפקים פונים כלפי חוץ (ראה ציור 1); את מצחו עליו להש-עין על-גבי ידיו. אל לנהג לחשוש מאבדן שליטתו על המכונית; יתגלה לו כי הוא שולט בה בקלות. על החוגר רצועת כתף להישען עד כמה שניתן לתוך מערכת ההגבלה — החגורה — כשראשו מוטה קדי-מה וידי נחות על גלגל ההגה. כאשר צפויה סכנת התנגשות על היושב במושב הקדמי, ליד הנהג, להי-שען קדימה ולהניח את אמות ידיו מעל ללוח המחו-נים, לשם יצירת כר לראשו (ציור 2). עליו לעשות כל מאמץ כדי להישען קדימה ככל שהחגורה מאפשרת לו. בכך יבטיח שראשו יימצא מעל למישור של לוח המחוונים. אם הוא חוגר חגורת-כתף, עליו להניח את ידיו מעל ללוח המחוונים כשהמרפקים מופנים כלפי חוץ, ולהישען לתוך החגורה, כלומר לתוך גב המושב, כשראשו מוטה קדימה עד כמה שהדבר אפשרי. על הנוסע במושב האחורי להימצא בתנוחות דומות לאלו של היושבים במושב הקדמי. כאשר מאיימת סכנת היפגעות, עליו לקפל את זרועותיו סביב ראשו ולהטות את גופו קדימה. אם קומתו מאפשרת, עליו להניח את זרועותיו וראשו על המשטח העליון האחורי של גב המושב הקדמי.

פגעות" לגבי נוסעים החוגרים חגורות-כתף מסובכים יותר להסברה. התועלת במקרה זה היא בכך שה-רפיון ברתמת הכתף מתבטל לפני ההיפגעות. קצב התחלת ההעמסה על החגורה — ובכך תאוצת החזה — נמוכה יותר, על כן, אם נהג הנוסע על-פי הטכניקה של „תנוחה טרם היפגעות“.

חומרת ההיפגעות ניתנת למדידה גם באמצעות השימוש בתאוצות הנוסעים. נשתמש בטבלת דנפורד וגוד (הקרויה: קריטריון אימפולס משוקלל להערכת סי-כוני פגיעה (Weighted Impulse Criterion for Estimating Injury Hazards).

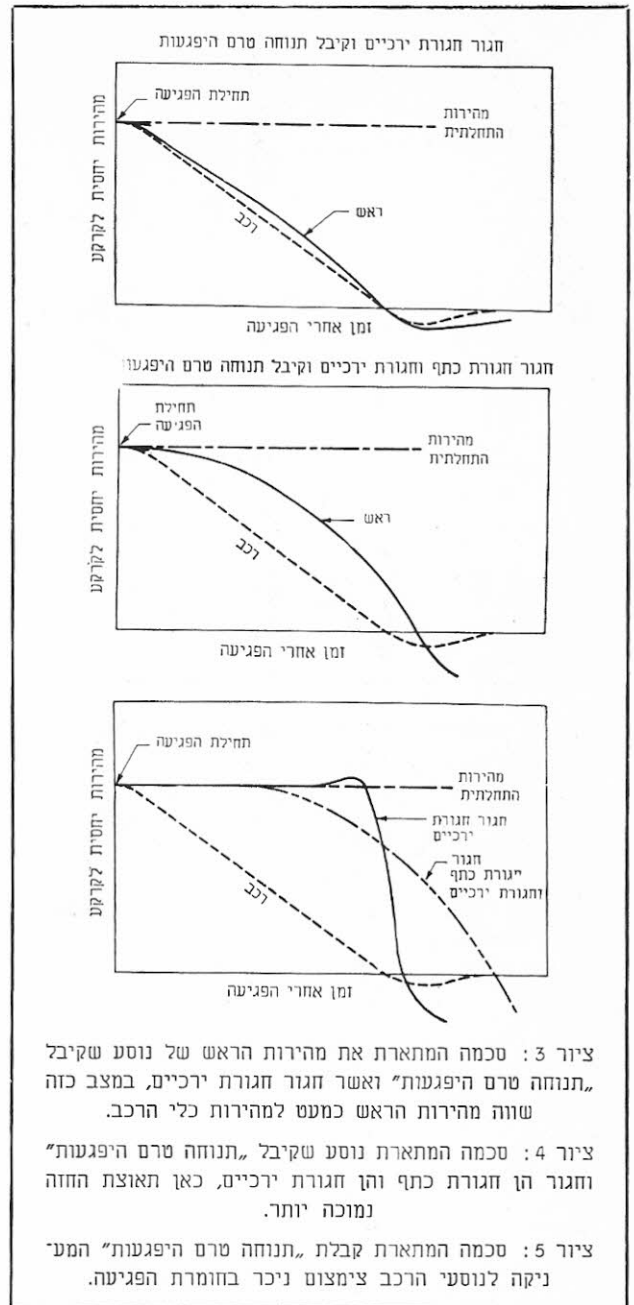
הנוסע שאינו רתום לחגורה משמש כנקודת מוצא ויש להעניק לו ערך של 100 לציון אפשרות הפגיעה מפ-גיעה חזיתית אופיינית במחסום במהירות של 50 קמ"ש. השימוש בחגורת-ירכיים בלבד מוריד את ציון פגיעת הראש של הנוסע ל-80, ואילו השימוש בחגורת-כתף מוריד אותו ל-35. לטכניקת „תנוחה טרם היפגעות“ יתרונות נוספים; ביחוד אמורים הדברים לגבי נוסע המשתמש בחגורת ירכיים.

במקרה כזה יורד ציון הפגיעה שלו מ-80 ל-15, לעומת זה של המשתמש בחגורת-כתף, שציונו יורד מ-35 ל-20. ציון הפגיעה של נהג החוגר חגורת ירכיים יורד ל-10 — בתנאי שיקבל את הטכניקה של „תנוחה טרם היפגעות“ ואמנם ייתמך על צינור-ההגה הסופג אנרגיה.

חוקים אחרים

בסדרת ניסויים זו הובלטו חוקים נוספים שיש לנהוג על-פיהם כדי להינות ממקסימום היתרונות הגלומים בחגורת הבטיחות. כדי להשתמש בחגורת הירכיים בצורה הנכונה יש לקבוע אותה נמוך מעל למותניים, ולהדקה עד כמה שאפשר — מבלי לגרום לנוהג אי-נוחות. הידוק זה מפחית את טווח התנועה קדימה בשעת ההיפגעות. יש להטעים שחגורה שאינה נחגרת במקום הנכון — לדוגמה: בצורה רופפת וכלפי מעלה באיזור הבטן — עלולה לגרום לפגיעות פנימיות חמורות.

כשרוצים להפיק את ההגבלה האופטימלית התאור-טית מחגורת הכתף, יש לנסות לבטל את השפעתה של תופעת ה„צלילה“ — תוצאה של חדירת חגורת הירכיים לאיזור הבטן. כדי למנוע „צלילה“ יש להדק את חגורת הירכיים לפני הידוק חגורת הכתף. דבר זה מושך את חגורת הירכיים מתחת לעמוד השדרה; מרכיב העומס המופנה כלפי מטה שפועל על חגורת הכתף אינו מסוגל אז ליזום סיבוב של אגן הירכיים מתחת לחגורת הירכיים. כן נחוץ שחלקו העליון של הגוף יהיה מסוגל להתקפל. כאשר חוגר הנוסע ברכב חגורה הרתומה בשלוש נקודות ולה שני אבזמים, עליו להדק את חגורת הירכיים — כמוסבר לעיל, ואת חגורת הכתף — בצורה רופפת. עליו לכוונן את הרפיון עד שיוכל להכניס בחופשיות אגרוף קפוץ בין החגורה לבין עצם החזה.



ציור 3: סכמה המתארת את מהירות הראש של נוסע שקיבל „תנוחה טרם היפגעות“ ואשר חוגר חגורת ירכיים, במצב כזה שווה מהירות הראש כמעט למהירות כלי הרכב.

ציור 4: סכמה המתארת נוסע שקיבל „תנוחה טרם היפגעות“ וחגור הן חגורת כתף והן חגורת ירכיים, כאן תאוצת החזה נמוכה יותר.

ציור 5: סכמה המתארת קבלת „תנוחה טרם היפגעות“ המעי-ניקה לנוסעי הרכב צימזום ניכר בחומרת הפגיעה.

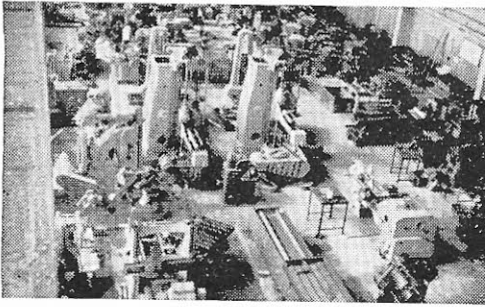
התועלת שב„רכיבה עם המכונית“

מטרת התנוחות שצוינו לעיל לצמצם או לבטל את החלל בין הנוסע לבין פנים המכונית. בשעת ההיפגעות מפחיתים על-ידי-כך עד למינימום את הפרש המהירות בין הנוסע לבין המכונית. ציורים 3 ו-4 מראים יתרונות נוספים של „רכיבה עם המכונית“, הנובעים ממצב הגוף טרם ההיפגעות. השיפור לגבי נוסע החוגר חגורת-ירכיים נראה בבירור. מהירות הראש, במקרה זה, זהה כמעט לזו של המכונית (ציור 5, המראה נתונים ללא שתינקט „תנוחה טרם היפגעות“, נכלל במאמר כדי להקל על ההשוואות). היתרונות הטמונים בטכניקה של „תנוחה טרם הי-“



מנחם אורמן ושות' בע"מ

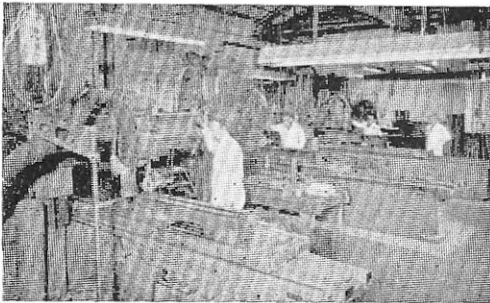
אזור תעשייה יהוד.
ת.ד. 56, מל. 759759



● קניה ומכירה של מכונות בענף המתכת:
מפעלנו שמה להודיעכם כי רכש מלאי נוסף של 150
מכונות עבוד שבבי חדשות וציוד עזר נוסף.

● השחזה מדוייקת:

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



- שפוץ ובנית מכונות בציוד מיוחד חדיש.
- עבוד שבבי כבר בכרסום — חריטה — הקצעה.
- העברה והרכבת מפעלים.
- בצוע בדיקות שלזינגר למכונות בענף המתכת.

„מאיר“

חברה למכונות ומשאיות בע"מ
בבעלות מאיר קז ובניו,

הסוכנים הבלעדיים בישראל של

VOLVO

תל-אביב, רח' קרליבך 23, טל. 269191.



חברתנו מפעילה עתה גם מכונות בשיטת

LEASING

בתנאים נוחים.

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



מוסך מרכזי מודרני לשרותים

„מאיר“ בע"מ.

פתח-תקוה, קרית מטלון, טל. 911133.



