

פתרונות הנדסיים ואמצעי מיגון

בפרק זה נתייחס לאמצעי מיגון ופתרונות הנדסיים, המאפשרים הפעלה בטוחה ככל האפשר של מכונות לעיבוד שבבי.

כל מכונה או חלק ממכונה, העלולים לחשוף את העובדים בתהליך הייצור לקבוצת הסיכונים המכניים, חייבים להיות מובטחים, בעלי אמצעי מיגון מתאימים (Safeguards).

המאפיינים הבסיסיים שנדרשים מאמצעי מיגון יעיל

— **למנוע מגע.** למנוע מהידיים, מהזרועות או מכל חלק גוף אחר של העובד, לבוא במגע שלא במתכוון עם חלקי מכונה בתנועה מסוכנת. מגן טוב נחשב מגן שאינו מאפשר למפעיל המכונה או לעובד אחר ליצור מגע עם החלקים המסוכנים, על-ידי עקיפתו או ניטרולו של המגן.

— **להיות מחוזק ובטוח.** המגן חייב להיות בנוי מחומרים עמידים לתנאי העבודה. המגן חייב להיות מחוזק למכונה, או למתקני דפינה, בעזרת ברגים או קשיחים שלא ניתנים לפירוק מהיר וקל.

— **להגן על המפעיל מנפילת עצמים.** המגן חייב להבטיח שכלים או חלקים קטנים לא ייפלו על חלקי מכונה נעים או סובבים, דבר שעלול להפכם ל"רסיסים" עפים ומסוכנים.

— **לא ליצור סיכונים חדשים – בעצמו.** פינות חדות, שטחים לא מעובדים או נקודות גזירה, יכולים לגרום לחתכים בידיים. קצוות המגן חייבים להיות תמיד מעוגלים, ללא פינות חדות.

— **לא להפריע לעבודה.** מגן חייב להיות מתוכנן כך, שלא ימנע מהמפעיל גישה מהירה ועבודה נוחה. שאם לא כן, יאבד המגן את יעילותו, מכיוון שהעובדים ינסו לעקפו ולא להשתמש בו.

— **לאפשר סיכה ותחזוקה נוחה.** מגן חייב להיות מתוכנן כך, שיתאפשר סיכה או פעולות פשוטות של תחזוקה שוטפת, ללא צורך בהסרתו או התקרבות לאיזורים מסוכנים.

מיון האמצעים למניעת תאונות

קיימות שיטות רבות ומגוונות למיגון מכונות.

הגורמים המשפיעים על קביעת אופן המיגון של מכונה מסוימת הם:

- ◆ סוג הפעולה;
- ◆ גודל וצורת חומר הגלם;
- ◆ שיטת השינוע;
- ◆ שיטת הטעינה והפריקה של כלים, חומרי גלם ועובדים;
- ◆ תצורת איזור העבודה;
- ◆ סוג החומר המעובד;
- ◆ דרישות הייצור או הגבלותיו.

ניתן למיין את אמצעי המיגון ל-6 קבוצות:

1. מגינים

- ◆ קבועים;
- ◆ משולבים עם עצירת הפעולה;
- ◆ ניתנים לכיוונון;
- ◆ עם כיוונון עצמי.

2. מנגנוני ביטחון

- ◆ מפסיקים את פעולת המכונה אם יד או חלק גוף אחר של המפעיל נכנסים בטעות לאיזור הסכנה;
- ◆ מגבילים את תנועות ידיו של המפעיל ברגע של התקרבות לאיזור הסכנה;
- ◆ מאפשרים עצירות חירום;
- ◆ מחסומים ניידים משולבים עם מנגנוני הפעלת המכונה, כדי להבטיח שלא ניתן להפעילה כל זמן שהם פתוחים.

