تعریف مسئله

اکسترودر تک ماردون ناحیه انتقال جامد

Assumptions: 1-D, compressible, solid conveying region, non-isothermal flow, wall slip

فرآیند mastication می باشد و فقط معادلات قسمت انتقال جامد حاکم است.

ورودی ها

۱- خواص مواد
۲- خواص فرایندی
۳- پارامترهای هندسی

خروجی

۱- طول ماردون، شعاع اولیه سیلندر ، شعاع ریشه ماردون و شعاع نهایی سیلندر گام پیچ، ضخامت لبه گام و سرعت چرخشی اکسترودر
۲- نمودارهای فشار بر حسب طول، دما بر حسب طول ، دانسیته بر حسب فشار، دانسیته برحسب طول

شرایط مرزی

دمای اولیه	At L = 0, T= 25 C
فشار اولیه	At L=0, P = 0.1 MPa

Q = 100 Kg/hr

دبی نهایی

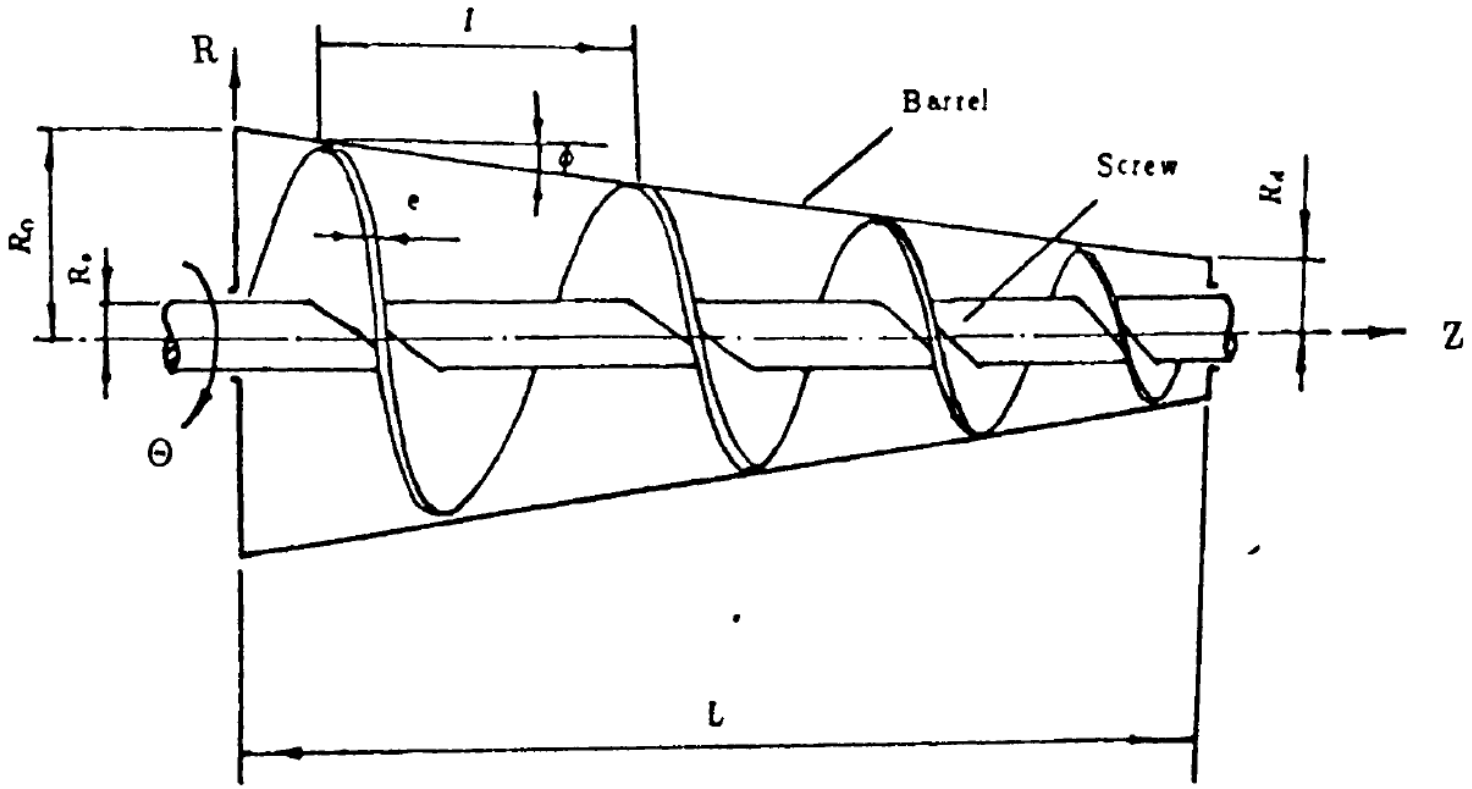

Figure 4.5 **The geometry of a tapered screw**

توابع فرآیندی							
	دبی خروجی	دمای ورودی	فشار ورودی	دمای بدنه ناحیه ۱	دمای بدنه ناحیه ۲	دمای بدنه ناحیه ۳	دمای ماردون
	kg/hr	^oC	Pa	^oC	^oC	^oC	^oC
	Q	T_0	P_1	T_1	T_2	T_3	T_s
	100	25	100000	85	95	100	25

خواص ماده										
اصطکاک سطح سیلندر	اصطکاک سطح پره ها Flight friction coefficient	اصطکاک سطح ماردون	چگالی اولیه گرانول	چگالی نهایی	ضریب فشردگی اولیه	مدول بالک	ضریب لغزش	ضریب هدایت ماده	ضریب حرارتی ماده	ضریب هدایت پوسته سیلندر
			kg/m^3	kg/m^3		N/m2		W/mK	J/kgK	W/mK