טרקטורים ומנועים

בולינדר - פנטה

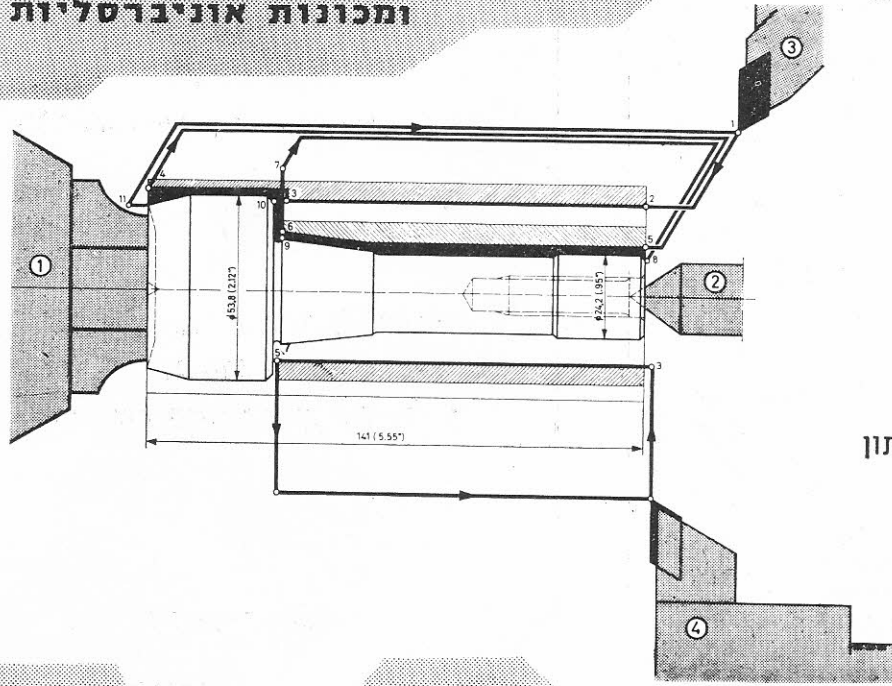
חריטת העתקה ?



ISCATREX

ישקטרקס. האוכף הנועל של ישקר

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



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

ישקר בע"מ יצרני כלי מתק"ש-נחריה



בשנים האחרונות התפתח ענף חדש של מדעי האוירודינמיקה, והוא קרוי בליסטיקה שגא-קולית (Hypervelocity Ballistics). מטרת הענף היא לפתח קליעים בעלי מהירות לוע בתחום השגא-קולי (Hy-personic), כלומר: מעל לתחום של 3,000–5,000 מטר לשנייה. ואמנם, הבליסטיקה השגא-קולית פיתחה פגזים בעלי מהירות-לוע עד 7,500 מטר לשנייה. פגזים בעלי מהירות-לוע בסדר גודל זה משמשים למחקר אוירודינמי על חזרת גופים מן החלל לאטמוספירה, או לחקר האפקטים של

התפתחות טכנולוגיית הנשק

התנגשות (impact) מטאורים מהירים ברכב חללי, וכן לפחינת בליסטיקה סופית של פגזים מבחינת מבנה הקליע ותכונות השריון, הקהיית ראשי-טיילים ולימוד תכונות ה-גז בטמפרטורות גבוהות ובלחצים גבוהים בתנאים של דחיסה והתפשטות אדיאבטיים.

נואת: א. לבון

תותחים שגא-קוליים

יחסי מהירות

כידוע מוגבלות מהירויות-הלוע של תותחים בהם משתמשים בחומרי-הדף מקובלים. הגבלה זו נובעת משתי סיבות עיקריות:

- חלק ניכר של האנרגיה של החומר ההודף מנוצלת להאצת מסת הגזים שמאחורי הפגז.
- ללא תלות בכמות החומר ההודף תמיד תהיה מהירות הפגז קטנה ממהירות הבריחה של גזי החומר ההודף.

$$\alpha_0 = \frac{2a_0}{\gamma - 1} \quad \text{מהירות הבריחה:}$$

$$a_0 = (\gamma gRT)^{1/2} \quad \text{מהירות הקול:}$$

כאשר:

- α_0 — מהירות הבריחה.
- a_0 — מהירות הקול
- T — טמפרטורה במעלות קלווין.
- R — קבוע הגזים.
- g — תאוצת הכובד.
- γ — מקדם פוליטרופי של הגז.

לשניה באותה טמפרטורה. אולם, לרוע המזל המימן הוא גז דליק, ועל-כן מסוכן לשימוש. יתר-על-כן: המימן עלול להתקנות לתותח פריכות גבוהה ביותר. הגז הקל הבא אחרי המימן הוא ההליום. ההליום הוא גז אינרטי מבחינה כימית ומהירות הקול בו 970 מטר לשניה ב-0 מעלות צלסיוס. בגלל תכונות אלה נבחר ההליום לשמש כחומר הודף בתותחים שגא-קוליים.

מבנה תותחים שגא-קוליים

קיימות גרסות אחדות של תותחים שגא-קוליים. הנפוצה שבהן מתוארת באופן סכמטי בציור 1.

תותח הליום — תותח זה הוא הנפוץ מבין התותחים השגא-קוליים. אופן פעולתו: הנפץ מדליק את חומר הנפץ וזה הודף את הבוכנה ימינה. הבוכנה הנדחפת דוחסת את גז ההליום. הפגז נשען בתחילת הקנה על כתפיים. חוזק כתפיו מחושב כך שיעמוד עד היוצרות הלחץ המקסימלי בבית הבליעה. כאשר מגיעה הבוכנה לסוף דרכה ונוצר הלחץ המקסימלי — נשברים כתפי הפגז, והוא מואץ לאורך הקנה. הבוכנה, שנעצרה בפת-אומיות, מנתרת חזרה למצבה ההתחלתי. משוואת התנועה של הפגז היא:

$$V^2 \max = \frac{2P_0AL}{m} \quad \text{כאשר:}$$

- V_{\max} — מהירותו המקסימלית של הפגז.
- A — שטח חתך הקנה.
- L — אורך הקנה.
- m — מסת הפגז.
- P_0 — הלחץ ההתחלתי.

כאשר נע הפגז בקנה — הלחץ יורד:

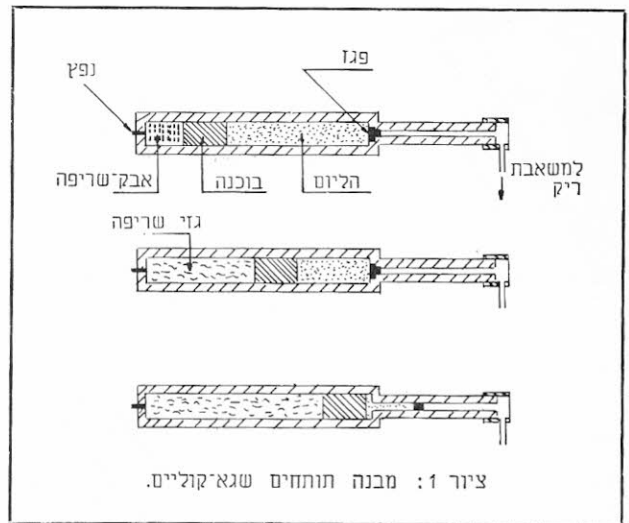
$$P = P_0 \left\{ 1 - [(\gamma - 1)/2] \left(\frac{v}{a_0} \right) \right\}^{\frac{2\gamma}{\gamma - 1}}$$

P ו- V הם הלחץ בקנה ומהירות הפגז בכל רגע ורגע. בהתאמה היחסים בין המסה, התאוצה והכוח בכל רגע ורגע הם:

$$\int_0^{v_x} \frac{v dv}{\left[1 - \frac{\gamma - 1}{2} \frac{v}{a} \right]^{\frac{2\gamma}{\gamma - 1}}} = \frac{P_0 A}{m} \int_0^x dx$$

$$\int_0^{v_x} \frac{v dv}{\left[1 - \frac{\gamma - 1}{2} \frac{v}{a} \right]^{\frac{2\gamma}{\gamma - 1}}} = \frac{P_0 AL}{m} = \frac{V^2 m}{2}$$

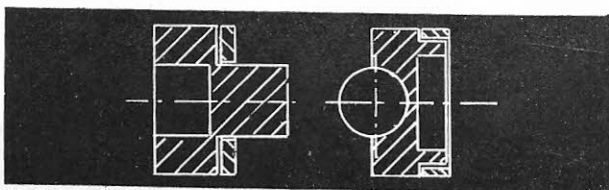
בציור 2 מתוארות שתי אפשרויות מקובלות להושבת הפגזים בבית הבליעה. בשתי האפשרויות נדרשת אטימה טובה של



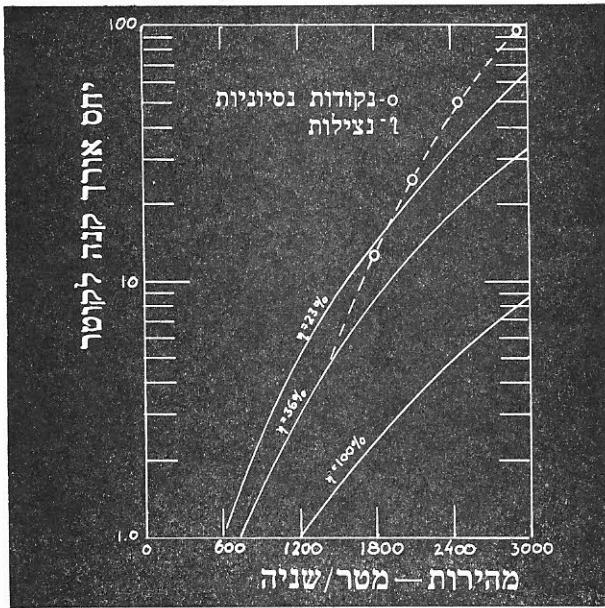
ציור 1: מבנה תותחים שגא-קוליים.

הגזים נוצרים תוך שריפת החומרים ההודפים המקובלים הם CO_2 , CO , אדי-מים, חנקן ומימן. משקלה המולקולרי של תערובת גזים זו גדול ולכן מהירות בריחתם מוגבלת (1500 מטר לשניה בערך). כאמור, מהירות-הקול של כל גז תלויה בראש וראשונה במשקלו המולקולרי ובטמפרטורה שלו. כדי לקבל מהירות-קול גבוהה (ומהירות בריחה גבוהה) דרושה טמפרטורה גבוהה ככל האפשר ומשקל מולקולרי נמוך.

מהירות-הקול באויר ב-0 מעלות צלסיוס היא 340 מטר לשניה. במימן — הגז הקל ביותר — מהירות-הקול היא 1,270 מטר



ציור 2: תיאור האפשרויות המקובלות להושבת הפגזים בבית הבליעה.



ציר 4: ביצועי תותח חשמלי כפונקציה של יעילות מסירת האנרגיה מהקבל לגז הליום.

בציר 4 מוצגים ביצועיו של תותח חשמלי כפונקציה של יעילות האנרגיה מהקבל לגז הליום.

סיכום

סקירה קצרה זו של תחום הבליסטיקה השגאקולית הראתה אך מקצת הביצועים והאפשרויות הגלומות בענף זה. מובן שקיימות עדיין בעיות שחייבות למצוא את פתרונן. בעיות אלה הן בעיות מטלורגיות (לחצים וטמפרטורות גבוהות) בעיות בליסטיות ודינמיות (תאוצות מסדר גודל של 50,000 עד 100,000 g). קיימות אף בעיות של מכשור, שנועדו למדוד מהירויות-לוע גבוהות כאלה.

תותחים מסוג זה משמשים היום לצרכי מחקר בלבד. שכלי-לם הצפוי עשוי לתרום לשינוי התפיסות הצבאיות הקיימות בשטח לוהמת השריון.

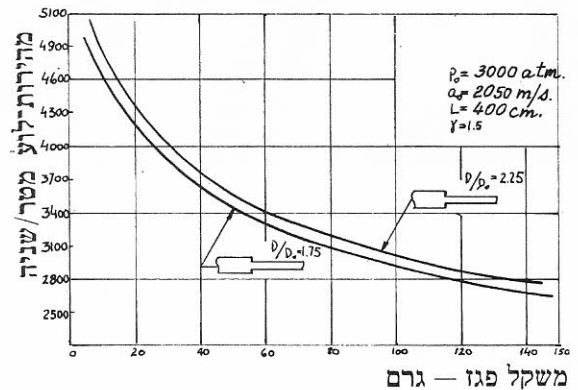
הפגז בתוך הקנה, על-מנת שלא תהיה דליפת גזים במשך הזמן בו מואץ הפגז.

