รายการอ้างอิง

1. ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ และ ชาคริต สิริสิงห. Basic Polymer Rheology and Applications. กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.
2. D.H. Morton-Jones. Polymer Processing. London : Chapman & Hall, 1989.
3. J.C. Maxwell. On the Dynamical Theory of Gases. A157:49-88. Phil. Trans. Roy. Soc., 1967.
4. J.C. Maxwell. A Treatise on Electricity and Magnetism. New york : Reinhold Pub. Corp., 1973.
5. R. Hooke. A Description of Helioscopes and Some other Instruments. London, 1676.
6. J.G. Oldroyd. On the Formulation of Rheological Equation of State. A200:523-541. Proc. Roy. Soc., 1950.
7. D. Paddon and H. Holstein. Technical Report. BUCSTR 80-01, Bristol University, 1980.
8. M.J. Crochet and R. Keunings. Finite Element Analysis of Die-swell of a Maxwell Fluid Numerical Prediction. 10:339-356. J. Non-Newtonian Fluid Mech., 1982.
9. C.D. Han. Rheology in Polymer Processing. New York : Academic press, 1976.
10. J.N. Reddy . An Introduction to the Finite Element Method. McGraw-Hill, 1984.
11. T.R. Chandrupatla and A.D. Belegundu. Introduction to Finite Elements in Engineering. New Jersey : Prentice-Hall, 1991.
12. K.J. Bathe. Finite Element Procedures. New Jersey : Prentice-Hall, Inc., 1996.
13. A.J. Baker. Finite Element Computational Fluid Mechanics. USA : McGraw-Hill Book Company (U.K.), 1985.
14. D.S. Burnett. Finite Element Analysis : From Concept to Applications. USA : Addison Wesley, 1988.
15. ปราโมทย์ เดชะอำไพ. ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
16. พรชัย สาตรวาหา. Numerical Analysis I. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาคณิตศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
17. J.N. Reddy and D.K. Gartling. The Finite Element Method in Heat Transfer and Fluid Dynamics. CRC Press LLC, 2001.
18. H. Matallah, P. Townsend, and M.F. Webster. Recovery and Stress-splitting Schemes for Viscoelastic Flows. 75:139-166. J. Non-Newtonian Fluid Mech., 1998.
19. N. Levine. Superconvergent Recovery of the Gradients from Linear Finite Element Approximation on Triangle. Technical Report Num. Anal. Rep. 6/83. University of Reading, 1983.
20. N. Levine. Superconvergent Estimation of the Gradients from Finite Element Approximation of Triangle Elements. Ph.D. thesis, University of Reading, 1985.
21. M.J. Crochet, A.R. Davies, and K. Walters. Numerical Simulation of Non-Newtonian Fluid Flow: Rheology Series 1. Elsevier Science Publishers, 1984.

