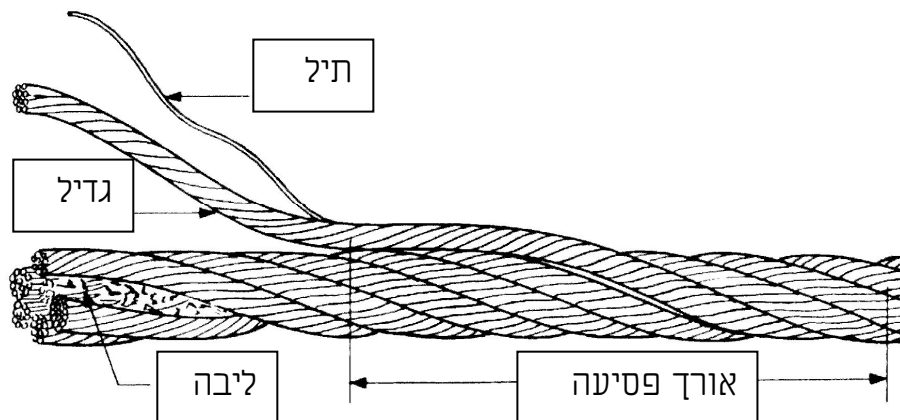


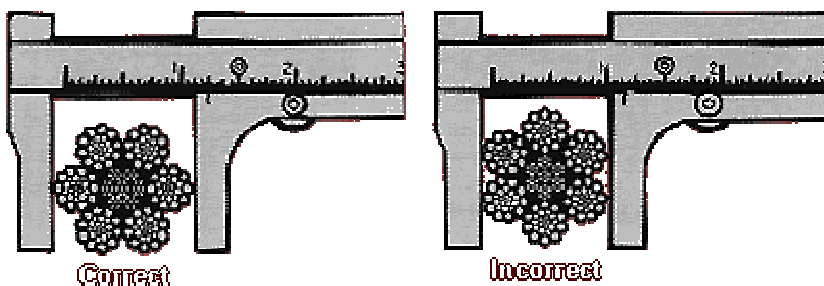
5.2 – כבלים

מבנה מושגים והגדרות

תיל – עשוי פלדה בעל חתך עגול או אחר .
 בדר"כ התיל עשוי מסגסוגת פלדה המעניקה לכבל את תכונות החוזק , העמידה בהתעיפות , והעמידות בשחיקה .
 ניתן לשפר את תכונות העמידה בשיתוך (קורוזיה) ע"י גילון ZNK , יש לשים לב שתהליך הגילון מקטין את העובי היעיל של התיל ועשוי להקטין את החוזק שלו ב 10%
 כבל אל-חלד עשוי מסגסוגת המכילה 18% כרום ו 8% ניקל , עמידות טובה בקורוזיה (משמש בעיקר בכבלי פיקוד ובכלי שיט) .
גדיל – שיכבה אחת או יותר של תילים השזורים בצורה הלית סביב הציר הסימטרי \ הליבה .
הליבה – במרכז של כל כבל עוברת ליבה , הליבה יכולה להיות סיבית או מפלדה
 ליבה סיבית FE - עשויה מסיבים סינטטים FEC כפוליאוריתן או מסיבים טבעיים FEN , יתרון בשימון פנימי ובגמישות של הכבל .
ליבת פלדה SE - עשויה מתיל או מגדיל אחד מפלדה (Independent Wire Core Rope) , חוזק הכבל גדול ב 7% ביחס לכבל עם ליבה סיבית , יתרון בעבודות בחום , בחוזק ובסביבה מאכלת .



אורך פסיעה – מרחק בין שני שיאים של גדיל חיצון אחד , האורך בו משלים הגדיל הקפה מלאה סביב הכבל .



קוטר כבל – קוטר המעגל החוסם .

