

on the collection performance of the electret cabin air filters. They proposed that the amount of charge, the particle sizes and the particle material affected the collection performance. They also showed that the collection efficiency degraded as more particles deposited, and showed a minimum efficiency at steady state. Tanthapanichakoon, Maneeintr, Charinpanitkul, and Kanaoka (2003) developed a three-dimensional stochastic model to simulate the deposition process on an electret fiber by considering the effect of Brownian diffusion in the model. The model was shown to predict the agglomerative deposition process reasonably well and, in the case of weak electrical effects, they also approximated the collection efficiency enhancement factor as linear function of dust load.

In the present study, a semi-empirical correlation of the electrical enhancement factor is proposed for the single electret fiber under the dust-loaded condition. The single fiber collection efficiency can be approximated by summing the electrical and mechanical collection efficiency. The predicted collection efficiency is then compared with the experimental results obtained by Walsh and Stenhouse (1997) for both uncharged and charged particles.

1.1. Experimental evidence

Experimental results were obtained by Walsh and Stenhouse (1997) for uncharged and charged particles under the dust-loaded condition. In their work, they used stearic acid over a size range of 0.46–1.40 μm , as measured with an API Aerosizer (Aerosizer Mach 2, Amherst Process Instruments Inc., US). Monodisperse particles were produced in the MAGE (Monodisperse Aerosol Generator, Lavoro E Ambiente, Bologna, Italy) by first atomizing a very dilute saline solution to produce very fine seed particles, and then passing this aerosol through heated stearic acid, where the gas became saturated with stearic acid vapor. As this mixture was allowed to cool under controlled conditions, the stearic acid condensed on the seed to form monodisperse spheres. Aerosol from MAGE was exposed to a radiation source (Krypton-85), which brings the particles' charge distribution to Boltzmann equilibrium. The smallest particles used (0.46 μm) had a mean charge at Boltzmann equilibrium of 1.6 unit charge. The aerosol was diluted by the addition of clean filtered air. The particle concentration of this diluted aerosol was measured using a light scattering photometer (LSP), before it challenged a filter sample. The particle concentration was measured again downstream of the filter using a second LSP. A diagram of the filtration test rig was described by Walsh and Stenhouse (1997).

Fig. 1 shows that the penetration of charged aerosol particles begins from a low initial value because the filter is initially clean and the electrostatic effect is still strong. The penetration initially increases with the dust load because of the gradual degradation of the electrostatic effect. Slowly but surely, the mechanical effect gradually picks up and becomes dominant as the deposited particles form chainlike agglomerates. At the maximum penetration point, the monotonically increasing mechanical collection efficiency equals the reduction in electrostatic collection efficiency. Subsequently, the penetration monotonically decreases as the filter gradually clogs up. The significance of Walsh's experimental results is that they covered the whole history of the changes on an electret fiber under different situations. However, the experimental data are somewhat scattered perhaps because of imperfectly controlled conditions. Nevertheless, they clearly reveal the trend of the collection efficiency of an electret filter in the initial stage.

In Fig. 2 we see that the initial penetration of uncharged aerosol particles is higher than that of charged particles. The corresponding maximum penetration of the former occurs earlier and its value is also higher. Then the penetration drops quickly below that of the charged particles. Concerning the cake structure, it will be affected simultaneously by electrostatic and mechanical forces. The cake consists of a pearl chain

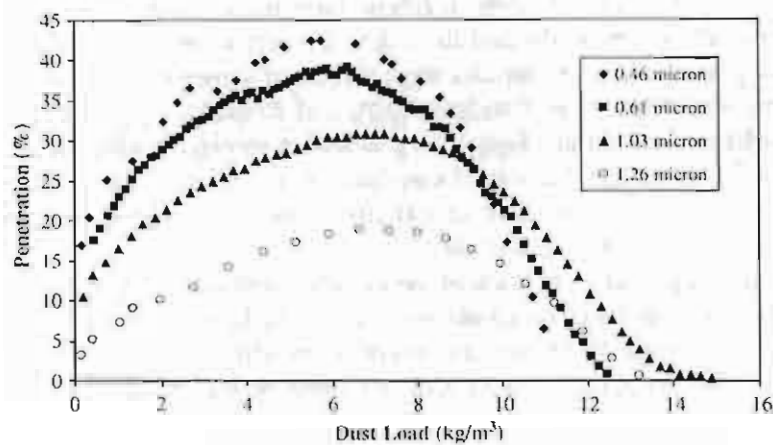


Fig. 1. Penetration through filter samples loaded with stearic acid particles of Boltzmann equilibrium charge distribution, over a size range 0.46–1.26 μm at a face velocity of 0.1 m/s.

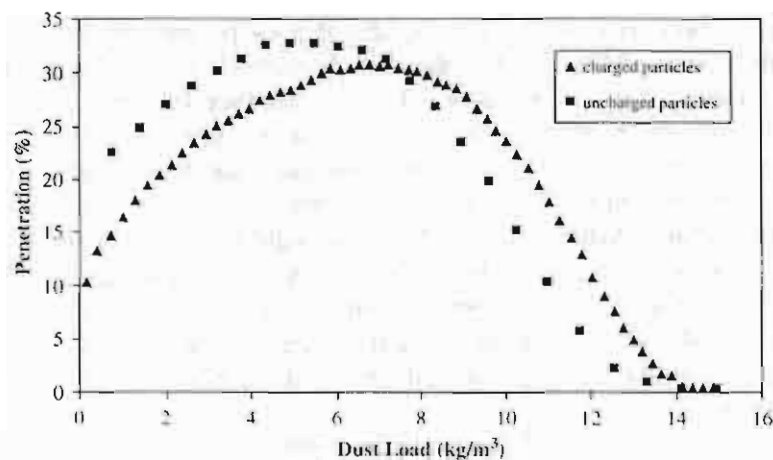


Fig. 2. Penetration through filter samples loaded with uncharged and charged stearic acid particles of 1.03 μm at a face velocity of 0.1 m/s.

structure protruding from the surface for both charged and uncharged particles but the spatial distribution of dendrites and the dendrite length are not the same. For uncharged particles, the dendrites are distributed randomly but uniformly on the whole fiber surface and grow almost perpendicular to the fiber surface. However, for charged particles, the dendrites also form a pearl chain structure along the electric force lines but are scattered only in the region with a charge opposite to the particles' polarity. When particles are collected beyond the effective reach of the electrostatic effect, they start to form a random structured deposit (Kanoka et al., 2001).

In the early stages of filter loading, the increase in pressure drop per unit aerosol particle deposit is initially very low, as aerosol particles are initially deposited on the surface of individual filter fibers deep

within the filter bed. As loading continues, dendrites begin to form and the pressure drop accelerates. These dendrites ultimately join together and a filter cake is formed on the front edge of the filter. At the point of complete cake formation, the pressure drop reaches its maximum rate of increase, and thereafter the pressure drop is a linear function of aerosol particle deposited. The point at which it clogs is a strong function of aerosol particle size, as has been found with the conventional filter, with smaller aerosol particles being most clogged. The slope of the linear part of the pressure drop curve after clogging is different for the various sizes of aerosol particles, the sharpest slope being for smallest aerosol particles. For charged and uncharged aerosol particles, it is found that at the clogging point the pressure drop curves of uncharged particles are steeper than that of charged particles, so uncharged aerosol particles cause the filter to become clogged more quickly (Walsh, 1995).

2. Correlation of the collection efficiency enhancement factor

It is postulated that the collection efficiency of an electret fiber under dust loading can be approximated as the sum of two mechanisms: the electrical and the mechanical collection efficiency. Kanaoka, Emi, and Tanthapanichakoon (1983) approximated the mechanical collection efficiency of the dust-loaded fiber as a linear function of the accumulated mass of particles in a unit filter volume. They also looked at the effect of Peclet number and interception parameter on the collection efficiency enhancement factor. Tanthapanichakoon et al. (2003) simulated a three-dimensional stochastic model and found that the collection efficiency of the electret fiber with dust load can be approximated as a linear function in the case of weak electrical effects.

In the present study, the correlation for the collection efficiency of the electret fiber (η) is found by summing a logarithmic function for the electrical collection efficiency (η_E) and the previously obtained linear function of mechanical collection efficiency (η_M)

$$\eta = \eta_E + \eta_M = \eta_{0E}[1 + (\beta \ln m + \gamma)m] + \eta_{0M}[1 + \lambda_M m] \quad (1)$$

or

$$\eta = \eta_{0E}[1 + \lambda_E m] + \eta_{0M}[1 + \lambda_M m], \quad \text{where } \lambda_E = \beta \ln m + \gamma. \quad (2)$$

Fig. 3 illustrates this concept. The mechanical collection efficiency of the clean fiber (λ_{0M}) was estimated as the sum of efficiencies attributed to the inertia, diffusion and interception mechanism (William, 1998). The mechanical collection efficiency enhancement factor, λ_M , can be estimated from an existing correlation (Kanaoka, 1998; Kanaoka et al., 1983). Here the electrical collection efficiency enhancement factor, λ_E , will be estimated from published experimental data (Walsh & Stenhouse, 1997).

Under the dust-loaded condition, the local aerosol concentration C and dust load m in the filter can be obtained by numerically integrating Eqs. (3) and (4) together with Eq. (2) and the applicable initial and boundary conditions.

$$\frac{\partial C}{\partial x} = -\frac{4}{\pi} \frac{\alpha}{1 - \alpha} \frac{\eta}{d_f} C, \quad (3)$$

$$\frac{\partial C}{\partial x} = -\frac{1}{v} \frac{\partial m}{\partial t}. \quad (4)$$

Initial condition $t = 0$: $m = 0$ for $0 < x < L$,

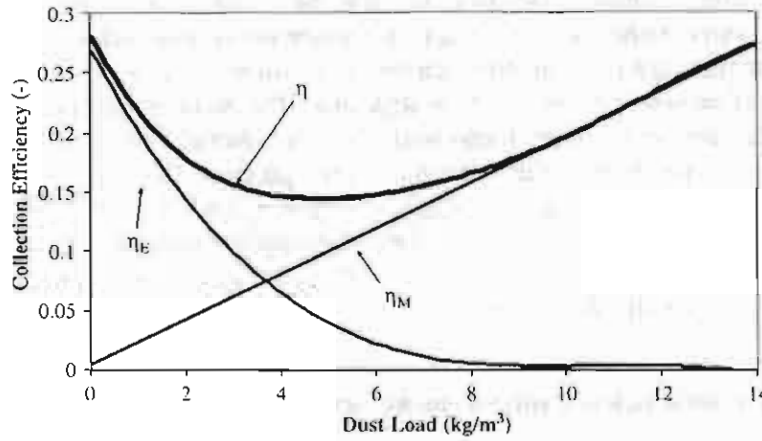


Fig. 3. Collection efficiency, electrical collection efficiency and mechanical collection efficiency of $1.03\ \mu\text{m}$ stearic acid-charged particles at face velocity of $0.1\ \text{m/s}$.

