



ת-109

## סיבי זכוכית (פיברגלס)

### השימוש בסיבי זכוכית

סיבים, מסווגים בשתי קבוצות ראשיות של חומרים: סיבים טבעיים וסיבים המיוצרים ע"י האדם - Man Made Mineral Fibers (MMMMF). סיבי זכוכית מסווגים בתת קבוצה של סיבים מינרלים שבקבוצה הראשית - MMMF.

שימוש בסיבי זכוכית החל כבר בשנות ה-30 של המאה שעברה בעיקר למטרות של בידוד תרמי ואקוסטי של מבנים. בידוד זה שומר על קרירות הבתים בקיץ ועל חמימותם בחורף ובכך נחסכת אנרגיה ומצטמצם הזיהום לסביבה. כיום קיימים שימושים נוספים ומגוונים לסיבי זכוכית. הסיבים מיועדים לשמש כחומר בידוד לבתים, צנרת ואחרים, לשיכוך רעש במטוסים וכלי רכב, כתוסף שריון, המשפר תכונות פיזיקליות של חומרים פלסטיים, כמצע לסינון מים ונוזלים משתכים ועוד. עם זאת סיבי זכוכית מסוכנים לבריאות האדם.

### תהליך הייצור

קיימות מספר טכניקות לייצור הסיבים, על פי רוב בתהליך של סחרור בדומה לדרך שבה מייצרים "צמר - גפן מתוק" מסוכר; מתיכים תחילה חול וזכוכית ממוחזרת, את ההתך מעבירים דרך צלחת המחוררת בשוליה אלפי חורים זעירים והמסתובבת במהירות גבוהה. כוח הסיבוב דוחף את הזכוכית ההולכת, מתקררת ומתמצקת דרך החורים. בצורה זו הופכת הזכוכית מנוזל צמיג למוצק בצורת סיבים דקים וארוכים. ברוב המקרים מצפים את הסיבים במלכדים פולימריים הקושרים אותם במטריצה מרחבית ביחד. לאחר מכן הסיבים עוברים בסרט נע דרך תנור, מעוצבים כיריעות שמיכות, לוחות בידוד קשיחים, מעוצבים לגופי כיסוי של צינורות, או מקוצצים לחומר בידוד בתפזורת.

סיבי הזכוכית התעשייתיים המקובלים הם בקוטר של 3 - 10 מיקרון. חלק קטן מהם, המשמש ליישומים מיוחדים (סוללות, בידוד אקוסטי) עשוי להגיע עד לקוטר קטן של מיקרון אחד. סיבים אלה בהיותם חומרים אמורפיים (חומרים שאינם גבישיים) זגוגיים יכולים להישבר לרוחבם בלבד, כך שקוטרם אינו משתנה. תהליך ייצורם מבוקר ומבטיח מידות אחידות, פחות או יותר, המתאימות ליישומים מסחריים. באופן זה מספר החלקיקים הקטנים, המסוכנים הנו מזערי. סיבי אסבסט, בהבדל מסיבים אלה בהיותם חומרים גבישיים שמקורם ממינרל טבעי נוטים ויכולים להישבר גם לאורכם, כתוצאה מכך קוטרם קטן ומכאן חדירותם הגבוהה לאזורים המרוחקים ביותר של הריאות.

אני יש גולגול!



## חשיפת מערכת הנשימה

מערכת הנשימה של האדם כוללת מספר אמצעי הגנה המווסתים, מנקים את האוויר הנשאב לתוכו ומרחיקים חלקיקים שונים מהריאות. מסלול תנועת האוויר בריאות, דומה לעץ הפוך המתפצל ליחידות קטנות יותר ויותר ככל שמתקרבים לריאות עצמן. בחלקו העליון של המסלול יוצרים תאי קנה הנשימה והסימפונות ליחה הנדחפת בהתמדה על ידי תנועת ריסים שעל תאי הציפוי לכיוון הפה. כאשר אדם נושם, החלקיקים שבאוויר נתקלים בליחה ומועברים חזרה לגרון, שם הם נבלעים או נפלטת החוצה על ידי הרוק. מערכת נשימה בריאה מסוגלת לנקות את עצמה מחשיפה לאבק או סיבים תוך פרק זמן של מספר שעות. הגנות נוספות הקיימות במערכת הנשימה: התכווצות צינורות הסימפונות, שיעול ועיטוש. חלקיקים דקים שקוטרם קטן מ- 3 מיקרון מסוגלים לחדור לתוך הריאות, במקרה זה מתחיל לפעול קו הגנה שני. החלקיקים יכולים להיבלע על ידי סוג של תאי דם לבנים הנקראים פגוצטים. לאחר בליעתם נעים התאים אל הסימפונות ומשם הם נפלטת החוצה.