22. R.I. Tanner. A Theory of Die-swell. Part A(8):2067-2078 . J. Polym. Sci., 1970.
23. H. Matallah. Numerical Simulation of Viscoelastic Flows. Ph.D. thesis, University of Wales Swansea, 1998.
24. V. Ngamaramvaranggul and M.F. Webster. Viscoelastic Simulation of Stick-slip and Die-swell Flows. 36:539-595. Int. J. Num. Meth. Fluids, 2001.
25. S. Richardson. A Stick-slip Problem Relatived to the Motion of a Free Jet at Low Reynolds Numbers. 67:477-489. Proc. Camb. Phil. Soc., 1970.
26. M. Okabe. Fundamental Theory of the Semi-radial Singularity Mapping with Applications to Fracture Mechanics. 26:53-73. Comp. Meth. App. Mech. Eng., 1981.
27. D.B. Ingham and M.A. Kelmanson. Boundary Integral Equation Analyses of Singular Potential and Biharmonic Problems. Berlin : Spinger-Verleg, 1984.
28. M. Kermode, A. Mckerrell, and L.M. Delves. The Calculation of Singular Coefficients. 50:205-215. Comp. Meth. App. Mech. Eng. , 1985.
29. C. Cuvelier, A.Segal, and A.A. VanSteenhoven. Finite Element Methods and Navier-Stokes Equations. Holland : D. Reidel Publishing Company, 1986.
30. G. Georgiou, L. Olson, W. Schultz, and S. Sagan. A Singular Finite Element for Stokes Flow : The Stick-slip Problem. 9:1353-1367. Int. J. Num. Meth. Fluids, 1989.
31. G. Georgiou, L. Olson, and W. Schultz. The Integrated Singular Basis Function Method for the Stick-slip and the Die-swell Problem. 13:1251-1265. Int. J. Num. Meth. Fluids, 1991.
32. R.I. Tanner. Engineering Rheology. London : Oxford University Press, 1985.
33. R.E. Nickell, R.I. Tanner, and B. Caswell. The Solution of Viscous Incompressible Jet and Free-surface Flows Using Finite-element Methods. 65:189-206. J. Fluid Mech, 1974.
34. P.W. Chang, T.W. Patten, and B.A. Finlayson. Collocation and Galerkin Finite Element Methods for Viscoelastic Fluid Flow-ii. 17:285-293. Comp. And Fluids, 1979.
35. M.J. Crochet and R. Keunings. Die Swell of a Maxwell Fluid Numerical Prediction. 7:199-212, J. Non-Newtonian Fluid Mech., 1980.
36. M.J. Crochet and R. Keunings. On Numerical Die Swell Calculation. 10:85-94. J. Non-Newtonian Fluid Mech., 1982.
37. M.B. Bush, J.F. Milthorpe, and R.I. Tanner. Finite Element and Boundary Element Methods for Extrusion Computations. 16:37-51. J. Non-Newtonian Fluid Mech., 1984.
38. C.W. Butler and M.B. Bush. Extrudate Swell in some Dilute Elastic Solution. 28:294-301. Rheol. Acta, 1989.
39. M.B. Bush. A Numerical Study of Extrudate Swell in very Dilute Polymer Solution Represented by the Oldroyd-B Model. 34:15-24. J. Non-Newtonian Fluid Mech., 1990.
40. R. Ahmed, R.F. Liang, and M.R. Mackley. The Experimental Observation and Numerical Prediction of Planar Entry Flow and Die Swell for Molten Polythylenes. 59:129-153. J. Non-Newtonian Fluid Mech., 1995.
41. C.R. Beverly and R.I. Tanner. Numerical Analysis of Three-dimensional Newtonian Extrudate Swell. 30:341-356. Rheol. Acta, 1991.
42. A. Karagiannis, A.N. Hrymak, and J. Vlachopoulos. Three-dimensional non-Isothermal Extrusion Flows. 28:121-133. Rheol. Acta, 1989.
43. A. Baloch, P. Townsend, and M.F. Webster. On Two- and Three-dimensional Expansion Flows. 24(24):863-882. Comp. And Fluids, 1995.

44. V. Ngamaramvaranggul and M.F. Webster. Computation of Free Surface Flows with a Taylor-Galerkin/Pressure-Correction Algorithm. 33:936-1026. Int. J. Num. Meth. Fluids, 2000.
45. W.J. Silliman and L.E. Scriven. Separating Flow near a Static Contact Line : Slip at a Wall and Shape of a Free Surface. 34:287-313. J. Comp Phys., 1980.
46. N. Phan-Thien. Influence of Wall Slip on Extrudate Swell : A Boundary Element Investigration. 26:327-340. J. Non-Newtonian Fluid Mech., 1988.
47. A.V. Ramamurthy. Wall Slip in Viscous Fluids and Influence of Materials of Construction. 30:337-357. J. Rheol., 1986.
48. S.G. Hatzikiriakos and J.M. Dealy. Role of Slip and Fracture in the Oscillating Flow of HDPE in a Capillary. 36(5):845-884. J. Rheol., 1992.
49. C.F.J. Den Doelder, R.J. Koopmans, J. Molenaar, and A.A.F. Van de Ven. Comparing the Wall Slip and the Constitutive Approach for Modelling Spurt Instabilities in Polymer Melt Flows. 75:25-41. J. Non-Newtonian Fluid Mech., 1998.
50. V. Ngamaramvaranggul and M.F. Webster. Simulation of Coating Flows with Slip Effects. 33:961-992. Int. J. Num. Meth. Fluids, 2000.
51. V. Ngamaramvaranggul and M.F. Webster. Simulation of Pressure-tooling Wire-coating Flow with Phan-Thien/Tanner Model. 38:677-710. Int. J. Num. Mech Fluids, 2002.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการทำงานของการปรับผิวอิสระที่มีการบวมตัว