Table 1

Simulation conditions used based on Walsh's experiments on stearic acid particles (1997)

Influent dust concentration, C_i (kg/m^3)	0.2
Electret fiber diameter, d_f (μm)	20
Electret fiber charge (C/m^2)	5×10^{-10}
Packing density of filter, α [dimensionless]	0.04
Filter thickness, L (m)	0.003
Particle diameter, d_p (μm)	0.46, 0.61, 1.03, 1.26
Face velocity of filtration (m/s)	0.1
Differential filter thickness, Δx (m)	0.00002
Time step, Δt (s)	0.03

Boundary condition $x = 0$: $C = C_i$ for $t > 0$.

The filter collection efficiency is calculated from C_e at $x = L$ as follows:

$$E_m = 1 - \frac{C_e}{C_i}. \quad (5)$$

To estimate the collection efficiency of the electret filter under the dust-loaded condition, the following assumptions are made:

- (1) The local collection performance (between x and $x + \Delta x$) can be regarded as constant for a sufficiently short time interval (t and $t + \Delta t$).
- (2) When the local dust load on a single fiber is the same, the local electrical enhancement factor is the same regardless of the fiber location in the filter and filtration time.

As shown in Table 1, the simulation conditions are based on Walsh's experimental conditions. The simulation is carried out until the filter becomes clogged. The % penetration P is defined as $P = 100(1 -$

Table 2

Electrical enhancement factor ($\lambda_E = \beta \ln m + \gamma$) of an electret fiber from a clean state to the clogging point

Particle size (μm)	Charged particles	Uncharged particles
0.46	$0.13 \ln m - 0.40$	$0.133 \ln m - 0.40$
0.61	$0.11 \ln m - 0.35$	$0.12 \ln m - 0.37$
1.03	$0.10 \ln m - 0.33$	$0.11 \ln m - 0.355$
1.26	$0.086 \ln m - 0.30$	$0.098 \ln m - 0.335$

E_m). The values of β and γ are estimated by a straightforward iterative method to obtain the layer-by-layer collection efficiency. The iteration is repeated until a good fit with the experimental results is found. A simplified flow chart of the iteration procedure is shown in the Appendix.

The obtained estimates of λ_E are summarized in Table 2 for charged and uncharged particles of stearic acid of various sizes.

3. Results and discussion

3.1. Comparison between experimental and simulated results

Figs. 4(a) and (b) compare the experimental and simulated results for charged and uncharged particles, respectively. Good agreement is observed for both charged and uncharged monodisperse particles of various sizes. In the proposed empirical correlations, only a single dominant electrical force—coulombic force for the case of charged and induced force for uncharged particles—is considered. In reality, however, both induced and coulombic forces are present simultaneously. Walsh and Stenhouse (1997) did not actually neutralize the charge on their aerosol particles but assumed that the aerosol from the MAGE is uncharged because vapor condensing on a nucleus neither imparts nor removes charge, and the seed particles are so small that even at breakdown charge distribution their charge is negligible; for example, $0.025 \mu\text{m}$ particles have only 0.3 unit charges at breakdown (see Brown, 1993). Both assumptions could be the reasons why our empirical correlations show a similar effect of the particle size on the electrical enhancement factor in Table 2 for charged and uncharged particles. As for the effect of particle charge, the penetration of $0.46 \mu\text{m}$ uncharged particles appear slightly higher than the case of charged particles, but the difference is not significant. In the case of $0.61 \mu\text{m}$ charged and uncharged particles, the former shows less penetration than the latter as expected. There are two possible reasons for the unexpected penetration result in the case of $0.46 \mu\text{m}$ particles. First, as mentioned above, Walsh and Stenhouse (1997) did not actually neutralize the charge on their aerosol particles but assumed that the aerosol from the MAGE was uncharged. Second, as mentioned in Section 1.1, there was significant scatter of experimental data because of imperfectly controlled conditions.

3.2. Electrical enhancement factor, $\lambda_E = \beta \ln m + \gamma$

It is well known that the collection efficiency of an ordinary fiber always increases as the dust particles are loaded on the fiber (Kanaoka et al., 1983). However, for an electret filter, the collection efficiency of aerosol particles reportedly exponentially decreases with the operation time in its early stage of collection

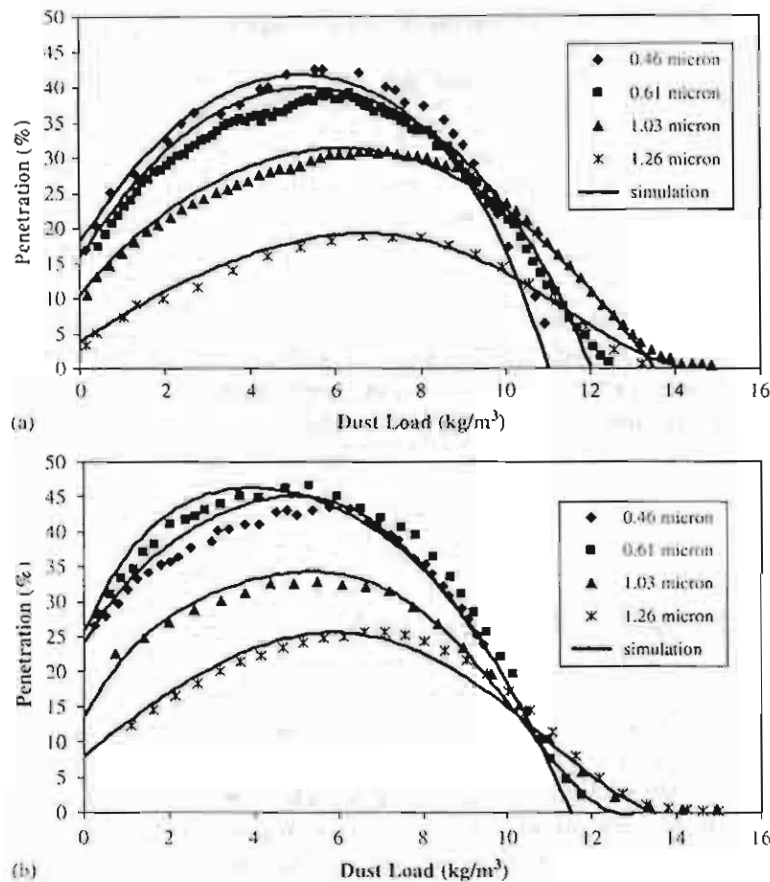


Fig. 4. Comparison between experimental results and simulation results of stearic acid over the size range 0.46–1.26 μm at a face velocity of 0.1 m/s: (a) charged particles, (b) uncharged particles.

until it loses electrical forces (Brown et al., 1988). Then, the collection efficiency becomes relatively constant, but increases with time because of the mechanical collection mechanism (Ji et al., 2003). The charge amounts on electret fibers and particles deposited on the fiber surface as well as the particle size can affect the particle collection efficiency (Brown et al., 1988; Walsh & Stenhouse, 1997).

As can be seen from Table 2, the electrical enhancement factor can be expressed as a logarithmic function of m : $\lambda_E = \beta \ln m + \gamma$. In the table, the values of β and γ decrease as the size of aerosol particles increases. This may be attributed to the fact that the smaller the particle size, the closer they lie in contact with the fiber surface, thereby enhancing the charge-screening and neutralizing effect. In addition, the charged particles have smaller β and γ values than the uncharged particles. As expected, the differences of β and γ between charged and uncharged particles increase as the particle size increases. For 0.46 μm particles, the values of β and γ for charged and uncharged particles are nearly the same because, as mentioned in relation to Fig. 4, the aerosol particles were not actually neutralized but it was assumed by Walsh and Stenhouse (1997) that the aerosol from the MAGE is uncharged and there was significant scatter of experimental data.

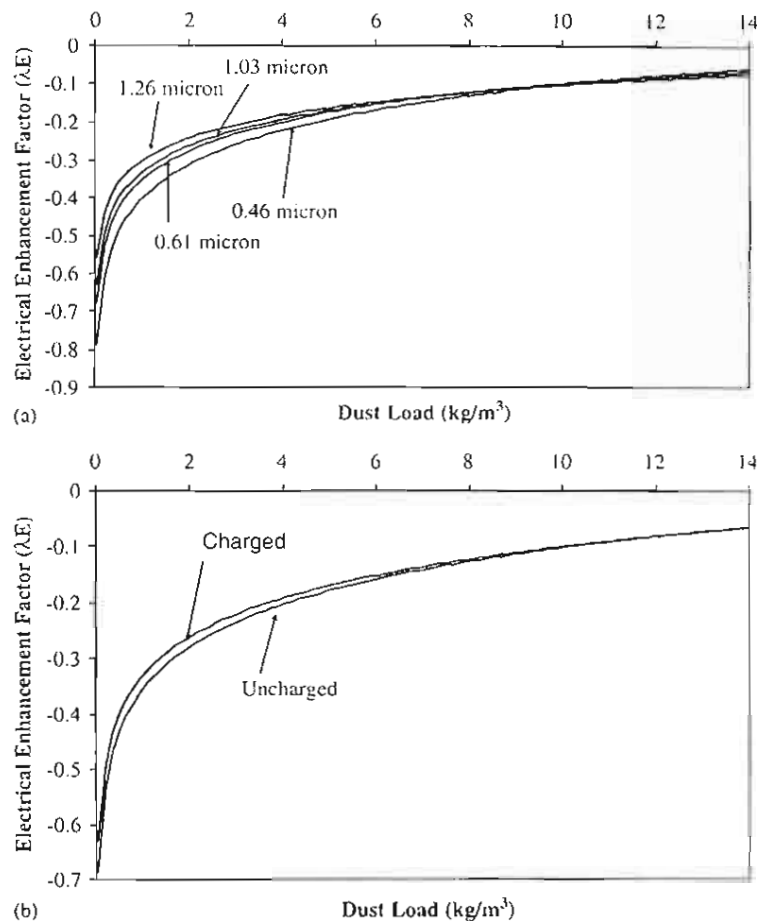


Fig. 5. Electrical collection efficiency enhancement factor (λ_E) of charged particles: (a) over the size range 0.61–1.26 μm at a face velocity of 0.1 m/s (b) uncharged and charged 1.03 μm stearic acid particles at a face velocity of 0.1 m/s.

As for the effect of the flow velocity, Walsh (1995) experimentally investigated the penetration at 0.1, 0.3 and 0.8 m/s filtration velocities for 1.03 μm particle size. It was found that the higher the flow velocity, the smaller the electrical enhancement factor becomes. The empirical correlation for 1.03 μm particles reveals that $\beta = 0.10, 0.25, 0.26$ and $\gamma = 0.33, 0.56, 0.47$ for $v = 0.1, 0.3$ and 0.8 m/s, respectively. Generally, several collection mechanisms occur simultaneously in a complicated manner. They are: diffusion/Brownian motion, inertial impaction, interception, gravitational settling and electrostatic force. The particle size of interest here ranges from 0.46 to 1.26 μm , the filter diameter is 20 μm and the face velocity of the filtration of interest is 0.1 m/s. In this case, Pe ranges from 28724 to 94570; Stokes number from 0.0041 to 0.0257; and interception parameter from 0.023 to 0.063. Therefore, the dominant mechanical collection mechanism is diffusional/Brownian motion, followed by interception. As is evident from Fig. 3, the electrostatic effect is dominant in the initial stage up to a dust load of around 2 kg/m^3 . Beyond a dust load of 6 kg/m^3 , the mechanical collection mechanism takes over.

