



## עיבוד שבבי רטוב (372) – Wet Milling Process

מעדכן: דצמבר 2015

### תוכן עניינים

2.....	הגדרה
2.....	החומרים המשתתפים בתהליך
2.....	שיטות עיבוד שבבי רטוב עיקריות
2.....	1. חריטה
2.....	2. כרסום
2.....	3. קידוח
3.....	4. ניסור
3.....	5. הברזה
3.....	נוזלי קירור
3.....	סוגים עיקריים של נוזלי קירור לעיבוד מתכות (Metalworking fluids)
4.....	תוספים לשמנים
5.....	תיאור תהליך עיבוד שבבי רטוב - חריטה
7.....	סוגים עיקריים של חומרים בהם מבוצעת חריטה
7.....	סוגים עיקריים של סכיני עיבוד
7.....	משימות עיקריות בתהליך עיבוד שבבי רטוב
7.....	א. הכנת עמדת עבודה
7.....	ב. ביצוע תהליך עיבוד שבבי רטוב
8.....	ג. ניקוי הציוד
8.....	גורמי סיכון עיקריים בתהליך עיבוד שבבי רטוב
8.....	סיכונים בטיחותיים
8.....	פגיעה מכנית
9.....	סיכוני פגיעה מחשמל
9.....	מגע עם עצמים חמים
10.....	סיכונים גהותיים
10.....	יכונים פיסיקלים
10.....	חשיפה לרעש מזיק
11.....	חשיפה לחומרים כימיים
12.....	גורמי סיכון ביולוגיים
12.....	גורמי סיכון פיסיולוגיים (היבטים ארגונומיים)
13.....	מניעת מפגעים (נוהג טוב)
15.....	ביבליוגרפיה

## הגדרה

1. עיבוד שבבי: יצור/שינוי צורה או מידות של חלקים מוצקים באמצעות הורדת שבב מחלקים מוצקים גולמיים (חלקים מעובדים) ללא שינוי תכונות מכניות ו/או הרכב כימי של חומרים מהם עשויים חלקים מעובדים.
2. עיבוד שבבי רטוב: עיבוד חלקים מוצקים במכונות שונות (כולל CNC) על ידי הורדת שבב מחלק מעובד באמצעות כלי עבודה בלתי אברזיביים, כגון: מקדח, סכין, כרסומת תוך שימוש בנוזלי קירור [1]. קבוצת תהליכי עיבוד שבבי רטוב כוללת: קידוח, כרסום, הברזה, חריטה וכו'.

## החומרים המשתתפים בתהליך

- חלקים מעובדים (מתכות, פולימרים)
- כלים מעבדים העשויים בדרך כלל מסוגים שונים של מתכות-פלדה מיוחדת, מתכת קשה (מתק"ש) וכו'.
- נוזלי חיתוך/קירור (שמנים סינתטיים, שמנים מינרליים, שמני אמולסיה).

## שיטות עיבוד שבבי רטוב עיקריות

הכוחות, התנועות והמהירויות השונות הנדרשות לביצוע תהליך עיבוד שבבי, מסופקים על ידי מגוון רב של מכונות, בהתאם לצורת המוצר, גודלו והדרישות הייחודיות של העיבוד.

### 1. חריטה

עיבוד חלקים תוך כדי תנועה סיבובית של החלק הנחרט, באמצעות כלים, כגון סכינים תוך שימוש בנוזלי קירור.

### 2. כרסום

עיבוד פני שטח של חלקים הנעשה על ידי תנועה יחסית של כלי עבודה מסתובב (כרסום), והחלק המעובד תוך שימוש בנוזלי קירור.

### 3. קידוח

קדיחת חורים בחלק ועיבוד החורים תוך כדי תנועה סיבובית של כלי העיבוד בדרך כלל תוך שימוש בנוזלי קירור.

#### 4. ניסור

חיתוך/ניסור של חלק מעובד באמצעות דסקיות או מסורים תוך שימוש בנוזלי קירור.

#### 5. הברזה

יצירת תבריג (מערכת חריצים סלולים) פנימי או חיצוני בחלק המעובד, באמצעות שיטות מכניות שונות תוך שימוש בנוזלי קירור.

### נוזלי קירור

כדי לקרר ו/או לסוך חלקי מתכת מעובדים בזמן הסרת שבבים וכדומה, נעשה שימוש בשמנים ובנוזלים על בסיס מים [2]. נוזלים אלה מפחיתים את מידת החום והחיכוך בין כלי החיתוך לבין העובד ובכך תורמים למניעת התלקחות ועשן. בנוסף לכך, השימוש בנוזלים אלה תורם לשיפור איכות העובד על ידי הסרה קבועה של שבבים מהכלי שבו נעשה שימוש וכן מהמשטח של החלק המעובד.