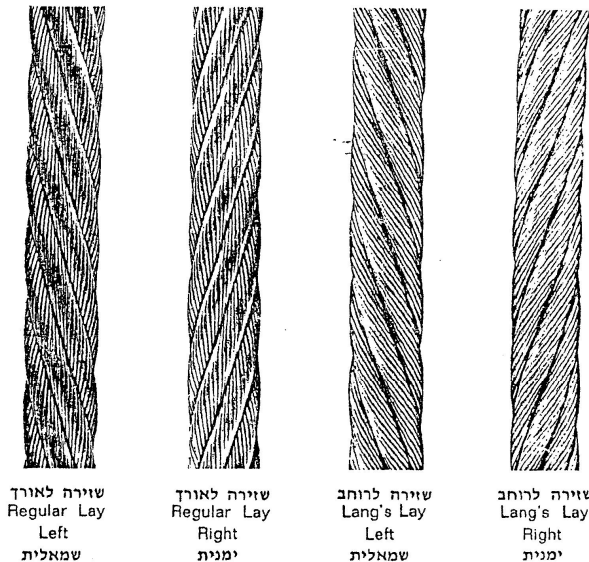
קוטר נומינלי של הכבל אינטש	טולרנסי יצור של הכבל	
	Under	Over
0 - 1/8"	-0	+8%
Over 1/8" - 3/16"	-0	+7%
Over 3/16" - 5/16"	-0	+6%
Over 5/16"	-0	+5%

כיוון שזירה

כאשר מסתכלים לאורכו של כבל הכריכות פונות לכיוון השזירה .
שזירה ימנית מסומנת באות Z , שזירה שמאלית מסומנת באות S -

סוג שזירה

סוג השזירה מגדיר את היחס בין כיווני השזירה של התילים בגדיל לכיוון השזירה של הגדילים בכבל .



שזירה רגילה - Regular - כיוון
השזירה של התילים מנוגד לכיוון השזירה של הגדילים . שזירת תילים בכל שיכבה היא בכיוון אחד אך באורך פסיעה שונה , תילים של שכבות סמוכות מצטלבים .
לכבל יתרונות ביציבות הכבל ובמצבים בהם הכבל נמער ,
וחסרונות בחיכוך ובבלאי פנימי גדולים יותר

שזירה מקבילה - Lang Lay
התילים בכל השכבות בגדיל שזורים במקביל זה לזה ובכיוון אחד .
לכבל כזה יתרונות בעמידות בהתעיפות ובעמידות כנגד שחיקה , חסרונות בנטיות להתפתל ולכן לא רצוי להשתמש בו להרמת משא חופשי .

כבל מעוצב עיצוב קדם SPA

לצורך שיפור איכות הכבל מעצבים את התילים ואת הגדילים מראש דהינו מעניקים להם לפני השזירה צורה הדומה לצורה הסופית בה יהיו מונחים בכבל השזור .
יתרונות הכבל המעוצב : שיחרור מאמצים , הקטנת נטית הכבל להיפתח , וכאשר הכבל ניפתח או התילים מקרעים הם אינם בולטים .
היום מקובל שכבל סטנדרטי מיוצר ככבל מעוצב .

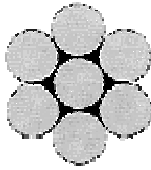
כבל לא מתפתל

כבל שתחת השפעת כח בכיוון ציר האורך אינו מתפתל או מתפתל מעט .

סוגי כבלים

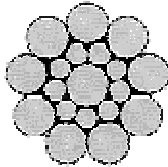
שיכבה בודדת

הדוגמה הנפוצה של כבל 7 תילים, הכבל מבוסס על תיל מרכזי אחד ושישה תילים בקוטר זהה כרוכים סביבו.



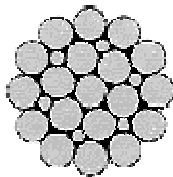
"סיל" Seale

שתי שכבות של תילים מסביב לליבה, בכל שיכבה מספר תילים זהה, בכל שיכבה קוטר התילים שונה, קוטר התילים בשכבה הפנימית קטן מקוטר התילים בשכבה החיצונית.