תותח חשמלי (Electric gun) — תותח זה מורכב מתא שריפה המכיל הליום בלחץ 150 אטמוספירות ובטמפרטורה של 300 מעלות קלווין. ניצוץ חשמלי, שנוצר מהתפרקות קבל בעל מתח גבוה במשך כ-50 מילי-שניות, גורם לחימום ההליום עד לטמפרטורה של 20,000 מעלות קלווין. בכך מושגת מהירות-קול גבוהה ביותר.

תותח ליתיום — תותח זה מורכב מתא-שריפה המכיל בין 50 ל-60 אחוז ליתיום (מתכת קלה בעלת משקל אטומי 7) ומקבל שתכולתו 300 מיקרו-פראד. ב-500 וולט מתפרק הניצוץ למשך 50 מילי-שניות לערך. ניצוץ זה גורם להתאדות הליתיום ולהיווצרות לחץ בסדר גודל של 7,000 אטמוספירות וטמפרטורה של 5,000 מעלות קלווין. בתותח זה הושגו מהירויות-לוע של 7,500 מטר לשניה בערך.

ביצועי התותחים

בציר 3 מוצגת עקומת ביצועים של שני תותחים שגאקוליים מסוג תותח הליום. ההבדל ביניהם הוא ביחס השונה שבין קוטר תא השריפה לבין קוטר הקנה. שני התותחים הם בני 40 מ"מ.



ציר 3: עקום המצביע על ביצועים של שני תותחים שגאקוליים מסוג תותח הליום.

סוכנים ומפיצים

- „קליקו“ ארה"ב — כלים פניאומטיים
- „ריצ'מונד“ ארה"ב — כלים ומפתחות כח
- „מלקום“ שבדיה — מקדחים רגילים ומיוחדים
- „פוקו“ שבדיה — מנופים הידרואליים „פוקו“
- „קינצלה“ גרמניה — מכשירי בקורת ורקורדים לתעשייה
- „קינצלה“ גרמניה — טכוגרפים לרכב
- „ואסלל“ אינק ארה"ב — לוחות מעקב ובקורת
- „טרקטא“ הולנד — חולצי מייסבים מטנטיים

יעיל-נוע בע"מ

מפעלי מתכת

חברה למסחר, מוצרי תעשייה, תעופה ותחבורה

בדבר פרטים והתייעצות נא לפנות:

אזור התעשייה חולון, רח' הסתת 15

טלפונים: 840045, 853898, 725255

סיבוב והיגוי בטנקים

ב. בן-בשט

דיפרנציאל בלימה

מערכת זו (ציור 8), שבניתוחה עסקנו בחלקו הראשון של המאמר, היא המערכת הדיפרנציאלית הפשוטה ביותר. המערכת מבוססת על תופי בלימה עצמיים, על שני גלי היציאה. הפעלת אחד הבלמים מקטינה את מומנט הסיבוב המועבר לגל זה ועל-ידי כך יוצרת הפרש מהירויות וכוחות בין שני הגלים.

המערכת הותקנה לראשונה באנגליה ב־1905, בטרקטור, ואומצה מאוחר יותר בטנקים הבריטיים הראשונים שנבנו במלחמת-העולם הראשונה. המשך השימוש בה היה בעיקר בכלי-רכב זחליים קלים כדוגמת נושאת-הברון מימי מלחמת-העולם השנייה. המערכת לא זכתה לשימוש נרחב, בשל הפסדי ההספק הגדולים שבה. אלה נובעים מהעובדה שחלק גדול מאד מהספק המנוע נבלע בתופי הבלימה, וכן כיוון וההספק המפותח בזחל הפנימי אינו מועבר על-ידי המערכת לזחל החיצוני. העברת כל הספק המנוע לזחל החיצוני נעשית רק כשהבלם נעול לחלוטין — מצב המתאפשר רק במהירויות נמוכות מאוד של הטנק.

במאמר הראשון (חוברת 41) ניתחנו את פעולת הסיבוב של הטנק, הכוחות המשתתפים בה ואת יחסי הגומלין בין הגדלים הפיזיקליים השונים הלוקחים בה חלק.

במאמר זה נסקור את מערכות ההיגוי הקיימות בטנקים לאורך שלבי התפתחותן.

דיפרנציאל נשלט

מערכת זו (ציור 9), פותחה במטרה להתגבר על חסרונות דיפרנציאל הבלימה. מטרה זו הושגה על-ידי הבאת גלי היציאה לזחל הפנימי, למהירות שהיא רק חלק מהמהירות הממוצעת של שני הגלים. זאת, במקום להביאו לידי עצירה. באופן מעשי, נוספה תמסורת שיננית למערכת דיפרנציאל פשוטה. על-ידי כך לא מתבזבז הספק לבלימת תופי בלימה, יתרה מזו, ההספק המפותח בזחל הפנימי, בזמן הסיבוב, מר עבר לזחל החיצוני. הדיפרנציאל הנשלט הופיע לראשונה ב-1916 ב"ארה"ב, בטרקטור מסחרי. הצלחתו היתה מסחררת והוא זכה לשימוש נרחב ביותר בטנקים. ב"ארה"ב, הוא הוכנס לכל הטנקים שנבנו עד תום מלחמת-העולם השנייה כר לל "שרמן". בשנים האחרונות הוא הופיע שוב בעיקר בטנקים ונושאי גייסות קלים. כן הוא מצוי (עם שיפורים מסויימים) ב-AMX-13 הצרפתי, בנגמ"ש M-113 האמריקני, בנגמ"ש HS-30 הגרמני, ב-FV-432 הבריטי ואף בטנק היפני T-61.

סוד הצלחתו טמון בביצועים סבירים המתקבלים במערכת פשוטה ביותר. חסרונותיו העיקריים אינם מתבטאים בפעולת ההיגוי, כי אם בהשפעתו על תכונות אחרות. למשל, בנסיעה ישרה כשהבלמים אינם מופעלים, הדיפרנציאל אינו תורם לקביעת המומנטים בשני גלי היציאה. מומנטים אלה נקבעים על-ידי ההתנגדות בזחלים. כתוצאה מכך, קיימת נטייה של הטנק לסטות מהמסלול בזמן האטה או בנסיעה בשיפועי-צד. מבחינת ההיגוי חסרונו של דיפרנציאל נשלט הוא, באפשרו רדיוס סיבוב אחד בלבד, אלא אם כן גורמים להחלקה בלתי יעילה בבלמים. כדי להשיג רדיוסי סיבוב קטנים, מוסיפים לעתים מערכת בלימה נוספת על גלי היציאה, שעם הפעלתה הופך הדיפרנציאל הנשלט לדיפרנציאל בלימה. מערכת כזו מתקנת בטנק הצרפתי AMX-13.

דיפרנציאל כפול

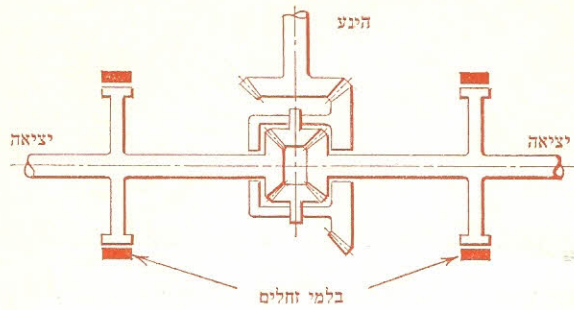
הדיפרנציאל הכפול (ציור 10), מורכב משתי מערכות דיפרנציאליות במקביל. גלי היציאה של שני הדיפרנציאלים משולבים ביניהם באמצעות שיננים. אם נניע את שני הדפ-רנציאלים, מגל היציאה של תיבת ההילוכים, נקבל למעשה דיפרנציאל נשלט; אולם אם נניע את אחד הדיפרנציאלים מגל היציאה של תיבת ההילוכים, זאת השני מהכניסה לתיבת ההילוכים, נקבל רדיוס סיבוב אחד עבור כל יחס מסירה בתיבת ההילוכים. ביחסי מסירה גבוהים יותר נקבל רדיוסי סיבוב קטנים יותר.

הקשר בין רדיוסי הסיבוב ומהירויות הכניסה לשני הדיפרנציאלים נתון בקשר

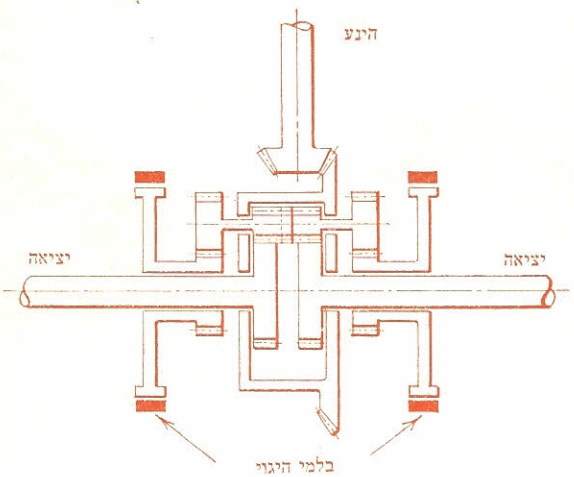
$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\omega \eta \pm K \omega_N}{\omega \eta \pm K \omega_N}$$

כאשר:

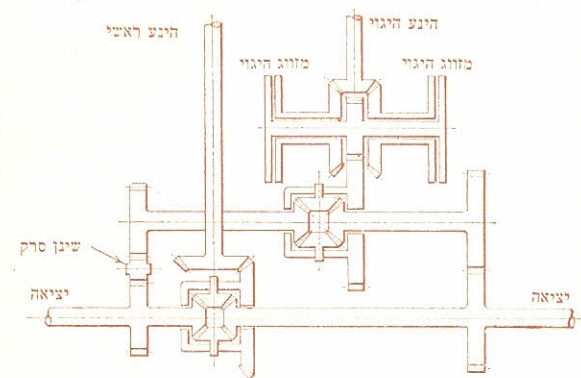
- ω_1 ו- ω_2 — מהירויות היציאה מהמערכת.
- $\omega \eta$ — המהירות ביציאה מתיבת ההילוכים. היינו — בגל הראשי של המערכת.
- ω_N — המהירות בכניסה לתיבת ההילוכים — היינו בכניסת ההיגוי.
- K — קבוע, תלוי בגודל השיננים במערכת.



ציור 8: סכמה של דיפרנציאל בלימה



ציור 9: סכמה של דיפרנציאל מבוקר



ציור 10: סכמה של דיפרנציאל כפול

הכניסה, ועל-כן מאזן גם את מומנטי היציאה, כמו בדיפ־רנציאל רגיל.

הפעלת אחד המזווגים גורמת להאטה במהירות גל יציאה אחד, והגדלת מהירות השני.

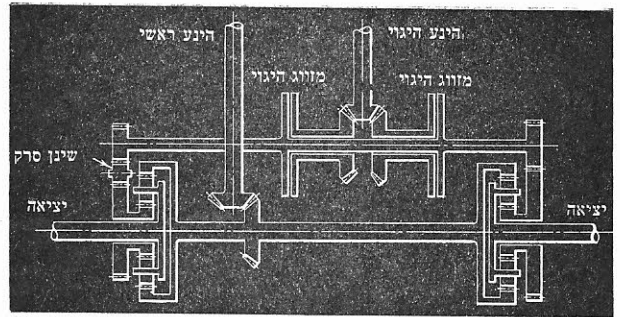
באנגליה תוכננה המערכת הראשונה מסוג זה ב־1928. המערכת כללה שתי מערכות פלנטריות בעלות שלושה הילוכים כל אחת, בשילוב תיבת הילוכים בעלת שישה הילוכים, ניתן היה לקבל בעזרתה 18 רדיוסי סיבוב שונים. אולם המערכת לא נבנתה באופן מעשי, ורק עשר שנים מאוחר יותר מומש הרעיון בטנק הנסיוני הכבד A16E1. פיתוח דיפרנציאל משולש על-ידי חברת „רולס־רויס“ ב־1940, שם קץ למגמות הפיתוח בכיוון זה.