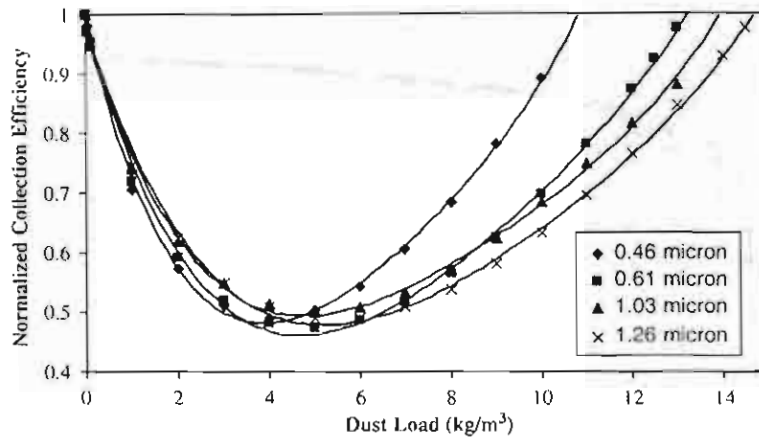


Fig. 6. Normalized collection efficiency of charged stearic acid particles, over a size range of 0.46–1.26 μm at a face velocity of 0.1 m/s.

During the initial stage of particle deposition on the electret fiber, particles are captured directly on the fiber surface as single particles and short dendrites (Kanaoka and Hiragi, 1990). During this period, the negative charge—screening effect of the particles, neutralization effect of the charges on the fiber by deposited particles lying in direct contact with the electret fiber and possible chemical interactions between aerosols and fiber material might take place (Ji et al., 2003). Nevertheless, during this initial period, the electrical enhancement factor λ_E could briefly be approximated as a linear function of the dust load m (Brown et al., 1988). As dust loading proceeds, the deposited particles form tall porous dendritic agglomerates with complicated shapes. The negative effects of additional particles on the fiber charge become less and less pronounced while the absolute effect of electrostaticity gradually dies out. Walsh's experimental results can be explained quite well by $\lambda_E = \beta \ln m + \gamma$. This empirical correlation is restricted to the following conditions: $0.46 \mu\text{m} < d_p < 1.26 \mu\text{m}$, $v = 0.1 \text{ m/s}$, $d_f = 20 \mu\text{m}$, and electret fiber charge $= 5 \times 10^{-10} \text{ C/m}^2$.

Fig. 5(a) compares the calculated the electrical enhancement factor (λ_E) of charged particles over a size range of 0.46–1.26 μm at a face velocity of 0.1 m/s. We see that λ_E remains negative throughout the filtration time because of the degradation of the electrical effect. In the early stage, λ_E of small particles is smaller than that of large particles. Above a certain dust load, λ_E increases more gradually and finally becomes almost the same. A similar trend is also observed in the case of uncharged particles. As an example, Fig. 5(b) compares the electrical enhancement factor (λ_E) of uncharged and charged particles. As pointed out in Table 2, λ_E of uncharged particles is slightly more negative than that of charged particles at a low dust load. Then the difference in λ_E gradually decreases as the electrical effect is degraded by dust load. Since the electrical collection of uncharged particles relies on induced forces which are smaller than the corresponding coulombic forces of charged particles, the electrical enhancement factor and collection efficiency in the case of charged particles are higher than that of uncharged particles. Although not shown in Fig. 5(b), the estimated electrical enhancement factors of 0.46, 0.61 and 1.26 μm particles of charged particles are also found to be higher than the case of uncharged particles.

3.3. Normalized single-fiber collection efficiency

The normalized collection efficiency (η/η_0) is the ratio of the dust-loaded collection efficiency, η , to that of the clean fiber, η_0 . In the case of an ordinary fiber or a weak electret fiber, the normalized collection efficiency has been shown to increase as a linear function of dust load (Kanaoka et al., 1983; Tanthapanichakoon et al., 2003). This phenomenon, however, does not hold in the case of a strong electret fiber.

As an example, Fig. 6 shows the normalized single-fiber efficiency of charged particles over a size range of 0.46–1.26 μm . Instead of increasing linearly, η/η_0 initially decreases from unity down to a minimum point as the deposited particles increase. Beyond the minimum, the increasing mechanical effect more than compensates for the degradation of electrical forces and becomes dominant. The smaller particles show more rapid degradation in electrostatic efficiency. In addition, the clogging point of a filter is attained more easily, which is consistent with published experimental results when it is loaded with smaller particles (Baumgartner & Löffler, 1986; Walsh & Stenhouse, 1997).

4. Conclusions

The collection efficiency of the electret fiber under dust loading can be approximated as the sum of the electrical and the mechanical collection efficiencies: $\eta = \eta_{0E}[1 + (\beta \ln m + \gamma)m] + \eta_{0M}[1 + \lambda m]$. The electrical enhancement factor (λ_E) can be approximated as $(\beta \ln m + \gamma)$. The values of β and γ decrease as the size of aerosol particles increases. Charged particles have smaller β and α values than uncharged particles. In addition, the differences of these two values for charged and uncharged particles increase as the particle size increases. The correlation yields simulation results that agree well with the experimental results obtained by Walsh and Stenhouse (1997) for both charged and uncharged particles.

Acknowledgements

W.S. received TRF-RGJ Ph.D. scholarship and support from the Association of International Education, Japan (AIEJ). W.T. received partial financial support from Senior Research Scholar Project of Thailand Research Fund (TRF-RTA). C.K. visited Chulalongkorn University under the Thailand–Japan Technology Transfer Project (TJTTP-JBIC).

Appendix

The clean filter collection efficiency can be estimated by the equation

$$E = 1 - \exp\left(-\frac{4}{\pi} \frac{\alpha}{1 - \alpha} \frac{L}{d_f} \eta_0\right). \quad (\text{a})$$

The initial collection efficiency of filter under the dust-loaded condition can be estimated by the equation

$$E_m = 1 - \frac{C_0}{C_i} = 1 - \frac{\exp(-\lambda_E B C_i v t)}{\exp(-\lambda_E B C_i v t) + \exp(BL) - 1},$$

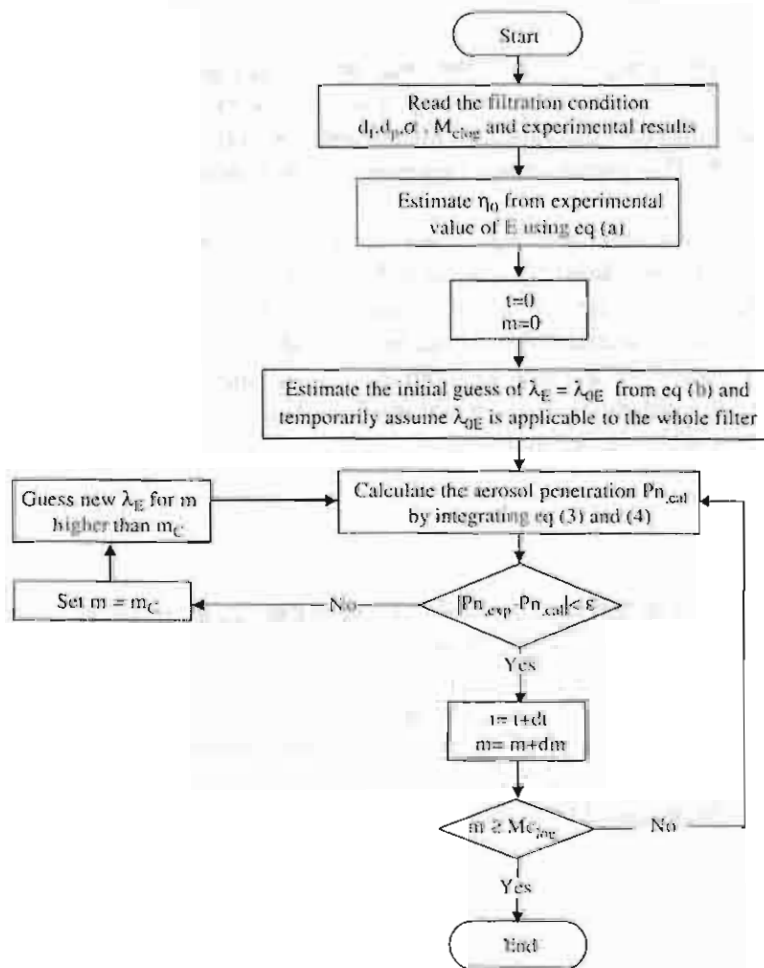


Fig. A.1. Simplified flow chart of the iteration procedure.

where

$$B = \frac{4}{\pi} \frac{\alpha}{1 - \alpha} \frac{\eta_0}{d_f} \quad (b)$$

Under dust-loaded conditions, filter efficiency E_m and dust load m can be estimated by integrating Eqs. (3) and (4) together with Eq. (2) using the fourth-order Runge–Kutta Method and the applicable initial and boundary conditions.

A simplified flow chart of the iterative procedure is given in Fig. A.1.

References

- Baumgartner, H. P., & Löffler, F. (1986). The collection performance of electret filters in the particle size range 10 nm–10 μm. *Journal of Aerosol Science*, 17, 438–445.

- Brown, R. C., (1993). *Air filtration*. Oxford: Pergamon Press.
- Brown, R. C., Gray, W. R., Blackford, D. B., & Bostock, G. J. (1988). Effect of industrial aerosols on the performance of electrically charged filter material. *Annals of Occupational Hygiene*, 32, 271–294.
- Ji, J. H., Bae, G. N., Kang, S. H., & Hwang, J. (2003). Effect of particle loading on the collection performance of an electret cabin air filter for submicron aerosols. *Journal of Aerosol Science*, 34, 1493–1504.
- Kanaoka, C. (1998). Performance of an air filter at dust-loaded condition. In Spurny, K.R. (Ed.), *Advance in aerosol filtration* (pp. 323–334). Schmallenberg, Germany: Lewis Publishers.
- Kanaoka, C., Emi, H., & Ishiguro, T., (1984). Time dependency of collection performance of electret filters. *1st AAAR Conference* (pp. 613–616). Amsterdam: Elsevier.
- Kanaoka, C., Emi, H., & Tanthapanichakoon, W. (1983). Convective diffusional deposition and collection efficiency of aerosol on a dust-loaded fiber. *American Institute of Chemical Engineers Journal*, 29, 895–902.
- Kanoka, C., Hiragi, S., & Tanthapanichakoon, W. (2001). Stochastic simulation of the agglomerative deposition process of aerosol particles on an electret fiber. *Powder Technology*, 118, 97–106.
- Tanthapanichakoon, W., Maneeintr, K., Charinpanitkul, W., & Kanaoka, C. (2003). Estimation of collection efficiency enhancement factor for an electret fiber with dust load. *Journal of Aerosol Science*, 34, 1505–1522.
- Walsh, D. C. (1995). *The behaviour of electrically active and prefilter fibrous filters under solid aerosol load*. Ph.D. thesis, Loughborough University of Technology.
- Walsh, D. C., & Stenhouse, J. I. T. (1997). The effect of particle size, charge and composition on the loading characteristics of an electrically active fibrous filter material. *Journal of Aerosol Science*, 28, 307–321.
- William, C. H. (1998). *Aerosol technology*. New York: Wiley & Sons, Inc.