3. מיקום/מרחק

4. הזנת חומרי הגלם והוצאת החלקים המוגמרים

5. עזרי בטיחות שונים

6. הדרכה נאותה

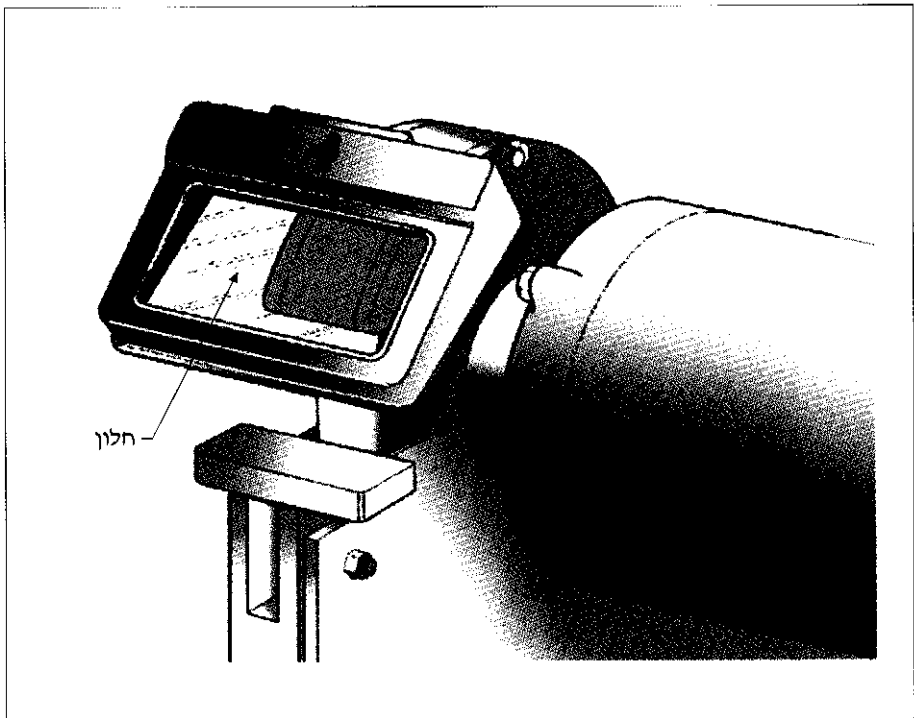
בהמשך נפרט את אמצעי המיגון השונים.

מגינים

מגינים הינם מחסומים המונעים מגע בין ידיים וחלקי גוף אחרים של המפעיל לבין איזורי הסכנה במכונה.

הערה:

יש להבחין בין מגינים ובין לוחות מגן. לוח מגן הוא מחסום, בדרך כלל שקוף, שמטרתו להגן על העובד בפני שבבים, חלקיקים עפים או התזות שמנים ונוזלי חיתוך, ראה איור 4:

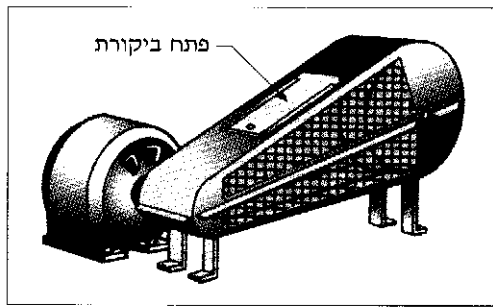


איור 4: חלון מזכוכית מחוסמת

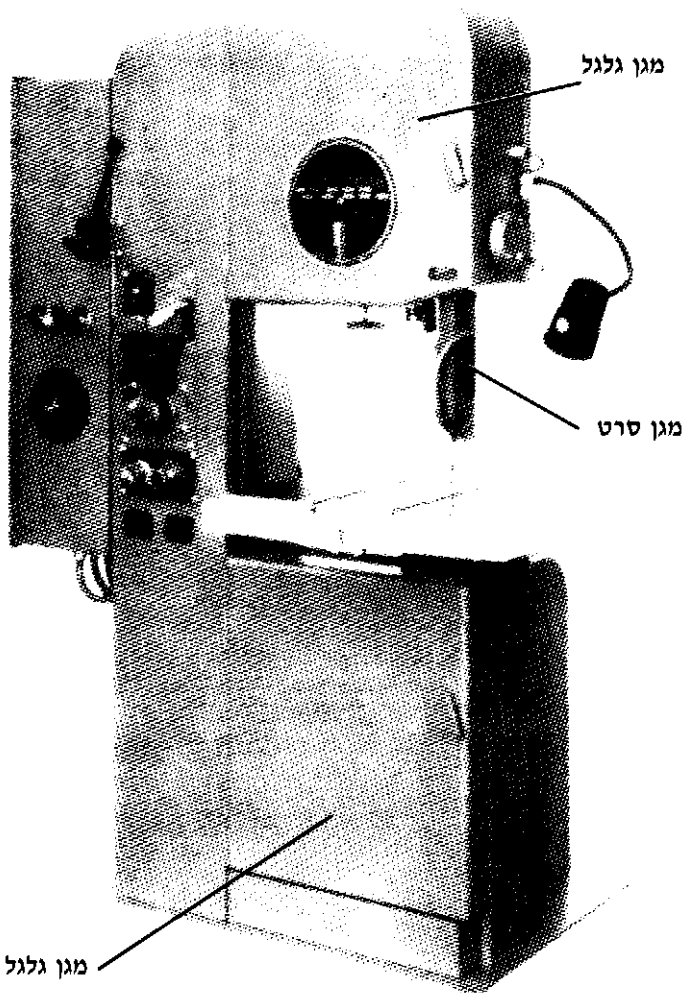
למכונות אוניברסליות (מכונות המבצעות מיגוון רחב של פעולות קונבנציונליות), קשה לספק מגינים אוניברסליים. לכן באחריות המעסיק לדאוג לאמצעי מיגון, בהתאם לפעולת העיבוד המסוימת/הייחודית. קיימים 4 סוגים של מגינים, כמפורט בהמשך.