#### סוגים עיקריים של נוזלי קירור לעיבוד מתכות (Metalworking fluids)

נוזלי קירור הם תערובות של שמנים, סבונים, חומרים "פעילי שטח", חומרים אנטי-בקטריאליים, חומרים נוגדי בלייה וחומרים משמנים ומונעי קורוזיה. את משפחת נוזלי הקירור ניתן לחלק לארבע קבוצות עיקריות. קבוצה אחת היא שמנים טהורים שאינם מסיסים, ושלת הקבוצות האחרות הן של "שמנים" על בסיס מים שהן מסיסות. ההבדל בין הקבוצות הוא אחוז תכולת השמן המינרלי בתערובת.

##### א. שמנים טהורים STRAIGHT OIL

נוזל קירור על בסיס שמן בלבד – שמן מינרלי או שמנים מהצומח/חי. כיום השמנים המינרליים עוברים תהליך זיקוק להקטנת תכולת פחמימנים פולי-ארומטיים (PAH), החשודות כמסרטנות. השמנים מסוג זה הם צמיגים ושומניים ואינם עוברים דילול במים לפני השימוש. שמנים טהורים משמשים בתהליכים שבהם נדרש בעיקר שימון, ופחות קירור.

##### ב. שמני אמולסיה SOLUBLE OIL

נוזל קירור המורכב משמן מינרלי (30% - 85%), חומרים היוצרים תחליב (חומרים אמולסיפייירים) ותוספים שונים. לצורך השימוש הנוזלים האלו מדללים במים על פי הוראות היצרן. שמני האמולסיה יעילים יותר בקירור בהשוואה לשמנים הטהורים. לעיתים הם אינם יעילים להגנה בפני קורוזיה, גורמים לפליטה של עשן ולכלוך כאשר הם מצטברים על משטחים הסמוכים לאזור העבודה.

### ג. שמנים סינתטיים למחצה SEMI-SYNTHETIC OIL

נוזלי קירור המורכבים משמנים מינרליים בריכוז נמוך (5%-30) ותוספים סינתטיים. הרכב החומרים דומה לזה של שמני האמולסיה. שמנים סינתטיים למחצה מספקים שימון טוב, הפחתת חום טובה, הגנה טובה בפני חלודה וסביבת עבודה נקיה יותר מאשר בעת שימוש בשמני האמולסיה.

### ד. שמנים סינתטיים SYNTHETIC OIL

שמני קירור שאינם מכילים שמנים מינרליים. התכונות השונות מתקבלות מחומרים סינתטיים בלבד והם מדוללים במים. החומרים הסינתטיים כוללים דטרגנטים שונים וחומרים פעילי שטח מסיסים במים [3]. שמני הקירור הסינתטיים מספקים הפחתת חום טובה מאוד ולכן הם מתאימים למכונות בעלות מהירות סיבובית גבוהה ומספקים גם הגנה מעולה בפני חלודה. הם גם הנקיים ביותר בשימוש: הודות להיעדרם של חומרים אורגניים בתערובת לא מתפתחות בקטריות. באיור 1 מודגם אחד מתהליכי עיבוד שבבי – כרסום תוך שימוש בנוזלי חיתוך/קירור.



איור 1: עיבוד שבבי רטוב תוך שימוש בנוזל חיתוך/קירור. [לקוח מ-

[http://www.brichem.ca/index.php?page=Metalworking\\_Fluids](http://www.brichem.ca/index.php?page=Metalworking_Fluids)

### תוספים לשמנים

תוספים לשמנים משפרים את התכונות הפיזיקליות והכימיות של נוזלי הקירור. בין התוספים:

- משפרי צמיגות - חומרים המשפרים את קצב שינוי הצמיגות עם שינוי הטמפרטורה.
- חומרים המורידים את טמפרטורת ההתמצקות – מורידים את הטמפרטורה שבה השמן מפסיק לזרום.
- מגבירי אחיזה – מגבירים את היצמדות השמן לפני השטח.

- מונעי קצף – מונעים התהוות קצף בשמן.
- מחליבים (אמולסיפייירים) – מסייעים לערבוב פאזה מימית ושומנים.
- משני חיכוך – מתאימים את דרגת החיכוך בין השמן לשטח שאתו הוא בא במגע.
- מונעי חמצון – מקטינים את חמצון השמן כאשר הטמפרטורה עולה.
- מונעי חלודה ופעילות שטח במתכות- מונעים קורוזיה של מתכות.
- מונעי שחיקה – משפרים את תכונות הסיכה.
- דטרגנטים – חומרים פעילי שטח המשפרים את תכונות הפיזור של השמן.
- בקטריוצידיים – מונעים התפתחות של חיידקים אשר מחמצנים או מפרקים את השמן.

