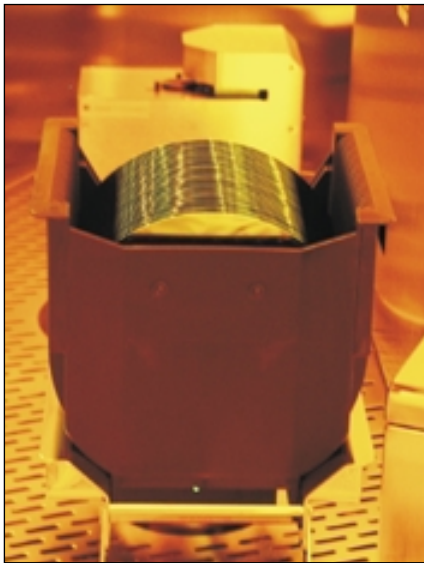


# תוכנית ארגונומית עבור עובדי הייצור ב'אינטל - קרית גת'

מאת עידו מורג

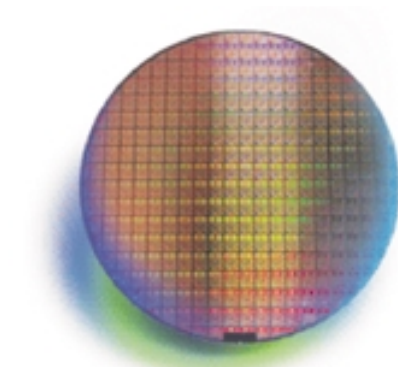
בשיגרת עבודתם של הטכנאים במפעל 'אינטל - קרית-גת' שולבה תוכנית עבודה ארגונומית הנקראת: "יצירת תפקיד מגוון פעילות", במטרה למנוע את חשיפת הטכנאים לסיכונים ארגונומיים

השכבות, עם כל תבניות המעגלים השונים - עד ליצירת המבנה הרב-שיכבתי. הטיפול בכל שיכבה כולל מספר שלבים (חימום ולחץ, אילוח, ציפוי, צילום, צריבה, וכו'), שכל אחד מהם מתבצע במכונה אחרת. השבב הסופי מכיל, כאמור, מספר שכבות ולכן, הטיפול בפרוסה, מתחילת הייצור ועד סופו, כולל חזרה על השלבים



איור 2: מנת ייצור המכילה 25 פרוסות סיליקון

השונים עפ"י מספר השכבות. עיבוד הפרוסות בתוך מכונות הייצור נעשה באופן אוטומטי, אך העברתן ממכונה למכונה לאחר כל שלב, וטעינתן לתוך המכונות השונות נעשית, כאמור, באופן ידני. בסופו של התהליך מכילות השכבות השונות גם רכיבים מוליכים וגם רכיבים "מוליכים למחצה" העשויים מסיליקון (שהוא חומר מוליך למחצה) "מאולח" (מזוהם) ע"י חומרים אחרים, אשר יכולים להיות מוליכים או מבודדים. התוצאה: על גבי הסיליקון נוצרים "צמתים" בנקודות מפגש בין מעגלים מהשכבות השונות. ה"צומת" מאפשרת זרימת אלקטרונים



איור 1: פרוסת סיליקון בקוטר של 200 מ"מ עם השבבים שעליה

ייצור מעבדי המחשב על פרוסת הסיליקון במפעל בקרית-גת הוא תהליך טכנולוגי מורכב וממושך. חומר הגלם הראשוני בתהליך הייצור הוא "פרוסות" סיליקון (צורן) בקוטר 200 מ"מ ובעובי 0.7 מ"מ (ראה איור 1) המשמשות מצע לבניית השבב. הפרוסות משונעות בקו הייצור בתוך מנות המכילות 25 "פרוסות" (ראה איור 2). משך זמן הייצור, מרגע כניסת המנה לתהליך ועד ליציאתה, מגיע עד ל-3 חודשים. כל פרוסת סיליקון יכולה להכיל כמה מאות שבבים.

בניית המבנה הרב-שיכבתי נעשית בתהליך כימי מדורג, כאשר כל שיכבה נבנית על פני מצע הסיליקון בנפרד. כשמתסיימת בניית שיכבה אחת - נבנית השיכבה הבאה מעליה.