הגרמנים אימצו את רעיון הדיפרנציאל הכפול ערב מלחמת העולם השני, ובנו דגמים ראשונים בטנקים Pz KrW I ו־V. כתוצאה מנסינות ראשונים אלה, פותחו המערכות הידועות L600C ו־L801 של הנשל (HENSCHEL) שהותקנו בסידרת טנקי ה־טייגר.

משך מלחמת-העולם השני, חדר הרעיון גם ל־ארצה״ב. מגמת הפיתוח היתה לשלב את הדיפרנציאל המשולש הבריטי עם מכפל־מומנט הידראולי לתוך תיבת הילוכים אחת. תיבת ההילוכים הראשונה מסוג זה (מחסרת) פותחה על-ידי חב׳ G.M. והותקנה ב־1943 בטנק M-26. המשך הפיתוח הועבר ב־1945 על-ידי חב׳ G.M. לחברת הבת שלו „אלי־סון“, שם הוחל ב־1949 בייצור הסידרה הראשונה של ממסרת CD-850 המוכרת לנו מטנקי ה־פֶּטוֹן. דגם זה הנראה בצירוף 12 ו־13 זכה להצלחה מרובה, והורכב בגירסות השונות רק במעט זמן מועט, במרבית הטנקים האמריקניים הנמצאים עד היום בשימוש. הטנק הראשון שזכה לממסרת כזו היה ה־M-46 ואחריו ה־M-47, M-48, M-48A2C, M-48A3 וכיום היא מותקנת בסידרת דגמי ה־M-60.

באופן עקרוני, כוללת הממסרת את המערכות הבאות:

- מכפל מומנט הידראולי.
- מערכת שינני כניסה.
- מערכת פלנטרית לתחום נמוך וגבוה.
- מערכת פלנטרית לתחום אחורי.
- מערכות פלנטריות ביציאה.
- דיפרנציאל היגוי.
- מערכת בלימה — דסקיות.
- מערכות הפעלה ובקרה.



צירוף 11: סכמה של דיפרנציאל כפול באמצעות מערכות פלנטריות

כיוון והמנה $\frac{\omega_1}{\omega_2}$ נמצאת ביחס הפוך לרדיוס הסיבוב של הטנק,

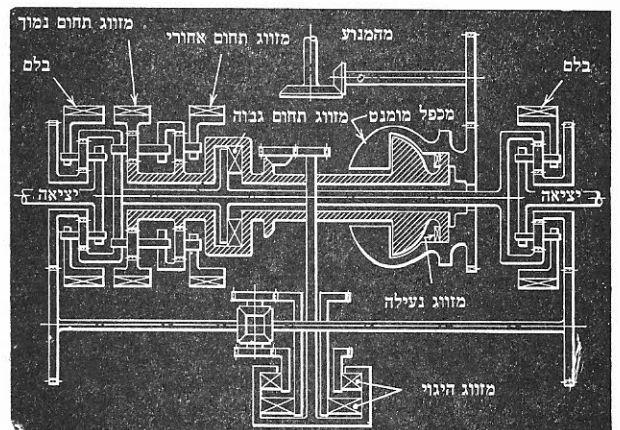
כלומר ככל שהיא גדלה כן קטן הרדיוס, נוכל לראות שרדיוס הסיבוב קטן עם הקטנת ω_1 (בהילוכים נמוכים). במצב שבו תיבת ההילוכים בהילוך סרק ($\omega_1 = 0$) הפעלת מצמד ההיגוי ($\omega_2 = 0$) תיתן תנועות בכיוונים הפוכים של שני הזחלים, ועל-כן יתבצע סיבוב במקום.

הדיפרנציאל הכפול פותח על-ידי הצרפתים לאחר מלחמת העולם הראשונה. הוא הוצג לראשונה ב־1924 בטנק הצרפתי S.R.B., והמשיך להופיע בטנקים צרפתיים מאוחרים יותר עד מלחמת-העולם השנייה. הדגמים השונים כללו שכלולים שונים שאיפשרו קבלת מספר רב של רדיוסי סיבוב.

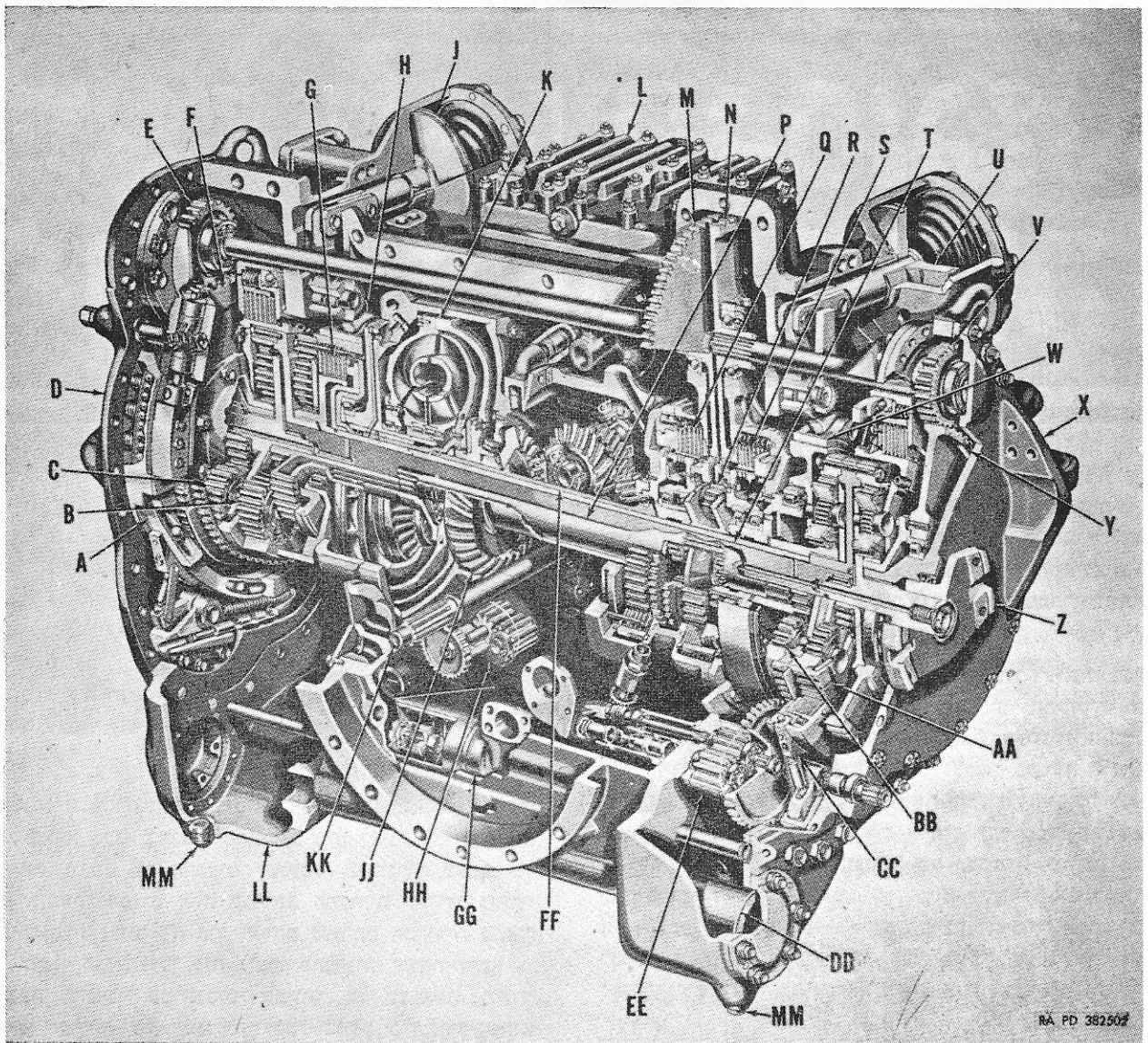
במקביל לצרפתים, החל פיתוח גם באנגליה וגרמניה. מגמת הפיתוח היתה שימוש במערכות פלנטריות במקום הדיפרנציאלים. מבחינה עקרונית זהו עדיין דיפרנציאל כפול, אנו נכנה את המערכת בשם:

דיפרנציאל כפול באמצעות מערכות פלנטריות

שתי המערכות הפלנטריות (צירוף 11) מחוברות לגלי היציאה להנעים סופיים. שינני הזר שלהן מונעים יחד מהיציאה של תיבת ההילוכים, ואילו שינני השמש מונעים בכיוונים הפוך כים דרך מזווגי היגוי. כאשר מזווגים אלה אינם מופעלים, מאזן הגל המחבר את שני שינני השמש, ואת מומנטי



צירוף 12: סכמה של הממסרת CD-850 המוכרת לנו מטנקי ה־פֶּטוֹן



RA PD 382502

AA — מזלות מערכת היציאה — שמאל
 BB — מזלות תחום אחורי
 CC — מנגנון הפעלת בלם שמאל
 DD — מסנן צד
 MM — פקק ריקון
 EE — מכלל משאבה משנית
 FF — שינן עטרת כניסה
 GG — מסננת שמן ראשית
 HH — משאבת שמן ראשית
 JJ — סבבת כניסה
 KK — גל מניע
 LL — בית קדמי

N — שינן הינע ציר היגוי שמאל
 P — ציר יציאה מכפל מומנט
 Q — מזווג היגוי ימין
 R — מכלל דיפרנציאל היגוי
 S — מזווג היגוי שמאלי
 T — גל ראשי
 U — צילינדר משרת — תחום אחורי
 V — שינן סבבת היגוי יציאה
 W — רפידות בלימה — תחום אחורי
 X — בית צד שמאלי
 Y — שינן היגוי יציאה
 Z — אוגן יציאה

A — מנגנון הפעלת בלם — ימין
 B — מזלות תחום נמוך
 C — מזלות מערכת היציאה — ימין
 D — בית צד ימני
 E — סבבת היגוי — יציאה
 F — שינן היגוי יציאה
 G — מזווג תחום גבוה
 H — רפידות בלימה — תחום נמוך
 J — צילינדר משרת תחום נמוך
 K — מכפל מומנט
 L — בית שסתומים — „מוח“
 M — שינן הינע ציר היגוי שמאל

על מערכות היגוי נוספות — במאמר הבא

ביציבול-55 סגסוגת "זוברת" ושימושיה

ה. א. ג.

חופשי. קשר הדוק קיים בין שתי הסיבות; אין איש אשר יתחייב להשתמש בסגסוגת שנתוני-התכנון שלה אינם מס-פיקים, ואילו היצרנים אינם נוטים ליצר באופן מסחרי סגסוגת שאין אפשרות להבטיח לה שוק.

אולם הדברים נשתנו במשך הזמן. לפתע הועלו רעיונות רבים לשימושים בהם אפשר לנצל את תכונתו המיוחדת של הניטינול. למעשה הצמיחה הסגסוגת את רעיונות התכנון, ולא להיפך — כפי שקורה בדרך-כלל (למשל בפיתוח הראשון של הניטינול). ההתעניינות המחודשת בניטינול הובילה למא-מצים חדשים הן מצד ממשלת ארה"ב והן מצד התעשייה, שהחלו ללמוד יותר על תכונותיה של הסגסוגת ועל השימוש בהן בתכניות-יצור. יתר על כן: כיום ניתן להשיג סגסוגת זו — בכמויות מוגבלות — לשם הערכה ולניסוי-תכנון. וכך, למרות שפוחת הניטינול כבר לפני כעשר שנים, הרי הוא נמצא לראשונה על סף מציאת מקום בתכנון הנדסי.

מהו הניטינול?