## תיאור תהליך עיבוד שבבי רטוב - חריטה

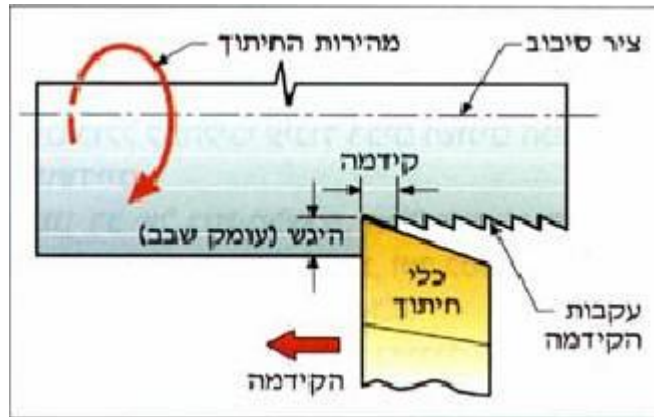
חריטה רטובה מתבצעת עקב תנועות יחסיות שונות בין כלי החיתוך שהינו במקרה זה סכין החריטה, לבין העובד תוך שימוש בנוזלי קירור. מקורן של כל התנועות ודיוקן נקבעבאמצעות המכונה – מחרטה, המקשרת בין הכלי והעובד. למחרטה ישנן תנועות אופייניות כפי המתואר באיור 2.

א. תנועת החיתוך – הינה תנועה סיבובית המוקנית לעובד בשילוב עם תנועה רדיאלית של כלי העיבוד (בניצב לציר של תנועה סיבובית) במשך כל זמן פעולת השיבוב. תנועת החיתוך המוגדרת ע"י אחד משני הגדלים הבאים:

- מהירות החיתוך (מ"ר/דקה).
- מהירות סיבובית (סל"ד).

ב. תנועת הקידמה – הינה תנועת התקדמות קצובה ורצופה של כלי החיתוך לכל סיבוב של העובד בחריטה גלילית. זו תנועת סכין לאורך החלק, ואילו בחריטת מצח זו תנועת סכין בכיוון מרכז העובד.

ג. תנועת ההיגש – הינה התנועה המחדירה את כלי החיתוך לתוך העובד. בחריטה גלילית זו תנועה רדיאלית ובחריטה מצח זו תנועה צרית.



איור 2. פרמטרים של עיבוד שבבי בתהליך חריטה [נלקח מ- איציקובסקי, ש.: בטיחות במכונות לעיבוד שבבי, המוסד לבטיחות וגהות, 1994].

קיים מגוון רב של מחרטות. הסוגים העיקריים הם:

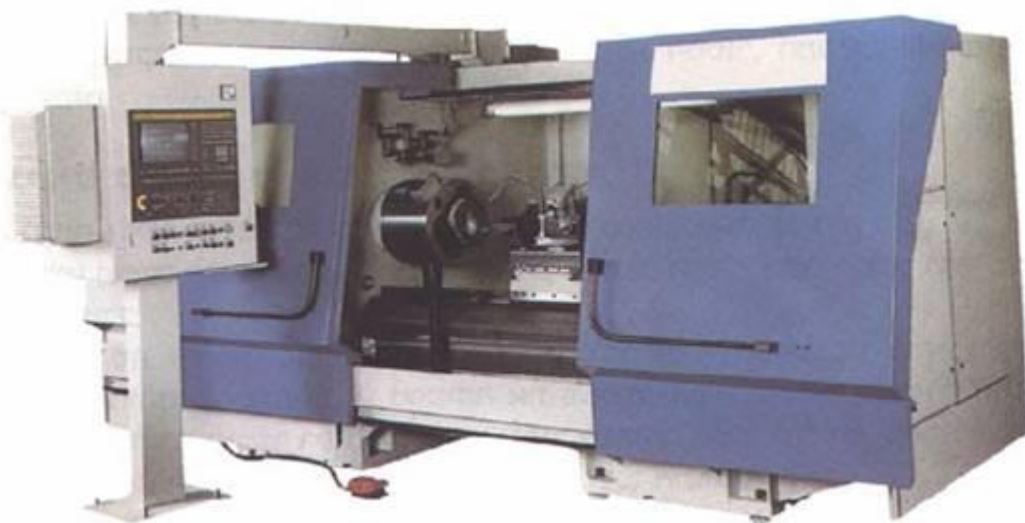
א. מחרטות קונבנציונליות – המופעלות ידנית. הדבר המאפיין מחרטות אלה הוא, שכל תנועות המכונה, טעינה ופריקת העובד והכלים, פינוי השבבים וכו', נשלטות, מבוקרות ומתבצעות על ידי מפעיל המכונה, האמור להימצא באופן קבוע על-יד המכונה בעת פעולתה.