μ_b	μ_f	μ_s	ρ_o	P_f	B_o	C_o	F_0	K	C_p	K_b
0.1	0.05	0.05	800	1600	2	1e7	0.9	0.209	1251	1000

توابع هندسی اکسترودر										
طول ماردون	شعاع اولیه سیلندر	شعاع ریشه ماردون	شعاع نهایی سیلندر	گام	سرعت چرخشی ماردون	ضخامت لبه گام	تعداد شیار روی سیلندر	عمق شیار روی سیلندر	پهنای شیار	ضخامت پوسته سیلندر
M	m	m	M	m	Rpm	M		M	M	M
L	R_o	R_s	R_d	S	N	E	N_N	h_N	b_N	B
							7	2.50E-03	1.04E-02	0.05

مقادیر طول ماردون، شعاع اولیه سیلندر ، شعاع ریشه ماردون و شعاع نهایی سیلندر گام پیچ، ضخامت لبه گام و سرعت چرخشی اکسترودر به عنوان مقادیر مجهول ما می باشد. رابطه پروفایل فشار در این اکسترودر و هم چنین روابط مربوط به قسمت غیر همدما در ادامه موجود است. برای به دست آوردن فشار و دما مقادیر مجهول اشاره شده نیاز است. به طور مثال ما طول را در محدوده ۱ تا ۱۰۰ در نظر گرفته و یک سانت یک سانت به آن اضافه کرده و هر سری با طول جدید فشار و دما را به دست می آوریم تا جایی که فشار و دما از مقداری که تعیین می کنیم بیشتر نشود. باقی مقادیر (شعاع اولیه و نهایی سیلندر، شعاع ریشه ماردون ، گام، سرعت چرخشی ماردون و ضخامت لبه گام) نیز به همین روش باید کد نویسی شود. در این مسئله فشار و دمای انتهای ماردون باید کمتر از MPa ۱۰ و ۱۰۰ درجه سانتیگراد باشد.