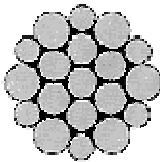
"פילר" Filler Wire

שתי שכבות של תילים בגודל זהה, השכבה הפנימית מכילה כמחצית ממספר התילים בשכבה החיצונית, תילים בקוטר קטן ממספר זהה למספר התילים בשכבה הפנימית ממלאים את החללים בין השכבות.



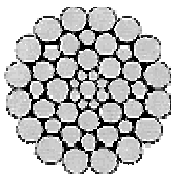
"וורינגטון" Warrington

שתי שכבות, בשכבה הפנימית קוטר התילים אחיד, בשכבה החיצונית תילים בשני קוטרם ובמספר כפול.



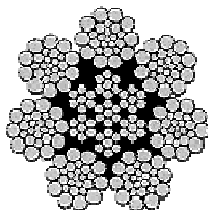
תבנית משולבת Combined patterns

שילוב של שתיים או יותר מהשיטות הבסיסיות



כבלים מיוחדים Special Rope Constructions

שימושים מיוחדים מחייבים פיתוח של כבלים בעלי חתך יחודי כדוגמת 7-Flex®



שם של כבל

שם של כבל מתואר מצרף תכונותיו:

קוטר הכבל במ"מ.

מבנה הכבל לפי צרף של מספר הגידים ומספר התילים בכל גיד, סימון 6 X 19

משמעו כבל שבו 6 גידים ו 19 תילים, סימון 6 X 37 - 6 גידים ו 37 תילים,

סוג הכבל: סייל, פילר, וורינגטון..

סוג הליבה: סיבית או פלדה.

סוג השדירה: רגיל או לאנג, ימני או שמאלי.

גילון

עומס קריעה של הפלדה: 1770, 1570, 1960 (בניטון לממ"ר)

עיצוב קדם

תכןחוזק כבלים

חוזק של כבל מוגדר בטונות או בק"ג ונקרא חוזק "נומינלי" "Nominal" strength

כחלעומס קריעה מינמלי

הערך המחושב שבו או מעליו כבל חדש ישבר בניסוי מתיחה-Minimum Breaking Force

מקדם ביטחון (N)

מקדם ביטחון מוגדר כיחס בין כוח השבירה המינמלי לסך כל הכוחות הפועלים על הכבל .

השימוש במקדם מעניק ביטחון סביר בשימוש בכבל במהלך כל מחזור חייו .

קביעת מקדם הביטחון תלויה באופי העבודה (מהירות העבודה , עומסים פתאומיים , משטר

עבודה קשה) , תכנון הציוד והתוצאה האפשרית של כשל בכבל .

מעל לכל קימות דרישות חוק ותקנים המחייבות ערכים מינמליים מסוימים של מקדמי ביטחון .

מקדם ביטחון במכנות הרמה נקבע לפי קבוצת מכניזם וסוג העבודה –דינמי או סטטי

לדוגמה תקן FEM table T.4.2.2.1.2 ות"י 1158 חלק 2 מגדירים מקדמי ביטחון

לכבלים:

FEM	ת"י 1158 חלק 2	סטטי	דינמי	מטען מסוכן
M1	1Dm	2.5	3.15	
M2	1Cm	2.5	3.35	
M3	1Bm	3	3.55	
M4	1Am	3.5	4	
M5	2m	4	4.5	5.6
M6	3m	4.5	5.6	7.1
M7	4m	5	7.1	9
M8	5m	5	9	9

מקדם ביטחון למענבים

6	לפי תקן BS 1290
6.25 (5/0.8)	לפי תקן ISO 7531
5	לפי תקן ASME B30.9
10	מקדם ביטחון לכבל בפיגום תלוי ממוק
12	מקדם ביטחון לכבל במעלית

חוזק חומרים (S)

חוזק של כבלים מוגדר בתקן ישראלי 565 ובתקן ISO 2232 והוא מתיחסת להגדרת מאמץ הקריעה של הפלדה (גבול תחתון) , החוזק מוגדר ב 4 רמות : 157 , 177 , 196 ו 216 ק"ג \מ"מ² .