מבחינה מטלורגית הניטינול הוא תרכובת בין-מתכתית $TiNi$ כלומר: לניקל ולטיטניום המרכיבים אותו יש אותו מספר אטומים. זכרונו המכני, שהובן עד כה רק באופן חלקי, הוא תוצאה של שינוי מרטנסיטי הפיך הנגרם על-ידי מאמצים. כדי לחזור לצורה הזכורה הראשונית, על הניטינול להיות בתחום-טמפרטורה מסוים. תחום זה אפשר לשנות באחת משתי הצורות הבאות:

- הגדלת תוספת הניקל שבסגסוגת; דרך זו גורמת לעתים קרובות להיצוורות $TiNi_3$ בסגסוגת (במקום $TiNi$). וכדי שלא ייגרם נזק כזה נוקטים:
 - החלפת ניקל בקובלט, על בסיס של אטום תחת אטום, וכתוצאה מכך מתקבלת תרכובת מהסוג $TiNi_{1-x}Co_x$.
- בסוג הסגסוגת השני ניתן לשנות את תחום הטמפרטורות באופן ניכר.
- מתחת לתחום הטמפרטורה בה יתכן השינוי הניטינולי-55

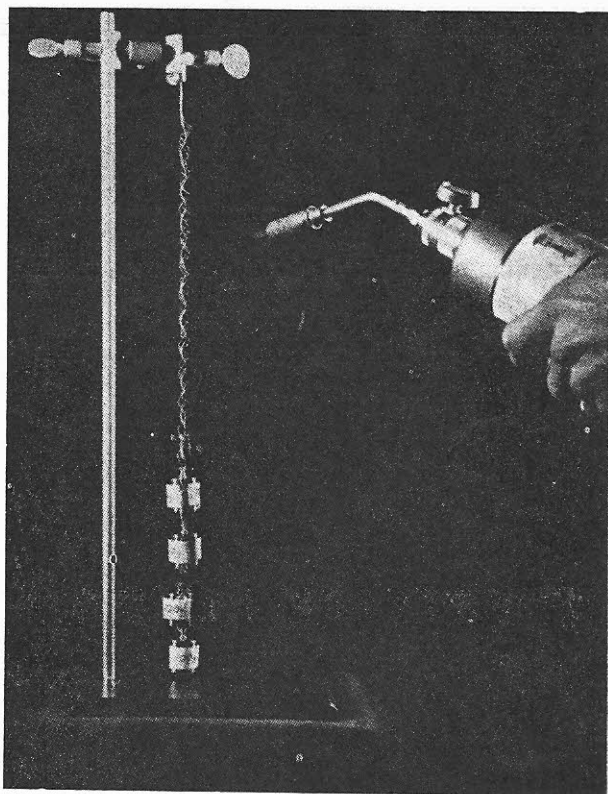
בשנים האחרונות זכתה לתשומת-לב רבה סגסוגת מיו-חדת במינה — בגלל תכונת ה"זיכרון" שלה. הסגסוגת פותחה כבר לפני כעשר שנים, אך הונחה בקרן-זווית. כיום גדלה חשיבותה בגלל תכונותיה המיוחדות המעוררות תפיסות-תכנון חדשות. מאמר זה מתאר את הסגסוגת האמורה, את תכונותיה ואת התקוות הטמונות בה — אך מצביע גם על הצורך ללמוד עליה יותר לפני שניתן יהיה להגשים תקוות אלה.

הסגסוגת ה"זוכרת" היא "ניטינול-55" (Nitinol-55) וזכרונה פועל באופן מכני. בתנאים מתאימים ניתן לעוות "באופן תמי-די" את צורתם של החפצים העשויים "ניטינול". לאחר זמן ניתן להחזיר חפצים אלה לצורתם המקורית על-ידי כמות-חום בינונית (ציור 1). תוך חזרתם לצורתם המקורית מפע-לים חפצי ה"ניטינול" כוח ניכר. התנהגות יוצאת דופן זו, הנובעת מהשינוי המרטנסיטי המיוחד של הסגסוגת, מוגדל על-ידי יכולתה של הסגסוגת לקבל כמעט כל צורה שהיא ולסבול עומס מכני בינוני.

המצאה "חדשה" — במשך עשר שנים

הניטינול פותח לפני כ-10 שנים על-ידי החוקרים במעבדות החימוש של חיל הים האמריקני. כמו סגסוגות רבות אחרות הומרץ פיתוחה בשל "הדרישה הצפויה לחוזק גדול יותר ומשקל קל יותר בטמפרטורות גבוהות יותר — בדור השני של הטילים וספינות-החלל", על-פי דברי המהנדסים הצבאיים ו' ביהלר ור' ווילי בפברואר 1962. זכרונה המכני היוצא מן הכלל לא הוזכר אז כלל.

שנים אחדות לאחר מכן החלו להכיר בחשיבות הניטינול ו"זכרונו" אולם עדיין לא מצאו לו שימושים. שתי סיבות לגלותה הממושכת של הסגסוגת. האחת: מבחינת המתכנן; תכונות הסגסוגת; בעיקר זכרונה — או חזרתה למצב הקודם — לא הובנו ולא תוארו די הצורך כדי שיתאימו למטרות תכנון. והסיבה האחרת: הסגסוגת אינה ניתנת לרכישה באורח



ציור 1: בציור זה מודגם „זיכרון“ של הנייטרוג על-פי סידרת צילומים שנעשו בהפרישי זמן. תיל הנייטרוג שעבר עיבור בחום כדי להקנות לו „זיכרון סטילי“, נמתח בטמפרטורת החודר ולאחר שהוא מחומם ל-200° פרנהייט חוזר התיל למצבו הסטילי הקודם תוך כדי הרמת המשקולת. בהתנהגות חסרת תקדים זו גלומות שימושים רבים מעניינים.

לכיווץ חלקי-גוף שהגישה קשה אליהם בשעת ניתוחים וכן אמצעי פרסומת.

מכל מקום, לפני שניתן יהיה לנסות שימושים אלה על המ- הנדסים לדעת יותר:

- באיזו מידת-דיוק שבה הסגסוגת לצורתה ה„זכורה“.
- מה המידה שבה יישמר זכרון-הצורה של הסגסוגת, מחזור אחרי מחזור, בשימושים הדורשים חזרות רבות על מחזור דומה. יש גם לקבוע כיצד משפיעים טמפרטורת-המקסימום של המחזור ומשך זמן המחזור על אופייני הנייטרוג.
- תוכנית נ.א.ס.א., למשל, תרמה מידע בעל ערך רב על מידת הדיוק בשיבה לצורה הזכורה. בתיל מלופף סביב סרן-נמצאה שיבה עד 100 אחוז, בתנאי שהעיבור של הצורה ה„זכורה“ לא עלה על 8 אחוזים. השיבה במחזורים חוזרים היתה בערך 93 אחוז כאשר עיבור-במתיחה היה 6 אחוזים למחזור.
- כן דרוש מחקר נוסף כדי לקבוע, למשל, את גבולות המתחה בשני כיוונים של לוח נייטרוג או את גבול הפיתול בתיל. מבלי להתחשב במצב העיבור, נראה כבר עתה שיש סיכוי רב לכך שהסגסוגת תשמש במקרים הדורשים דיוק שולי בלבד של שיבה לצורה הקודמת — כמו, למשל, פנינים-מפצילים המתפצלים מעצמם. מכל-מקום, לשימושים חשובים בחלל, במעמקי-הימים, בחימוש ובאלקטרוניקה יש צורך בנתונים

(המכילים מבחינת המשקל 53%—57 ניקל והיתר טיטניום) גמישים מאוד וניתן לעוותם במאמץ של 7—14 ק"ג למ"ר. הזרימה הפלסטית קשורה ב„גזירה מרטנסיטית“ או בטרנס-פורמציה ללא דיפוזיה של הסגסוגת. אם מוגבל העיבור ל-8 אחוז לערך, מאפשר החימום חזרה יעילה מאוד לצורה הקר-דמת. מעל לתחום הטמפרטורה של השינוי קשיחה הסגסוגת באופן יחסי.

כיצד פועלת הסגסוגת?

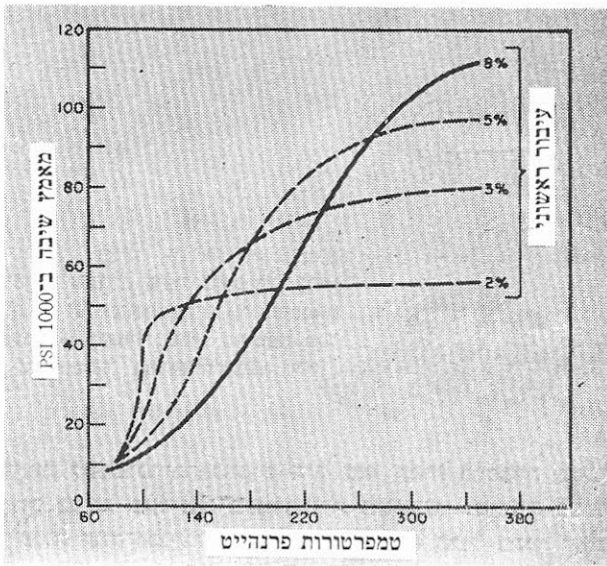
כמתואר בציור 2, קל להקנות לנייטרוג את זכרונו המכני. אם מחממים אותו מעל טמפרטורה מסוימת בעודו קבוע בצורה נתונה, יוכל הנייטרוג לחזור לצורתו הראשונית אפילו אם ישנה אותה בינתיים. החזרה למצב הקודם נעשית על-ידי חימום הסגסוגת מעל לתחום טמפרטורת הטרנספורמציה, שהיא נמוכה בהרבה מזו שבה קיבלה הסגסוגת את „תכונת הזיכרון“. השיבה לצורה הקודמת מתרחשת בקשת של טמפרטורות, כמ-תואר בציור 4. כאמור לעיל, תחום הטמפרטורה המסוים לסג-סוגת-נייטרוג מיוחדת תלוי בעיקר בהרכבה הכימי. עד כה הושג-גו „תחומי חזרה“ מטמפרטורות נמוכות מאוד (Cryogenic) עד ל-135 מעלות צלסיוס. בנוסף לתלות בהרכב הכימי תלוי תחום השיבה לצורה הקודמת בעיבוד הקודם המיוחד של הסגסוגת.

חשיבות מעשית רבה נודעת לעובדה שבמשך תהליך שיבתו לצורתו הקודמת יוצר הנייטרוג עבודה מכנית. מחקר שנערך על-ידי מעבדות „גודייר אירוספייס ובטל“ (קולומבוס) עבור רשות החלל האמריקנית נ.א.ס.א. (לאנגליי) הראה (ציור 5), שתיל נייטרוג שקוטרו 0.5 מ"מ, אשר מונעים ממנו תנועה תוך נסיונותיו לשוב לצורה שאותה הוא „זוכר“, עשוי להפ-עיל מאמצים-שיבה עד ל-77 ק"ג למ"ר. עבודה מכנית, מאמץ-שיבה, אחוז השיבה (המידה בה מושגת שיבה שלמה) ותחום הטמפרטורה של השיבה — כל אלה תלויים בכמות העיבור שמשקיעים בשעת העיווי הפלסטי של הצורה הזכורה לצורת-ביניים (ראה פעולה 5 בציור 2). בתכנית נ.א.ס.א. גילו הדר-חוק"ת ש-8 אחוזים הם העיבור האופטימלי לשיבה, לעבודה ולאופייני-הכוח הטובים ביותר.

שימושיה של הסגסוגת

כפי שמראה ציור 3, טמונות בנייטרוג אפשויות שימוש רבות תודות לאופייני שינוי צורה ובשל הפעלת הכוח שלו.