השלב הראשון בתהליך הזה הוא חשיפת הפרוסה לחום גבוה (מאות מעלות צלזיוס) והפעלת לחץ של גזים שונים, לצורך השפעה על תכונות המוליכות של החומר. מצפים את הפרוסה בשיכבת חומר פולימרי צמיגי, רגיש לאור (photo resist). על השיכבה מצלמים את תבנית המעגל. בהמשך מפעילים חומרי איכול (צריבה) על מצע הסיליקון, להסרת חלקי השיכבה המיותרים, כך שעל פני הפרוסה נשארת רק תבנית המעגל הרצוי. תהליך זה חוזר על עצמו, לפי מספר

תהליך הייצור של מעבדים על גבי פרוסת הסיליקון, בתעשיית המוליכים למחצה, דורש רמת מיומנות גבוהה מאוד של טכנאי הייצור, המאופיינת ברמות דיוק ייחודיות. הפעלה שגויה של הטכנאי יכולה להפוך את פרוסת הסיליקון (שערכה גבוה מערכה של מכונת יקרה) לחומר גלם שאיננו שווה את החול ממנו הוא עשוי.

כדי להבטיח ייצור ברמת איכות מירבית, עורכים הטכנאים בקרת איכות לאורך כל התהליך - כדי לאתר פגמים בחומר הגלם ולתקן אותם מוקדם ככל שניתן. ההפסד הכספי הנלווה קטן ככל שהפגם מאוחר בשלב מוקדם יותר בתהליך הייצור. פעילות בקרת האיכות מתבצעת באמצעות כלי מדידה ייחודיים לתעשייה זו. בהפעלת חלק מהכלים הללו נדרש הטכנאי לבצע את המדידה בתנחות גוף סטטית.

המאמר שלפניכם מתאר את עיקרי התוכנית הארגונומית "יצירת תפקיד מגוון פעילות", למניעת חשיפת הטכנאים לסיכונים ארגונומיים, ואת דרך הטמעתה במפעל.

## רקע

טכנאי הייצור ב'אינטל קרית-גת' עובדים במשמרות של 12 שעות, 4 משמרות בשבוע - שתי משמרות הן משמרות יום (בין השעות 07<sup>00</sup>-19<sup>00</sup>) ושתיים הן משמרות לילה (בשעות 19<sup>00</sup>-07<sup>00</sup>).

השבב עצמו (צ"פ - chip) הוא מבנה רב-שיכבתי של מעגלים, המכילים רכיבים מוליכים ורכיבים העשויים ממוליכים למחצה. השבב משתייך לרכיבים הנקראים integrated circuits ומכאן גם שם החברה: "INTEL" (INTEgrated ELEctronics).

הכותב מרכז את תחום הארגונומיה ב'אינטל קרית גת'

## הטמעת התוכנית "תפקיד מגוון פעילות"

מחויבותם של המנהלים – מנהלי קבוצות הטכנאים על רצפת הייצור ומנהלי הייצור – היא גורם מפתח בהצלחת הטמעתה של התוכנית "תפקיד מגוון פעילות". מנהלי הייצור מתווים את מדיניות הייצור ומנהלים את המשאבים להשגת יעדיה של התוכנית. מנהלי קבוצות הייצור נדרשה הבנה של השפעת התוכנית על שיגרת



איור 3: שלושה סוגים של כלי בקרת איכות שהפעלתם כרוכה בתנוחת עבודה "סטטית"

העבודה. הם התבקשו לנהל את אנשיהם בהתאם לכלליה של התוכנית. הנהלת הייצור נדרשה להבין את מכלול ההשפעות שנוצרו בהטמעת התוכנית (כפי שיפורט בהמשך), כולל היבטים כספיים ושינויים במצבת כוח האדם.

תמיכת מנהלי הייצור הושגה לאחר שהוצגו לפנייהם נתונים מהתעשייה העולמית של מוליכים-למחצה, המראים כי עבודה בתנוחה סטטית, במחזורי עבודה עם חשיפה מתמשכת של הטכנאים למכונה, חושף את העובדים לסיכונים ארגונומיים (שכבר פורטו קודם). החשיפה עלולה, בסופו של דבר, להוביל לפליטתם ממעגל העבודה.

תהליך הטמעת התוכנית התבצע בתוך מהלך של החברה לגיוס נרחב של טכנאים חדשים. כדי ליצור בקרב הטכנאים החדשים והוותיקים מודעות לתוכנית, שולבו תכניה בפעילויות ההדרכה הבסיסיות ובהדרכות הרענון. עיקרי התוכנית גם פורסמו במשך מספר שבועות ברחבי המפעל, באמצעות מודעות על לוחות המודעות והן על ידי פרסום ב"שירותון" (עיתון פנימי המופץ בחדרי השירותים וזוכה לפופולריות בקרב העובדים).