שיטה נוספת בה מקובל להגדיר חוזק של כבלים מבוססת על דרוג כבלים לפי Wire Rope

. Grades

IPS - Improved Plow Steel Grade (חוזק בסיסי)

XIP - Extra Improved plow Steel Grade - חזק ב 15% מ IPS

XXIP - Extra Extra Improved Plow Steel Grade - חזק ב 25% מהבסיסי .

חישוב עומס עבודה בטוח של כבל

כאשר נתונים נתוני היצרן שכוללים את עומס הקריעה המינמלי של הכבל יש לחלק ערך במקדם הביטחון לקבלת ע.ב. של הכבל .

במקרים בהם לא נתון לנו עומס הקריעה המינמלי , אפשר לחשב באופן תאורטי את ע.ב. של כבל ע"י מצביאה בתקן ישראלי 565 את מקדם החתך והפסדי השזירה של הכבל .
לאחר חישוב ע.ב. של הכבל יש לבצע הפחתות לטמפרטורה , יחס כפיפה , וחיבורי סופיות .

מקדם K

שילוב של מקדם מקדם החתך והפסדי השזירה , מוגדר בת"י 565 טבלה 4 עבור כל סוג כבל (ניתן למצוא את המקדם הנ"ל גם בתקן ISO 2408 table 3 אם כי הערכים שם שונים במקצת)
לדוגמה כבל סיל ליבה סיבית 6X19 מקדם החתך והפסדי השזירה $K=0.33$

חישוב ע.ב. SWL

$$SWL = K \cdot D^2 \cdot S / N$$

SWL – עומס עבודה בטוח בק"ג

K – מקדם חתך והפסדי שזירה

D – קוטר הכבל במ"מ

S – מאמץ קריעה של הפלדה ב ק"ג למ"מ² (157 , 177 , 196 , 216)

N – מקדם ביטחון

כלל אצבע לחישוב ע.ב. של כבל 6X19 לעגורן בעל מאמץ קריעה 177 ק"ג למ"מ² , ומקדם ביטחון 4 , עם מצמודת יצוקה לפי ת"י 565 :

$$SWL = 14 \cdot D^2$$

כלל אצבע לחישוב ע.ב. במענב לכבל סיל במאמץ קריעה 157 ק"ג למ"מ ומקדם הביטחון 6

$$SWL = 8 \cdot D^2$$

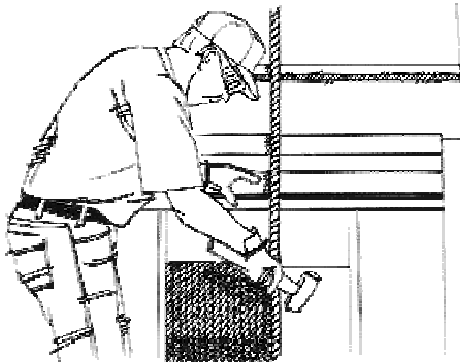
סימון כבלים

החוק קובע כי כל כבל ומענב המשמש להרמה יסומן בעומס העבודה הבטוח שלו ובמספר זיהוי , במחסן חייב להימצא לוח עומסי עבודה בו יהיו רשומים עומסי העבודה הבטוחים של הכבל , ולגבי מענב רב עינפי – עומסי העבודה הבטוחים לזוויות השונות של הענפים .

