

בחירת טולרנסים בעיבוד שבבי CNC...

כמה טיפים

בחירת טולרנסים שנחשבים לסטנדרטיים ובמקרים המתאימים תוך הבנת החומר המעובד נעדיף טולרנסים הדוקים שיאפשרו לנו לאזן את המחיר והדיוק בתהליך העיבוד המכני.

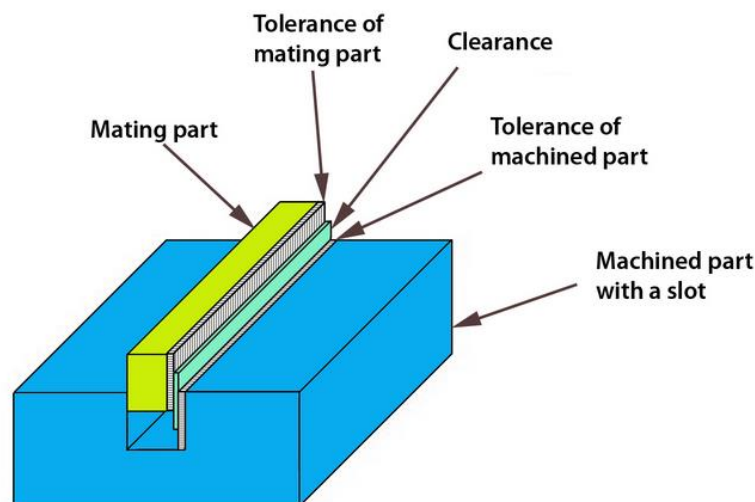
בחירת טולרנסים בעולם עיבוד ה CNC היא קריטית על מנת להבטיח שהחלקים ישובבו בקפדנות ובדיוק גבוהה. אם אנחנו מתכננים חדשים שנחשפים לעולם החלקים המסובכים אנחנו ודאי תוהים איך למצוא את הטולרנס המתאים לתכן שלנו. מובאים כאן מספר תובנות מובילות (טיפים) לבחירת טולרנסים בעיבוד CNC שמאפשרים יותר איזון בין העלויות לדיוק.

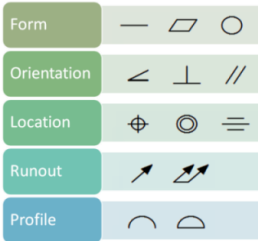
הבנת החו"ג שאיתו עובדים

הבנת החומר ותכונותיו חשובה מאד בבחירת טולרנסים. לחומרים שונים יש יכולות והתנהלות המשפיעה על הביצועים שלהם במהלך העיבוד. בחירה יסודית ונכונה של החומר כבר בשלב התכנון תאפשר לנו קיבוע של טולרנסים רציונליים.

חלק מהחומרים המתכתיים מדרך הטבע יותר רכים מאחרים דוגמאת זהב וכסף. בשל רכותם הרבה השגת סיבולת הדוקה יותר עם מתכות כאלה קשה יותר. חוצרים רכים נוטים להגיב בקלות יתרה לכל תנועה או מגע. כתוצאה מרגישות זו תהליך העיבוד חייב להיות מבוקר היטב ומדויק מאד על מנת להשיג טולרנסים הדוקים. באופן דומה, חומרים עם עמידות נמוכה לחום יתקשו לשרוד בעיבוד אינטנסובי עקב הטמפרטורה הגבוהה הנוצרת מחיכוך במהלך העיבוד. ממולץ לשקול היטב באופן ריאלי את מסוגלות עיבוד החומר לפני שבחרנו את הסיבולת.

