Кафедра КТЭИ

Переработка полимеров

Лабораторная работа №4

Расчёт зоны загрузки

Вариант 2

Специальность– электроизоляционная, конденсаторная и кабельная техника

2009

**Краткие теоретические сведения**

Большинство экструдеров, применяемых в промышленности переработки пластмасс, являются пластицирующими, т.е. полимер загружают в них в виде гранул. Гранулы перемещаются в загрузочной воронке под действием сил тяжести и заполняют канал червяка, в котором они транспортируются и сжимаются за счет сил трения, затем плавятся или пластицируются под действием сил трения.

Таким образом, процесс экструзии включает в себя четыре элементарных стадии, разделенные по зонам: загрузки, задержки плавления, плавления и дозирования.

Рассмотрим зону загрузки. Твердый материал в канале зоны загрузки продвигается вдоль канала за счет сил трения, возникающих между полимером и цилиндрическим корпусом.

Материал, захваченный цилиндрической поверхностью, наталкивается на встречающий гребень шнека и продвигается по винтовому каналу.

Сила трения пропорциональна нормально действующей силе на поверхность, не зависимо от площади контакта:

Сила трения обусловлена двумя факторами: адгезией (преодоление взаимодействия между молекулами) и пропахиванием частиц одного материала по другому.

Зависимость между нормально действующей силой и силой трения не всегда линейна, т.к. коэффициент трения может зависеть от температуры и давления.

Рассмотрим модель движения пробки по каналу зоны загрузки, представленную на рис.1. Здесь: верхняя пластина (цилиндрическая поверхность корпуса) движется с постоянной скоростью V0, Р – давление в канале, Sa и Sb – площади верхней и нижней пластины

Рис.1. Упрощенная модель движения пробки в канале зоны загрузки

Пробка гранул будет перемещаться за счет подвижной границы, если коэффициенты трения между гранулятом и цилиндром, а также гранулятом и червяком реализуются Различными, а именно равными 0.5 и 0.25 соответственно.

Сущность расчета процессов переноса в зоне загрузки заключается в определении изменения температуры и давления по длине зоны и длины зоны загрузки.

Разворачиваем канал на плоскость, используем принцип обращенного движения. Выделим в пробке гранул элементарный объем, рис 2

Рис.2. Силы, действующие на элементарный объём.

Спроектируем все силы, действующие на элемент на ось z:

; (1)

 ; ; (2)

;.(3)

где F1 – сила трения на боковых поверхностях;

F2 – сила трения на дне элемента;

Fb – сила трения на внутренней цилиндрической поверхности корпуса;

f1 и f2 – коэффициенты трения на шнеке и цилиндре соответственно.

Подставим выражения (2),(3) в (1):

 (4)

;

Рис.3. Вектора сил и скоростей на подвижной границе канала

U –скорость твёрдой пробки, м/с; Н– высота канала, м; w– ширина канала, м; ρи– плотность изолирующего материала, кг/м3; Q– расход материала, кг/с.

Все члены уравнения (5) разделим на Fz:

 (5)

где Р0 – атмосферное давление, МПа.

Расчет зоны загрузки складывается из двух расчетов, которые могут при некоторых допущениях производиться раздельно:

- расчет давления по длине канала;

- расчет температурного поля по высоте и длине канала.

В том случае, когда коэффициент трения зависит от температуры (см. рис. 4), а граничные условия по температуре зависят от давления (давление увеличивается по длине зоны загрузки), то расчет давления и температуры ведут совместно. Задача является связанной, а для решения используют итерационный метод.

Рис. 4. Зависимость коэффициента трения от температуры для полимеров: 1 – ПВХ; 2 – полиамид 6.6 (сорт А); 3 – полиамид 6.6; 4 – полиамид 6.6 (сорт В); 5 – полипропилен; 6 – полиэтилен.

Уравнение энергии, описывающее процесс теплопереноса в канале имеет вид:

 (6)

Граничные условия:

 - температура шнека, °С;

 - температура корпуса, °С;

 - температура загружаемого материала, °С.

Зона загрузки заканчивается там, где около внутренней поверхности цилиндрического корпуса появляется тонкая пленка расплава, т. е. в некоторой точке сечения пробки полимера (прилегающей к поверхности корпуса) температура превышает температуру плавления Т≥Tпл.

Для решения уравнения (6) с соответствующими граничными условиями следует использовать метод конечных разностей.