ב. מחרטות (CNC) עם בקרה ספרתית ממוחשבת (Computer Numerical Control)

המופעלות באופן אוטומטי תוך השגחתו של העובד כמו שמופיע באיור 3.

ג. מחרטות חצי אוטומטיות בהן השלבים של העיבוד נעשים באופן אוטומטי למעט הזנת חלקים למכונה והוצאתם לאחר העיבוד.

ד. מחרטות אוטומטיות בהן כל התהליך מתבצע באופן אוטומטי. בדרך כלל החומר הגולמי בחריטה אוטומטית הוא בצורת מוטות.



איור 3. מחרטה CNC. [לקוח מ- Complete Machine Tools Pty. Ltd., Australia].

## סוגים עיקריים של חומרים בהם מבוצעת חריטה

חריטה נעשית במתכות שונות לדוגמה פלדה רגילה, פלדה אל-חלד, פלדה מגולוונת ומתכות אל-ברזיליות כדוגמת אלומיניום.

כמו כן חריטה נעשית בסוגים שונים של פולימרים (PVC, פוליפרופילן, פוליקרבונאט).

## סוגים עיקריים של סכיני עיבוד

הסכינים בדרך כלל עשויות מסגסוגת של מתכות קשות לצורך שימוש בעיבוד מתכות ו/או פלדות מיוחדות לעיבוד עצים או פולימרים.

כפי שצוין באתר של חברת ישקר היצרן הגדול בענף כלי חיתוך, סכינים עלולים להכיל מתכות כגון טונגסטן, קובלט, ניקל, כרום, ברזל, ונדיום וכו'.

## משימות עיקריות בתהליך עיבוד שבבי רטוב

### א. הכנת עמדת עבודה

ארגון עמדת העבודה לרבות הבאת חלקים: חומרים, כלי העבודה הנדרשים, ציוד מגן אישי (למשל מגני שמיעה, משקפי מגן וכו'). תהליך הבאת החלקים מבוצע לעיתים תוך שימוש באביזרים וציוד הרמה או שינוע.

עין בתהליך עזר "שינוע" מספר 444 ותקנות הבטיחות בעבודה (עגורנים מפעילי מכונות הרמה אחרות ואתתים), התשנ"ג - 1992.

הכנת החלקים כוללת בדרך כלל ביצוע איפוס (Set up) למכונה, הזנה וחיזוק של החלק המעובד (חלק גולמי) בתוך המכונה.

מילוי / הוספה / החלפת נוזל קירור במקרה הצורך.

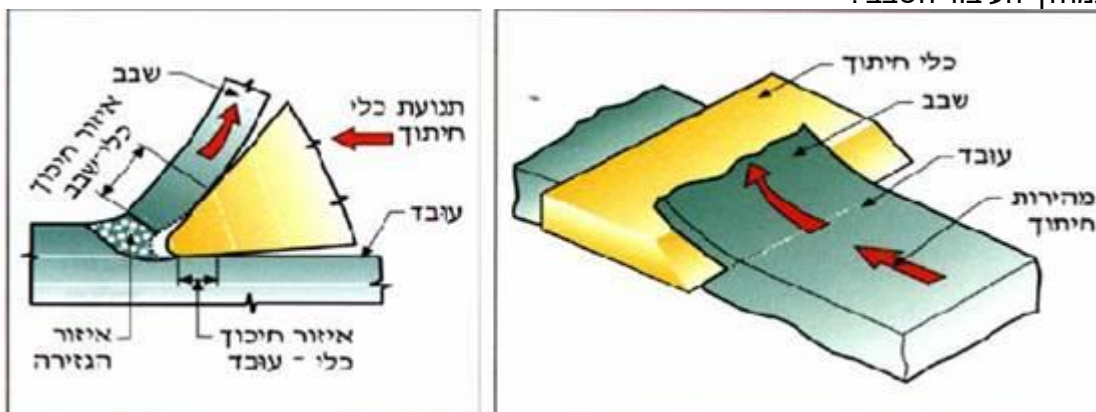
עין בתהליך "הזנת חומרים" מספר 154.

### ב. ביצוע תהליך עיבוד שבבי רטוב

הסרת השבבים נעשית על ידי חדירת להב חד (אחד או יותר) של כלי החיתוך בחלק הגולמי ותנועה יחסית בין הלהב והחומר. כוחות הגזירה הנוצרים גורמים להפרדה בין החלק המעובד לבין השבב.

תהליך הפרדת השבב מתבצע בשלושה שלבים: שלב הראשון מתרחש עם כניסת כלי החיתוך לתוך חומר העובד (מתרחשת דפורמציה אלסטית). בשלב השני עם המשך הפעולה של דחיקת כלי החיתוך לתוך החומר, עולים הכוחות והדפורמציה האלסטית מתקדמת והופכת לדפורמציה פלסטית. בשלב השלישי עם המשך עליית הכוח נגזר החומר בצורת שבב.

