



مدل سازی ریاضی تابع هزینه های کلی فرایند ماشینکاری برای قطعات منشوری در فرایند خشن تراشی

رامین مشک آبادی
مریی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
r-meshkabad@iaua-ahar.ac.ir

چکیده

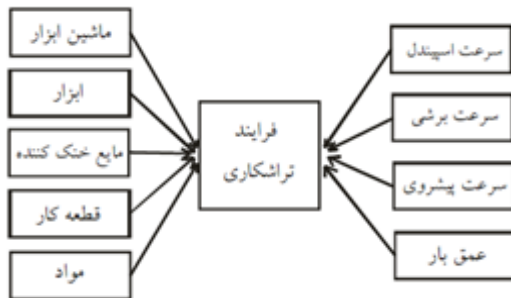
تخمین صحیح و منطقی هزینه های فرایند باعث افزایش بازدهی تولید و تسریع در ارائه قیمت به مشتریان می شود. در این مقاله به دنبال ارائه مدلی مناسب جهت فرموله کردن هزینه های فرایند ماشینکاری (تراشکاری) هستیم تا بتوانیم از نتایج این مدل در مراحل اولیه سیکل طراحی قطعه استفاده کنیم. به منظور ارائه این مدل لازم است تمامی عواملی را که در هزینه فرایند تاثیر گزار هستند را بررسی کرده و در تابع هزینه اعمال نماییم.

واژه‌های کلیدی: فرایند ماشینکاری، هزینه های فرایند، مدل سازی ریاضی، برنامه ریزی فرایند

۱- مقدمه

و سیستم‌های تولیدی انعطاف پذیر که لازم است در آنها جزئیات فرایندهای تکنولوژیکی مشخص شود بدون توجه به تعداد قطعات تولیدی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

همچنانکه معلوم است افزایش مقدار پارامترهای برش (f, v, d) سبب کاهش زمان ماشینکاری و در نتیجه سبب کاهش هزینه‌های ماشینکاری خواهد شد. از طرف دیگر در اثر افزایش سایش ابزار و اتلاف وقت به منظور تعویض ابزار سبب بالا رفتن هزینه‌های ماشینکاری خواهد شد. با در نظر گرفتن این نتایج متناقض به راحتی می‌توان فهمید که انتخاب پارامترهای برش مناسب به معنای یافتن مجموعه پارامترهای مناسب می‌باشد. از نقطه نظر ریاضی استفاده از روش‌های بهینه‌سازی و حل آنها برای این مساله لازم و ضروری می‌باشد. شکل (۱) عوامل اصلی موثر در فرایند تراشکاری را نشان می‌دهد.



شکل (۱) عوامل اصلی موثر در فرایند تراشکاری

۳- مدل‌سازی تابع هزینه برای فرایند تراشکاری

مدلهای ریاضی که غالباً در مسائل بهینه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند اغلب از سه جزء اصلی تشکیل یافته است:

۱ - تابع هدف

۲ - سیستم محدودیتها

۳ - معادلات کمکی با توجه به شرایط مساله

متغیرهای مستقل مدل ریاضی مورد نظر پارامترهای ماشینکاری می‌باشند که برای فرایند تراشکاری عبارتند از: عمق بار (d) ، سرعت پیشروی (f) و سرعت برشی (v) . تابع هدف را می‌توان به صورت کمترین هزینه و یا بیشترین سودمندی بر اساس فرایند داده شده تعریف کرد و از معادله طول عمر ابزار به عنوان جزء سوم مدل می‌توان استفاده کرد [2].

در فرایند تولید محصولات در صنایع مهندسی ایده‌ها و تصمیم‌گیری‌هایی در مدیریت شکل می‌گیرند و بر اساس آنها گروه‌ها و بخش‌های مختلفی مانند (طراحی و برنامه‌ریزی و مهندسی تولید و ...) مسئول انجام مراحل آماده‌سازی و تولید هستند که لازم است این گروه‌ها و بخش‌ها همواره با افرادی که در کارگاه‌ها فعالیت می‌کنند در ارتباط باشند.

