

מרכז מידע

בסיוע "הפעולה המונעת" -
משרד העבודה והרווחה
רח' מזא"ה 22, ת.ד. 1122, תל-אביב
61010

ת-112

צמר סלעים



מאת: זהר שטרן



המוסד לבטיחות ולגיהות

יוני 2001

צמר סלעים

השימוש בצמר סלעים

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

השימוש בצמר סלעים החל כבר במחצית הראשונה 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 לצמר סלעים. הסיבים מיועדים לשמש כחומר בייצור לוחות בידוד תרמי ואקוסטי, שאינם דליקים ועמידים בפני לחות וחום. לוחות הבידוד משמשים כמחיצות הפרדה פנימיות, לחיפוי תקרות, אריחי תקרה אקוסטית, רצפות צפות, תרמילים לצנרת חמה, מיזוג אוויר ואוורור.

צמר סלעים משמש כמרכיב חשוב ביריעות לאיטום גגות. היריעות מכילות זפת ואספלט כחומר קושר ואוטם ומשמשות כחומר חיפוי לאיטום ולהגנה בפני חדירת מים.

כמו כן משמש צמר סלעים בייצור אריחי ריצוף העשויים מחומרים פלסטיים ויניליים. נעשה שימוש בצמר סלעים בצובר במקום בו לא נדרש מחומר הבידוד לשאת כוחות כגון: מילוי צנרת לטמפ' גבוהה בתחנות כוח ואוניות, מכרות, בידוד חיצוני לתנורים ולמבנים, בידוד לגגות ולקירות.

משתמשים בצמר סלעים כמרכיב חשוב באטמים, בפרט באותם המקרים בהם נדרשת עמידות בטמפ' גבוהות לאורך זמן, כגון: תנורים, מנועים, מפלטי רכב ועוד.

נעשה שימוש רחב בצמר סלעים עם צמנט כחומר לציפוי בהתזה על קירות. הציפוי משמש להגנה בפני אש וכנגד חדירת מי עיבוי. כמו כן החומר משמש לבידוד תרמי ואקוסטי. הציפוי מיושם על גבי חומרים שונים כגון: אבן פלדה ואחרים.

קרטון המכיל צמר סלעים (בדרך כלל עם סיליקט) הינו חומר רב שימושי בתעשייה, דוגמאות לכך: אטמים לאוגנים, לראשי צלינדרים, גלילים להובלת חומרים חמים בתעשיית הפלדה והזכוכית, חומר בידוד תרמי, כיסוי למיכלים שבתוכם מתכת מותכת, רפידות למצמדים וחומר לבידוד חשמלי.

משתמשים בצמר סלעים בחקלאות מבוקרת כמצע לגידול של צמחים עיקר השימוש בארץ נעשה לגידול וורדים בחממות.

תהליך הייצור

קיימות מספר טכניקות לייצור הסיבים, על פי רוב בתהליך של סחרור בדומה לדרך שבה מייצרים "צמר – גפן מתוק" מסוכר; מתיכים תחילה סלעים לדוגמה של בזלת או שאריות של חומרים מינרליים מהתכת מתכות. את ההתך מעבירים דרך צלחת המחוררת בשוליה באלפי חורים זעירים והמסתובבת במהירות גבוהה. כוח הסיבוב דוחף את ההתך ההולך, מתקרר ומתמצק בעוברו דרך החורים. בצורה זו הופך ההתך מנוזל צמיג למוצק בצורת סיבים דקים וארוכים. למטרות מסוימות משתמשים בצמר סלעים בצורת תפזורת, אולם ברוב המקרים מצפים את הסיבים במלכדים פולימריים הקושרים אותם ביחד למטריצה מרחבית ובכך קטנה האפשרות של התפוררות הסיבים לאבק. לאחר מכן הסיבים עוברים בסרט נע דרך תנור, מעוצבים לריעות ע"י עטיפתם בכיסוי פלסטי, כך שגם אם חלה התפוררות מסוימת של היריעות, האבק נשאר כלוא בעטיפתו. כמו כן מעוצבים הסיבים לשמיכות, ללוחות בידוד קשיחים, לגופים המשמשים לכיסוי של צינורות, או נקצצים לחומר בידוד בתפזורת.

קוטר צמר הסלעים התעשייתי המקובל הוא בשיעור 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 בקלות 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 הפנימיים ביותר של הריאות.

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 האדם 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 צמר הסלעים 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 צמר סלעים 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 צמר סלעים. למעשה הראו רוב הבדיקות שהסיבים מותקפים ע"י נוזלי הריאות, נשברים לחלקיקים ונפלטים 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 לסיבים. חלק מהעובדים שהשתתפו במחקר היו חשופים במשך תקופה ארוכה, עד 40 שנה. במחקר ניסיוני זה, לא נמצא קשר בין החשיפה לסיבים 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 צמר סלעים לא נבדק בצורה יסודית. ידוע שעישון גורם למספר רב של מחלות ריאה, אולם אין נתונים על ההשפעה הנוספת של חשיפה לסיבי צמר סלעים. סביר להניח, שכמו כל אבק אחר, יכול אבק צמר סלעים 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 צמר סלעים.

בשנת 1991 הכריזה OSHA, (ארגון הבריאות התעסוקתי בארה"ב), שאבק צמר סלעים 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 סיב 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 צמר סלעים, 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 צמר סלעים 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 הינן שטיפה תקופה 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 צמר סלעים בהם נעשה כנאמר שימוש רב כחומר בידוד תרמי ואקוסטי.

כמו כן בתוספת הראשונה לתקנות אלה מצוינים סיבי צמר הסלעים בתור פריט מספר 26 "סיבים מינרליים: סיבים אלה מוגדרים כ- "גורמים מזיקים מסוימים המחייבים בדיקה סביבתית תעסוקתית אחת לשנה". הערך המספרי שבתקן 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- 3:1). בהתאם לתקנות אלו קיימת חובה לבצע ניטור סביבתי-תעסוקתי אחת לשנה לסיבים מינרליים.

סיבי צמר סלעים, 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 Rock Wool Fibers 1 f/cc, כלומר: הריכוז שמותר שיימצא 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- 5:1).

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

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 סיבי צמר סלעים לא הצליחו לקיים ערך הגבוה מ- 40.

נמצא שהסיבים הכי פחות מסוכנים המיוצרים על ידם קיבלו את הערך המספרי של 28. כלומר בעבודה אתם, חייבים לפעול בהתאם לחוקי הבטיחות המחמירים של גרמניה.

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 צמר הסלעים "יושבים", עליו.

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

אוויר כדי להפחית את האבק בתחנות העבודה יש להתקין אוורור 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.

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

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