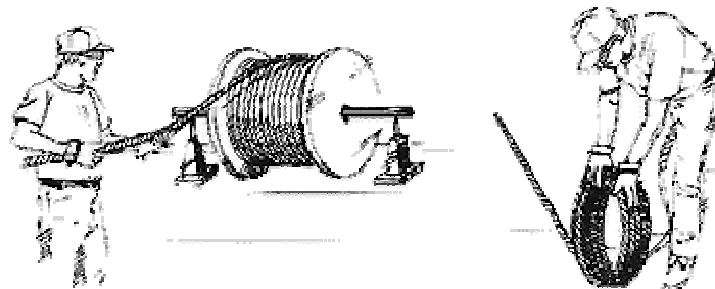
כללי השימוש בכבלי הרמה

ניתן להאריך את אורך חיוו של כבל ע"י טיפול ותחזוקה

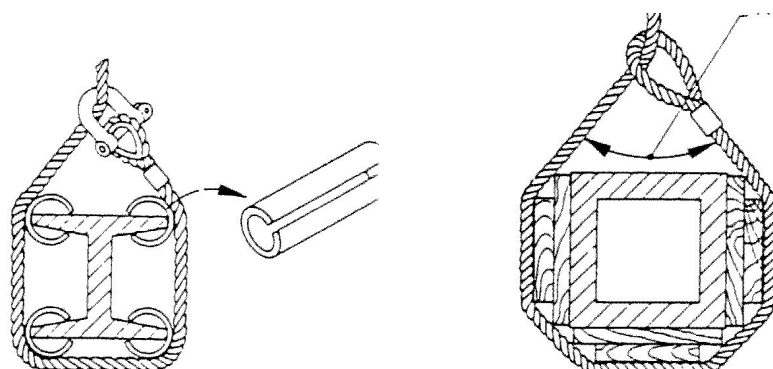
נאותים :



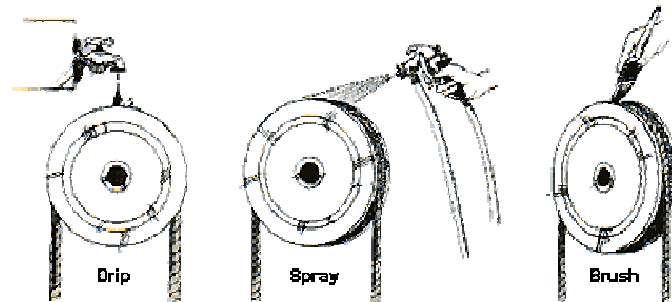
- ❖ במהלך ההתקנה יש להימנע מהכנסת פיתולים למערכת הכבלים .
- ❖ כריכת כבל על כננת תתבצע תוך הידוק הכבל לכננת והצמדתו ליתר הכריכות . יתרת הכבל תכרך על הכננת במתיחה של 1%-2% מעומס הקריעה . בכריכת כבל על כננת יש לוודא יתרה של שתי כריכות במצב עבודה בו כל הכבל פרוש . בגמר התקנה הפעל את הכבלים לזמן קצר ללא עומס ולאחר מכן הפעלה בעומס ומהירות מבוקרים .
- ❖ כבל חדש נוטה להימתח תחת עומס ב 1/4% ל 1% כתוצאה מתזוזת התילים ומילוי המירוחים בתוך הכבל .



- ❖ אין להעמיס כבל מעל לעומס העבודה המותר .
- ❖ יש להימנע מהפעלת עומסים פתאומיים .
- ❖ יש להימנע מכיפופים חדים .
- ❖ אסור שכבל יגע בפינות חדות , במקומות כאלה יש להתקין כריות מגן ולזחות עץ להגנת הכבל .



- ❖ השימוש שיצור הכבלים מספק אינו מספק הגנה על הכבל במשך כל חייו ולכן יש להקפיד על שימוש תקופתי סדיר של הכבל בעיקר שלא יחליד, השימוש מקטין את החיכוך, ומונע קורוזיה, יש לנקות את הכבל מליכלוך, חול ואבק לפני השימוש, אין להתשתמש לשימוש בגריז או בשמן מנועים.