روابط

پارامترهای هندسی ثابت در اکسترودر

$L = L_0$	طول ماردون
$\emptyset = \arctan\left(\frac{R0-Rd}{L0}\right)$	زاویه مخروطی سیلندر (screw tapered angle)
$H0 = R0 - Rs$	عمق گام شروعی
$\theta s = \arctan\left(\frac{S}{2\times\pi\times Rs}\right)$	زاویه گام در ماردون
$\Delta R = S \times \tan\emptyset$	اختلاف شعاع در یک گام پیچ
$\lambda 1 = R0 - \frac{\Delta R}{2}$	
$\lambda 2 = \mathrm{H0} - \Delta\mathrm{R}$	
$\lambda 3 = H0 - \frac{\Delta R}{2}$	

$$\lambda 4 = \frac{R0 + Rs}{2} - \frac{\Delta R}{4}$$

$$Ws = S \times \cos(\theta s) - e$$

پهنای گام در ماردون

روش به کار برده شده برای حل معادله دیفرانسیلی زیر جهت به دست آوردن پروفایل فشار ،تفاضل محدود یک بعدی در جهت z می باشد.

Finite difference method

One dimensional

معادله دیفرانسیلی پروفایل فشار

$$\frac{dp}{dz} = \frac{[pf_{1(z)} + f_{2(z)}]}{f_{3(z)}}$$

در این قسمت محاسبات عددی به طور مثال ۱۰۰ نقطه در نظر میگیریم و از طریق روابط موجود در هر نقطه پارامترها را به دست می آوریم تا در نهایت به توزیع فشار و دما در طول ماردون اکسترودر توسط رابطه بالا برسیم.

Nz = i تعداد نقاط

$L_i = 0$ i=1 طول در هر نقطه

$Li = \frac{L0}{Nz} + L_{i-1}$ i≥2

$$Rzi = R0 - Li \times \tan(\emptyset)$$ شعاع سیلندر

$$\theta bi = \arctan\left(\frac{S}{2\times\pi\times Rzi}\right)$$ زاویه گام در سیلندر

$$\bar{\theta\imath} = \frac{\theta bi + \theta s}{2}$$ زاویه گام متوسط

$$\Psi i = \arctan(\tan\emptyset \times \sin\bar{\theta})$$ channel tapered angle زاویه مخروطی کانال

$$Zi = \frac{R0-Rzi}{\tan\Psi i}$$ channel length طول کانال

$$\theta i = \frac{2\times\pi\times(R0-Rzi)}{\Delta R}$$ angular position of plug along channel

$$Wbi = S * \cos(\theta bi) - e$$ پهنا گام در سیلندر

$$\overline{W\imath} = S * \cos(\bar{\theta\imath}) - e$$ پهنا گام متوسط

$$RAB = \lambda 1 - Zi * \tan(\Psi i)$$ شعاع متوسط

$$Hi = \lambda 3 - Zi * \tan(\Psi i)$$ عمق متوسط

$$Q\,max = \left[\pi * (RAB^2 - Rs^2) - \left(\frac{e*\overline{H\imath}}{\sin\bar{\theta\imath}}\right)\right] * N * F0 * S * \cos(\emptyset)$$ دبی بیشینه

$$ai = \arctan\left(\frac{Q*S}{2*\pi*RABi*(Qmax-Q)}\right)$$ movement angle

$$Kci = \frac{\left(1+\frac{\overline{W\imath}}{\overline{H\imath}}\right)*K0*[\sin(\Psi i)*+\mu b*\cos(\Psi i)]}{\frac{\overline{W\imath}*\tan(\Psi i)}{\overline{H\imath}}}$$ ضریب معادله وزن مخصوص

$$\beta i = \left(\frac{H0}{H0-Zi\times\tan(\Psi i)}\right)^{Kci}$$ ضریب معادله وزن مخصوصی

$\rho i = \rho 0 + \frac{\rho 0}{B0} * Ln(\frac{Pi*B0}{C0} + 1)$ *i=1* دانسیته

if $\rho_{i-1} < \rho_f$ *so* $\rho i = \rho 0 + \frac{\rho 0}{B0} * Ln(\frac{Pi-1*B0}{C0} + 1)$ *for i≥2*

if $\rho_{i-1} \geq \rho_f$ *so* $\rho_{i-1} = \rho_f$

$Kvi = \frac{\tan(ai)*\tan(\theta bi)*\cos(\emptyset)}{\tan(ai)+\tan(\theta bi)}$