המסר לטכנאים אודות התוכנית הדגיש את תרומתה של התוכנית לשמירה על בריאותם, ואת הסיבות שבגללן כדאי לכל אחד מהם לאמץ את כלליה. האחריות לביצוע נהלה העבודה היא אישית: כל טכנאי חייב להקפיד על עבודה נכונה עם הכלים הסטטיים (כאמור, עד 6 שעות עבודה מצטברות במשמרת והקפדה על ההפסקה של שעתיים לאחר עבודה רצופה של שעתיים).

במשך 5 השבועות הראשונים להטמעת התוכנית פורסמו, מדי שבוע, הכלים הנחשבים "סטטיים" (שהעבודה איתם כרוכה בתנוחת גוף סטטית), ואופן העבודה הנכון איתם שיקטין את החשיפה לסיכונים.

● תנוחת גוף קבועה, ללא תמיכה, לצורך ביצוע מטלה במשך זמן ארוך יותר מ-20 שניות;

● חשיפה של הטכנאי למימשק המכונה (ידיות, כפתורים, אמצעי בקרה), כחלק מביצוע עבודה חוזרת, כשמחזור העבודה ארוך יותר מ-5 דקות, לפחות 8 פעמים בשעה (תנועות הקשורות לעבודה כזו הן בעלות טווח תנועה מצומצם).

מהנדסי הארגונומיה חילקו את כלי הייצור שבחנו לקבוצות של "כלים סטטיים" ו"כלים דינמיים" (כלים לא-סטטיים). המטלות שלביצוען נדרשת תנוחה סטטית נמצאות בעיקר באזורי הייצור שבהם נערכת בקרת איכות בשכיחות גבוהה, כמו באזור הליתוגרפיה (ההדפסה) ובאזור האיכול (צריבה).

'אינטל', בשיתוף עם יצרני הצידוד, משפרת את אותם כלים שהשימוש בהם כרוך בתנוחת גוף סטטית, כך שחשיפת העובדים לסיכונים הארגונומיים תיקטן. השיפורים מתבטאים בשינוי אופן הפעלת המכונה, כך שהגדרת ה"סטטיות" לא תהיה קבילה יותר לגביה, לדוגמה: שידרוג רמת האוטומציה של הכלי המשמש בבקרת האיכות מאפשרת את קיצור משך השהייה של הטכנאי ליד המכונה; או עיצוב מחדש של כלי הבקרה, באופן שיאפשר עבודה בתנוחה ניטרלית, עם אפשרות לתמיכת הגוף.

התוכנית "תפקיד מגוון פעילות" מתבססת על 2 כללים:

■ משך העבודה הרצוף של טכנאי בתנוחה סטטית מוגבל לשעתיים. לאחר מכן יש לצאת להפסקה מפעילות סטטית, של שעתיים לפחות, לפני שמותר להתחיל במחזור נוסף של שעתיים.

■ מספר השעות שמותר לטכנאי לעבוד על "כלי סטטי", מוגבל ל-6 מתוך משמרת עבודה בת 12 שעות.

בכיוון מועדף ויכולה לשמש כמתג משובכלל. בדרך זו מתאפשרת הכללה של מיליוני התקני מיתוג ("טרנזיסטורים") המכילים בתוכם מספר צמתים ופועלים כמתגים זעירים) בכל שבב ובניית תיפקודיו השונים.

אחת ממחויבויותיה של 'אינטל' לעובדיה היא לספק להם "סביבת עבודה נקייה ממיפגעים". לצורך כך שולבה בשיגרת עבודתם של הטכנאים במפעל תוכנית ארגו-נומית הנקראת: "יצירת תפקיד מגוון פעילות" (job rotation), במטרה

להפחית את חשיפת הטכנאים, המבצעים פעילויות שוטפות של בקרת איכות, לסיכונים ארגונומיים הקיימים בעבודה באותה תנוחת גוף, לפרקי זמן ממושכים; לעבודה בתנוחת גוף לא טבעית; לעבודה תוך יצירת עומסים מכניים על רקמות גוף רכות או לעבודה מונוטונית ("חזרתיות") לאורך זמן. חשיפה מתמשכת לסיכונים הארגונומיים הללו עלולה לגרום לפגיעה (טראומה) מצטברת, אשר באה לביטוי בגפיעות ברקמות ולליקויים בהן. הליקויים מזהים לעתים במערכת העצבים, בגידים, במיתרים ובמערכת ה"שריר-שלד" של העובדים. פציעות וליקויים כתוצאה מטראומה מצטברת כוללים, לדוגמה, כאבי שרירים (myalgia), דלקות גידים (tenosynovitis), דלקת שריוול הגיד (carpal tunnel syndrome). של שורש כף היד (carpal tunnel syndrome). אחד ממרכיביה של התוכנית הארגו-נומית הוא, כאמור, צמצום חשיפתם של הטכנאים לסיכונים הקשורים לעבודה בתנוחת גוף קבועה (סטטית) לפרקי זמן ממושכים.