Important terms



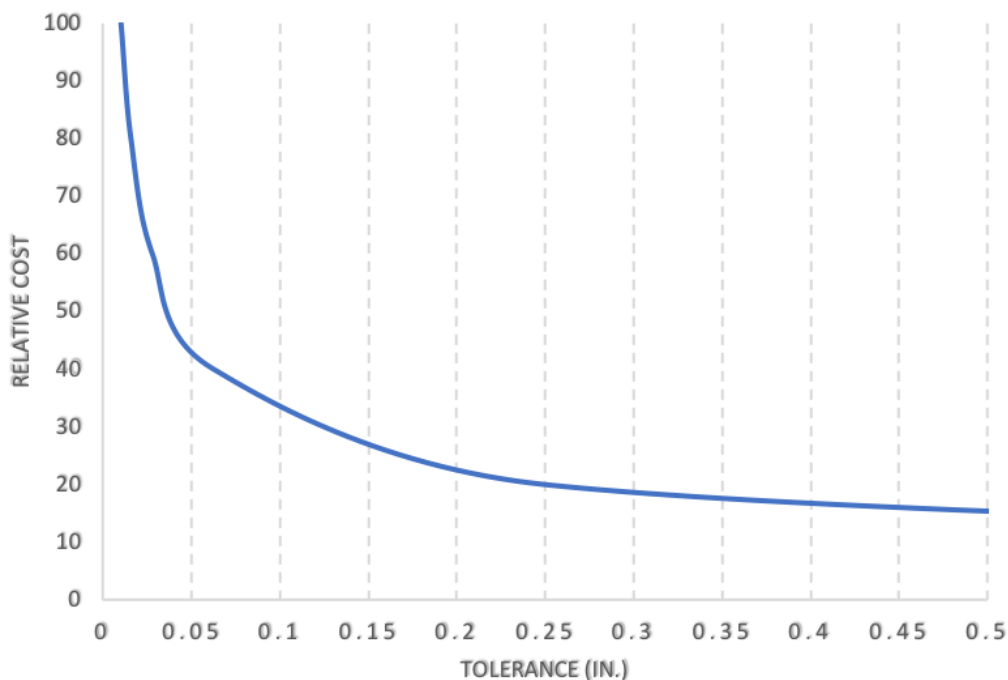


בחירת טולרנסים בעיבוד שבבי CNC...

כמה טיפים

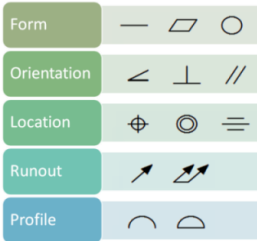
שווה להתחשב בעלויות הטולרנס הדוק

העלות, היא פקטור משמעותי כאשר בוחרים טולרנסים בעיבוד שבבי (ובכלל). בדרך כלל טולרנס הדוק יהיה הרבה יותר יקר. טולרנס הדוק דורש כלים וציוד איכותי יותר וכמובן עלויות בקורת גבוהות, בנוסף לתהליך ייצור לעיתים ארוך יותר וללא ספק קפדני יותר. זה מאד מאתגר לנסות לאזן בין המחיר והדיוק בעיקר בחלקים שנחשבים למורכבים (רמת סיבוך) ודורשים כאלו טולרנסים. בהנחה שאנחנו עובדים מול תקציב ידוע ומוגבל (זו בדרך כלל התמונה) ומתכננים טולרנסים הדוקים כמדיניות, העלות תאמיר באופן דרמטי. הדרך הנכונה היא לבצע ניתוח עלויות ולהבין מה מקסימום התקציב שיידרש להשקיע בפתרון ועדיין להיות שם. במידה ואנחנו עוסקים בפרוייקט לייצור המוני לאפליקציה מסחרית כדאי להעמיד נגד עיננו את עלות המוצר הסופית כנקודת מוצא. תורידו מכך את העלויות הידועות והוצאות קבועות לייצור מה שישאר לנו יהיה הסכום המקסימלי שנוכל להשקיע בעיבוד השבבי / טולרנסים של הפרוייקט. ממולץ לבצע ניתוח סיכונים (Risk analysis) לפני התחייבות לטולרנסים הדוקים ולצמצם אותם רק היכן שידרש וללא פריצת התקציב.



העדיפות הטולרנסית תמיד לחלקים מבניים (סטרוקטוראליים)

אחת הדרכים לשמור על עלויות סבירות של טולרנסים בעיבוד שבבי היא לתת עדיפות לטולרנסים של המרכיבים המבניים במוצר. היבט זה נחשב לקריטי ומאפשר לשמור על שלמות מבנית ופונקציונליות של החלק. דוגמא מצויינת יכולים להיות ברגים מיוחדים, סרני הנעה, גלגלי שיניים



בחירת טולרנסים בעיבוד שבבי CNC...