$azi = \frac{-1}{2*\pi} * Kvi * N * F0 * \Delta R$ شتاب

$K1i = \frac{0.5*[\tan(\overline{\theta\imath}) + \mu f]}{1-(\mu f*\tan(\overline{\theta\imath}))}$

$A1i = \mu b * Wbi * \left(\cos ai * \lambda 1 - 2 * \lambda 4 * K1i * \frac{\sin ai}{\cos \phi}\right) - \mu s * Ws * \sin \theta bi * Rs * \cot \theta s + 2 * \lambda 4 * K1i) -$
$\sin \theta bi\ [\lambda 4(\Delta R + (H0 + \lambda 2) * \mu f * \cot \overline{\theta\imath)} + 2 * \lambda 4 * K1i * (\mu f * (H0 + \lambda 2) - \Delta R * \cot \overline{\theta\imath}]$

$A2i = \mu b * Wbi * (K1 * \frac{\sin ai}{\cos \phi}$
$- \cos ai) + \mu s * ws * \sin \theta bi * K1i + \sin bi * [K1i * (\mu f * (H0 + \lambda 2) - \Delta R * \cot \overline{\theta\imath)} + 0.5 * (\Delta R$
$+ (4 * R0 - 2 * \Delta R) * \mu f * \cot \overline{\theta\imath)} + 4 * \mu f * \lambda 4 * K1i\ ]$

$A3i = \mu f * \sin \theta bi * (2 * K1 + \cot \overline{\theta\imath})$

$B1i = \rho i * Wi * \frac{\sin \theta bi}{\sin \overline{\theta\imath}} * \lambda 3 * \left[(\frac{N^2}{g} * \lambda 4 - sin\theta i\right) * \mu b * \left(cosai * \lambda 1 - 2 * \lambda 4 * K1i * \frac{sinai}{cos\phi}\right) + \lambda 4 *$
$\cos \theta i\ -2 * \lambda 4 * K1i * \frac{azi}{g}]$

$$B2i = \rho i * Wi * \frac{\sin \theta bi}{\sin \bar{\theta}\imath} * \lambda 3 * \left[\left(\frac{N^2}{g} * \lambda 4 - sin\theta i \right) * \mu b * K1i * \frac{\sin ai}{cos\phi} - \frac{N^2}{g} * \mu b * ((\lambda 3 * \lambda 4 + \lambda 1^2) \right.$$
$$* \cos ai - \frac{\sin ai}{\cos \phi} * 2 * \lambda 1 * \lambda 4 * K1i) + \mu b * \sin \theta i$$
$$\left. * (\cos ai * (\lambda 1 + \lambda 3) - 2 * \lambda 4 * K1i * \frac{\sin ai}{\cos \phi}) - \cos \theta i * \lambda 1 - \frac{azi * K1i}{g} * (\lambda 3 + 2 * \lambda 4) \right]$$

$$B3i = \rho i * Wi * \frac{\sin \theta bi}{\sin \bar{\theta}\imath} * [\frac{N^2}{g} * \mu b * \left(\lambda 1 * K1i * \frac{sinai}{cos\phi} + 1.5 * \lambda 1 * cosai - \lambda 4 * K1i * \frac{sinai}{cos\phi} \right) + \mu b$$
$$* \sin \theta i * K1i * \frac{\sin ai}{\cos \phi} + \frac{azi}{g} * K1i - \mu b * \cos ai(\sin \theta i - 0.5 * \cos \theta i)]$$

$$B4i = \rho i * Wi * \frac{\sin \theta bi}{\sin \bar{\theta}\imath} * 0.5 * (\sin ai * K1i - \cos ai) * \mu b * \frac{N\text{^}2}{g}$$