מגינים קבועים.

מגינים אלה הם חלק אינטגרלי של המכונה. הם קבועים במקומם ואינם נעים. רצוי שהסרתם תבוצע בעזרת כלים מיוחדים. פעולתם אינה תלויה בחלקים הנעים של המכונה. המגינים יכולים להיות עשויים מפח, רשת, סורגים, פלסטיק קשיח, או כל חומר אחר המחזיק מעמד תקופה ממושכת. ראה איורים 5 ו-6.



איור 5: מגן קבוע העוטף ממסרת רצועות



איור 6: מגינים של מסור סרט

בדרך כלל המגינים של מסור הסרט יוסרו רק בזמן החלפת סרט המסור או בזמן פעולות אחזקה שוטפת. חשוב ביותר שבזמן פעולת המסור, המגינים יהיו סגורים ומחוזקים.

מגינים משולבים עם עצירת הפעולה

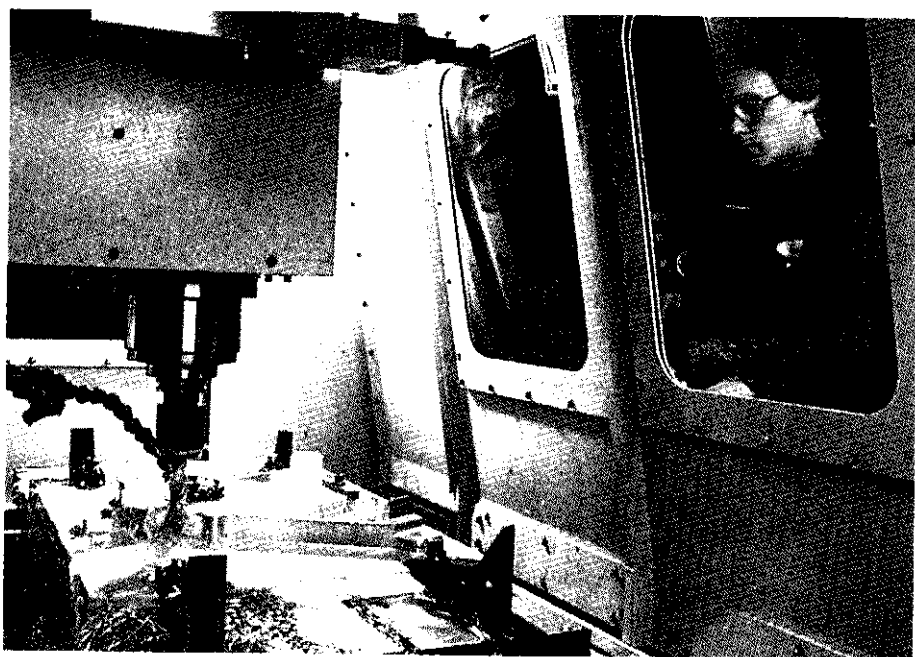
בהגנה יעילה על מערכת ההנעה של מסור סרט אנכי, פתיחת דלת המגן של אחד הגלגלים תגרום להפעלת פס גבול, אשר יפסיק או ימנע הפעלת המסור, בכך הופך המגן למגן משולב.

כאשר סוג זה של מגן נפתח או מוסר, מנגנון עצירה או מפסק כוח מופעלים אוטומטית והמכונה דוממת או מפסיקה את פעולתה אפילו באמצע המחזור. הפעלת המכונה מחדש תתאפשר רק כאשר המגן יוחזר למקומו. חשוב להדגיש, שהחזרת המגן למקומו כשלעצמה אסור שתפעיל את המכונה באופן אוטומטי.