به منظور مقرون به صرفه کردن اجرای کل فرایند لازم است که محاسبه هزینه‌ها در نظر گرفته شود و از اطلاعات به دست آمده از آن به عنوان اطلاعات کلیدی در تصمیم‌گیری‌های طراحی و ساخت استفاده شود. این مورد اصلی‌ترین نقطه شروع این مقاله را تشکیل می‌دهد بطوریکه بدون در نظر گرفتن آن عملاً اجرای فرایند مقرون به صرفه نخواهد بود مگر اینکه جنبه‌های بهینه‌سازی و اقتصادی فرایند در نظر گرفته شود.

به منظور انجام برنامه‌ریزی فرایند به روش اقتصادی و غلبه بر مشکلات اقتصادی و فنی و همچنین سعی در کاهش هزینه‌ها و زمان تولید و همزمان با آن افزایش بهره‌وری آنها را دارند [1].

تحقیقات در مورد فرایندهای ماشینکاری بهینه به سال ۱۹۰۷ بازمی‌گردد (Taylor, F. W) از آن زمان به بعد مسائل بهینه‌سازی با روش‌های مختلفی انجام شده است. روش‌های بهینه‌سازی از روش‌های کلاسیک ساده گرفته تا تکنیک‌های بهینه‌سازی همراه با محدودیتها با در نظر گرفتن ماهیت احتمالی مساله و برنامه‌ریزی هندسی گزارش شده‌اند که همگی آنها موفق بوده‌اند. تحلیل فرایند تراشکاری ساده و چند پاسی تحت محدودیت‌های عملی با در نظر گرفتن معیارهای کمترین هزینه تولید یا کمترین زمان انجام شده‌اند [2].

۲- نقش پارامترهای تکنولوژیک در برنامه‌ریزی فرایند

تعیین پارامترهای تکنولوژیکی فرایندهای برش با در نظر گرفتن اهداف تولید و جنبه‌های اقتصادی یکی از مهمترین وظایف مهندسی تولید می‌باشد. با به کارگیری مناسب مهندسی تولید می‌توان کیفیت قطعه را که به پارامترهای تکنولوژیکی بسیار وابسته است تضمین کرد. تعیین پارامترهای بهینه برش به ویژه برای ماشینهای CNC/NC

۴- مدلسازی تابع هزینه برای فرایند تراشکاری

تابع هزینه تابعی است که تمام پارامترهای موثر در هزینه های ماشینکاری را در بر می گیرد. هزینه های کلی فرایند ماشینکاری در واقع مجموع هزینه های مربوط به ماشینکاری (C_m) و هزینه های مربوط به ابزار (C_t) می باشد.

$$C_{\Sigma} = C_m + C_t \quad [\text{Cost unit}] \quad (1)$$

هزینه های مربوط به ماشینکاری را می توان به صورت زیر در نظر گرفت:

$$C_m = k.t_m \quad [\text{Cost unit}] \quad (2)$$

که در آن k هزینه های ویژه محل ماشینکاری می باشد که از محلی به محل دیگر متفاوت است و t_m زمان ماشینکاری می باشد که بر اساس تعریف نرخ براده برداری به صورت زیر قابل محاسبه می باشد:

$$t_m = \frac{V_m}{Q} \quad [\text{min}] \quad (3)$$

در این رابطه V_m حجم براده برداری می باشد که برای سطوح استوانه ای از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد:

$$V_i = \pi \cdot 10^{-3} \cdot D_i \cdot d_i \cdot L_i \quad [\text{cm}^3] \quad (4)$$

همچنین Q نرخ براده برداری می باشد که از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$Q_i = d_i \cdot f_i \cdot v_i \quad [\text{cm}^3/\text{min}] \quad (5)$$

برای محاسبه هزینه های مربوط به ابزار داریم:

$$C_t = C_e \cdot N_e \cdot t_m \quad [\text{Cost unit}] \quad (6)$$

که در آن هزینه های مربوط به یک لبه ابزار C_e را می توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$C_e = \frac{C_p}{N_e} + k.t_{ch} \quad [\text{Cost unit}] \quad (7)$$

که در آن:

C_p : کل هزینه های مربوط به استفاده از ابزار از قبیل (خرید، نگهداری، شکست و ...) می باشد و بر حسب واحد پولی می باشد.