**Исходные данные**

Таблица 1. Параметры полимера

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| λsДж/м/с/⋅°С | ρsкг/м3 | csДж/кг⋅°С |
| 0.22 | 930 | 1940 |

Таблица 2. Параметры экструдера

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер варианта | Диаметр шнека, м | Угол нарезки, гр. | Шаг нарезки, м | Ширина гребня, м | Высота канала в з. з., м | Скорость вращения, об/мин | Расход мате-риала, кг/с | Темпе-ратура, °С |
| 2 | 0.12 | 17.67 | 0.12 | 0.011 | 0.015 | 55 | 0.0457 | 100-185 |

Расчётная программа

uses crt;

var u,w,fi,r,hr,hz,z,lamdas,teta:real;

 t:array [1..25] of real;

 t1:array [1..25] of real;

 p: array [1..25] of real;

 f:text;

 i,j:integer;

 vb,l,zpl,hg,n,dsh,vbx,vbz,vsz,q,ps,pm,h,vj,lamdam,

 tb,f1,f2,k,tm,ts,mu,p0,cs,tsh,lamda,psi,zvar:real;

begin

clrscr;

dsh:=0.12;

n:=100;

teta:=17.67;

ps:=970;

l:=0.12;

h:=0.015;

hg:=0.011;

cs:=1940;

q:=0.0457;

tb:=235;

tm:=140;

ts:=20;

tsh:=130;

f1:=0.25;

f2:=0.5;

k:=0.3;

p0:=5;

lamdas:=0.18;

w:=l-hg;

vb:=3.14\*n\*dsh/60;

u:=q/(h\*w\*ps);

fi:=arctan(u\*sin(teta\*3.14/180)/(vb-u\*cos(3.14\*teta/180)));

hr:=0.001;

hz:=0.0001;

assign(f,'lab4t1.txt');

rewrite(f);

for i:=1 to 15 do

t[i]:=ts;

t[16]:=tb;

for i:=1 to 16 do

begin

write(f,t[i]:2:2);

write(f,' ');

end;

writeln(f);

z:=0;

j:=0;

while t[15]<=tm do

begin

j:=j+1;

for i:=2 to 15 do

t1[i]:=lamdas\*hz/(cs\*ps\*u)\*((t[i+1]-2\*t[i]+t[i-1])/sqr(hr))+t[i];

t1[1]:=t1[2];

for i:=1 to 15 do t[i]:=t1[i];

if j mod 10=0 then

begin

for i:=1 to 16 do

begin

write(f,t[i]:2:2);

write(f,' ');

end;

writeln(f);

end;

z:=z+hz;

end;

close(f);

assign(f,'davl.txt');

rewrite(f);

hz:=z/19;

zvar:=0;

for i:=1 to 20 do

begin

p[i]:=p0\*exp((-2\*k\*f1/w-k\*f1/h-k\*f1\*f2\*sin(teta\*3.14/180+fi)/h+k\*f2\*cos(teta\*3.14/180+fi)/h)\*zvar);

zvar:=zvar+hz;

write(f,p[i]:2:2,' ');

end;

close(f);

writeln('Z=',Z:1:3);

readln;

end.

**Результаты расчётов**

Угол транспортировки 0,834 о

Длина зоны загрузки Z=0.447м

Рис. 5. Распределение температуры по длине зоны загрузки для разной высоты канала

Рис. 6. Распределение температуры по высоте канала для различных точек зоны загрузки

Рис. 7. Распределение давления по длине зоны загрузки

Рис. 8. Зависимость длины зоны загрузки от температуры корпуса

Рис. 9. Зависимость зоны загрузки от начальной температуры полимера

Рис. 10. Зависимость длины зоны загрузки от частоты вращения шнека

Рис. 11. Зависимость давления от частоты вращения шнека

Рис. 12. Зависимость длины зоны загрузки от расхода полимера

Рис. 13. Зависимость длины зоны загрузки от коэффициента теплопроводности полимера

Рис. 14. Зависимость длины зоны загрузки от теплоемкости полимера

Вывод: в ходе данной лабораторной работы мы рассчитали распределение температуры по длине зоны загрузки и по высоте канала, а так же распределение давления по длине зоны загрузки.

По Рис. 5. видно, что верхние слои полимера нагреваются быстрей, это происходит из-за того, что между верхними слоями полимера и корпусом имеются значительные силы трения, а так же верхние слои полимера расположены ближе к источнику тепла (корпус).

Из Рис. 6. видно, что полимер, находящийся в конце зоны загрузки разогрет сильнее, чем полимер в начале зоны загрузки. По мере прохождения полимера по зоне загрузки полимер успевает нагреться.

При прохождении полимера по зоне загрузки (Рис. 7) давление возрастает, так как полимер уплотняется по мере продвижения по зоне загрузки.

При увеличении температуры корпуса (Рис. 8) или температуры полимера (Рис. 9) длина зоны загрузки уменьшается, так как полимеру потребуется меньше времени для перехода в жидкую фазу.

При увеличении расхода материала длина зоны загрузки увеличится (Рис. 12), так как скорость движения пробки возрастёт и полимер не будет успевать прогреться до температуры плавления.

По Рис. 13 видно, что с увеличением коэффициента теплопроводности полимера длина зоны загрузки увеличивается. Это происходит потому, что тепло быстрее распространяется по полимеру, а следовательно полимер быстрее плавится.

При увеличении теплоёмкости полимера (Рис. 14) длина зоны загрузки увеличивается, так как потребуется больше энергии для нагрева полимера, а следовательно он будет дольше плавиться.