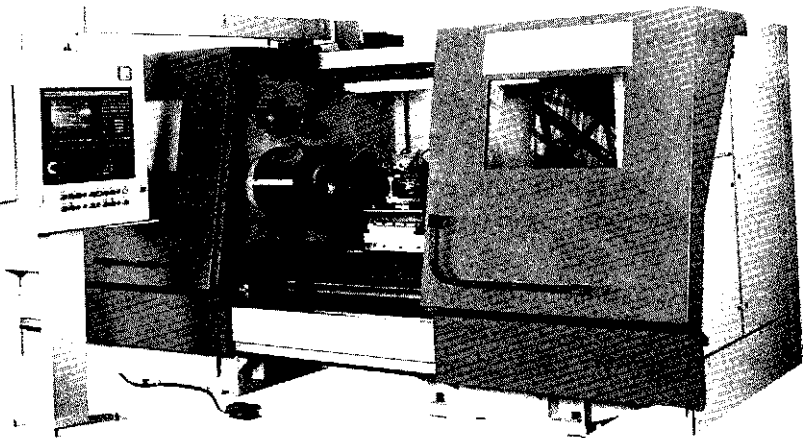
מנגנון שילוב המגן יכול להיות חשמלי, מכני, הידראולי, או פנאומטי או כל צירוף שלהם.

דוגמא נפוצה למגינים כאלה הם דלתות או שערי מגן, הנעים בדרך כלל על-ידי הזזה. הם מגינים על העובדים בכך שהם חוסמים את הגישה לאיזורים המסוכנים, ומונעים את הפעלת המכונה, כל זמן שהם פתוחים. ניתן להשתמש במנגנון כזה כאשר נדרשת הרחבת איזור הביטחון סביב מכונה או קבוצת מכונות.

כאשר פותחים את השער פעולת המכונה תיפסק אוטומטית. ראה איורים 7 ו-8.



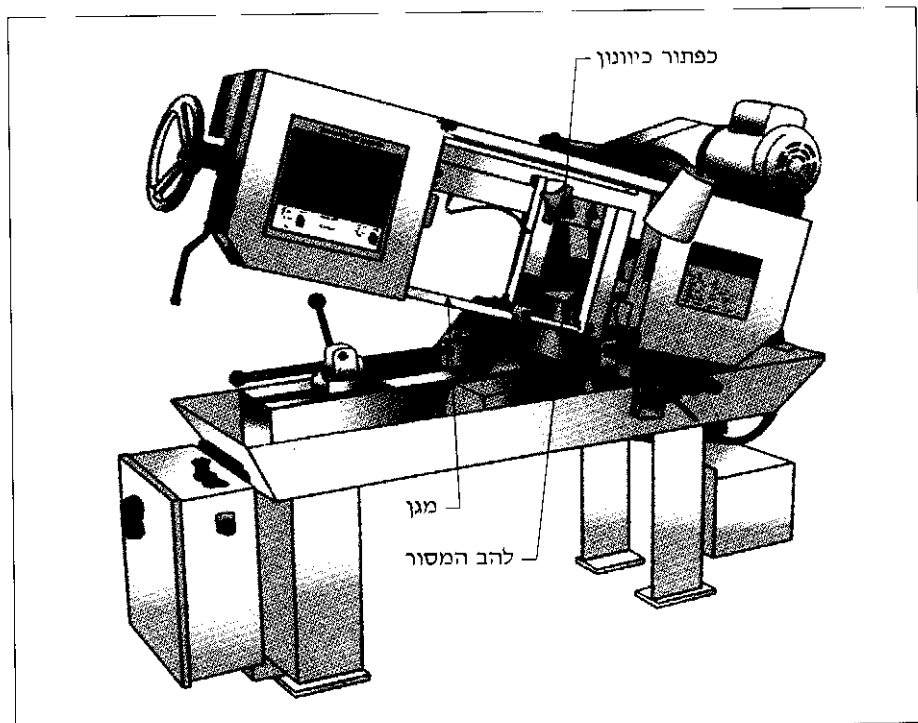
איור 7: כרסומת בעלת דלת – מגן



איור 8: מחרטה בעלת דלת - מגן

מגינים הניתנים לכיוון

מגינים אלה שימושיים במיוחד במכונות, בהם מעובדים חומרי גלם בצורות ובגדלים שונים, ראה איור 9.