$$C1i = \lambda 2 * \overline{Wi} * \lambda 4 * (\cos \bar{\theta}\imath + 2 * K1i * \sin \bar{\theta}\imath)$$

$$C2i = \lambda 3 * \overline{Wi} * K1i * \sin \theta i + \overline{Wi} * (\cos \bar{\theta}\imath * \lambda 1 + 2 * \lambda 4 * K1 * \sin \bar{\theta}\imath)$$

$$C3i = \overline{Wi} * (K1i * \sin \bar{\theta}\imath + 0.5 * \cos \bar{\theta}\imath)$$

$$f1i(z) = A1i + A2i * Zi * \tan(\Psi i) - A3i * Zi^2 * tan^2(\Psi i)$$

$$f2i(z) = B1i + B2i\ Zi * \tan(\Psi i) - B3i * Zi^2 * tan^2(\Psi i) + B4i * Zi^3 * tan^3(\Psi i)$$

$$f3i(z) = C1i - C2i * Zi * \tan(\Psi i) + C3i * Zi^2 * tan^2(\Psi i)$$

$$\frac{dp}{dz} = \frac{[pf_{1(z)} + f_{2(z)}]}{f_{3(z)}}$$ → M

$M = abs\ [P0 * f1i\ (z) + f2i\ (z)/f3i\ (z)]$ i = 1

$M = abs\ [p_{i-1} * f1i\ (z) + f2i\ (z)/f3i\ (z)]$ i =>2

$P_i = P_0$ i=1 P_0= 10^5 Pa فشار

$Pi = P_{i-1} + 0.5* (M_{i-1} + M_i)*(z_i - z_{i-1})$

قسمت غیر هم دما

$\alpha i = \frac{Cp \times \rho 0}{Kp}$ i=1 ضریب نفوذ

$\alpha i = 0.5 \times f3i \times Zi \times ai \times \cos(\theta bi) * \rho i$ i≥2

$qbi = \frac{2*f2i*\mu bfi*N*Rzi*\sin(\overline{\theta i})}{\sin(\overline{\theta i}+ai)}$ حرارت تولیدی

$BB_i = 0$ i-1 ضریب دما

$BB_i = \frac{2*\alpha i* \rho i*Qmaxi*(Zi-Zi-1)}{Qm}$

$T_{bi} = T_3$ if $L_i > 2*L_0/3$ دمای سطح سیلندر

$T_{bi} = T_2$ if $L_i > L_0/3$

$T_{bi} = T_1$ if $L_i < L_0/3$

$$Tpi = \frac{\frac{qbi*\overline{Hi}}{2*Kp}+T0+\frac{Kb*\overline{Hi}*Tbi}{2*Kp*b}}{1+\frac{Kb*\overline{Hi}}{2*Kp*b}}$$ i=1 دمای پلیمر در دستگاه

$$Tpi = \frac{\frac{qbi*\overline{Hi}}{2*Kp}+Ti-1+\frac{Kb*\overline{Hi}*Tbi}{2*Kp*b}}{1+\frac{Kb*\overline{Hi}}{2*Kp*b}}$$ i≥2

$T_i = T_0$ i=1 دمای ماده در هر نقطه

$$Ti = \frac{Ti-1*(1-2*BBi)}{1-BBi}+\frac{Tpi*BBi}{1-BBi}+\frac{Ts*BBi}{1-BBi}$$ i≥2

به عنوان خروجی باید نمودار فشار بر حسب طول (P-L) ، دما بر حسب طول (T-L) ، دانسیته بر حسب طول (p-L) و دانسیته بر حسب فشار (p-P) را به ما بدهد

همچنین مقادیر طول ماردون، شعاع اولیه سیلندر ، شعاع ریشه ماردون و شعاع نهایی سیلندر گام پیچ، ضخامت لبه گام و سرعت چرخشی اکسترودریرا به ما نشان بدهد که درآن مقادیر فشار دستگاه کمتر از ۱۰۰ بار و دما کمتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد باشد. ممکن است مقادیر مورد قبول برنامه بیشتر از یک عدد باشد.