באיור 4 מוצג העובד אשר ממנו מוסר/ים שבב/ים ובאיור 5 מוצג תרשים של אזורי חיתוך וגזירה במהלך העיבוד השבבי.



איור 5. אזורי חיתוך וגזירה, במהלך

איור 4. גזרת השבב בעיבוד שבבי העיבוד השבבי.

[האיורים נלקחו מ- איציקובסקי, ש.: בטיחות במכונות לעיבוד שבבי, המוסד לבריאות וגרות, 1994].

## ג. ניקוי הציוד

עם סיום תהליך עיבוד שבבי רטוב, יש לנקות את עמדת העבודה ולהסיר את השבבים ואי-ניקיונות שהצטברו במכונה. כמו כן יש לטאטא את הרצפה סביב המכונה ולפנות את הלכלוך.

## גורמי סיכון עיקריים בתהליך עיבוד שבבי רטוב

### סיכונים בטיחותיים

### פגיעה מכנית

זיהוי:

- א. פגיעה בחלקים שונים בגוף כתוצאה מחלקי מתכת העפים תוך כדי ביצוע פעולות שונות בעיבוד שבבי רטוב.
- ב. נפילות, מעידות או החלקות של עובדים עקב מכשולים במעברים או שלוליות שמן.
- ג. פגיעה כתוצאה ממגע עם חלקי המכונה בעלי קצוות חדים.

בקרה:

- א. שימוש בציוד מגן אישי מתאים ותקני לשם הגנת גוף העובד, כולל הרכבת משקפי מגן, נעילת נעלי בטיחות בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז – 1997.



- ב. הימנעות מלבישת בגדים רופפים וענידת תכשיטים העלולים להיתפס בחלקי המכשור המופעל.
- ג. הקפדה על שימוש בציוד ומכשור תקין וכן על ניקיון עמדת העבודה מצידם של העובד והאנשים המצויים בסביבתו.
- ד. שמירת מרחק מצדו של העובד בשעת הפעלת המכונה וכן הימנעות מביצוע פעולות ותנוחות לא נכונות עם הידיים העלולות לגרום לפציעת היד במגע עם כלי החיתוך של המכונה [4].
- ה. הקפדה על ספיגה ואסוף של שפכים וניקוי רצפות.
- ו. הימנעות מביצוע פעולות אחזקה ותיקון כאשר המכונה מופעלת.

## סיכוני פגיעה מחשמל

### זיהוי:

העובד עלול להיפגע כתוצאה מהתחשמלות הנובעת משימוש בציוד חשמלי לא תקין בשעת ביצוע עבודות עיבוד שבבי רטוב. כמו כן העובד עלול להתחשמל כתוצאה מחוסר הארקה או מפגיעת ברק.

מכת חשמל (שוק) הנה תוצאה של מעבר זרם דרך הגוף בעוצמה הגורמת לתופעות פיסיולוגיות שליליות. חומרת המכה תלויה בכמות הזרם, משך ההופעה ומסלולו.

### בקרה:

א. לצורך מניעת פגיעה עקב התחשמלות: שימוש בציוד חשמלי תקני, תקין ובדוק בעבודות עיבוד שבבי רטוב בו נעשה שימוש בחשמל בהתאם לחוק החשמל, תשי"ד – 1954; ובשיטות עבודה בטוחות בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן-1990.

ב. בדיקת הציוד החשמלי באופן תקופתי על ידי חשמלאי מוסמך. תיעוד ושמירת הבדיקות.

## מגע עם עצמים חמים

### זיהוי:

העובד עלול להיפגע מכוויות כתוצאה ממגע עם חלקי מכשור חמים של העיבוד השבבי הנוצר כתוצאה מחיכוך פנימי וחיכוך באזור יצירת השבב 3.

### בקרה:

א. שימוש בביגוד בעל שרולים ארוכים וכובע מגן.

- ב. שילוט בשלט אזהרה בדבר הסיכון במגע עם חלקים חמים.
- ג. הפרדת אזור העיבוד השבבי משאר אזורי העבודה, על מנת למנוע לבטח מגע של עובדים לא מורשים בחלקים העוברים עיבוד שבבי.

## סיכונים גהותיים

### זיהוי:

חשיפת דרכי הנשימה לאדי/אבק של מתכות בעיקר כרום (Cr), ניקל (Ni), קובלט (Co), בריליום (Be), מנגן (Mn) ואבק עץ בעת ביצוע עבודות קידוח, כרסום, הברזה וחריטה [5].