N_e : تعداد تعویض لبه های ابزار

t_{ch} : متوسط زمان لازم برای تعویض یک لبه ابزار بر حسب دقیقه می باشد.

تعداد کل تعویضهای ابزار در طول ماشینکاری را می توان به صورت زیر در نظر گرفت:

$$N_e = \frac{t}{T} \quad (8)$$

با توجه به رابطه تیلور که در سال ۱۹۰۷ بیان شده است داریم:

$$VT^m = \frac{C_v}{d^{x_v} \cdot f^{y_v}} = \text{const.} \quad (9)$$

با اعمال تغییراتی در رابطه تیلور خواهیم داشت:

$$\frac{1}{T} = \left(\frac{d^{x_v} \cdot f^{y_v}}{C_v} \cdot \frac{d \cdot f}{d \cdot f} \right)^{\frac{1}{m}} = \left(\frac{Q}{C_v \cdot d^{1-x_v} \cdot f^{1-y_v}} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (10)$$

بنابراین با جایگذاری روابط بالا در رابطه (۱) تابع هزینه های کلی را می توان به صورت زیر بیان کرد [3,4]:

$$C_{\Sigma}(Q, f, d, V_m, k, C_p, N_e, t_{ch}, C_v, m, x_v, y_v) = k \frac{V_m}{Q} + \left(\frac{C_p}{N_e} + k.t_{ch} \right) \frac{V_m}{Q} \cdot \frac{1}{\left(\frac{Q}{C_v \cdot d^{1-x_v} \cdot f^{1-y_v}} \right)^{\frac{1}{m}}} \quad [\text{Cost unit}] \quad (11)$$

به منظور محاسبه هزینه های ویژه خواهیم داشت:

$$\tau = \frac{C_{\Sigma}}{kV_m} = \frac{1}{Q} + \left(\frac{C_p}{kN_e} + t_{ch} \right) \cdot \frac{Q^{m-1}}{\left(C_v \cdot d^{1-x_v} \right)^{\frac{1}{m}} \cdot f^{\frac{1-y_v}{m}}} \quad [\text{min/cm}^3] \quad (12)$$

که در آن τ هزینه ویژه نرخ براده برداری می باشد که تابعی از Q و f می باشد و مهمترین ویژگی آن این است که زمان ویژه نرخ براده برداری را در حداقل هزینه به دست می دهد که در واقع بیانگر جنبه های اقتصادی و فنی مساله در زمان واحد می باشد.
با فرض

$$C_s = \frac{C_v \cdot d^{1-x_v}}{\left(\frac{C_p}{kN_e} + t_{ch} \right)^m} \quad (13)$$

خواهیم داشت:

$$\tau(Q, f) = \frac{1}{Q} + \frac{Q^{m-1}}{\left(C_s \cdot f^{1-y_v} \right)^{\frac{1}{m}}} \quad [\text{min/cm}^3] \quad (14)$$



مهندس محصول جدید و پارامترهای فنی داده شده به کار گرفته شود و بهینه ترین مقدار برای نرخ براده برداری و نتیجتاً برای تابع هزینه - زمان را بدهد.

۴ - بر اساس استفاده از تابع هزینه می توان برنامه ریزی قطعات زیاد با اشکال هندسی مشابه را تست کرد و برای کاربرد بیشتر نخیله کرد و یا به منظور استفاده در تکنولوژی گروهی (GT) آنها را جمع آوری کرد.