טכנאי הייצור בתעשיית המוליכים נדרשים לעבור תהליך למידה ממושך עד לקבלת המיומנות הנדרשת. סיכונים ארגונומיים עלולים להרחיק עובדים ממעגל העבודה, ולו גם לפרק זמן קצר. לכן מוקדשת הרבה תשומת לב ניהולית ל"שימור" של הטכנאים במעגל העבודה. מניעת החשיפה לסיכונים הארגונומיים מחזקת את המדיניות הזאת.

### כלי ייצור סטטיים ודינמיים

כדי לזהות את הפעילויות בהן נדרשים הטכנאים באולם הייצור לעבוד בתנוחת גוף קבועה לאורך זמן (תנוחה סטטית), בחנו מהנדסי הארגונומיה את כל הפעילויות שמבצעים הטכנאים על כל כלי הייצור. תנוחת גוף "סטטית" הוגדרה כתנוחה אשר עונה על אחת מ-2 ההגדרות הבאות:

## סיכום

תוכנית העבודה החדשה זכתה להיענות גורפת של הטכנאים. שיגרת העבודה באולם הייצור, כיום, מראה כי כללי העבודה שנרכשו הפכו ל"טבע שני" של הטכנאים, והם הפכו לחלק מהתרבות הארגונית במפעל. מערך פעילויות ההדרכה וגיוסם של המנהלים להטמעת התוכנית, תרמו למיצובו הנוכחי של הנושא.

גם צוות המרפאה התעסוקתית המקומי נרתם לתהליך ההטמעה: כל טכנאי שפונה אליהם בתלונה על כאבים או אי נוחות הקשורים למערכות שלד-שריר נשאל לאופן בו הוא מיישם את כללי התוכנית.

פניות של טכנאים להטמעת התוכנית "תפקיד מגוון פעילות" גם באזורי ייצור בהם עובדים רק עם כלים דינמיים (שם אין בכלל צורך בתוכנית), הן דוגמה הממחישה עד כמה הוטמעה התוכנית במפעל.

מסיכום שנתי, הבוחן את המגמות של תלונות הטכנאים על רצפת הייצור, על תחושות אי-נוחות ופציעות עולה שהתוכנית עצמה - יחד עם חינוך העובדים לדיווח מוקדם על תחושות אי-נוחות - הן הגורם העיקרי לירידה במספר הפציעות ובחומרתן. ■

מהרגע שהטכנאים רכשו את כל המיומנויות הנדרשות, בכלים הסטטיים ובכלים הדינמיים, מוטלת עליהם אחריות אישית לנהל את שיגרת עבודתם כך שמחד - היא תתאים לכללי התוכנית ומאידך - תשמור על נצילות הכלים המוגדרת ועל תפוקה אישית גבוהה.

בחינה מחודשת של היקף כוח האדם, הנדרש לשמירה על נצילות גבוהה של המכונות תוך יישום כללי העבודה, הראתה כי יש צורך בגיוס עובדים נוספים. מספר העובדים הנוספים לכל קבוצת כלים הוא פועל יוצא מרמת נצילות הכלים הנדרשת.

בתקופת הטמעת התוכנית התבקשו מנהלי קבוצות הייצור לדווח באופן שבועי על התקדמות ההטמעה, על פי 2 מדדי ביצוע:

■ מספר הפרות הכללים שנצפו על ידי המנהלים;

■ מספר ההפרות שזוהו על ידי "נאמני הארגונומיה" (שתישאלו את עמיתיהם וגם נתנו להם משוב).

דיווחיהם של הנאמנים היו אנונימיים, והשימוש בדו"חות שלהם תמך בזיהוי כיווני מגמות ומימדיהן, לצורך זיהוי נקודות חוזק וחולשה של התוכנית. על בסיס מדדי ההצלחה הללו זיהה מהנדס הארגונומיה את המקומות בהם יש צורך להשקיע מאמצים נוספים בהדרכת הטכנאים ובחיזוק המודעות לתהליך ובאיזה אזורי ייצור יש לחזק את מחויבות המנהלים לתהליך.