המחקרים בדבר השפעתם הפוטנציאלית של סיבי זכוכית על גוף האדם, או ליתר דיוק אבק הנוצר מהם נערכים זה למעלה מ- 50 שנה. במחקרים אלה הושם דגש על שלושה נושאים: הערכת רמת החשיפה של עובדי ייצור בסיבי זכוכית ושל המשתמשים הסופיים, ניתוח ממדי התמותה של עובדי הייצור וסיבותיה וניסויים בבעלי חיים. בראשית דרכם התמקדו המחקרים באיברי הנשימה ובפרט בריאות של עובדים. מחקר שנערך על קבוצות עובדים שונות לא הוכיח קשר נסיבתי בין מחלות ריאה וחשיפה לסיבי זכוכית. למעשה הראו רוב הבדיקות שהסיבים מותקפים ע"י נוזלי הריאות, נשברים לחלקיקים ונפלטת או מתמוססים לאחר מכן.

מחקר ניסיוני, שנערך משנת 1940 ועד 1985 על יותר מ- 30,000 עובדים בצפון אמריקה בקרב 30 מפעלי תעשייה שונים, בדק השלכות רפואיות של חשיפה לסיבי זכוכית. חלק מהעובדים שהשתתפו במחקר היו חשופים במשך תקופה ארוכה, עד 40 שנה. במחקר ניסיוני זה, לא נמצא קשר בין החשיפה לסיבי זכוכית לבין בעיות בריאותיות. מחקר אחר שנערך באירופה, בדק 23,000 עובדים ב- 13 מפעלי תעשייה שונים. ממצאי המחקר היו דומים לאלה שנתקבלו בצפון אמריקה. גם במחקר זה לא נמצאו הוכחות לנטייתם היתרה של העובדים לחלות במחלות ריאות. ראוי לציין שהמחקרים הנ"ל התקיימו בתקופה שבה הבקרה ההנדסית המודרנית עדיין לא הייתה מקובלת.

האפקט המשולב של עישון וחשיפה לסיבי זכוכית לא נבדק בצורה יסודית. ידוע שעישון גורם למספר רב של מחלות ריאה, אולם אין נתונים על ההשפעה הנוספת של חשיפה לסיבי

*אני יש אשכול!*



זכוכית. סביר להניח, שכמו כל אבק אחר, יכול אבק סיבי זכוכית להחמיר מחלות כגון אסטמה או ברונכיטיס. למרות זאת מחקרים מתקדמים שעשו שימוש בקרני רנטגן ובבדיקות של תפקודי הריאות לא גילו עליה בסימפטומים הכרוניים של הנשימה כתוצאה מהחשיפה לסיבי זכוכית.

בשנת 1991 הכריזה OSHA, (ארגון הבריאות התעסוקתי בארה"ב), שאבק סיבי זכוכית יטופל כאבק מטריד. הדבר עוגן בחוק וחייב את המעסיקים לנקוט בשיטות שונות למניעת חשיפת עובדיהם לאבק זה, לרבות שימוש בציוד מגן לדרכי הנשימה. מיגון דרכי הנשימה הוא נושא מורכב ויש לטפל בו באופן פרטני. שימוש בציוד מגן נשימתי כבר הומלץ על ידי יצרנים במקומות שריכוז הסיבים עולה על סב אחד לסמ"ק אוויר. מכל מקום ציוד מגן הוא אמצעי כאשר אמצעים הנדסיים אחרים אינם יעילים מספיק. ציוד זה יש לבחור בקפידה. התאמה אישית חשובה כאן ביותר. במקרה של אבק סיבי זכוכית, דרוש מסנן בעל איכות סינון גבוהה או מסנן מסוג אבק/אדים בעל אריזה מתחלפת. האריזות המתחלפות מיועדות לשימוש קצר מועד ויש להחליפן כאשר הלחות מעוותת את צורתן ויש חשש לאטימה לקויה של דרכי הנשימה. חשוב להדריך את העובדים בכל הקשור למגבלות הציוד, משך הזמן שניתן להשתמש בו ואופי העבודה הכללי.