כמה טיפים

ורכיבים מדוייקים אחרים שקריטיים לביצועים, לבטיחות המוצר והפונקציונליות שלו. מכיוון שלחלקים אלו יש בדרך כלל הברגה הם בעלי סיבולת הדוקה כדי לייצור תאימות לחלקים קריטיים אחרים. למשימה כזו עבור חלקים קריטיים שווה לשלם מעט יותר עבור הידוק הטולרנס. אם אנחנו על תקציב מוגבל ורזה בהכרח תעדיפו תחילה טולרנס הדוק יותר עבור חלקים חיוניים מבחינה סטרוקטורלית במקום לנסות להקצות טולרנס הדוק לכל היבט אחר של המוצר.

Linear dimension range (mm)	Tolerance class			
	f (fine)	m (medium)	c (coarse)	v (very coarse)
0.5 up to 3	±0.05	±0.1	±0.2	-
over 3 up to 6	±0.05	±0.1	±0.3	±0.5
over 6 up to 30	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0
over 30 up to 120	±0.15	±0.3	±0.8	±1.5
over 120 up to 400	±0.2	±0.5	±1.2	±2.5
over 400 up to 1000	±0.3	±0.8	±2.0	±4.0
over 1000 up to 2000	±0.5	±1.2	±3.0	±6.0
over 2000 up to 4000	-	±2.0	±4.0	±8.0

הצמדות לטולרנסים סטנדרטיים

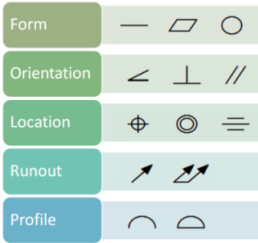
תקנים וסוגי טולרנסים הם כאמור קריטיים לבחירה בעיבוד שבבי. למרות שלחומרים אין בדרך כלל טולרנס סטנדרטי בתעשייה, ישנם מספר סוגי טולרנס שרובנו המהנדסים והיצרנים משתמשים בהם. שלושת הסוגים של טולרנס: דו צדדי, חד צדדי וטולרנס גבולי. כל אחד מהם הוא דרך שונה של ביטוי הטולרנס וסוג מסוים יכול לייצור הבנה יתרה לגבי החלק. הצמדות לאחת משלושת השיטות תהפוך את הייצור להרבה יותר פשוט.

דו צדדי – מבטיח וריאציה מעל ומתחת למידה בסיסית ויש לו סטיות שוויוניות או לא שוויוניות מעל ומתחת. מעל תחת הסימן (+) ומתחת בסימן (-).

חד צדדי – מאפשר וריאציות מעל או מתחת ואינו מאפשר וריאציות לשני הצדדים.

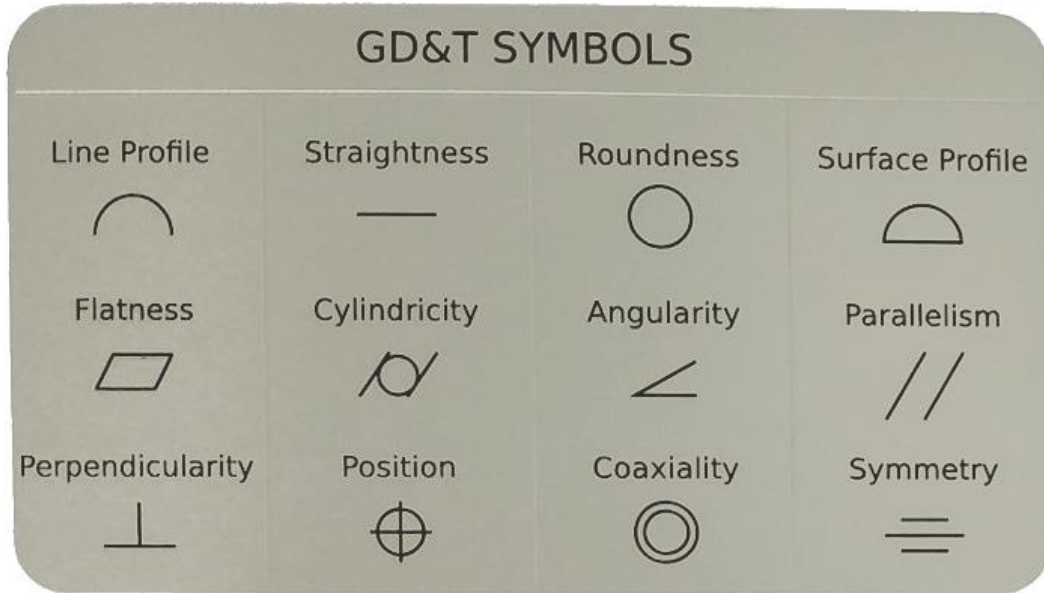
גבולי – אינו משתמש בסימני (+) או (-) אך מראה גבול עליון ותחתון של מידה. כל ערך ביניהם הוא קביל.