להטמעת התוכנית היו 2 מרכיבים מרכזיים, שנועדו לשמור על כללי התוכנית מחד, ומאידך - לשמור על נצילות גבוהה של הכלים הסטטיים ועל תפוקת הטכנאים, כך שגם יעמדו ביעדי הייצור:

■ הקמת מערך הדרכה הכולל את כל טכנאי הייצור;

■ גידול במצבת כוח האדם של הטכנאים על רצפת הייצור.

לשני המרכיבים הללו יש היבטים כספיים בעלי משמעות: הצורך להנחיל את נוהלי העבודה החדשים לכ-700 טכנאים ותיקים יצר צורך בהקמת תוכנית הדרכה נרחבת, אותה הובילה מחלקת ההדרכה. בכל קבוצת ייצור אותרו מספר טכנאים עם כשרון להדרכה ולמתן משוב. אלה הוכשרו כ"נאמני ארגונומיה", שתפקידם להעביר את עיקרי התוכנית לכלל הטכנאים בהדרכה אישית ראשונית ובמשוב תקופתי - כדי לוודא שנוהל העבודה אכן הוטמע.

תהליך ההטמעה היה הדרגתי וארך כ-3 חודשים (12 שבועות), כך שצמצום משך החשיפה של הטכנאים לסיכונים הארגונומיים היה מדורג, והגיע להקפדה מלאה לאחר כ-3 חודשים מתחילת התהליך. העיקרון המנחה בהדרכה היה יצירת "תפקידים מגוונים פעיליויות". טכנאים שעבדו על כלים סטטיים עברו הכשרה גם בהפעלת כלים דינמיים ולהיפך (cross training). לדוגמה: כאשר טכנאי סיים לעבוד במשך שעתיים רצופות עם כלי סטטי הוא יוכל לעבור להפעלה של כלי דינמי, למשך שעתיים לפחות, והטכנאי שהפעיל עד אז את הכלי הדינמי יעבור להפעלה של הכלי הסטטי. הכשרת הטכנאים לעבודה על 2 סוגי הכלים מאפשרת לשמור על תפוקה אישית גבוהה של הטכנאים וגם על נצילות גבוהה של הכלים. טכנאים שעבדו על כלים דינמיים ונדרשו להרחיב את הכשרתם גם לכלים סטטיים אימצו את נוהל העבודה החדש רק לאחר 3 חודשים, בגלל הזמן הרב הנדרש להסבה הזאת. משך ההכשרה הארוך הנדרש לכלים הסטטיים נגזר מרמת המיומנות הגבוהה הנדרשת להפעלתם. גם טכנאים חדשים, שהתחילו את הכשרתם על כלים סטטיים, אימצו את נוהלי התוכנית רק לאחר שסיימו את הכשרתם על הכלים האלה (כעבור 3 חודשים).

פציעות וליקויים ארגונומיים נובעים מחשיפה מתמשכת לסיכונים. לכן, אין בעיה בכך שטכנאים חדשים לא יעבדו בחודשים הראשונים לכניסתם לעבודה, באופן זמני, על פי כל כללי התוכנית. עומס העבודה המוטל על העובדים החדשים בחודשים הראשונים לכניסתם לתפקיד נמוך מעומס העבודה השגרתי, המוטל על טכנאים ותיקים.

## המוסד לבטיחות ולגיהות

### קורסים וימי עיון בסניף ירושלים

#### לחודשים ספטמבר, אוקטובר, נובמבר דצמבר 2001

ספטמבר		
לעובדים מאזור ירושלים	3.9-5.9	קורס נאמני בטיחות
למפעילי מלגזות מאזור ירושלים	9.10-11.9	קורס מלגזנים (בודדים)
אוקטובר		
למפעילי מלגזות מאזור אשדוד	10.23-24.10	קורס מלגזנים (בודדים)
לחשמלאים מאזור ירושלים	16.10	יום עיון לחשמלאים
לנאמני בטיחות מאזור ירושלים	10.30	יום עיון לנאמני בטיחות
נובמבר		
לעובדים מאזור אשדוד	11.5-7.11	קורס נאמני בטיחות (בסיסי)
לנאמני בטיחות מאזור אשדוד	14.11	יום עיון לנאמני בטיחות
למחסנאים מאזור ירושלים	11.20	יום עיון למחסנאים
דצמבר		
לעובדים מאזור ירושלים	12.3-5.12	קורס נאמני בטיחות (בסיסי)
למפעילי מלגזות מאזור ירושלים	12.18-19.12	קורס מלגזנים (בודדים)
לחשמלאים מאזור אשדוד	12.24	יום עיון לחשמלאים

לפרטים נוספים ניתן לפנות לסניף ירושלים של המוסד לבטיחות ולגיהות

בטלפונים: 02-6723110, ובפקס: 02-6732880