### חשיפת העור

סיבי זכוכית ידועים ביכולתם לחדור לתוך השכבה החיצונית של העור ולגרום לפריחתו. ככלל ככל שהסיבים גדולים יותר, גירוי העור חריף יותר. גירוי זה קשור בדרך כלל בסיבים בעלי קוטר של מעל 5 מיקרון. עובדים הנחשפים לראשונה או לסירוגין לסיבים אלה מפתחים פריחה קלה. לאחר מספר שבועות של חשיפה מתמדת התופעה נחלשת. סכנות ממשיות כתוצאה מחשיפת העור לסיבים אינן ידועות.

כדי למנוע פריחות ונזקים, מומלץ ללבוש בגדי עבודה עם שרוולים ארוכים ולהשתמש באוורור מקומי. שיטות אחרות המקובלות להקלת גירוי העור הנן שטיפה תכופה במי סבון ושימוש במשחות המכילות קלמין וקורטיזון.



## תחיקה בארץ ובעולם

בהתאם לתקנות ארגון הפיקוח על העבודה (ניטור סביבתי וניטור ביולוגי של עובדים בגורמים מזיקים) - 1990, מגדירים "**סיבים מינרליים**" באופן הבא: "סיבים מינרליים טבעיים או מלאכותיים, אנאורגניים, לרבות סיבי זכוכית, צמר סלעים, צמר סיגים וסיבים רפרקטוריים - קרמיים, ולמעט אסבסט לסוגיו, שאורכם עולה על 5 מיקרון וקוטרם קטן מ- 3 מיקרון, והיחס בין אורכם לקוטרם גדול מ- 3". במסגרת הגדרה זו של סיבים מינרליים מלאכותיים אנאורגניים נכללים סיבי זכוכית בהם נעשה כנאמר שימוש רב כחומר בידוד תרמי ואקוסטי.

כמו כן בתוספת הראשונה לתקנות אלה מצוינים סיבי זכוכית בתור פריט מספר 26 "סיבים מינרליים: סיבים אלה מוגדרים כ- "גורמים מזיקים מסוימים המחייבים בדיקה סביבתית תעסוקתית אחת לשנה". ערך תקן החשיפה המשוקללת המרבית המותרת לאבק מזיק של סיבים מינרליים, יהיה הריכוז המשוקלל המרבי המותר של הסיבים באוויר (TLV – TWA): (שלא יעלה על סיב אחד בלבד לסנטימטר מעוקב אוויר; (המדובר הוא בסיבים שאורכם עולה על 5 מיקרון, קוטרם פחות מ- 3 מיקרון, והיחס בין האורך לרוחב הוא גדול מ- 1:3). בהתאם לתקנות אלו קיימת חובה לבצע ניטור סביבתי-תעסוקתי אחת לשנה לסיבים מינרליים.

במדינת ישראל קיימות תקנות לגבי מספר חומרים מסרטנים שחלקם נאסרו לשימוש, חלקם הוגבלו בשימוש, ועבור חלק מהם נקבעו דרישות ניטור סביבתי ומעקב רפואי של העובדים בחומר.

סיבי זכוכית, מסווגים ע"י ה-ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), שהוא הארגון של הגיהותנים התעסוקתיים העובדים במסגרת ממשלת ארה"ב, כדלקמן:

ערך החשיפה המרבית המשוקללת המותרת הוא: A3: Glass Wool Fibers 1 f/cc, כלומר: הריכוז שמותר שימצא באוויר הוא סיב אחד בלבד לסנטימטר מעוקב אוויר (המדובר הוא בסיבים שאורכם עולה על 5 מיקרון, קוטרם פחות מ- 3 מיקרון, והיחס בין האורך לרוחב הוא גדול מ- 1:3).

A3 מוגדר ע"י ACGIH (מפרסמי ערכי ה- TLV) בתור Animal carcinogen, כלומר "מסרטן לבעלי חיים ללא נגיעה לבני אדם".