จากการประมาณพื้นที่ใต้กราฟของซิมป์สัน ดังรูป 3.7 และ สมการ (3.35) และ (3.37) นำมาสร้างโปรแกรมในการหาค่าความสูงในการบวมตัว

```
for(i=1;i<=nz;i++)
{
   n1=free[iz-2];
   n2=free[iz-1];
   n3=free[iz];
   h=x[n3]-x[n1];
   diffree=(h/6.0)*((Vr[n1]/ Vz[n2])+4*(Vr[n2]/Vz[n2])+(Vr[n3]/Vz[n3]));
   y_free[iz]=diffree+y_free[iz-2];
   upper_y=(1.0+0.01)*y_free[iz];
   lower_y=(1.0-0.01)*y_free[iz];
   if(y_free[iz] > upper_y)
   {   y_free[iz] = upper_y;
   }
   else if(y_free[iz] < lower_y)
   {    y_free[iz] = lower_y;
   }
   y_free[iz-1]= (y_free[iz-2]+y_free[iz])/2.0;
}
```

โดยที่

free[iz]	คือเลขโนดของโนดจุดยอดที่พิจารณา
free[iz-1]	คือเลขโนดของโนดจุดกึ่งกลางระหว่างจุดที่พิจารณาและจุดก่อนหน้า
free[iz-2]	คือเลขโนดของโนดจุดยอดก่อนหน้า
nz	คือจำนวนโนดบนผิวอิสระ
h	คือระยะห่างระหว่างจุดยอด
diffree	คือความสูงที่เพิ่มขึ้นจากสูตรการคำนวณของซิมป์สัน
Vr[]	คือความเร็วในแนวแกน r
Vz[]	คือความเร็วในแนวแกน z
y_free[iz]	คือความสูงของจุดยอดที่พิจารณา
y_free[iz-1]	คือความสูงของจุดกึ่งกลางระหว่างจุดที่พิจารณาและจุดก่อนหน้า
y_free[iz-2]	คือความสูงของจุดยอดก่อนหน้า
x[]	คือระยะห่าง
upper_y	คือขอบบนของความสูง
lower_y	คือขอบล่างของความสูง

หลังจากผิวอิสระถูกปรับเปลี่ยนโดเมนจะมีการปรับเปลี่ยนทุกครั้งและทำการประมาณค่าความเร็ว ความดันและความเค้น ผิวอิสระจะถูกปรับเปลี่ยนจนคงตัว โดยพิจารณาค่าคลาดเคลื่อนที่ยินยอมได้

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการทำงานของการหาค่าความเร็วบริเวณผนัง

จากหัวข้อ 5.2 และ สมการ (5.1) และ (5.2) นำมาสร้างโปรแกรมในการหาค่าความเร็วบริเวณผนังที่มีลื่นไหล

```
void VSlip()
{
   double IIC,Zslip,A2_slip,Slipvel,Umean,Xine,tempS;
   int i,j,k;
   IIC = 1.3 ; Zslip = 0.0;
   A2_slip=0.25;Umean=0.5;

 for(i=1;i<=nw;i++)
 {
      j=wall[i];
      Xine=double(I_2[j]/IIC);

   if(fabs(Xine) > 1.0 && x[j] < Zslip )
   {
      tempS = 1.0 - exp(-A2_slip*Xine);
      Slipvel=Umean*tempS;
    }
   }
 }
}
```

โดยที่

I_2[]	คืออินเวเรียนอันดับสองของเทนเซอร์ของอัตราการผิดรูป
IIC	คืออินเวเรียนอันดับสองของเทนเซอร์ของอัตราการผิดรูปวิกฤต
Zslip	คือระยะทางที่ไม่เกินศูนย์
A2_slip	คือสัมประสิทธิ์การลื่นไหลบริเวณผนังดาย
Slipvel	คือความเร็วบริเวณผนังดาย
Umean	คือความเร็วเฉลี่ย
Xine	คืออัตราส่วนระหว่าง I_2 กับ IIC
nw	คือจำนวนโนดบนผนังดาย
wall[]	คือเลขโนดบนผนังดาย
x[]	คือระยะห่าง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนวลักษณ์ ทองจับ เกิดวันที่ 18 สิงหาคม 2523 ภูมิลำเนา จังหวัดสมุทรสงคราม สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคณนา ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544 โดยได้รับทุนบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ปี 2544