Further Reading

- Emi, H., Kanaoka, C., Otani, Y., & Ishiguro, T. (1987). Collection mechanisms of electret filter. *Particulate Science and Technology*, 5, 161–171.
- Kanaoka, C., Emi, H., Otani, Y., & Iiyama, T. (1987). Effect of charging state of particles on electret filtration. *Aerosol Science and Technology*, 7, 1–13.
- Lee, M., Otani, Y., Namiki, N., & Emi, H. (2002). Prediction of collection efficiency of high-performance electret filter. *Journal Chemical Engineering of Japan*, 33, 57–62.
- Otani, Y., Emi, H., & Mori, J. (1993). Initial collection efficiency of electret filter and its durability for solid and liquid particles. *Kona*, 11, 207–214.

ชื่อโครงการย่อย: Simulation of rotary honeycomb adsorbers

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน: ศ. ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2545 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2548

1. กิจกรรมที่ได้ดำเนินการ

1.1 ทำการศึกษาเรื่อง "Modeling and Simulation of Absorption-type Rotary Honeycomb Dehumidifier"

1.2 ทำการศึกษาเรื่อง "Simulation of Simultaneous Removal of Humidity and Carbon Dioxide using Rotary Honeycomb Adsorber"

2. ผลงาน

2.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ/หนังสือ/สิทธิบัตร

1. Wiwut Tanthapanichakoon and Anawat Prawarnpit, "Dynamic Performance of a Dehumidification System Using the Absorption-type Rotary Honeycomb Dehumidifier", Journal of Chemical Engineering of Japan, The Society of Chemical Engineerings, Japan. Vol. 36 (2003) No. 11, Pages 1289-1297

2.2 ความก้าวหน้าในการสร้างทีมวิจัย

มีนิสิตระดับ ป.โท สำเร็จการศึกษา 1 คน ซึ่งได้กลับไปทำงานที่ต้นสังกัด คือ สถาบันวิจัยพลังงานของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ความเห็นของผู้วิจัย

ดร. วิวัฒน์ ได้ประสบความสำเร็จในการขยายขอบเขตของ math model แบบง่าย จาก Absorption-type Dehumidifier เป็น Adsorption-type Rotary Honeycomb สำหรับดูดซับความชื้น และ CO₂ พร้อมกัน (binary system) และได้รับนิสิต ป.โท อีก 1 คน เพื่อขยายขอบเขตต่อเป็น multi-component system ของ VOCs แต่นิสิตดังกล่าวมีปัญหาส่วนตัว และไม่สามารถมาทำงานวิจัยอย่างสม่ำเสมอ หลังจากเรียนผ่าน coursework แล้ว จน ดร. วิวัฒน์ ลาออกไปจากจุฬาฯ เพื่อไปทำงานที่ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ นิสิตจึงไม่สามารถทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จภายในระยะเวลาที่เหลือจำกัดได้

4. เอกสารแนบ (ถ้ามี)

- บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "Simulation of Simultaneous Removal of Humidity and Carbon Dioxide using Rotary Honeycomb Adsorber"
- Wiwut Tanthapanichakoon and Anawat Prawarnpit, "Dynamic Performance of a Dehumidification System Using the Absorption-type Rotary Honeycomb

Dehumidifier", Journal of Chemical Engineering of Japan, The Society of Chemical Engineerings, Japan. Vol. 36 (2003) No. 11, Pages 1289-1297 (ตามเอกสารแนบ 6.2.8)

ลงนาม.....

(.....)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

พัชร ชัมเจริญ : การจำลองการกำจัดความชื้นและคาร์บอนไดออกไซด์พร้อมกันด้วย
เครื่องดูดซับแบบรังผึ้งหมุน (SIMULATION OF SIMULTANEOUS REMOVAL OF
HUMIDITY AND CARBON DIOXIDE USING ROTARY HONEYCOMB ADSORBER)
อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.วิวัฒน์ ดัชนีพานิชกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์, 124
หน้า. ISBN: 974-17-5520-3.

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์การกำจัดความชื้นและคาร์บอนไดออกไซด์พร้อมกัน
ด้วยเครื่องดูดซับแบบรังผึ้งหมุน โดยใช้สารดูดซับ โมเลกุลเลซีฟ ชนิดสิบสามเอ็กซ์ เพื่อใช้ในการ
ศึกษาทำนายพฤติกรรมเชิงพลวัต สมรรถนะการทำงานของเครื่องดูดซับแบบรังผึ้งหมุนโดยพิจารณา
ประสิทธิภาพการดูดซับความชื้นและคาร์บอนไดออกไซด์พร้อมกัน และทำการประยุกต์แบบจำลองเพื่อ
ติดตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของคุณสมบัติของอากาศภายในห้องปรับอากาศที่มีการติดตั้งเครื่องดูด
ซับแบบรังผึ้งหมุน

จากการวิจัยในแบบจำลองได้ใช้ไอโซเทอมของสมดุลการดูดซับร่วมของความชื้นและ
คาร์บอนไดออกไซด์บนโมเลกุลเลซีฟ ชนิดสิบสามเอ็กซ์ จาก Shen และ Worek (1994) ที่ได้หาค่า
สหสัมพันธ์จากสมการ Dubinin-Polanyi สำหรับความชื้น และสมการจากกฎของเฮนรี (Henry's Law)
สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนั้นพบว่า แบบจำลองสามารถทำนายพฤติกรรมเชิงพลวัตและ
ปรากฏการณ์การถ่ายเทความร้อนและมวลพร้อมกันของการดูดซับความชื้นและคาร์บอนไดออกไซด์
พร้อมกัน และมีสถานะเงื่อนไขที่สามารถให้ประสิทธิภาพการดูดซับความชื้นและคาร์บอนไดออกไซด์
พร้อมกันมีค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณ 45% ของประสิทธิภาพการดูดซับ ที่ความยาวโรเตอร์เท่ากับ 0.1
เมตร ความเร็วรอบหมุนโรเตอร์เท่ากับ 25 รอบ/ชั่วโมง และอุณหภูมิลมที่ใช้รีเจนเรชั่นเท่ากับ 423
องศาเคลวิน ในส่วนผลที่ได้รับจากแบบจำลองเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของคุณสมบัติของ
อากาศภายในห้องปรับอากาศพบว่า สามารถลดความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์และความชื้นสัมพัทธ์
อยู่ในระดับปริมาณความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ 122 ppm และความชื้นสัมพัทธ์ 16 %
ที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 302 องศาเคลวิน

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา.....2546

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

สัญญาเลขที่ RTA4580007
โครงการ: เทคโนโลยีอนุภาคและกระบวนการวัสดุ
สรุปรายงานฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการย่อย: Modeling and simulation of fluid-particle dynamics and heat transfer in spouted bed

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน: ศ. ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2545 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2548

1. กิจกรรมที่ได้ดำเนินการ

1.1 ทำการศึกษาเรื่อง "Discrete Particle Simulation of Spouted Bed with Heat Transfer"

1.2 ทำการศึกษาเรื่อง "DEM Simulation of an Inclined Fluidized Bed"

1.3 ทำการศึกษาเรื่อง "DEM Simulation of Heat Transfer in Spouted Bed with Draft Plates"

1.4 นำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการระดับชาติ และนานาชาติดังนี้

1. W. Chaikittisilp, T. Taenumtrakul, P. Boonsuwan, W. Tanthapanichakoon and T. Charinpanitkul, "DEM simulation of an inclined fluidized bed", International Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers in the New Millennium, Number PM021, pp. 130, July 23-25, 2003, Bangkok, Thailand.
2. Panithita Rochana, Rapeepong Pinyopotjanard, Thanit Sawasdisevi, Tawatchai Charinpanitkul, and Wiwut Tanthapanichakoon, "DEM Simulation of A Two-Dimensional Spouted Bed Without Draft Plates", Proceedings The 2nd Asian Particle Technology Symposium 2003 (APT 2003), Volume 2 pp. 545-552, December 17-19, 2003, Penang, Malaysia.

2. ผลงาน

2.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ/หนังสือ/สิทธิบัตร

1. Sunun Limtrakul, Ativuth Chalermwattanatai, Kosol Unggurawirote, Yutaka Tsuji, Toshihiro Kawaguchi, Wiwut Tanthapanichakoon, "Discrete particle simulation of solids motion in a gas-solid fluidized bed", Chemical Engineering Science, 58 (2003) 915-921.
2. Swasdisevi, T., Tanthapanichakoon, W., Charinpanitkul, T., Kawaguchi, T., Tanaka, T. and Tsuji, Y., "Investigation of fluid and coarse-particle dynamics in a two-dimensional spouted bed", Chemical Engineering & Technology, Vol.27, No.9(2004), pp. 971-981.
3. Swasdisevi T., Tanthapanichakoon W., Charinpanitkul T., Kawaguchi T., Tanaka T. and Tsuji Y., "Prediction of gas-particle dynamics and heat transfer

in a two-dimensional spouted bed", Advanced Powder Technology, Vol. 16, No.3 (2005), pp. 275-293.