- ❖ יש לאחסן את הכבל במקום נקי ויבש. רצוי לתלות על הקיר או להניח על משטח עץ, אין לאחסן כבל ישירות על הריצפה.
- ❖ כאשר צריך לחתוך כבל יש קודם לכן לקשור את הקצוות של מקום החיתוך בחוטי ברזל כדי ששני הקצוות לא יתפוררו אחרי החיתוך.
- ❖ עם גילוי קורוזיה או תילים קרועים ליד סופיות ניתן לחתוך את הקטע הפגום ולקצר את הכבל.
- ❖ קטעים הנתונים לפעולה מחזורית קבועה רצוי להחליף ע"י שינוי אורך הכבל (למשל את קטעי המעבר בגלגלות).
- ❖ קצוות כבל יחוברו בעזרת סופיות (ראה פרק 5.2.1).
- ❖ בכבל המותקן במכונת הרמה יש לבצע בדיקה חזותית יומית בכל החלקים הגלויים שלו.

בדיקת כבל

כל הכבלים מבלי יוצא מהכלל נשחקים, נקרעים, ויוצאים מכלל שימוש במהלך העבודה. מכאן החשיבות של ביצוע בדיקה תקופתית לכבלים, פקודת הבטיחות בעבודה מחייבת בדיקת הכבלים לפחות אחת ל 6 חודשים.

בדיקת כבל במענב

הכבל מסומן בע.ע.ב. ומצויד במספר זיהוי.
פרישת הכבל במלוא אורכו על הריצפה או בתליה
בדיקת הכבל לכל אורכו לאיתור:
תילים וגידים קרועים
ליבה חשופה
עיוותים, כיפופים ופיתולים.
שינוי מקומי בקוטר הכבל
שחיקה חיצונית ופנימית
איכול (קורוזיה) פנימית וחיצונית.
סימני מזקים של חום, ריתוך או חומצה.
הקשחה של הכבל.
יש להקפיד על בדיקה בנקודות התורפה הבאות:
איזור החיבור לסופיות המועד להתעייפות ולשיתוך, כולל בדיקת הסופיות.
קטעים הנמצאים בעומס בזמן עבודה רגילה.
קטעי כבל העשויים להישחק ע"י גורמים חיצוניים.
הכבל נקי ומשומן/מגורר

קריטריונים לפסילה של כבלים

תיילים קרועים

התקנות והתקנים השונים מגדירים קריטריונים שונים לפסילת כבלים כתלות במספר התיילים הקרועים :

במענבים : לפי מפמ"כ 401 קריטריון פסילה במענבים 5% באורך קטע של 6 קטרים , או 3 קרעים מקומים באזור או בגיד אחד , או ריכוז של תיילים קרועים ליד סופית .
לפי פקודת הבטיחות בנמלים : פסילה כאשר לאורך של 8 קטרים יש 10% תיילים קרועים .

במכונות הרמה : לפי ת"י 1202 מספר התיילים הקרועים הפוסלים כבל תלוי בקוטר הכבל , בכיוון השזירה , בקבוצת המערכת (M) ובאורך קטע הכבל בו נקרעו התיילים (ראה טבלה 1 בת"י 1202).

לדוגמה עבור כבל סטנדרטי שזירה רגילה 6X19 סייל בעל 114 תילים וקבוצה M2 : 5 תילים קרועים במרחק 3D או 10 במרחק 6D יפסלו את הכבל .
 בטבלה הבאה מרוכזים קריטריוני הכשל בתקנים האמריקאים :

		מספר תיילים שבורים בכבל רץ			מספר תיילים שבורים בכבל סטטי	
תקן	ציוד	בשכבה אחת	בגדיל אחד	בחיבור לסופית	בשכבה אחת	בחיבור לסופית
ASME/B30.2	עגורני שער ועגורנים עליים	12**	4	N/S	לא מוגדר	
ASME/B30.4	עגורני צריח	6**	3	2	3	2
ASME/B30.5	עגורנים ניידים	כבלים רצים	6**	3	2	3
		כבלים עומדים	שני תיילים קרועים באורך של 6 מטרים או 4 תיילים קרועים ב אורך של 30 קטרים			
ASME/B30.7	כננות	6**	3	2	3	2