איור 9: משור סרט אופקי בעל מגן על הקטע הלא מנוצל של המסורית. המגן ניתן לכיוון בהתאם לגודל חומר הגלם

מגינים בעלי כיוונון עצמי

מגינים אלה נפתחים בעקבות תנועת חומר הגלם. כאשר המפעיל דוחף את החומר לאיזור המסוכן, המגן נפתח בהתאם לגודל החומר, ולאחר המעבר הוא חוזר למצב הסגור ההתחלתי. ראה איור 80.

לכל סוג של מגינים יש יתרונות וחסרונות המסוכמים בטבלה שבהמשך.

סוג המגן	פעולת המיגון	יתרונות	חסרונות
קבוע	מספק מחסום	מותאם ליישומים ייחודיים. ניתן לייצר בבית המלאכה. מספק מיגון מרבי. בדרך כלל לא דורש תחזוקה. מתאים לייצור סדרתי.	מגביל את שדה הראייה. מוגבל לפעולות ייחודיות. כל כיוונון או תיקון של מכונה מחייב הסרתו ונקיטת אמצעי בטיחות אחרים לאנשי האחזקה.
משולב עם עצירת הפעולה	מפסיק את מקור הכוח או עוצר את פעולת המכונה לפני שהמפעיל נכנס לאיזור המסוכן. מונע התנעת המכונה כאשר המגן פתוח או שאינו במקומו הנכון.	מספק מיגון מרבי. מאפשר גישה נוחה למכונה לצורך תיקון תקלות.	דורש כיוונון מדויק. נדרשת תחזוקה. אפשר לנטרלי בקלות על ידי המפעיל. נזקים לעתים קרובות למפסקים ולסולנוידים.
ניתן לכיוונון	מספק מחסום הניתן לכיוונון בהתאם לגודל וצורת חומר הגלם.	מותאם ליישומים ייחודיים רבים. ניתן לקלוט מיגוון רחב של חומרי גלם.	אינו מספק הגנה לכל מצב – הידיים יכולות להיכנס לאיזור המסוכן. דורש כיוונון לכל מוצר מחדש. ניתן לפירוק על-ידי המפעיל. לעתים מגביל את שדה הראייה.
בעל כיוונון עצמי	מספק מחסום, שנע בהתאם לגודל חומר הגלם הנכנס לאיזור המסוכן.	קל לבנייה מרכיבי מדף סטנדרטיים בשוק המסחרי.	אינו מספק הגנה מירבית. מגביל את שדה הראייה. דורש כיוונון ותחזוקה תכופים.

מידע מפורט בנושא "מיגון מכונות" ניתן למצא בספר בשם זה, בהוצאת המוסד לבטיחות ולגיהות.

מנגנוני ביטחון

קיים מיגוון רב של מנגנוני ביטחון למיגון מכונות. חלק מהם מתואר בהמשך.

מנגנון ביטחון בעל חיישני נוכחות

מנגנוני ביטחון פוטו-אלקטריים (אופטיים) משתמשים בקרן אור ובקרים, שמפסיקים את מחזור פעילות המכונה ברגע ששדה האור מופרע על-ידי תנועה או עצם – בדרך כלל יד המפעיל.

מנגנוני ביטחון המופעלים על-ידי גלי רדיו.

מנגנוני ביטחון אלה משתמשים באנטנות ובקרים שמפסיקים את מחזור פעילות המכונה ברגע ששדה גלי התדר מופרע על-ידי תנועה או עצם – בדרך כלל יד המפעיל.

מנגנוני ביטחון אלקטרו-מכניים.

לחיישן או לאלמנט אחר היוצר מגע, נקבע מראש מהלך תנועה שיש להשלים עד להפעלת המכונה. כל מיכשול המונע את השלמת מהלך החיישן גורם להפסקת המחזור ועצירת המכונה.

מנגנוני ביטחון, המושכים את המפעיל או מגבילים את תנועתו

מנגנונים אלה שימושיים בעיקר במכונות שיש להן מהלכי כוח אנכיים, למשל מכבשים. מנגנוני משיכה כוללים מערכת רצועות, הקשורות לידיו של המפעיל. הרצועות מאפשרות גישה לנקודת הפעולה, כאשר החלק הנע מרוחק מאיזור הסכנה. בזמן התהליך, כאשר המכונה במהלך ירידה, הרצועות (בעזרת מנגנון מכני) מושכות אחורה את ידיו של המפעיל או מגבילות את תנועתו.