שימושים המבוססים על שינויי-צורה: השימוש המקובל ביותר של הנייטרוג הוא, כנראה, האנטנה המזדקפת מעצמה — אשר תיפרש לצורתה ה„זכורה“ כאשר תחמם אותה השמש בחלל. אולם הוצעו גם שימושים אחרים המבוססים על אופייני שינויי-הצורה של הנייטרוג, ואלה כוללים חלקים קלים לתי-קון במרפבים של מכוניות, פנינים-מפצילים — המתפצלים מעצמם במקומות שהגישה קשה אליהם, מכשירי-עזר רפואיים

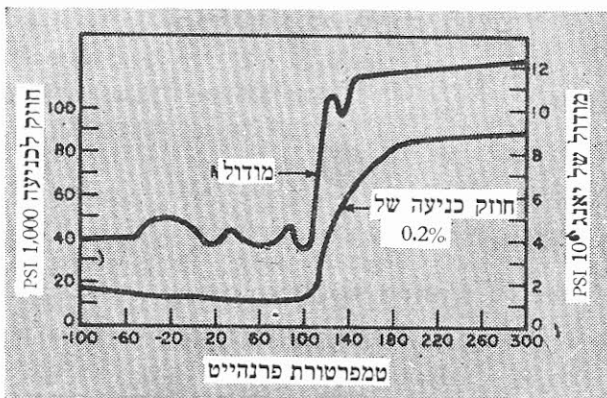


ציור 5: כאן נראית סכמה של מאמץ שיבה לעומת טמפרטורה, לתיל ניטנול שעבר תהליך עיבור במידות שונות במצב של מתח, וחומס לאחר-מכן כשהוא עצור מתנועה.

מידות-עיבור שונות חייב להיות ידוע. בסוג זה של שימוש יש צורך בנתונים על העבודה שאפשר לבצע כאשר הסגסוגת מועמסת בתנאים של אפס עיבור, שאחריהם באים תנאי-עומס מתמידים.

שימושים של שינוי צורה וכוח: סוג שלישי של שימושים לניטנול הם מכשירים המצריכים שינוי צורה חד-פעמי וגם מפעילים כוח, למשל: מכשירים המתהדקים מעצמם במקומות שקשה לגשת אליהם. „המסמרת העיוורת“ (ציור 7) היא דוגמה טיפוסית, וכבר הוקדשה לה תשומת-לב מסוימת. את מסמרת הניטנול אפשר לקבוע על-ידי חימום קל של הראש; או, אם המסמרת עשויה מתרכובת בעלת טמפרטורת-טרנספורמציה מתחת לטמפרטורת הסביבה, אפשר לשמרה קפואה עד לשעת השימוש, להכניסה ולהתיר לה להיקבע כשהטמפרטורה שלה עולה. סיבה נוספת לקביעת תחום טמפרטורת-הטרנספורמציה

ציור 6: כאן נראית סכמה של חוזק לכניעה לעומת טמפרטורה לגסגסוגת ניטנול-55 בעלת תחום טמפרטורת טרנספורמציה של 110°-150° פרנהייט לערך.

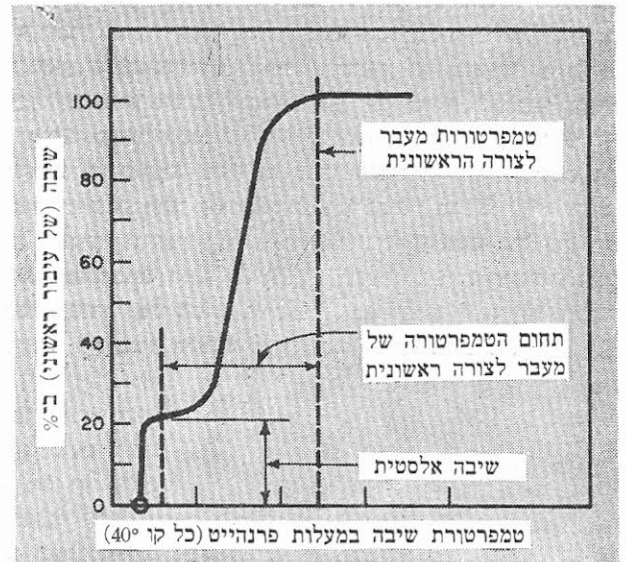


רבים יותר על מידת הדיוק של השיבה לצורה הקודמת. אולם תכנון מוקדם לשימושים מכריעים רבים יותר יכול להתחיל כבר עתה.

שימושים המבוססים על הפעלת כוח: כושרו של הניטנול להפעיל כוח תוך כדי שיבתו לצורתו הקודמת יכול לשמש בהתקנים שונים שבהם מספק זרם חשמלי את החום הדרוש לשיבה. ברבים מהתקנים אלה ידרש רק שינוי-צורה קטן. חשוב, למשל, על החלפת סלנואיד בסליל ניטנול.

ניתן להשתמש בניטנול כאלמנט-כוח בהתקן הגנה בפני זרם-יתר וזרם-קצר — במינימום של הפסדים מכניים; או כתיל למסרות בעלות פעולה מהירה המופעלת על ידי זרם חשמלי — במינימום של חיבורים מכניים.

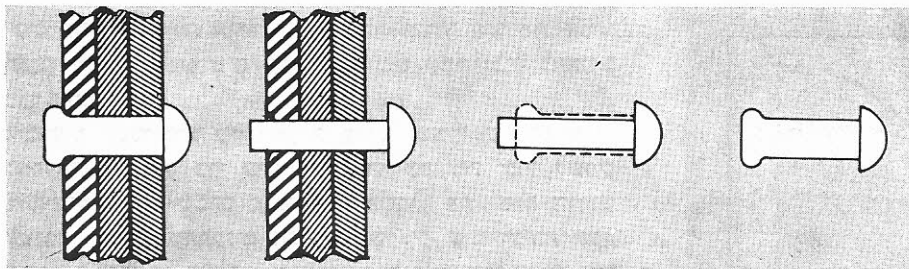
אבל בניית התקנים כאלה מחייבת את המהנדסים לדעת לא רק על כושרו של הניטנול להפעיל 77 ק"ג למ"ר כאשר נמנע ממנו לשוב לצורתו ה„זכורה“; אלא ראשית-כל עליהם לדעת את שינויי הכוח ביחס לטמפרטורה החלים בסגסוגת כאשר מתירים לה לשוב לצורתה הקודמת. תוך נשיאת עומס מסוים. עליהם לדעת גם את התכונות של אופיינים אלה, כאשר



ציור 4: כאן נראית סכמה של עקומת שיבה אופינית לתיל ניטנול-55 שעבר תהליך של עיבור פלסטי ואז הוחזר על-ידי חימום לצורת „זיכרון“ הראשונית.

ההתקן מיועד לפעול פעולה מחזורית. במקרה זה, כמו בשימושים המבוססים על השיבה לצורה, יש לדעת על השפעות הזמן והטמפרטורה. המהנדסים עשויים לרצות לדעת את יעילות הפיכה של אנרגיה חשמלית לאנרגיה מכנית — ואת מידת שינוייה של יעילות זו בפעולה מחזורית. מחקרים שנערכו לאחרונה מורים שאפשר להגיע עד ליעילות של 25 אחוז, אולם יש צורך בנתונים נוספים ביחוד באשר לפעולה מחזורית.

שימוש אפשרי אחר של ניטנול — בו יש צורך בהפעלת כוח תוך כדי שינוי הצורה — הוא במכלים המשמשים להחזקת נוזלים בלחץ. כאן דיוק השיבה לצורה הקודמת אינו כה חשוב, אך הלהץ המופעל על הנוזל כפונקציה של הטמפרטורה לגבי



תנאי שרות מעל
טמפרטורת המעבר

הכנסה וחזימום מעל
טמפרטורת המעבר

עיווי צורת ביניים

טיפול תרמי
לקביעת הצורה
והזכרון

ציור 7: בצירור זה נראית מסמרת ניטינגול שעברה טיפול בחום כדי להקינות לה את תכונת ה"זיכרון". המסמרת תקבע את עצמה כשהיא מחוממת מעל לטמפרטורת הטרנספורמציה שלה.

מוד במאמץ של 50 ק"ג לממ"ר למשך 10^7 מחזורים — וזו תוצאה גבוהה למדי עבור סגסוגת בעלת חוזק כניעה נומינלי של 14 ק"ג לממ"ר. שימוש נוסף שיכול לנצל ביעילות את אופייני הצורה והכוח של הניטינגול: מרעומים. במקרה זה מחזיר החום את הסגסוגת לצורתה הזכורה, ובכך דורך את המרעום. כאן יש צורך גם בהפעלת כוח, משום שעל הסגסוגת להישאר כבולה לפני דריכת המרעום. בשימוש זה תידרש, כנראה, שיבה מדויקת לצורה הקודמת, תוך הפעלת כוח רב. לכן יש צורך לדעת הרבה יותר על מידת השיבה לצורה הזכורה, כאשר הסגסוגת מצויה תחת עומס. החוק של עיבור מקסימלי של 8% שהשיבה ממנו אפשרית, הוכח כתופס רק במקרים בהם הזור הניטינגול למצבו כשאינו מופעל עליו עומס. כן נוגעים הנתונים על מאמץ השיבה, שנאספו עד כה, רק למקרים שבהם הסגסוגת עצורה לגמרי בשעת חימומה מעל לטמפרטורה של הטרנספורמציה. יש ללמוד יותר על הקשר ההדדי בין מידת השיבה לבין המאמץ בשעת השיבה. □

מתחת לטמפרטורת השימוש היא שאז תהיה המסמרת בעלת חוזק כניעה מקסימלי בטמפרטורת השימוש. כמתואר בצירור 6 עולה חוזק-הכניעה של הניטינגול באורח תלול בתוך תחום הטמפרטורה של הטרנספורמציה. במסמרת כזו — צורת הקנה היא שתכריע. במצב ביניים — כלומר במצב המעוות — חייב הקנה להיות קטן במעט מהחור שלתוכו יש להכניסו. לאחר החימום מפעיל הקנה לחץ מתמיד על החור — משום שנמנע ממנו לחזור לצורתו הזכורה. כך מאפשרים לקצה האחורי של המסמרת להתרחב ולהדק את המסמרת. שינוי הצורה הוא, באופן כזה, האופייני החשוב ביותר של הקצה האחורי של המסמרת, אף כי גבול המתהוות במסמרת ניתן להגדלה ולצמצום על-ידי שינויי הצורה של הקצה האחורי. אולם לסוג זה של שימוש יש צורך ביותר נתונים על התכונות המכניות, ביחוד על חוזק ההתעייפות מעל לטמפרטורה של הטרנספורמציה. אגב-אורחא, מתחת לתחום-הטמפרטורה של הטרנספורמציה מסוגל הניטינגול לע-

יצור ואיזון גלי הנעה, צלבים ומצמידים מכל הסוגים.
איזון דינמי כללי עד 300 ק"ג באורך עד 2.5 מ'.

●
מחלקה להשחזת שטחים, חיצוני ופנימי

●
מחלקה לחריטה במחרטות העתקה כבדות
GOERGE FICH

●
מחלקה מיוחדת לכל עבודות כרסום אוניברסלי
גלגלי שיניים ומכונות ברוטש לשיניים
פרופילים פנימיים וחיצוניים (כבדות)

„הר-גל“

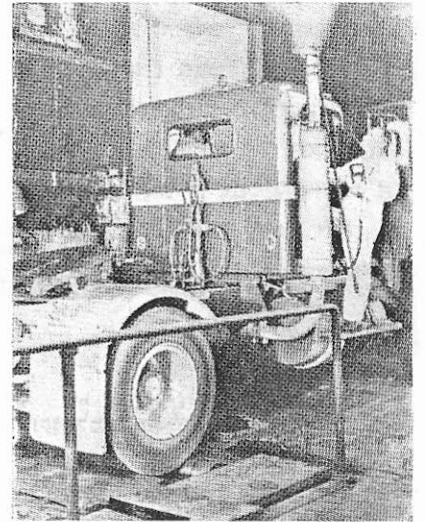
חלפים וגלי הנעה בע"מ

איזור התעשייה חולון, רח' הסתת 6, טל. 841338

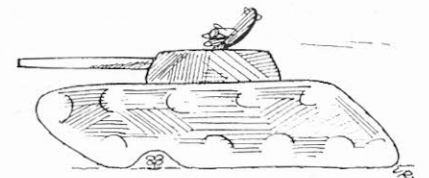
כניסה מכביש טמפו, מול מכון גיאופיזי

אשנין ומוציא

מד-ריכוז עשן הפליטה ברכב כבד

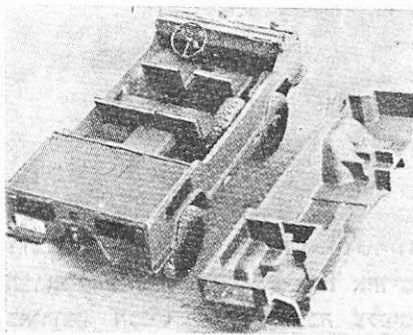


מכשיר המודד את צפיפות העשן בנקודת הפליטה, פותח עלידי חברת "בן-בור" ב"ארה"ב ואושר עלידי מדינת ניו-ג'רסי. המכשיר אינו מושפע מחוסר אור או אור ישיר מהשמש. המכשיר מדויק מאוד. מדידת צפיפות העשן לא זו בלבד שהיא אמצעי לבקרת פליטת העשן, אלא גם מאפשרת כיוונון המנועים לכדי יעילות מקסימלית המביאה לחסכון ניכר בדלק.