### בקרה:

ראה סעיף חשיפה לחומרים כימיים

## יכונים פיסיקלים

## חשיפה לרעש מזיק

### זיהוי:

רעש היינו כל צליל בלתי רצוי הנובע כתוצאה מהפעלת מנועים, גופים לא מאוזנים איזון דינמי, פחים וחיבורים רופפים הקשורים לתהליך עיבוד שבבי.

הרעש המזיק היינו רעש בעל יכולת לגרום לפגיעה בשמיעה.

לפי תקנות בטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים ברעש), התשמ"ד-1984, הרעש שמפלוסו המשוקלל על פני הזמן עולה על 85 dB(A) לחשיפה במשך 8 שעות הנו רעש מזיק.

### בקרה:

- א. שימוש באקדחי אוויר דחוס עם משתיקי קול.
- ב. ביצוע פעולות להקטנת הרעש במקור כגון העדפת ביצוע פעולות במכונות CNC בעלות התקני מניעת רעש סביבתי.
- ג. הקפדה על שימוש בציוד מגן אישי בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז-1997 להפחתת החשיפה לרעש (לרבות אוזניות, אטמים) בהתאם לתוצאות ניטור הרעש.
- ד. ביצוע הדרכות לגבי היבטי הסיכונים בחשיפה לרעש.

- ה. ביצוע ניטור רעש סביבתי מתמשך, כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים ברעש), התשמ"ד – 1984.
- ו. שילוט אזור העבודה כאזור רועש וכן חובת השימוש בציוד מגן אישי (בהתאם לתוצאות ניטור הרעש).
- ז. ביצוע בדיקות שמיעה לעובדים אשר חשופים לרעש מזיק בהתאם לתוצאות ניטור הרעש.

## חשיפה לחומרים כימיים

### זיהוי:

חשיפת העור ודרכי הנשימה למתכות בעיקר כרום (Cr), ניקל (Ni) וקובלט (Co) וברליום (Be) ונוזלי קירור המכילים חומרים אורגנים בעלי סיכונים בריאותיים בעת ביצוע עבודות קידוח, כרסום, הברזה וחרטה [6].

התזה של נוזלי קירור בשעת הכנת/ניקוז הנוזלים, בשעת אחיזת חלקים העוברים עיבוד שבבי, בשעת החלפת או הכוונת הציוד (כלים) הנדרש ובזמן ביצוע עבודת אחזקה וניקוי.

### הערכה:

הריכוזים המרביים המותרים של שבבי מתכת ושל חומרים אורגנים בסביבת העבודה הוגדרו בתקנות הבטיחות בעבודה ובחברת ערכים מרביים מותרים של ACGIH [11,10,9,8,7].

### בקרה:

- א. ביצוע תהליכי עיבוד שבבי באופן סגור באופן סגור ואוטומטי.
- ב. שימוש במכשור תקין כדי להפחית את ריכוז האווירוסול הנוצר בעת עיבוד שבבי. כמו כן יש להזרים נוזל קירור במהירויות לא גבוהות בכדי למנוע דליפה וכתוצאה מכך יצירת אוורוסול בסביבת העבודה [12].
- ג. ביצוע עבודות עיבוד שבבי רטוב בחלל מאוורר היטב.
- ד. ציוד עמדות עבודות עיבוד שבבי רטוב באוורור מאולץ מסוג יניקה מקומית. פתחי היניקה חייבים להיות ממוקמים במקומות שאינם עולים על גובה פניו של העובד, על מנת שלא לגרום לתנועת שבבי מתכת ואדים של נוזלי קירור דרך אזור נשימתו של העובד.
- ה. הגנה מפני חשיפה עורית ועינית: על העובד ללבוש בגדי עבודה בעלי שרוולים ארוכים ולהרכיב משקפי מגן כפי שהוגדר בתקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז 1997.

- ו. במידה ותוצאות הניטור הסביבתי מצביעות על ערכי חשיפה הגבוהים מהאמור בחוק, על העובד להשתמש במסכת נשימה כפי שהוגדר בתקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז-1997.
- ז. בעמדות עיבוד שבבי חובה לבצע ניטור סביבתי על ידי בודקים מוסמכים בהתאם לתדירות הקבועה בחוק לפי תקנות הבטיחות בעבודה (ניטור סביבתי וניטור ביולוגי של עובדים בגורמים מזיקים), התשנ"א – 1990.
- ח. במידה ותוצאות הניטור הסביבתי מצביעות על ערכי חשיפה הגבוהים מהאמור בחוק, העובדים החשופים חייבים לעבור בדיקות רפואיות וניטור ביולוגי בהתאם לאמור בתקנות הבטיחות בעבודה.
- ט. שימוש בנוזלי קירור בעלי היבטי רעילות נמוכים יותר.
- י. הצטיידות בגיליונות בטיחות למתכות ונוזלי קירור בעת ביצוע עבודות עיבוד שבבי (לרבות נתונים לגבי תוצרי פירוק אפשריים בשימוש בנוזלי קירור) [13].
- יא. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

## **גורמי סיכון ביולוגיים**

### **זיהוי:**

הצטברות של חיידקים בנוזלי קירור.