כאשר מזהה בעיה של תיילים קרועים יש לחזור ולבדוק תוצאות של בדיקות קודמות של אותו הכבל על מנת לאתר הידרדרות במצב הכבל במידה ויש .
 בכבלים רב שכבתיים יבדקו רק השכבות החיצוניות.
 במקרה של קרעים בתיילים באזור אביזרי קצה – אפשר לקצר את הכבל ולחבר מחדש אביזר חיבור .

כאשר מתגלה תיל קרוע ניתן לבצע אבחון ראשוני של סיבת הכשל לפי צורת השבר :

כאשר הכשל נובע ממאמץ

מתיחה לשבר צורה קונית .



בכשל הנובע מתופעת

התעייפות לשבר צורה

מרבועת וחדה .



גיד קרוע - קרוע או שבור – פסילה מידית

הישלפות תילים – מספר תילים נשלפים מהגיד בעיקר בצד הכבל המנוגד לגלגלת , כתוצאה מכך

נוצרות לולאות - אם התופעה חמורה לפסול .

הישלפות גדלים - פסילה מידית

ליבה חשופה – פסילה מידית

עיוותים , כיפופים ופיתולים

גליות – פסילה כאשר לכבל צורת בורגית בקוטר 133%

מקוטר הכבל .



דמוי סל – נוצר כתוצאה משיחרור עומס פתאומי ,

תזוזה ופתיחה מרווחים גדולים בין הגידים בשכבות החיצוניות ואי חזרה למצב המקורי - מחייב

פסילה מידית.



עקלים Kink – כאשר הכבל רפוי - פסילה מידית .

כיפופים – עיוות זוויתי של הכבל בו נהרסת השזירה ולב הכבל

נהרס – פסילה מידית.

מעיקה - קטעים משוטחים כאשר הכבל הושטח ב 20%

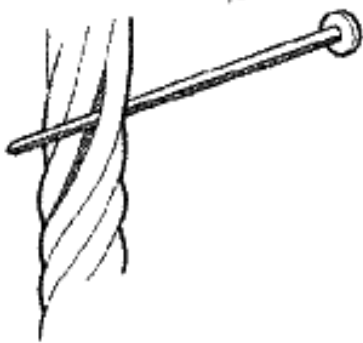
מהקוטר – לפסול .



שינוי מקומי בקוטר הכבל

- גידול מקומי בקוטר – כתוצאה מתפיחת ליבת סיבית שסופחת לחות ונוצרת קורוזיה פנימית – בתופעה חמורה לשקול פסילה .
- הקטנה מקומית בקוטר הכבל – בד"כ בגלל שבר בליבה , בדיקה קפדנית ולשקול פסילה .

שחיקה פנימית או חיצונית .



שחיקה פנימית בשל חיכוך בין הגידים והתילים , שחיקה חיצונית באיזורי המגע עם גלגלות , בירידה בקוטר מעל 7% לפסול, ולפי מפמ"כ 401 במענבים בירידת קוטר של 10% .

קורוזיה פנימית או חיצונית .

שיתוך חיצוני ניתן להבחנה בבחינה ויזואלית . כאשר מבחינים בחלודה מתפוררת ניתן לפסול או להוריד עומס .

בשיתוך פנימי ניתן לראות הקטנה בעובי בכבל במקומות בו הכבל כרוך מסביב לגלגלת ועליה בעובי הכבל במקומות בהם הכבל ניח .

סימני נזק מחום , חומצה , ריתוך .

קשת חשמלית המתבטאים בשינוי צבע – פסילה .

הקשחת כבל

- ירידה בגמישות מלווה בד"כ בהקטנת עובי הכבל , התארכות ומרווחים בין התילים והגדילים – עלול לגרום לכשל מידי תחת עומס דינאמי – לפסול מיד .