2.2 ความก้าวหน้าในการสร้างทีมวิจัย

มีนิสิต ป.เอก 1 คน และนิสิต ป.ตรี 5 คน สำเร็จการศึกษา โดยนิสิต ป.เอก (นายชนิด) ได้กลับไปเป็นอาจารย์ประจำของต้นสังกัดเดิม คือ คณะเทคโนโลยีพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ส่วนนิสิต ป.ตรี 1 คน ได้รับทุนรัฐบาลญี่ปุ่นไปศึกษาต่อ ป.โท ที่มหาวิทยาลัยโตเกียว หลังจากที่ทำหน้าที่ผู้ช่วยวิจัยเต็มเวลาที่ศูนย์ฯ เป็นระยะเวลา 10 เดือน อนึ่ง ดร. วิวัฒน์ ได้เป็น mentor ให้ ดร. สุนันท์ ในโครงการพัฒนานักวิจัยหลังปริญญาเอก ของ สกว. ด้วย

3. ความเห็นของผู้วิจัย

DEM เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ (math modeling and simulation) แบบใหม่ที่สะดวกและให้ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ภายในระบบ แต่มีขีดจำกัดในแง่ที่ว่าอนุภาคควรเป็นทรงกลมเท่านั้น และควรมีขนาดเท่ากัน เพื่อมิให้การคำนวณยุ่งยากซับซ้อนเกินไป ในกรณีที่สนใจอนุภาคขนาดเล็กถึงไมโครเมตร หรือระบบใหญ่ที่มีอนุภาคจำนวนมากหลายล้านชิ้นไป จะมีปัญหาเรื่องหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอ และเวลาที่ต้องใช้ในการคำนวณจะยาวมาก หากไม่ใช้ super computer

อย่างไรก็ตาม ดร. ชนิด ก็ได้ทำหน้าที่ผู้บุกเบิก DEM ที่ มจร. ในขณะนี้

4. เอกสารแนบ (ถ้ามี)

- บทคัดย่อนิพนธ์เรื่อง Discrete Particle Simulation of Spouted Bed with Heat Transfer (ตามเอกสารแนบ 6.1.2)
- Sunun Limtrakul, Ativuth Chalermwattanatai, Kosol Unggurawirote, Yutaka Tsuji, Toshihiro Kawaguchi, Wiwut Tanthapanichakoon, "Discrete particle simulation of solids motion in a gas-solid fluidized bed", Chemical Engineering Science, 58 (2003) 915-921. (ตามเอกสารแนบ 6.2.2)
- Swasdisevi, T., Tanthapanichakoon, W., Charinpanitkul, T., Kawaguchi, T., Tanaka, T. and Tsuji, Y., "Investigation of fluid and coarse-particle dynamics in a two-dimensional spouted bed", Chemical Engineering & Technology, Vol.27, No.9(2004), pp. 971-981. (ตามเอกสารแนบ 6.2.18)
- Swasdisevi T., Tanthapanichakoon W., Charinpanitkul T., Kawaguchi T., Tanaka T. and Tsuji Y., "Prediction of gas-particle dynamics and heat transfer in a two-dimensional spouted bed", Advanced Powder Technology, Vol. 16, No.3 (2005), pp. 275-293. (ตามเอกสารแนบ 6.2.26)

ลงนาม.....

(.....)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

สัญญาเลขที่ RTA4580007
โครงการ: เทคโนโลยีอนุภาคและกระบวนการวัสดุ
สรุปรายงานฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการย่อย: Gas purification/ air pollutant removal using electron attachment reaction and/ or D.C. corona discharge at elevated temperature

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน: ศ. ดร. วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2545 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2548

1. กิจกรรมที่ได้ดำเนินการ

1.1 ทำการศึกษาเรื่อง "Removal of Acetaldehyde Ammonia and Trimethylamine Gases using Electron Attachment Reaction at High Temperature"

1.2 ทำการศึกษาเรื่อง "Removal of Dilute Binary and Tertiary Gas Mixture of Acetaldehyde, Ammonia and Trimethyl Amine in Nitrogen using Electron-Attachment Reactor at High Temperature"

1.3 ทำการศึกษาเรื่อง "Simultaneous Treatment of Gaseous Volatile Organic Compounds and Aqueous Phenol using a Corona Discharge Reactor"

1.4 นำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการระดับชาติ และนานาชาติดังนี้

1. Wiwut Tanthapanichakoon, Tawatchai Charinpanitkul, Jintawat Chaichanawong, "High-Temperature Removal of Acetaldehyde in an Electron Attachment Reactor", Proceedings 4th Asia Pacific Conference on Sustainable Energy and Environmental Technologies (APCSEET 2003), 8-10 May 2003, Yokkaichi, Mie, Japan (2003).
2. Noriaki Sano, W. Tanthapanichakoon, Tawatchai Charinpanitkul, Nantamas Dhattavorn, Sahat Chaiyo, Hajime Tamon, "Removal of Toluene from Air By Corona Discharge Reactor at High Temperature: Influence of Electric Field Strength", Proceedings 4th Asia Pacific Conference on Sustainable Energy and Environmental Technologies (APCSEET 2003), 8-10 May 2003, Yokkaichi, Mie, Japan (2003).
3. K. Faungnawakij, N.Sano, T. Kanki, W. Tanthapanichakoon, "Removal of Acetaldehyde in Oxygen-Nitrogen Mixture by a Wetted-Wall Corona Discharge Reactor," International COE Forum on Plasma Science and Technology", pp.259-260, April 5-7, 2004, Nagoya, Japan.
4. K. Faungnawakij, N. Sano, D. Yamamoto, T. Kanki, T. Charinpanitkul, W. Tanthapanichakoon, "Influence of Oxygen on Removal of Gaseous Acetaldehyde

by Wetted-Wall Corona Discharge Reactor," Conference of the Society of Chemical Engineer, December 5, 2003, Kyoto, Japan.

5. N. Sano, K. Faungnawakij, D. Yamamoto, T. Kanki, W. Tanthapanichakoon, "Removal of Acetaldehyde in Air by Wetted-Wall Corona Discharge Reactor," The 36th Autumn Meeting of the Society of Chemical Engineers, Sendai, Japan, September 12-14, 2003.
6. Faungnawakij K., Sano N., Kanki T., Yamamoto D., Chatinpanitkul T. and Tanthapanichakoon W., "Removal of Acetaldehyde from Gas Stream by a Wetted-Wall Corona Discharge Reactor", The Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (The 10th APCChE Congress), Proceeding pp. A-128, October 17-21, 2004, Kitakyushu, Japan.
7. Tanthapanichakoon W., Charinpanitkul T., Iad-Uea A., Chaichanawong J., Sano N. and Tamon H., "Effect of CO₂ on the High-Temperature Removal of Acetaldehyde, Ammonia and Trimethyl Amine from Humid Air in a Corona Discharge Reactor", Regional Symposium on Chemical Engineering 2004 (RSCE 2004), Proceeding pp. 17, December 1-3, 2004, The Grand Hotel, Bangkok, Thailand.
8. Faungnawakij K., Sano N., Kanki T., Charinpanitkul T. and Tanthapanichakoon W., "Dynamic Simulation of Simultaneous Treatment of Gaseous Acetaldehyde and Aqueous Phenol using Corona Discharge Reactions in a Water-Film Reactor", Regional Symposium on Chemical Engineering 2004 (RSCE 2004), Proceeding pp. 57, December 1-3, 2004, The Grand Hotel, Bangkok, Thailand.
9. Tanthapanichakoon W., Charinpanitkul T., Chaichanawong J., Eiad-ua A., Sano N., Tamon H., "High-Temperature Simultaneous Removal of Acetaldehyde and Ammonia Gases Using Corona-Discharge", International Symposium on Nanotechnology in Environmental Protection and Pollution (ISNEPP 2005), Abstract Proceeding pp. 83-84, January 12-14, 2005, Miracle Grand Convention Hotel, Bangkok, Thailand

2. ผลงาน

2.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ/หนังสือ/สิทธิบัตร

1. Wiwut Tanthapanichakoon, N. Sano, T. Charinpanitkul, N. Dhattavorn, S. Chaiyo and H. Tamon, "Influence of Electric Field Strength in High-Temperature Corona Discharge Reactor on Removal of Toluene from Nitrogen and Air", Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol. 36, No. 8 (2003), pp. 946-952

2. Tanthapanichakoon, W., T. Charinpanitkul, S. Chaiyo, N. Dhattavorn, J. Chaichanawong, N. Sano and H. Tamon, "Effect of oxygen and water vapor on the removal of styrene and ammonia from nitrogen by non-pulse corona-discharge at elevated temperatures", *Chemical Engineering Journal*, 2004, Vol. 97, pp. 213-223
3. Noriaki Sano, Masanori Fukuoka, Tatsuo Kanki, Wiwut Tanthapanichakoon, Tawatchai Charinpanitkul, Hajime Tamon, "Temperature Effect on Removal of Sulfur Dioxide and Benzene in Humid Air by DC Corona Discharge", *Journal of Chemical Engineering and Technology*, 27, 2, 2004, Pages 171-175
4. K. Faungnawakij, N. Sano, D. Yamamoto, T. Kanki, T. Charinpanitkul, W. Tanthapanichakoon, "Removal of acetaldehyde in air using a wetted-wall corona discharge reactor," *Chemical Engineering Journal*, Volume 103, Issues 1-3, 15 October 2004, Pages 115-122
5. K. Faungnawakij, N. Sano, D. Yamamoto, T. Kanki, T. Charinpanitkul, W. Tanthapanichakoon, "Influence of Oxygen and Dissolved Inorganic Additives on Removal of Gaseous Acetaldehyde by Wetted-Wall Corona Discharge Reactor", *Chemical Engineering and Technology*, Vol. 27, Issue 10, 2004, Pages 1115-1121
6. K. Faungnawakij, N. Sano, D. Yamamoto, T. Kanki, T. Charinpanitkul, W. Tanthapanichakoon, "Simultaneous Gas-Water Purification by a Wetted-Wall Corona Discharge Reactor: Decomposition of Aqueous Phenol and Gaseous Acetaldehyde," *Journal of Chemical Engineering of Japan*, Vol. 37, No. 11, pp. 1373-1378, 2004.
7. Kajornsak Faungnawakij, Noriaki Sano, Tawatchai Charinpanitkul, and Wiwut Tanthapanichakoon, "Modeling of Experimental Treatment of Acetaldehyde-Laden Air and Phenol-Containing Water Using Corona Discharge Technique", *ENVIRON. SCI. & TECHNOL.*, (2006) *In Press*

2.2 ความก้าวหน้าในการสร้างทีมวิจัย

ได้ผลิตนักวิจัย 2 คน ในระดับ โท-เอก และโท แต่เนื่องจากภาควิชาฯ ไม่มีตำแหน่งว่างจึงไม่สามารถเพิ่มนักวิจัยในทีมได้

3. ความเห็นของผู้วิจัย

นอกจากจะสำเร็จการศึกษา โท-เอก ภายในเวลา 4 ปี แล้ว นายขจรศักดิ์ ยังมีผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ และการนำเสนอผลงานต่อที่ประชุมนานาชาติมากที่สุดในจำนวนนิสิตทั้งหมดที่ ดร. วิวัฒน์ ได้เคยเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ หลังจบการศึกษา นายขจรศักดิ์ ได้รับการ

ทบทวนให้ทำ Post-doctoral research ที่ Department of Hydrocarbon Chemistry มหาวิทยาลัย เกียวโต (Lab ของ Prof. Koichi Eguchi) โดยมีสัญญา 2 ปี