### **בקרה:**

שימוש בנוזלי קירור המכילים חומרים קוטלי חיידקים (בקטריוציידים).  
ניקוי המכונות לעיבוד שבבי רטוב והחלפת נוזלי קירור באופן תקופתי תוך כדי ניקוי יסודי של כל המערכת במטרה להסיר שאריות של חיידקים.

## **גורמי סיכון פיסולוגיים (היבטים ארגונומיים)**

### **זיהוי:**

- א. ביצוע עבודות עיבוד שבבי רטוב בתנחות לא נוחות כגון זמני עמידה ארוכים או בתנחות מחזוריות.
- ב. הרמת ציוד כבד או לא נוח להרמה.

### **בקרה:**

- ג. ביצוע הפסקות קבועות במשך זמן העבודה כדי לשחרר את חלקי גופו מתנחות לא נוחות.

ד. הרמת משאות תבוצע עם ציוד הרמה כגון עגורן [14].

## **מניעת מפגעים (נוהג טוב)**

לשם ניהול היבטי הבטיחות והגהות בעבודה בתהליך עיבוד שבבי רטוב, מומלץ לבצע תוך הקפדה על:

### **1. כללי**

א. הדרכה לעובדים אחת לשנה לפחות, על ידי מדריך מוסמך אשר אושר לכך ע"י מנהל המפעל (בעלים). ב. ניהול פנקס הדרכה לרבות תיעוד מועד ההדרכה, המדריך והחומר הנלמד..

ג. עם כניסתו של עובד חדש או שינוי עמדת העבודה של עובד "ותיק" יש לדאוג לביצוע הדרכה ביחס לסיכונים בתהליך בו עוסק העובד, אמצעי הפחתת סיכונים לרבות אמצעי מיגון אישי, התנהגות בעת אירוע חריג לרבות תאונה וכמעט תאונה [15].

ד. שילוט הסיכונים באזור העבודה, לרבות סיכונים גהותיים ובטיחותיים. שילוט בדבר הצורך בשימוש בציוד מגן אישי. שילוט בדבר איסור העישון [16,17].

ה. הגדרת שיטה (נוהל) להעברת מידע לגבי מפגעי בטיחות וגהות בתהליך העבודה, באמצעות מנהל המחלקה או נאמן בטיחות מחלקתי. העברת מידע מהעובדים להנהלה, באמצעות דיווח על מפגעי בטיחות וגהות, כמעט תאונות או תאונת עבודה.

ו. שימוש באמצעי הרמת משאות כגון עגורן בהרמת חלקים לצורך עיבוד שבבי רטוב.

### **2. פגיעה מכנית**

א. הצטיידות העובד בציוד מגן אישי הכולל הרכבת משקפי מגן, נעילת נעלי בטיחות.

ב. הימנעות מלבישת בגדים רופפים וענידת תכשיטים העלולים להיתפס בחלקי המכשור המופעל.

ג. הקפדה על שימוש בציוד ומכשור תקין וכן על ניקיון עמדת העבודה.

ד. שמירת מרחק בשעת הפעלת המכונה וכן הימנעות מביצוע פעולות ותנוחות לא נכונות עם הידיים העלולות לגרום לפציעת היד במגע עם כלי החיתוך של המכונה.

ה. הקפדה על ספיגה ואסוף של שפכים וניקוי רצפות.

ו. הימנעות מביצוע פעולות אחזקה ותיקון כאשר המכונה מופעלת.

### **3. סיכוני פגיעה מחשמל**

א. שימוש בציוד חשמלי תקני, תקין ובדוק.

ב. בדיקה תקופתית של הציוד החשמלי.

### **4. מגע עם עצמים חמים**

א. הפרדה של אזור העיבוד השבבי משאר אזורי העבודה, על מנת למנוע לבטח מגע של עובדים לא מורשים בחלקים העוברים עיבוד שבבי.

ב. התקנת שילוט אזהרה בדבר הסיכון במגע עם חלקים חמים.

ג. שימוש בביגוד בעל שרולים ארוכים, מכנסיים ארוכים וכובע מגן.

## **5. חשיפה לרעש מזיק**

א. ביצוע פעולות להקטנת הרעש במקור.

ב. שימוש באקדחי אוויר דחוס בעלי משתיקי קול לצורך ניקוי חלקים.

ג. הקפדה על שימוש בציוד מגן אישי בהתאם לתוצאות ניטור הרעש.

ד. ביצוע הדרכות לגבי היבטי הסיכונים בחשיפה לרעש.