מפסקי חירום

מפסקי חירום הם מנגנוני עצירה הממוקמים כך, שהעובד יוכל להפעילם מיידית במקרה שהוא נקלע למצב מסוכן עקב פעולת המכונה. המפסק יכול להיות כבל עצירה, מוט רגיש ללחץ גוף או התקן מכני אחר (טריפוד).

לכל הסוגים של מנגנוני הביטחון יש יתרונות וחסרונות המסוכמים בטבלה בעמוד הבא.

סוג המנגנון	פעולת המיגון	יתרונות	חסרונות
פוטו-אלקטרי (אופטי)	כאשר בזמן הפעולה, יד או חלק גוף אחר של המפעיל חוסם את גלי האור, מופעלת עצירה מיידיית של המכונה. המכונה לא תופעל כאשר שדה האור מופסק.	מאפשר חופש פעולה למפעיל המכונה.	אינו מגן נגד תקלה מכנית; דורש כיוונון וכיול תדיר; הרכיבים האופטיים עלולים להינזק עקב רעידות חזקות; מוגבל למכונות הניתנות לעצירה.
מופעל על-ידי גלי רדיו	כאשר בזמן הפעולה, יד או חלק גוף אחר של המפעיל נכנס לשדה גלי הרדיו, מופעלת עצירה מיידיית של המכונה. המכונה לא תופעל כאשר שדה גלי הרדיו מופסק.	מאפשר חופש פעולה למפעיל.	אינו מגן נגד תקלה מכנית; דורש כיוונון מוגבל למכונות הניתנות לעצירה.
אלקטרו-מכני	מסלול תנועה של לחצן או חיישן נקבע מראש בין המפעיל ובין איזור הסכנה. במידה ותנועת החיישן נתקלת במכשול, נפסקת פעולת המכונה.	מאפשר גישה לנקודת העיבוד.	יש לכוונון את הלחצן או החיישן לכל יישום; הכיוונון חייב להיות מדויק.
מפסקי חירום	מפסקים את פעולת המכונה ברגע הפעלתם.	פשטות השימוש.	כל המפסקים מופעלים ידנית; מיקומם עלול להקשות על המפעיל להגיע אליהם; מגינים רק על המפעיל. נדרשים מתקנים מיוחדים לבלימת פעולת המכונה.

סוג המנגנון	פעולת המיגון	יתרונות	חסרונות
מגן משולב (שער או דלת מגן)	מספקים מחסום בין האיזור המסוכן ובין המפעיל או עובדים אחרים.	מונעים גישה או אפשרות כניסה לאיזורים מסוכנים.	מחייבים ביקורות ותחזוקה. עלולים להגביל את שדה הראייה של העובד

מיקום / מרחק

ניתן להשיג מיגון גם על-ידי אופן הצבת המכונות בבית המלאכה, כך שחלקים או איזורי מכונה מסוכנים לא יהיו נגישים למפעיל או לעובדים אחרים. לדוגמא: בניית מחיצות הפרדה, מיקום מקורות הכוח ליד קיר קיים, או הרחקתם על-ידי הגבהה למפלס, אליו העובדים אינם יכולים להגיע ללא מאמץ מיוחד.

גישה זו גם מעוגנת בחוק, בפקודת הבטיחות בעבודה סעיף 37.

הזנת חומרי הגלם והוצאת החלקים המוגמרים

קיימות מכונות, למשל מחרטות אוטומטיות או CNC, בהן טעינת החומר אוטומטית. העובד נופל בגמר החיתוך. לעומת זאת, במכונות אחרות נדרשת הדרכה והתייחסות רצינית לאופן טעינת חומר הגלם למכונה ולהסרת המוצר המוגמר לאחר העיבוד. במקרים רבים קיימת יותר משיטה אחת. לפעמים בשיטה אחת קיים סיכון, ובשיטה אחרת הסיכון נעלם או מוקטן בהרבה.