อนึ่ง แม้ว่าเทคโนโลยี corona discharge จะไม่ได้รับอนุญาตจากที่วัดที่ติดต่อให้ทดลองใช้ จริ่งกับเตาเผาเผาปนกิจของวัด แต่ก็ได้มีการดัดแปลงเพื่อทำการบำบัดก๊าซกลิ่นเหม็นและน้ำเสีย ตัวอย่าง (model compounds) ในอุปกรณ์ชุดเดียวกันอย่างได้ผลดีด้วย

4. เอกสารแนบ (ถ้ามี)

- บทความวิทยานิพนธ์เรื่อง Removal of Acetaldehyde Ammonia and Trimethylamine Gases using Electron Attachment Reaction at High Temperature
- บทความวิทยานิพนธ์เรื่อง Removal of Dilute Binary and Tertiary Gas Mixture of Acetaldehyde, Ammonia and Trimethyl Amine in Nitrogen using Electron-Attachment Reactor at High Temperature
- บทความวิทยานิพนธ์เรื่อง Simultaneous Treatment of Gaseous Volatile Organic Compounds and Aqueous Phenol using a Corona Discharge Reactor (ตามเอกสารแนบ 6.1.3)
- Wiwut Tanthapanichakoon, N. Sano, T. Charinpanitkul, N. Dhattavorn, S. Chaiyo and H. Tamon, "Influence of Electric Field Strength in High-Temperature Corona Discharge Reactor on Removal of Toluene from Nitrogen and Air", Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol. 36, No. 8 (2003), pp. 946-952 (ตามเอกสารแนบ 6.2.6)
- Tanthapanichakoon, W., T. Charinpanitkul, S. Chaiyo, N. Dhattavorn, J. Chaichanawong, N. Sano and H. Tamon, "Effect of oxygen and water vapor on the removal of styrene and ammonia from nitrogen by non-pulse corona-discharge at elevated temperatures", Chemical Engineering Journal, 2004, Vol. 97, pp. 213-223 (ตามเอกสารแนบ 6.2.11)
- Noriaki Sano, Masanori Fukuoka, Tatsuo Kanki, Wiwut Tanthapanichakoon, Tawatchai Charinpanitkul, Hajime Tamon, "Temperature Effect on Removal of Sulfur Dioxide and Benzene in Humid Air by DC Corona Discharge", Journal of Chemical Engineering and Technology, 27, 2, 2004, Pages 171-175 (ตามเอกสารแนบ 6.2.12)
- K. Faungnawakij, N. Sano, D. Yamamoto, T. Kanki, T. Charinpanitkul, W. Tanthapanichakoon, "Removal of acetaldehyde in air using a wetted-wall corona discharge reactor," Chemical Engineering Journal, Volume 103, Issues 1-3, 15 October 2004, Pages 115-122 (ตามเอกสารแนบ 6.2.14)
- K. Faungnawakij, N. Sano, D. Yamamoto, T. Kanki, T. Charinpanitkul, W. Tanthapanichakoon, "Influence of Oxygen and Dissolved Inorganic Additives on

Removal of Gaseous Acetaldehyde by Wetted-Wall Corona Discharge Reactor", Chemical Engineering and Technology, Vol. 27, Issue 10, 2004, Pages 1115-1121 (ตามเอกสารแนบ 6.2.15)

- K. Faungnawakij, N. Sano, D. Yamamoto, T. Kanki, T. Charinpanitkul, W. Tanthapanichakoon, "Simultaneous Gas-Water Purification by a Wetted-Wall Corona Discharge Reactor: Decomposition of Aqueous Phenol and Gaseous Acetaldehyde," Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol. 37, No. 11, pp. 1373-1378, 2004. (ตามเอกสารแนบ 6.2.16)
- Kajornsak Faungnawakij, Noriaki Sano, Tawatchai Charinpanitkul, and Wiwut Tanthapanichakoon, "Modeling of Experimental Treatment of Acetaldehyde-Laden Air and Phenol-Containing Water Using Corona Discharge Technique", ENVIRON. SCI. & TECHNOL., (2006) *In Press* (ตามเอกสารแนบ 6.2.27)

ลงนาม.....

(.....)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์ : การกำจัดก๊าซอะเซทัลดีไฮด์ แอมโมเนีย และไตรเมทิลอะมีนโดย
ปฏิกิริยาเติมอิเล็กตรอนที่อุณหภูมิสูง. (REMOVAL OF ACETALDEHYDE, AMMONIA AND
TRIMETHYLAMINE GASES USING ELECTRON ATTACHMENT REACTION AT HIGH
TEMPERATURE). อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. วิวัฒน์ คันทะพานิชกุล, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.
รัชชัย ชรินพานิชกุล จำนวนหน้า 240 หน้า. ISBN 974-17-1960-4.

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการกำจัดก๊าซอะเซทัลดีไฮด์
แอมโมเนียและไตรเมทิลอะมีนออกจากกระแสก๊าซไนโตรเจน โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบเติม
อิเล็กตรอน ก๊าซเป้าหมายเหล่านี้มีกลิ่นเหม็นและเป็นก๊าซของค์ประกอบของก๊าซที่ปล่อยจากเตาเผาขยะที่
อุณหภูมิสูง เนื่องจากก๊าซที่ปล่อยจากเตาเผาขยะจะมีทั้งออกซิเจนและไอน้ำผสมอยู่ ดังนั้นปัจจัยที่
ทำการศึกษาทดลองได้แก่ ความเข้มข้นขาเข้าของก๊าซเป้าหมาย ร้อยละของออกซิเจนและความเข้มข้น
ของไอน้ำในกระแสก๊าซไนโตรเจน เพื่อให้เข้าใจผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างก๊าซเป้าหมาย การ
ทดลองจะมีทั้งการกำจัดก๊าซเป้าหมายแต่ละชนิด โคเคเดี่ยว ก๊าซเป้าหมาย 2 ชนิดพร้อมกัน และทั้ง 3
ชนิดพร้อมกันด้วย ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ถ้าความเข้มข้นของก๊าซยิ่งต่ำ ประสิทธิภาพการกำจัดจะยิ่ง
สูงขึ้นโดยไม่ขึ้นกับอุณหภูมิการทดลอง อนึ่งการมีออกซิเจนผสมอยู่ในก๊าซไนโตรเจนจะช่วยเพิ่ม
ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซเป้าหมายให้สูงขึ้นทั้งการกำจัดแบบ โคเคเดี่ยวและการกำจัดแบบ 2 และ 3
ชนิดพร้อมกัน ส่วนการมีไอน้ำจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซเป้าหมายจากก๊าซไนโตรเจนที่
อุณหภูมิต่ำ แต่จะลดลงเล็กน้อยที่อุณหภูมิสูง อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีไอน้ำในก๊าซผสมไนโตรเจนและ
ออกซิเจน จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีไอน้ำ

อนึ่งกรณีการศึกษผลกระทบซึ่งกันและกันในการกำจัดก๊าซเป้าหมาย 2 และ 3 ชนิดพร้อมกัน
พบว่าจำนวนโมเลกุลก๊าซอะเซทัลดีไฮด์ แอมโมเนียและไตรเมทิลอะมีนที่ถูกจับด้วยหนึ่งอิเล็กตรอน
เมื่อกำจัดพร้อมกันทั้ง 3 ชนิด จะมากกว่าเมื่อเทียบกับกรณีกำจัดก๊าซเป้าหมาย 2 ชนิดพร้อมกัน
นอกจากนี้เพื่อลดการเกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการ การประยุกต์ใช้เครื่องปฏิกรณ์สองตัวต่ออนุกรม ซึ่งใช้
เงื่อนไขในการทำงานที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นแนวโน้มที่ดีสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัด
และการลดการเกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการ โดยพบว่า NO_x ลดลงจาก 50 พีพีเอ็ม เหลือเพียง 20 พี
พีเอ็ม และไอโซนถูกกำจัดได้ทั้งหมด

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่อนิสิต.....จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ศ.ดร. วิวัฒน์ คันทะพานิชกุล
ปีการศึกษา 2545.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

อภิสิทธิ์ เอียดเอื้อ : การกำจัดก๊าซผสมเฉื่อยจาก 2 และ 3 องค์ประกอบของอะเซทัลดีไฮด์ แอมโมเนีย และไตรเมทิลเอมีน ในไนโตรเจนโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์การเติมอิเล็กตรอนที่อุณหภูมิสูง. (REMOVAL OF DILUTE BINARY AND TERTIARY GAS MIXTURE OF ACETALDEHYDE, AMMONIA AND TRIMETHYLAMINE IN NITROGEN USING ELECTRON-ATTACHMENT REACTORS AT HIGH TEMPERATURE) อาจารย์ที่ปรึกษา: ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม: รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล จำนวนหน้า 296 หน้า

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการกำจัดก๊าซอะเซทัลดีไฮด์ แอมโมเนียและไตรเมทิลเอมีนออกจากกระแสก๊าซไนโตรเจนโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบเติมอิเล็กตรอน ก๊าซเป้าหมายเหล่านี้มีกลิ่นเหม็นและเป็นก๊าซขององค์ประกอบของก๊าซที่ปล่อยจากเตาเผาเศษที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากก๊าซที่ปล่อยจากเตาเผาส่งผลให้ทั้งคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจนและไอน้ำผสมอยู่ ดังนั้นปัจจัยที่ทำการศึกษาค้นคว้าได้แก่ ร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจนและความเข้มข้นของไอน้ำในกระแสก๊าซไนโตรเจน เพื่อให้เข้าใจผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างก๊าซเป้าหมาย การทดลองจะมีทั้งการกำจัดก๊าซเป้าหมายแต่ละชนิดโดยเดี่ยว ก๊าซเป้าหมาย 2 ชนิดพร้อมกัน และทั้ง 3 ชนิดพร้อมกันด้วย ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ผสมอยู่ในก๊าซไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซเป้าหมายให้สูงขึ้น อนึ่ง การมีออกซิเจนผสมอยู่ในก๊าซไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซเป้าหมายให้สูงขึ้นทั้งการกำจัดแบบโดดเดี่ยวและการกำจัดแบบ 2 และ 3 ชนิดพร้อมกัน ส่วนการมีไอน้ำจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซเป้าหมายจากก๊าซไนโตรเจนที่อุณหภูมิต่ำ แต่จะลดลงเล็กน้อยที่อุณหภูมิสูง ในกรณีที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซผสมไนโตรเจน ออกซิเจนและไอน้ำ จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่ากรณีที่ไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์

อนึ่งกรณีการศึกษาผลกระทบซึ่งกันและกันในการกำจัดก๊าซเป้าหมาย 2 และ 3 ชนิดพร้อมกันพบว่า จำนวนโมเลกุลก๊าซอะเซทัลดีไฮด์ แอมโมเนียและไตรเมทิลเอมีนที่ถูกจับด้วยหนึ่งอิเล็กตรอนเมื่อกำจัดพร้อมกันทั้ง 3 ชนิด จะมากกว่าเมื่อเทียบกับกรณีกำจัดก๊าซเป้าหมาย 2 ชนิดพร้อมกัน นอกจากนี้เพื่อลดการเกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการ การประยุกต์ใช้เครื่องปฏิกรณ์สองตัวต่ออนุกรม ซึ่งใช้เงื่อนไขในการทำงานที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นแนวโน้มที่ดีสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดและการลดการเกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการ โดยพบว่า ไอโซน และ NO_x ถูกกำจัดได้ทั้งหมดแต่คาร์บอนมอนอกไซด์จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อกระแสเพิ่มมากขึ้น