ה. ביצוע ניטור רעש סביבתי מתמשך.

ו. שילוט אזור העבודה כאזור מרעיש וכן החובה בשימוש בציוד מגן אישי (בהתאם לתוצאות ניטור הרעש).

ז. ביצוע בדיקות שמיעה לעובדים אשר חשופים לרעש מזיק בהתאם לתוצאות ניטור הרעש.

## **6. חומרים כימיים**

א. ביצוע תהליכי עיבוד שבבי באופן סגור ואוטומטי.

ב. הקפדה על שימוש בציוד תקין כדי להפחית ריכוז אירוסול.

ג. ציוד עמדות עיבוד שבבי רטוב באוורור מאולץ מסוג יניקה מקומית.

ד. ביצוע בדיקה תקופתית של יעילות המערכות ליניקה מקומית.

ה. ביצוע ניטורים סביבתיים לחומרים כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה.

ו. ביצוע מעקב רפואי ונטור ביולוגי באמצעות מרפאות תעסוקתיות בהתאם לנדרש בתקנות, לאור הערכת הריכוזים בנטור סביבתי.

ז. שימוש במסכה עם מסנן ייעודי להגנה נשימתית בהתאם לתוצאות ניטור סביבתי במידה שהריכוזים המתקבלים גבוהים מהאמור בחוק.

ח. הזרמת נוזל קירור במהירויות לא גבוהות.

ט. שימוש בנוזלי קירור בעלי היבטי רעילות נמוכים יותר.

י. הכרת הסיכונים בגיליונות הבטיחות לנוזלי קירור ומתכות הנמצאים בשימוש (לרבות נתונים לגבי תוצרי פירוק אפשריים בשימוש בנוזלי קירור).

יא. הסרת בגדי עבודה במקום עבודה, כיבוסם באופן מרוכז על ידי מקום העבודה.

## **7. גורמים ביולוגיים**

א. שימוש בנוזלי קירור המכילים חומרים קוטלי חיידקים (בקטריוצידים).

- ב. ניקוי המכונות לעיבוד שבבי רטוב והחלפת נוזלי קירור באופן תקופתי תוך כדי  
ג. ניקוי יסודי של כל המערכת.

## ביבליוגרפיה

1. פרדו, א., ריבשטיין, מ., מיימן, מ., ואח.: דפדפת רשימות תהליכים תעשייתיים והגדרותיהם, אוניברסיטת תל-אביב, המכון לבריאות תעסוקתית, דצמבר 1993.
2. Metalworking Fluids, Health and Safety Executive <http://www.hse.gov.uk/metalworking/index.htm>
3. CCOHS - Canadian Center for Occupational Health and Safety. OSH Answers, Chemicals & Materials, Metalworking Fluids. [http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/metalworking\\_fluids.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/metalworking_fluids.html)
4. הרולד, ע., פנקס, א.: בטיחות בעיבוד שבבי, המוסד לבטיחות וגהות, 1999, עמ' 10-11. [http://www.osh.org.il/info\\_inner.asp#](http://www.osh.org.il/info_inner.asp#)
5. Burgess, W.A.: Recognition of Health Hazards in Industry, Second Edition, John Wiley & Sons, 1999, p. 156-163.
6. Burgess, W.A.: Recognition of Health Hazards in Industry, Second Edition, John Wiley & Sons, 1995, p. 156-163.
7. תקנות הבטיחות בעבודה (איסור עבודה בחומרים מסרטנים מסימים), התשמ"ה-1984.
8. תקנות הבטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים במתכות מסימות), התשנ"ג - 1993.
9. תקנות הבטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד - 1983.
10. תקנות הבטיחות בעבודה (גהות תעסוקתית ובריאות הציבור והעובדים באבק מזיק), התשמ"ד - 1984.
11. 2015 TLVs® and BEIs®. Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical and Physical Agents & Biological Exposure Indices. ACGIH® Worldwide Signature Publication.
12. CCOHS - Canadian Center for Occupational Health and Safety. OSH Answers, Metalworking Fluids, Chemicals and Materials, 2005. [http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/metalworking\\_fluids.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/metalworking_fluids.html)
13. תוכנת DC11, המאגר הממוחשב לחומרים מסוכנים, מהדורה 5. הפקה ופיתוח חברת ה-DC מט בע"מ, 1987-2006.
14. תקנות הבטיחות בעבודה (עגורנים מפעילי מכונות הרמה אחרות ואתים), התשנ"ג 1992.
15. תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), התשנ"ט - 1999.
16. פקודת הבטיחות בעבודה (נוסח חדש), תשל"ל - 1970.
17. חוק למניעת העישון במקומות ציבוריים והחשיפה לעישון, התשמ"ג-1983