۵ - روش جدید را می توان نه تنها در صنعت بلکه در زمینه های آموزشی نیز استفاده کرد

۶- سمبل ها و علائم

C_{Σ}	هزینه های کلی فرایند، [Cost unit]
C_m	هزینه های ماشینکاری، [Cost unit]
C_t	هزینه های ابزار، [Cost unit]
k	هزینه های ویژه محل ماشینکاری، [Cost unit/min]
t_m	زمان ماشینکاری، [min]
Q	نرخ براده برداری، [cm ³ /min]
V_m	حجم براده برداری، [cm ³]
D	قطر قطعه کار، [mm]
d	عمق بار، [mm]
L	طول ماشینکاری، [mm]
f	سرعت پیشروی، [mm/rev]
v	سرعت برشی، [m/min]
C_e	هزینه های مربوط به یک لبه ابزار، [Cost unit]
N_e	تعداد تعویض لبه های ابزار
C_p	کل هزینه های مربوط به ابزار برشی، [Cost unit]
t_{ch}	متوسط زمان لازم برای تعویض یک لبه ابزار، [min]
T	عمر ابزار، [min]
C_v	ثابت اول تیلور
y_v	ثابت دوم تیلور
x_v	ثابت سوم تیلور
m	ثابت توانی تیلور
C_s	ضریب ثابت مربوط به ابزار و عمق بار
R	پارامتر جدید از جنس نرخ براده برداری، [cm ³ /min]
q	معکوس ثابت توانی تیلور
τ	تابع هزینه - زمان، [min/cm ³]

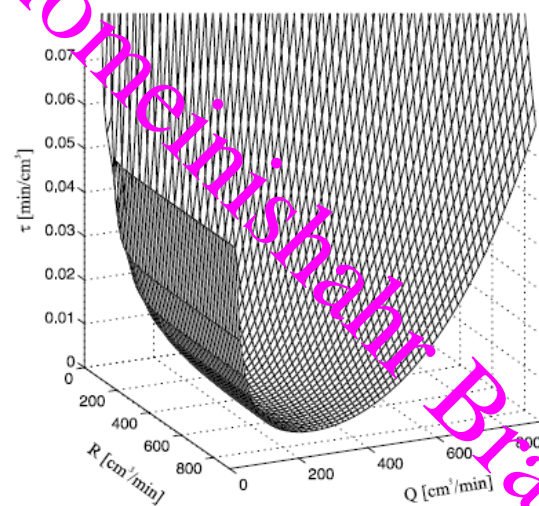
که در رابطه فوق C_s ضریبی است که در بر گیرنده ویژگیهای ابزار و عمق براده برداری می باشد. با در نظر گرفتن $R = C_s \cdot f^{1-y_v}$ [cm³/min] خواهیم داشت:

$$\tau(Q, R) = \frac{1}{Q} + \frac{Q^m}{R^m} \quad [\text{min/cm}^3] \quad (15)$$

و با فرض $q = \frac{1}{m}$ خواهیم داشت:

$$\tau(Q, R) = \frac{1}{Q} + \frac{Q^{q-1}}{R^q} \quad [\text{min/cm}^3] \quad (16)$$

و بنابراین تابع هزینه زمان به صورت فوق ارائه می شود. شکل (۲) نمودار تابع هزینه - زمان را بر حسب متغیرهای Q و R نشان می دهد.



شکل (۲) نمودار تابع هزینه

۵- نتیجه گیری

۱ - با استفاده از تابع به دست آمده می توان برنامه ریزی محصول را قبل از نمونه سازی تست کرد و سپس با استفاده از نتایج تست می توان پیش بینی کرد که آیا برنامه اعمال شده برای محصول جدید رضایت تصمیم گیرندگان را جلب می کند یا نه.

۲ - تابع جدید زمان ویژه نرخ براده برداری را با در نظر گرفتن حداقل هزینه به دست می دهد و می تواند جنبه های اقتصادی و فنی و مقرون به صرفه بودن فرایند را نیز پیش بینی کند.

۳ - تابع جدید می تواند در حل مسائل بهینه سازی در شرایط برش چند پاسی به روش تکرار و بر اساس



۷- مراجع

- [1] Dadvandipour, S., Tihamér, A., 2003, Engineering Application of Information Technology (IT) in Computer Aided Process Planning (CAPP), Proceeding of the 4th International Carpathian Control Conference ICC, Slovak Republic, 687-691.
- [2] Tóth, T., 1998, Design and Planning Principles, Models and Methods in Computer Integrated Manufacturing, Miskolc University Publisher.
- [3] Tóth, T., Detzky, I., Fridrik, L., 1988, On a New Approach to Computerized Optimization of Cutting Conditions, Proceedings of the Second World Basque Congress, Advanced Technology and Manufacturing Conference, Bilbao, 129-141.
- [4] Dadvandipour, S., Tóth, T., 2001, An Advanced Optimization Approach to Turning Operations in CIM environment, micro-CAD'2001, International Computer Science Conference, Miskolc, Hungary, 13-19.