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่อนิสิต.....อภิสิทธิ์ เอียดเอื้อ.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล.....
ปีการศึกษา.....2546.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

สัญญาเลขที่ RTA4580007

โครงการ: เทคโนโลยีอนุภาคและกระบวนการวัสดุ
สรุปรายงานฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการย่อย: Improvement of dust collection systems

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน: ศ. ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2545 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2548

1. กิจกรรมที่ได้ดำเนินการ

1.1 ทำการศึกษาเรื่อง "Development of Vertical Uniform-Flow Ventilation System for Dust-Laden Air"

1.2 ทำการศึกษาเรื่อง "Development of Cyclone Scrubber for Dust Collection from Grinding Wheel Factory"

1.3 ทำการศึกษาเรื่อง "อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบระบายอากาศแนวตั้ง"

1.4 ทำการศึกษาเรื่อง "การจับเก็บฝุ่นจากโรงงานผลิตแผ่นกระดานโต้คลื่นโดยใช้ไซโคลนสกรับเบอร์"

2. ผลงาน

2.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ/หนังสือ/สิทธิบัตร

-

2.2 ความก้าวหน้าในการสร้างทีมวิจัย

มีนิสิตระดับปริญญาโท 2 คน และนิสิตปริญญาตรี 5 คน สำเร็จการศึกษาไปทำงานในภาคอุตสาหกรรม แต่ภาควิชาวิศวกรรมเคมีไม่มีตำแหน่งว่าง จึงไม่สามารถเพิ่มนักวิจัยในทีมได้

3. ความเห็นของผู้วิจัย

โครงการ 1.2 นอกจากจะเป็นงานวิทยานิพนธ์แล้ว ยังได้รับงบเสริมจาก สกว. และทางโรงงาน KM&AA ในฐานะโครงการ IRAS อีกด้วย นอกจากจะประสบความสำเร็จในการช่วยแก้ปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นหินในโรงงานแล้ว ยังได้ช่วยคำนวณออกแบบระบบกำจัดฝุ่นของทั้งโรงงานใหม่ของ KM&AA ที่จังหวัดชลบุรีซึ่งมีการใช้ cyclone scrubber ด้วย

โครงการ 1.1, 1.3 และ 1.4 นอกจากจะเป็นงานวิทยานิพนธ์ 1 เรื่อง และปริญญาโท 2 เรื่อง ตามลำดับแล้ว ยังได้รับงบเสริมจากโครงการวิจัยพัฒนาร่วมภาครัฐและเอกชนอีกด้วย เนื่องจากโรงงาน Cobra International ซึ่งผลิตแผ่นกระดานโต้คลื่น ไม่มีงบประมาณพอที่จะติดตั้งระบบระบายอากาศแนวตั้ง และชุด cyclone scrubber เพราะมีปัญหาฝุ่นฟุ้งในบริเวณกว้างในอาคารหลายแห่งในโรงงาน และได้เคยทุ่มเทงบในการติดตั้งระบบบำบัดฝุ่นแบบม่านน้ำ (แต่ยังไม่ได้ผล) ไว้แล้ว นักวิจัยจึงช่วยแก้ไขปัญหาย่างประหยัดโดยแนะนำวิธีการปรับปรุงระบบหมุนเวียน

อากาศ ตลอดจนรูปแบบของระบบบำบัดฝุ่นแบบม่านน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ผลปรากฏว่าโรงงานสามารถลดปัญหาได้ในระดับที่น่าพอใจ

4. เอกสารแนบ (ถ้ามี)

- บทคัดย่อวิทยานิพนธ์เรื่อง Development of Vertical Uniform-Flow Ventilation System for Dust-Laden Air
- บทคัดย่อวิทยานิพนธ์เรื่อง Development of Cyclone Scrubber for Dust Collection from Grinding Wheel Factory

ลงนาม.....

(.....)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

ดำรงศักดิ์ เอียวชัยพร : การพัฒนาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอสำหรับ
อากาศที่มีฝุ่นฟุ้ง. (DEVELOPMENT OF VERTICAL UNIFORM-FLOW VENTILATION SYSTEM
FOR DUST – LADEN AIR) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล .อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.ธวัช
ชัย ขรินพานิชกุล 370 หน้า. ISBN 974-17-4530-3

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอสำหรับอากาศที่มีฝุ่นฟุ้ง
โดยทำการออกแบบและจัดสร้างชุดอุปกรณ์การทดสอบ และศึกษาถึงตัวแปรกระบวนการที่มีอิทธิพลต่อการ
ระบายอากาศ ได้แก่ ความเร็วลมอย่างสม่ำเสมอในแนวตั้ง ความเร็วลมที่เป่ารอบวนกระแสอากาศภายในห้อง
สัดส่วนพื้นที่เปิดของตะแกรง และความสูงของผนังห้อง นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเบื้องต้นของพฤติกรรมการไหล
ของอากาศของระบบระบายอากาศชนิดนี้ในลักษณะ 3 มิติ โดยใช้เทคนิค Computational Fluid Dynamics
(CFD) การจำลองปรากฏการณ์จะคำนวณด้วยชุดของสมการอนุรักษ์ (Conservation Equations) ซึ่งประกอบ
ด้วย สมการอนุรักษ์มวล และ สมการอนุรักษ์โมเมนตัม

ในการศึกษาอิทธิพลความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีพิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง พบ
ว่า เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอนที่หนีออกจากด้านบน
ของห้องจะมีแนวโน้มลดลง แต่ความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนมีค่าลดลงที่ความเร็วลมในแนว
ตั้ง 0.3 เมตรต่อวินาทีแต่กลับเพิ่มขึ้นที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.5 เมตรต่อวินาที กรณีพิจารณาความเข้มข้นรวม
ของอนุภาคทุกขนาดพบว่า เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะมีแนวโน้มเพิ่ม
ขึ้น สำหรับอิทธิพลของความเร็วลมที่เป่ารอบวนกระแสอากาศภายในห้อง ในกรณีพิจารณาความเข้มข้นของ
ขนาดอนุภาคแต่ละช่วง พบว่า เมื่อความเร็วลมที่เป่ารอบวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของ
อนุภาคทั้งขนาดใหญ่และเล็กที่หนีออกจากด้านบนของห้องจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนกรณีพิจารณาความเข้มข้น
รวมของอนุภาคทุกขนาดพบว่า เมื่อความเร็วลมที่เป่ารอบวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการ
ระบายอากาศจะมีแนวโน้มลดลง สำหรับการศึกษอิทธิพลของสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงโดยที่
ความเร็วลมในแนวตั้งคงที่นั้น พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศลด
ลง อนึ่งในการจำลองการไหลของอากาศของระบบระบายอากาศ ในกรณีความเร็วเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1
0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาที ซึ่งภายในห้องมีสิ่งกีดขวางตั้งอยู่บริเวณตรงกลางห้อง พบว่าการกระจายตัว
ความเร็วของอากาศที่เคลื่อนที่ภายในห้องได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญแต่มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียว
กันกับผลการวัดจริงในเงื่อนไขเดียวกัน

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

ปีการศึกษา.....2546.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม.....

ัญญลักษณ์ วิสุทธิ : การพัฒนาไซโคลนสครับเบอร์สำหรับเก็บฝุ่นจากงานเจียร (DEVELOPMENT OF CYCLONE SCRUBBER FOR COLLECTING DUST FROM GRINDING WHEEL) อ.ที่ปรึกษา: รศ. ดร.ธวัชชัย ชรินพานิชกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณตะพานิชกุล, ผศ.ดร.มานะ อมรกิจบำรุง, จำนวนหน้า 85 หน้า. ISBN 974-17-6865-6.

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างและทดสอบอุปกรณ์การจับฝุ่นชนิดไซโคลนสครับเบอร์ โดยศึกษาปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการจับฝุ่นของไซโคลนสครับเบอร์ โดยอาศัยหลักการจับฝุ่นขนาดเล็กด้วยหยดละอองน้ำ และใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางมาแยกหยดละอองน้ำออกจากกระแสก๊าซ ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความเร็วลมทางเข้าไซโคลนสครับเบอร์ (10 – 25 เมตรต่อวินาที) ความเข้มข้นฝุ่น 0.3 - 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วนน้ำต่ออากาศ (0.44 - 4.37 ลิตรน้ำต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ) และมีการออกแบบเฮดเดอร์ที่ใช้ในการฉีดน้ำต่างๆ คือ 4, 8, 12, 16 และ 20 หัวฉีด ซึ่งตำแหน่งการติดตั้งหัวฉีดจะเป็นแบบสลับฟันปลา (4 หัวฉีดต่อ 1 แถว, หัวฉีดชนิดกรวยเต็ม (Full Cone) มุม 90 °) ฝุ่นที่ใช้ทดสอบคือแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเกล็ดผิว (ความหนาแน่น 2.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) มีการกระจายขนาดอยู่ในช่วง 0.05-22.5 ไมครอน เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.27 ไมครอนเมตร

จากผลการทดลองพบว่า เฮดเดอร์ 4 หัวฉีดมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 93.97-97.52 % เฮดเดอร์ 8 หัวฉีดมีค่าประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 94.43 - 97.51 % เฮดเดอร์ 12 หัวฉีดมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 92.54 -96.75 % เฮดเดอร์ 16 หัวฉีดมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 93 - 97.68 % เฮดเดอร์ 20 หัวฉีดมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 91.85 - 96.75% โดยทำการทดลองที่ความเร็วลมตั้งแต่ 10 -25 เมตร/วินาที ที่ความเข้มข้นฝุ่นในช่วง 0.3 –1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการจับฝุ่นคือ ความเร็วลมทางเข้าไซโคลนสครับเบอร์ เนื่องจากความเร็วลมทางเข้าส่งผลต่อการลอยหนีของหยดละอองน้ำที่ใช้จับฝุ่นที่ทางออกของก๊าซสะอาด และส่งผลต่อความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างความเร็วก๊าซกับความเร็วของน้ำจากหัวฉีดภายในไซโคลนสครับเบอร์ ซึ่งมีผลมากต่อขนาดและจำนวนหยดละอองน้ำที่ใช้ในการจับฝุ่น โดยเฮดเดอร์ 4 หัวฉีดที่ความเร็วลมทางเข้า 10 เมตรต่อวินาที ความเร็วน้ำที่ออกจากหัวฉีด 16.53 เมตรต่อวินาที มีความเร็วสัมพัทธ์ 19.32 เมตรต่อวินาที มีขนาดหยดน้ำเฉลี่ย 259 ไมครอนเมตร จำนวนหยด 19,599,000 หยดต่อวินาที และที่ความเร็วลมทางเข้า 15 เมตรต่อวินาที มีความเร็วสัมพัทธ์ 22.32 เมตรต่อวินาที มีขนาดหยดน้ำเฉลี่ย 224 ไมครอนเมตร จำนวนหยด 30,224,000 หยดต่อวินาที อนึ่งตัวแปรที่สำคัญถัดไปจากมากไปน้อยคือ การซ้อนทับของหยดละอองน้ำจากหัวฉีด ระยะห่างจากหัวฉีดถึงทางออกก๊าซสะอาด ค่าอัตราส่วนน้ำต่ออากาศ ความเข้มข้นฝุ่น มีผลต่อประสิทธิภาพการจับฝุ่นของไซโคลนสครับเบอร์ทั้งสิ้น