בנוסף, GD&T עשויה להיות אופציה. למרות שזה יכול להיות יקר, כדאי לשקול את GD&T עבור חלקים מורכבים ומסובכים מכיוון שהמתודולוגיה כוללת סיבולת עבור אלמנטים רבים בתכן ולא רק מידות. GD&T כולל סיבולת עבור מיקומי תכונות, פרופיל פני השטח, כיוון, סטיה רוטציונית וצורה.



בחירת טולרנסים בעיבוד שבבי CNC...

כמה טיפים



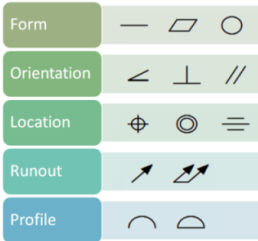
זמן הבקורת

בבחירת הטולרנס לעיבוד שבבי ראוי להתחשב בזמן הדרוש לבקורת. בדורל כלל ככל שהטולרנסהדוק יותר הבקורת תהיה יסודית ומקיפה יותר.

דיוק דורש תשומת לב מירבית לפרטים, כך שתהליך הבקורת לטולרנסים הדוקים הוא צרכן זמן אפקטיבי בהרבה מבדיקה של טולרנס חופשי. הבקורת של טולרנס הדוק תקפיץ את העלויות וזמן המחזור יהיה הרבה יותר ארוך עד גמר המוצר. זו לא בהכרח בעיה, אבל צריך להביא זאת בחשבון.

שקול את האופציות השונות

כאשר אנחנו שוקלים את הדיוק הנדרש לייצור מבנה מורכב, שווה לשקול את כל האופציות שעומדות לרשותינו. עיבוד שבבי יכול להסתיים בחלקים איכותיים, ומדוייקים. עם זאת, זו לא האפשרות היחידה שקיימת היום על השולחן. אם אנחנו עובדים עם חומרים קשים לשיבוב מסובכים וכמות הייצור מינימלסטית בסבב ייצור מהיר, ראוי לשקול לייצר את החלקים/ חלק באחת מטכנולוגיות התוספתיות (הדפסת תלת ממד). זו יכולה להיות אופציה מצויינת לחלקים לא מבניים בטולרנס חופשי עם חומרים רכים למטרת אב טיפוס מהיר. תמיד צריך להיזכר בטכנולוגיות החישול והיציקה השונות שיכולות לתת מענה מצוין במקרים אחרים.



בחירת טולרנסים בעיבוד שבבי CNC...

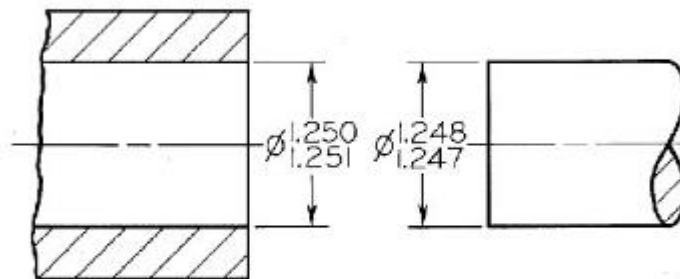
כמה טיפים

עיבוד שבבי של חלקים בדיוק גבוהה

בחירת טולרנסים לעיבוד שבבי CNC חיונית על מנת להבטיח שהחלקים יתאימו למידות ותנאי התכנון בעיקר כאשר מדובר בחלקים ברמת סיבוכיות גבוהה. בחירת טולרנסים סטנדרטיים, הבנת התנהגות חומר הגלם ומתן עדיפות לטולרנסים הדוקים רק במקומות הנכונים יעזרו לנו מאד לאזן את משוואת העלות מול דיוק במוצר הסופי.

Shaft: A member which fit in another member

Hole: A member in which external member fit.



(a) LIMIT DIMENSIONS

The Tolerance is 0.001" for the Hole as well as for the Shaft

בהצלחה...