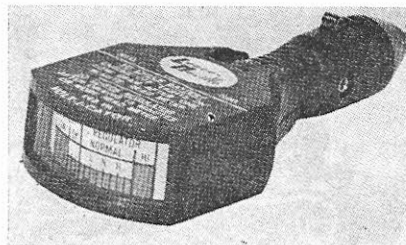
פרח בר מוגן

רכב אמפיבי בעל מהירות גבוהה — מחומר סינטטי



חב' "מסרשמיט-בלקוב-בלום" הגרמנית פיתחה, במסגרת מחקר של המפעל, אבי-טיפוס של רכב אמפיבי בעל עבירות גבוהה. המטרה שלשמה בנו את הרכב היא: בדיקת מבנה הרכב הבנוי בדומה ל"סנדוויץ" מחומר סינטטי — פוליאור-ריטן מוקצף, והתאמתו למאמצים הגדור לים בשעת נסיעה בשדה ובמים. כבר עתה ניתן להצביע על יתרונות: הקטנת ה"משקל — תובת פח שוקלת כ-250 ק"ג יותר, אין בעיות קורוזיה, ניתן לעצב את הרכב כרצון המתכנן, ניצול אופטימלי של הנפח, ניתן להוסיף צורות שונות לרכב, תיקון גוף הרכב פשוט. אין צורך בצביעה ובמשככי תנודות; משטח רצפת הרכב חלק לחלוטין. לרכב מנוע B.M.W. בהס"פ 95 כ"ס, תיבת ההילוכים כוללת 5 הילוכים ופרופלור לנסיעה במים. בתמור נות נראה מראה כללי של הרכב ולידו חתך התובה, הרכב בעת ציפה במים.

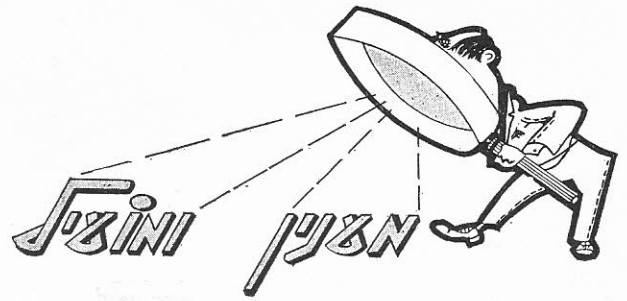
מד-מתח שימושי



חברת "לייס-נייביל" האמריקנית פיתחה מד-מתח חדש ומדויק בעל סקלה צב"עונית המראה את מצב המצבר לפני התנעה, בזמן ההתנעה, בטיבובי סרק, בתוך מהירויות ובמצבי פעולה משתנים. תוק עים את המכשיר לתוך שקע מצית הסג"ריות — הנמצאת בלוח המחוונים של הרכב. למכשיר פרק המאפשר את כיפופו בכל מצב כדי לאפשר קריאה נוחה. מחיר המכשיר נוח וניתן בעזרתו לאתר תקלות פוטנציאליות טרם שהן מהוות בעיה.

מניעת התחממות של מושב המכונית

אמצעי פשוט וזול מונע התחממות יתר של מושב המכונית. על ידי כיסוי המושב ברדיד אלומיניום (נייר כסף) המחזיר את רוב חומה של השמש, נשאר שטח המושב קריר יותר. בציור נראה נייר המושב צופה רדיד שנלקח מאריזות נייר צילום.

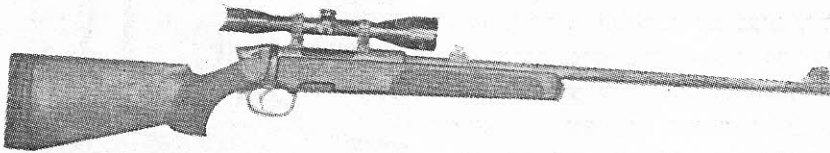


התקן אזהרה לנהגים שבצמיגיהם חסר אוויר

מנותה אינה מוסלת בספק. לב המכשיר הוא יחידת גלאי אלקטרונית המופעלת על ידי מתג המוכנס לצמיג. כאשר לחץ האוויר בצמיג תקין דולקת בלוח המחזורי נים נורית ירוקה; בעת לחץ אוויר נמוך נכבית הנורית הירוקה ונדלקת נורית אדומה.

חברת "גודייר" האמריקנית פיתחה התקן המזהיר את הנהג כאשר בצמיגיו חסר אוויר. בהתאם לדברי היצרן, המערכת זולה, אינה דורשת טיפול ואחזקה ומהי-

חידושים בצבאות העולם

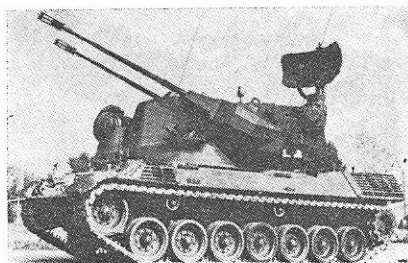


התקן למשקפת ראייה בלילה תתאדומה ניתנת להתקנה. לפי דברי היצרן גדול המקבץ של 10 יריות הוא 9 ס"מ מטווח של 300 מטרים; ונשאר כמעט ביחס ישר עד לטווח של 600 מטרים. החברה פיתחה גם דגם ספורט של אותו רובה המיועד לתחרויות קליעה בין-לאומיות.

סינטטי. תכונות אלה ואחרות נוספות הם בין ההתפתחויות החדשות בשטח הפיתוח של רובה צלפים. משקפת הצלפים מדגם "Kahles Helia Super 6S2" מסופקת יחד עם הרובה. המשקפת מכווננת פנימיית ומגדילה פי-6 כשהגבהה משוננת ל-800 מטר. הכוונות הפתוחות של הרובה מיועדות לשימוש בשעת חרום בלבד.

רובה צלפים חדש בצבא אוסטריה הצבאי האוסטרי בדומה לצבאות אחדים באירופה, הכניס לשירות רובה צלפים חדיש. רובה זה שונה מקודמיו בזה שהוא פרי פיתוח חדיש לגמרי ולא הסבה של רובה שירות הקיים כבר בשוק. הרובה קרוי — רובה צלפים, "שטייר מנליכר 1969" (S.S.G.-69). קליבר הרובה 7.62 מ"מ נאט"ו. תכונות אחדות מציינות את הרובה החדש; בינהן הקנה שחושל בר פטיש כדי להבטיח דיוק קליעה מקסימלי. מנגנון פעולה חדש שהוסב במיוחד לרובה זה וקת מיוחדת העשויה מחומר

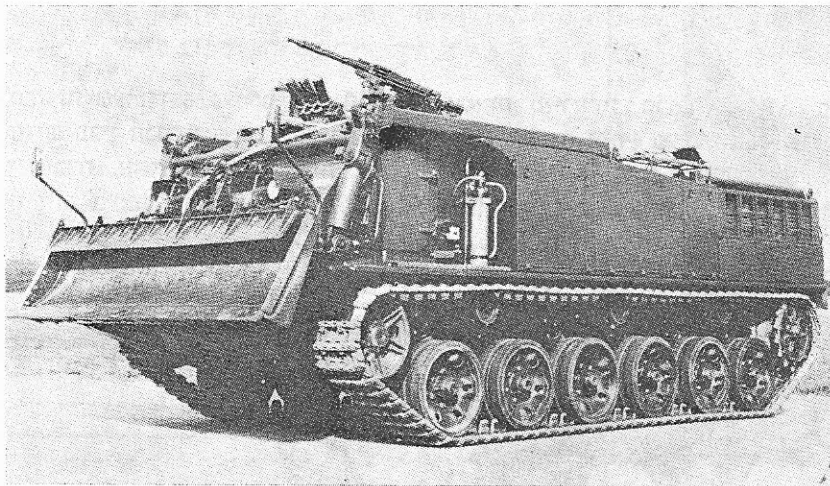
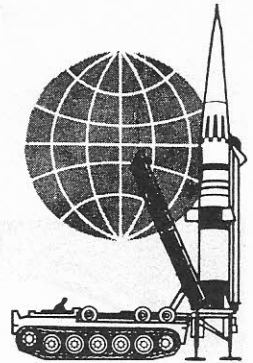
"סימנס" ומערכת בקרת-אש תוצרת "קונ" טרב". מערכת הנ"מ מותקנת על תובת הסנק הגרמני "ליאופרד". צבא גרמניה המערבית שוקל רכישת 500-600 טנקים כאלה; תחילת מועד ההספקה הסדירה מסוף 1974, מעריכים כי מחירו של כל טנק יהיה כ-4-5 מיליון דולר



תותח נ"מ 35 מ"מ

חברת "אורליקון" השוויצרית תספק ל-צבא גרמניה המערבית 4 טנקי נ"מ המ"ש שמישים כאב-טיפוס. הסנק המכונה PFZ/B מצויד בשני תותחים מקבילים 35 מ"מ ומתקן ראדאר עוקב תוצרת חב

חידושים בצבאות העולם

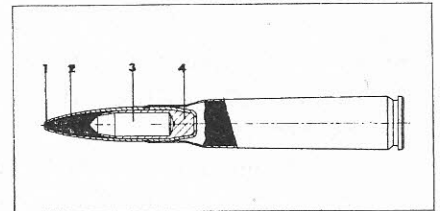


"רכב-חילוץ משוריין 65"

רכב זה יוכנס בקרוב לשירות הצבא הישראלי. רכב החילוץ מבוסס על תובת הטנק השווייצרי Pz-61 ומשקלו 39 טון נה לערך. הטנק מצויד בסכיני-דחפור, כננת ראשית דו-שלבית בעלת הספק של 25 טונה (75 טונה במהירות המשי-תנית ברציפות), כננת-עזר שתפקידה למשוך כלפי חוץ את כבל הכננת הראשית ומנוף המשמש לרמת יחידות ההצלה. הכלי חמוש במקלע 7.5 מ"מ ובי-4 מדוכות-עשן 80 מ"מ.

כדור חודר-שריון חדש

קליבר 0.5"



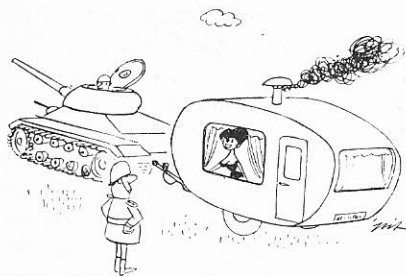
מאחר וכדורים חודרי-שריון הקיימים כיום והנורים ממקלע בראונינג 0.5 אינם יעילים מספיק נגד רכבי-קל משורייני; פיתח הצבא ההולנדי כדור חדש בעל ליבת-וולפרם-קרביד. הכדור החדש AP/HC (חודר-שריון — ליבה קשה) הוא בעל התכונות הבליסטיות של הכדור הישן, אך התכונות של חדירת שריון שלו שופרו לאין ערוך ומשתוות לאלה של כדור חודר-שריון 20 מ"מ — M95.