רובוטים

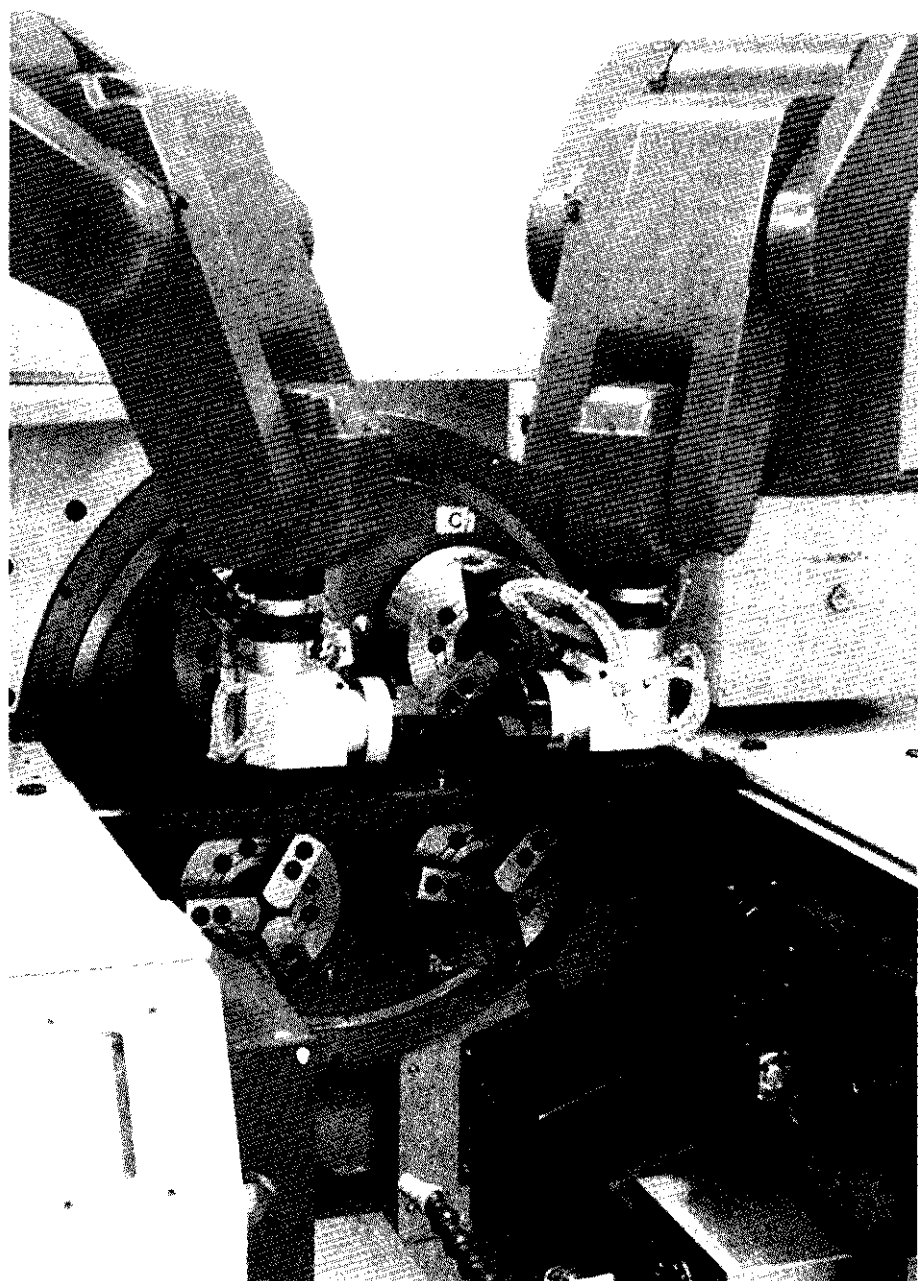
הרובוט מזין ומוריד חלקים ממכונות עיבוד, מבצע פעולות הרכבה ושינוע ומשימות אחרות. ככלל, הרובוטים מחליפים את העובדים בפעולות מסוכנות, במיוחד כאלה שחוזרות על עצמן בתהליך של ייצור המוני. ראה איור 10.

רובוטים ורובוטיקה הינם תופעות ותהליכים ההולכים ותופסים מקום נכבד בטכנולוגיות של עיבוד שבבי.

לעבודת הרובוט ולרובוטיקה יש מאפייני בטיחות יחודיים:

- ♦ דרגות חופש וכיווני תנועה בלתי צפויים;
- ♦ מרחבי פעולה (זמן מרחב);
- ♦ כוחות גדולים וכו'.

שיטות המניעה של ארועים בטיחותיים בתהליכים רובטיים והפעלת רובוט דורשים ידע וחשיבה מיוחדת בהיבטי בטיחות, שאינם כלולים בספר זה.