ה- NTP (National Toxicology Program of the public health service), שהוא "התוכנית הטוקסיקולוגית הלאומית של השרות לבריאות הציבור של ממשלת ארה"ב", מסווג את צמר הזכוכית כשייך לקבוצה הנקראת "Substances or groups of Substances, and medical treatment which may reasonably be anticipated to be carcinogens", כלומר: "חומר או קבוצת חומרים, או טיפולים רפואיים אשר סביר לצפות כי הם מסרטנים".



סוכנות הבריאות הפדרלית של גרמניה (German federal health agency) פיתחה אינדקס להערכת פוטנציאל הסרטון של חומרים הנקרא "Cancer Index) = K – Index", שיושם שם החל משנת 1994. אינדקס זה קובע כי באם סיב מסוים מקבל, בהתאם לסדרת קריטריונים שנקבעו לצורך זה, ערך מספרי העולה על 40 הרי שסיב זה נחשב כבלתי מסוכן מבחינת פוטנציאל סרטון. אם ערך המספר פחות מ- 40 יש הכרח, כתנאי לשימוש בו, להשתמש בתקנות ובחוקים הרלבנטיים לנושא העבודה עם החומר הזה. לגבי צמר זכוכית הצליחו יצרני סיבי הזכוכית הגרמניים לפתח סיב שדירוגו הוא מעל 40 בסולם אינדקס K.

## כללים לעבודה בטיחותית

**ביגוד** להפחתת מגע העור בסיבים, יש ללבוש לבוש רפוי, חולצות עם שרוולים ארוכים, חופשיים סביב הצוואר ופרקי הידיים, מכנסיים ארוכים, כובעים ולעתים יש צורך גם בכפפות.

**הגנה על העיניים** למניעת חדירת סיבים המרחפים באוויר, חובה להרכיב משקפי בטיחות עם מגיני צד ולעתים גם מגיני פנים. ההגנה על העיניים מומלצת בעיקר בעבודות חיתוך של חומרי בידוד, בפעולות של נשיפה, או בזמן הרכבה של מוצרים אלה.

**הגנה על הנשימה** בעבודה עם מוצרי סיבים עדינים מאד בעלי קוטר הקטן מ- 1 מיקרון, מקומות שאינם מאווררים כגון מקומות סגורים, יש להשתמש בציוד מגן נשימתי מתאים.

**הימנעות מגירוד** יש להימנע משפשוף או גירוד העור כאשר סיבי זכוכית "יושבים", עליו.

**רחיצה** שטיפה יסודית במים חמים ובסבון עדין ושימוש במשחות כגון קרם לעור הפנים והגוף, מסייעים להסרת הסיבים ומניעת גירוי.

**אורור** כדי להפחית את האבק בתחנות העבודה יש להתקין אורור מקומי בשאיבה המתוכנן ומתוחזק כהלכה.

**פחי אשפה** אין לאפשר הצטברות פסולת על הרצפה. יש להתקין פחי אשפה בקרבת תחנות העבודה.

**אוויר דחוס** יש להימנע משימוש באוויר דחוס לניקוי, דבר זה עלול להגביר את כמות הסיבים באוויר.



**המוסד לבטיחות ולגיהות**  
בטיחות ובריאות בעבודה - זה אנחנו.

## מרכז מידע ואינטרנט

רח' מזא"ה 22 ת.ד. 1122, תל-אביב 61010  
טלפון: 03-5266455 פקס: 03-5266456 חיוג מקוצר 9394\*  
www.osh.org.il info@osh.org.il

**ניקיון מקום העבודה** יש לרכז את הציוד והפסולת במקום העבודה. יש להימנע מטיפול מיותר בשברי סיבי הזכוכית וכן אין לאחסנו על הרצפה.

כדי שכבסים רגילים לא "ידבקו" בסיבים, יש לכבס את בגדי העבודה ששימשו בעבודה עם סיבי זכוכית בנפרד מיתר הכבסים. במקרה שהבגדים מכילים סיבים רבים, מומלץ להשרות ולשטוף אותם לפני הכביסה.

### כביסה נפרדת



*אני יש גשולתי!*

המידע הנמסר ע"י מרכז המידע אינו מהווה חוות דעת אלא ריכוז מידע ממקורות שונים המובא בשם אומרו