גים של תחמושת 0.5" ומבטיחים קר-טרסטיות פיזור דומות; לכן אפשר לער-בב את התחמושת החדשה בסוגים שונים באותו סרט. למרות שמחיר הכדור החדש הוא כפול ממחיר הכדור הרגיל מתעניינים בו צבאות של ארצות שונות. ההסבר ליצור: 1 — מעיל הכדור 2 — מילוי מצית או אינרטי 3 — ליבת-וולפרם-קרביד 4 — ציפוי-פנים (Liner).

בעת ניסוי נורו יחדיו כדורים חודרי-שריון הישנים 0.5" — M-2 וחודר-שריון מצית M-8 עם הדגם החודר-שריון-מצית של הכדור החדש, על לוחות שריון הנטו-יים בזווית של 35° ושעוביים 10 ס"מ (שווה לנטיית לוח שריון צדדי של נג"מ"ש).

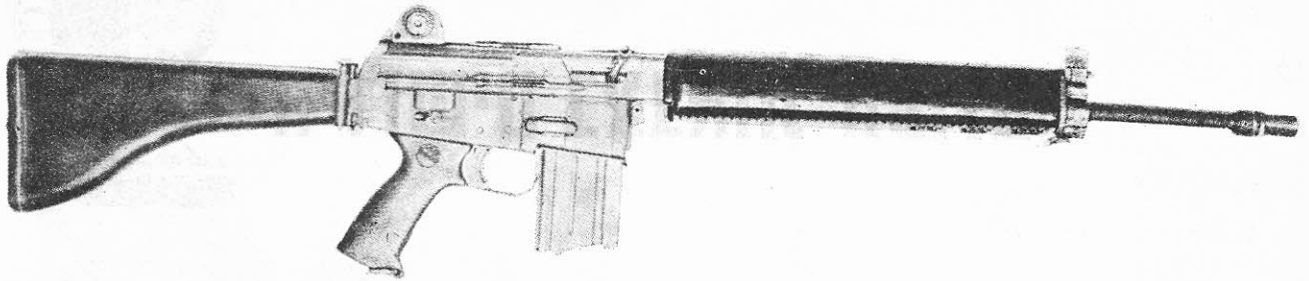
הכדורים נורו בטווחים עד 800 מטר ומזויות שונות; טווח החדירה המקסימלי של הכדור הישן היה — 500 מטר בזווית של 0°, בזווית של 40° הוא חדר מטווח של 150 מטר בלבד. הכדור החדש חדר בטווח של 800 בזווית עד 30° ובזווית של 50° — 350 מטר.

אפקט ההצתה של הכדור החדש גדול מזה של M-8 הישן — בשל כמות גדולה יותר של התרכובת המציתה (גרם וחצי במקום 0.85 גרם). התכונות הבליסטיות של הכדור החדש מתאימות לכל יתר הסו-



כל העם במילואים...

הרובה AR-18 „ארמלייט“



ועל כן הוכנסו בו שיפורים רבים שאינם מצויים בקודמו.

הרובה קל במשקלו מופעל בגז ויורה אש אוטומטית כליל או אוטומטית למחצה — ממזב של בריח סגור. המחסנית מכילה 20 כדורים, הקנה מקורר-אוויר ו מצויד בסתרשף מאוזן רתיעה, המשמש גם כמשגר רימון-רובה ותמך קדמי לכי דון. לרובה קת הניתנת לקיפול. מרובה זה פותח גם תת-מקלע בעל קנה קצר ש כינויו AR-18S. החלקים הנעים של תת-מקלע זה זהים לאלה של הרובה.

השיקול העיקרי שהיווה את שאיפת ה מתכננים היה שה-AR-18 ישיג ביצוע מקסימלי בתנאי-קרב קשים במיוחד. ה שיקול השני היה: השגת פשטות מקסימלית שתמצצם למינימום אפשרי את ה אימון הדרוש לחיילים הקרביים ולאנשי האחזקה. השיקול השלישי היה הוזלת המחיר של ייצור הרובה. ניתן לייצר את ה-AR-18 בהשקעה כספית הנמוכה ב הרבה מהדרוש לייצור כל רובה אחר — ברמת ביצוע שווה. פשטות תהליכי היי צור עשויים להתאים רובה זה במיוחד לייצור במדינות בעלות אמצעי תעשייה מוגבלים.

בניסויים שנערכו נורו מקבצים של 10 כדורים ברדיוס של 6,15 אינץ'; כהשוואה נורו בתנאים זהים מקבצים מהרובים AR-15, AK-47 ו-Vz-58, אולם הם נפלו בתוצאותיהם.

כסיכום ניתן לציין כי ה-AR-18 הוא כלי נשק קל ונוח לתפעול, תכנונו חדיש ו מדויק, מהימן והפעלתו נוחה; הכלי מיוצר בשיטות חדישות ופשטות.

צבאיות ואזרחיות. הרובה AR-15 פרי תכנון החברה אומץ על-ידי צבא ארה"ב וכונה M-16 — הרובה התקני בויאט-נאם. ה-AR-18 מתוכנן להחליף את ה-M-16,

רובה זה שקוטרו 5.56 מ"מ הינו הרובה החדיש מבין הרובים שיוצרו עד כה על-ידי חברת „ארמלייט“ האמריקנית. לחברת זה ותק בייצור רובים אמינים למטרות



AR-18S	AR-18
5.56	5.56
6	6.9
29½	38
20½	28½
10½	18½
15½	20½
2,700	3,250
905	1,270
6.5	6.15
3.94	4.13
830—800	830—800
—	40
—	400
—	300

נתונים טכניים :

- קליבר (מ"מ)
- משקל ללא מחסנית (פאונד)
- אורך כשהקת פתוחה (אינץ')
- אורך כשהקת מקופלת (אינץ')
- אורך הקנה ללא סתרשף (אינץ')
- רדיוס הכוונות (אינץ')
- מהירות-לוע (רגל לשניה)
- אנרגית-לוע (פאונד לרגל)
- מהירות רתיעה (רגל לשניה)
- אנרגיית רתיעה (פאונד לרגל)
- קצב-אש אוטומטית (כדור לדקה)
- קצב-אש בודדת (כדור לדקה)
- טווח יעיל
- אש בודדת (מטר)
- אוטומטית כליל (מטר)

ויקטורי אוטמי שמן

בע"מ

רח' הסתת 10 חולון, אזור התעשייה
טל. 842407 — 845825

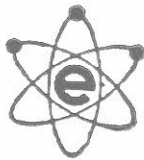


ייצור אוטמי שמן לרכב,
טרקטורים, תעשייה ורכב זחלי.



משרד מכירה:
שימ-גור

יצחק שדה 36, ת"א, טל. 39620



אלקטרונית בע"מ

ייצור וחידוש חלקי חשמל
למכוניות רכב כבד וטרקטורים



עוגנים נותנעים, דיננו,
אלטרנטורים



עמנואל טרכמן,
תל-אביב, רח' שלמה 40, טלפון 826172

דיזל גנרטורים
להספקת מאור וכח
ולשעת חרום

הפעלה:
חשמלית
ידנית
אוטומטית

גדלים:
1 Kw - 1000 Kw

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

הספקה מיידית מהמלאי • שרות • חלקי חילוף
הסוכנים והמפיצים בישראל

י.א. קורץ ובנו בע"מ
חברה להנדסה
תל-אביב דרך שלמה 48 טלפון 822464



"משיח"

מתכות, פרופילי אלומיניום
ומוצרי מתכת

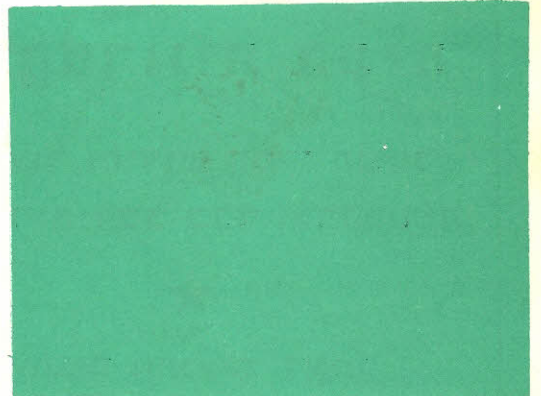
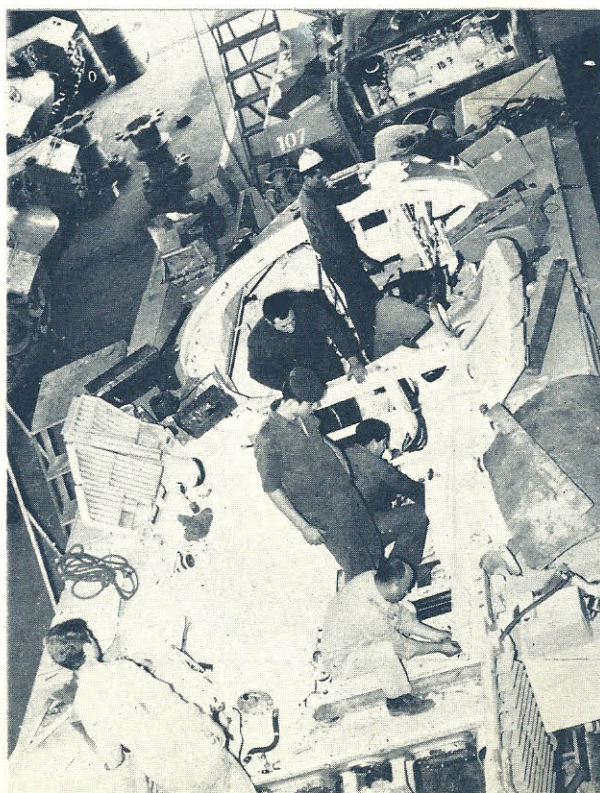
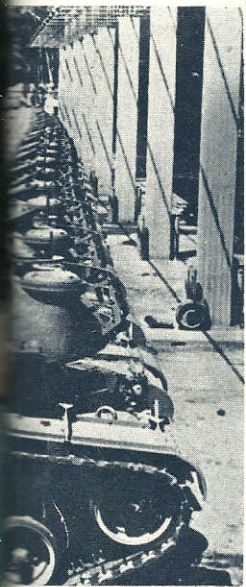
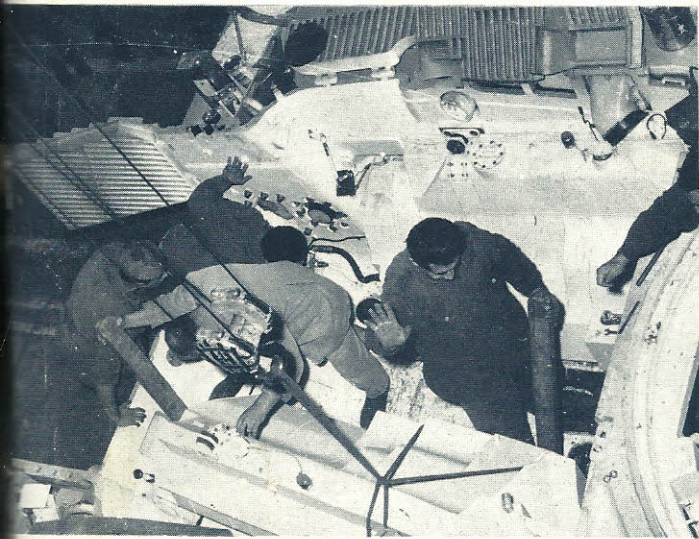
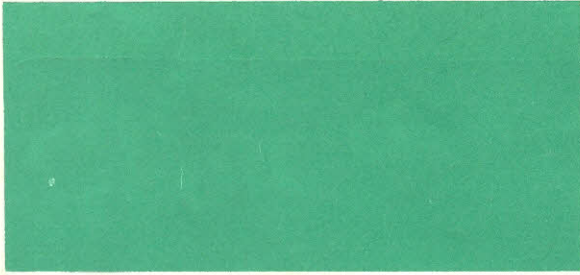
רח' 330 מס' 13 — יפו
טל. 825525 — 824953



"MASHIACH"

METALS ALUMINIUM PROFILS
METALS GOODS

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



המחיר: 1.50 ל"י

דפוס נירט בע"מ