איור 10: מרכז עיבוד חריטה, בעל 4 כושים. שני רובוטים מזינים את חומר הגלם לכושים, מעבירים מכוש לכוש ולבסוף מסירים את החלק המוגמר

לשיטות הזנת חומר הגלם והוצאת החלקים המוגמרים יש יתרונות וחסרונות המסוכמים בטבלה הבאה.

שיטת ההזנה	פעולת המיגון	יתרונות	חסרונות
הזנה אוטו-מטית או חצי-אוטומטית	חומר הגלם נע לתוך איזור העיבוד בעזרת גלגליות, התקנים מכניים או בעזרת גרביטציה.	אין צורך בהתערבות המפעיל קרוב לאיזורי הסיכון.	נדרשים מגינים נוספים, בדרך כלל קבועים; נדרשת תחזוקה קבועה; השיטה מותאמת לגודל קבוע של חומר גלם.
הפלטה אוטומטית או חצי-אוטומטית	החלקים המוגמרים נפלטים מאיזור העיבוד בעזרת לחץ אוויר או מנגנונים מכניים המופעלים בצורה אוטומטית, או ביוזמת העובד בגמר התהליך.	אין צורך בהתערבות המפעיל קרוב לאיזורי הסיכון.	השיטה יוצרת בעצמה סיכונים (רעש, חלקים עפים) ונדרש מיגון נוסף; נדרשת תחזוקה קבועה; השיטה אינה מתאימה לכל גודל של חלק.
רובוטים	מבצעים את פעולות המפעיל.	אין צורך בהתערבות המפעיל קרוב לאיזורי הסיכון. מתאים במיוחד לפעולות הגורמות ללחץ נפשי גבוה – בסביבת עבודה של חום, רעש, או ייצור המוני.	נדרשים מגינים נוספים, בדרך כלל קבועים; נדרשת תחזוקה מרבית; השיטה מותאמת רק לסוג מסוים של פעולות.

עזרי בטיחות שונים

קיים מגוון של אמצעים, המיועדים להשפיע על המודעות של המפעיל לסיכונים פוטנציאליים ייחודיים בזמן העבודה: מחסומי אזהרה ושלטי אזהרה, אותות שמע או ראייה, צבע כסימן אזהרה ועוד.

לדוגמא, נורה מהבהבת מעל מכונות CNC, כשהן במצב עבודה. יעודה להתריאה בפני פתיחה בלתי רצויה של מגינים וחשיפה למצבי סכנה מיותרים.

אמצעים אלה מזכירים לעובדים את קירבתם לאיזורים המסוכנים. למרות שהם לא מספקים מחסום פיזי, הם מהווים מעין "מחסום פסיכולוגי" המסייע לבטיחות.

הדרכה נאותה

גם האמצעים החדשים והמשוכללים ביותר לא ימלאו את ייעודם למיגון אם העובדים לא יבינו ולא ידעו איך להשתמש בהם ולמה. לכן הדרכה ממוקדת ומפורטת מהווה רכיב הכרחי במאמץ להגן על העובדים בפני הסיכונים הקשורים בהפעלת המכונות לעיבוד שבבי.

בהתאם לחוק ארגון הפקוח על העבודה, כל העובדים בבית-המלאכה – כל אחד בתחמו – חייבים לעבור הדרכה עיונית ומעשית בנושאים הבאים:

- ◆ תאור והכרת הסיכונים הקשורים במכונה או בתהליך המסוים שבטיפולם ובאחריותם;
- ◆ תאור אמצעי המיגון הרלוונטיים לסיכון המסוים;
- ◆ איך להשתמש באמצעי המיגון ולמה;
- ◆ באילו תנאים ובאיזה אופן להסיר את אמצעי המיגון, ועל-ידי מי (בדרך כלל – על-ידי אנשי אחזקה בלבד).
- ◆ מה לעשות ולמי לפנות במקרה שאמצעי המיגון ניזוקים, חסרים, או אינם מספקים את המיגון הנדרש.

הדרכה זו הכרחית:

- ◆ בכל פעם שמתקבל לעבודה עובד חדש (כמפעיל מכונה או במחלקת האחזקה);
- ◆ כאשר מרכיבים מערכת מיגון חדשה;
- ◆ כאשר עובדים עוברים למכונה אחרת או כאשר מתקבלת מכונה חדשה.