จากการผลวิเคราะห์พบว่าเฮดเดอร์ที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการจับฝุ่นของไซโคลนสครับเบอร์คือ เฮดเดอร์แบบ 4 หัวฉีด เนื่องจากใช้ปริมาณน้ำน้อย (10.67 ลิตรต่อวินาที) และมีประสิทธิภาพเฉลี่ยสูงที่สุดเป็น 95.75 % เมื่อเทียบกับเฮดเดอร์อื่นๆ (เฮดเดอร์ 8 : 95.61 %, เฮดเดอร์ 12 : 96.65 %, เฮดเดอร์ 16 : 95.54 %, เฮดเดอร์ 20 : 94.41 %)

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ปีการศึกษา.....2547.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

สัญญาเลขที่ RTA4580007
โครงการ: เทคโนโลยีอนุภาคและกระบวนการวัสดุ
สรุปรายงานฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการย่อย: Study of spray characteristics of ultrasonic nozzles using PDA method

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน: รศ. ดร. ชัชชัย ชรินพาณิชกุล

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2545 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2548

1. กิจกรรมที่ได้ดำเนินการ

1.1 ทำการศึกษาเรื่อง "Development of Phase Doppler Anemometer (PDA) for Measuring Velocity and Size Distribution of Water Droplets"

2. ผลงาน

2.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ/หนังสือ/สิทธิบัตร

- Saengkaew, S., T. Charinpanitkul, H. Vanisri, W. Tanthapanichakoon, L. Mees, G. Gouesbet and G. Grehan, "Rainbow refractrometry: On the validity domain of Airy's and Nussenzweig's theories", Optics Coms, 259, 7, 2006.

2.2 ความก้าวหน้าในการสร้างทีมวิจัย

มีความร่วมมือกับ CORIA, CNRS, Université et INSA de Rouen, France และปัจจุบันยังคงมีการส่งนิสิตระดับปริญญาโท (นส. จุฑามาส คามรักษ์) ไปทำวิจัยร่วม

3. ความเห็นของผู้วิจัย

เป็นโครงการที่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาเทคโนโลยี PDA เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขนาด และความเร็วของหยดละอองที่ถูกพ่นออกจากหัวฉีด นอกจากนี้ในโครงการยังสามารถผลิตบุคลากรที่มีความรู้ด้าน PDA ในระดับปริญญาโท (นายธนัญชัย บุญนะที่) และปริญญาเอก (นส. สาวิตรี แสงแก้ว)

4. เอกสารแนบ (ถ้ามี)

- บทคัดย่อวิทยานิพนธ์เรื่อง Development of Phase Doppler Anemometer (PDA) for Measuring Velocity and Size Distribution of Water Droplets

ลงนาม.....

(.....)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

สัญญาเลขที่ RTA4580007
โครงการ: เทคโนโลยีอนุภาคและกระบวนการวัสดุ
สรุปรายงานฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการย่อย: Fine particle coating using fluidized bed with rapid expansion of supercritical solution technique

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน: รศ. ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2545 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2548

1. กิจกรรมที่ได้ดำเนินการ

1.1 ทำการศึกษาเรื่อง "Polymeric Encapsulation of Nanoparticles using Supercritical Fluid Technology"

2. ผลงาน

2.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ/หนังสือ/สิทธิบัตร

B. Kongsombut, A. Tsutsumi , W. Chen, W. Tanthapanichakoon and T. Charinpanitkul, POLYMER COATING OF ULTRAFINE POWDERS BY RAPID EXPANSION OF SUPERCRITICAL SUSPENSIONS, submitted to Chem. Eng. Journal.

2.2 ความก้าวหน้าในการสร้างทีมวิจัย

ในปัจจุบันได้มีการขยายความร่วมมือในการใช้เทคนิค Supercritical solution ไปใช้ในการทำวิจัยด้านการเคลือบผิว และการสกัดแยกสารจากชีวมวล ซึ่งคาดว่าจะสามารถผลิตผลงานในรูปแบบบทความวิชาการในอนาคต

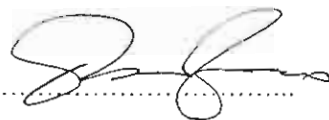
3. ความเห็นของผู้วิจัย

โครงการวิจัยประสบความสำเร็จในเกณฑ์ดี และปัจจุบันได้มีบุคลากรระดับปริญญาโท (นส. กนกวรรณ กรรณ) ที่สำเร็จการศึกษาไปแล้ว 1 คน และกำลังจะสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก (นายเบญจพล คงสมบัติ) อีก 1 คน

4. เอกสารแนบ (ถ้ามี)

-

ลงนาม.....



(.....)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

สัญญาเลขที่ RTA4580007
โครงการ: เทคโนโลยีอนุภาคและกระบวนการวัสดุ
สรุปรายงานฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการย่อย: Simulation of fine particle coating using fluidized bed with rapid expansion of supercritical solution technique

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน: รศ. ดร. ชวิชัย ชรินพาณิชกุล

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2545 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2548

1. กิจกรรมที่ได้ดำเนินการ

1.1 ทำการศึกษาเรื่อง "Simulation of Rapid Expansion of Supercritical Solution in the Fluidized Bed"

2. ผลงาน

2.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ/หนังสือ/สิทธิบัตร

-

2.2 ความก้าวหน้าในการสร้างทีมวิจัย

โครงการได้มีการพัฒนาทีมนักวิจัยที่มีความสนใจร่วมกันในการใช้เทคนิคการจำลองกระบวนการไหลของของไหลโดยใช้โปรแกรม Fluent

3. ความเห็นของผู้วิจัย

โครงการวิจัยนี้มีความก้าวหน้าในเกณฑ์ดี โดยสามารถผลิตบุคลากรระดับปริญญาโท (นาย กัมปนาท แก้วปลั่ง) 1 คน และได้มีการขยายผลโดยการนำหลักการจำลองปรากฏการณ์ไปทำการศึกษาวิเคราะห์การขยายตัวอย่างรวดเร็วของสารละลายเหนือวิกฤตโดยใช้โปรแกรม Fluent

4. เอกสารแนบ (ถ้ามี)

-

ลงนาม 
(.....)
หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

สัญญาเลขที่ RTA4580007
โครงการ: เทคโนโลยีอนาคตและกระบวนการวัสดุ
สรุปรายงานฉบับสมบูรณ์

Innovative preparation of cellulose sponges from waste materials to utilize as adsorbent/ catalyst for petrochemical industries

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน รศ.ดร. ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2545 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2548

1. กิจกรรมที่ได้ดำเนินการ

1.1 งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งมีอยู่อย่างมากมายในประเทศไทย ได้แก่ ชานอ้อย ผักตบชวา ฟางข้าว มาพัฒนาโดยการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุ อีกทั้งยังเป็นการช่วยลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย โดยในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ชานอ้อยในการเตรียมฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ เนื่องจากชานอ้อยจัดเป็นวัสดุที่มีอยู่อย่างมากมายในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งจัดได้ว่าเป็นภาระในการจัดเก็บและทำลาย จึงได้เลือกชานอ้อยมาเป็นวัตถุดิบในการเตรียมฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ การเตรียมฟองน้ำเส้นใยสามารถเตรียมโดยนำผ่านกระบวนการเตรียมของผสมหนืด (Viscose Process) เพื่อเปลี่ยนในอยู่ในรูป regenerated cellulose โดยจะจัดเตรียมที่ความหนืดต่างๆ กัน จากนั้นจึงนำมาขึ้นรูปด้วยกรดซัลฟิวริกเพื่อให้มีลักษณะคล้ายฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นตัวดูดซับและ/หรือตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยหลังจากที่ทำการขึ้นรูปเป็นฟองน้ำแล้วจะได้ทำการตรวจวัดการดูดซับน้ำมันจริง โดยฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่เตรียมได้นี้จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันดิบได้สูงถึง 12.0 เท่าของน้ำหนักแห้งเมื่อเทียบกับความสามารถในการดูดซับน้ำมันดิบของพอลิพรอพิลีนซึ่งเป็นวัสดุดูดซับทางการค้า พบว่าฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติมีความสามารถในการดูดซับสูงกว่าพอลิพรอพิลีน 1.25 เท่า

1.2 ได้มีการนำเสนอผลงานวิจัยในงานเสนอผลงานวิจัยประจำปีโครงการวิจัยเมธีอาวุโส ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล (MaDParT 2005)

1.3 จัดทำสรุปรายงานฉบับสมบูรณ์เรื่อง Innovative preparation of cellulose sponges from waste materials to utilize as adsorbent/ catalyst for petrochemical industries ดังแสดงในเอกสารแนบ

2. ผลงาน

2.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ/หนังสือ/สิทธิบัตร

- อยู่ในระหว่างกระบวนการยื่นจดสิทธิบัตร คำขอเลขที่ 081814

2.2 ความก้าวหน้าในการสร้างทีมวิจัย

-

3 ความเห็นของผู้วิจัย

-

4 เอกสารแนบ (ถ้ามี)

เรื่องการผลิตเซลล์โอสที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำจากวัสดุเหลือใช้เพื่อใช้เป็นตัวดูดซับและ/หรือ
ตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ลงนาม.....ศิริกัลยา ศิวจิตตานนท์
(รศ.ดร.ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์)
หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

**Innovative preparation of cellulose sponges from waste materials
to utilize as adsorbent/ catalyst for petrochemical industries**

โดย

**ศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และคณะ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

**รายงานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากโครงการเมธีวิจัยอาวุโส สกว.
ศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล
ประจำปีงบประมาณ 2545 และ 2548**

บทคัดย่อ

ฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ เตรียมจากชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยผ่านกระบวนการเตรียมของผสมหนืด (Viscose Process) โดยนำชานอ้อยซึ่งผ่านการบดและอบไล่ความชื้นมาทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำมากรองเอาแต่กากบ่มทิ้งไว้ แล้วทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดซัลไฟด์ จากนั้นทำปฏิกิริยาอีกครั้งกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก ได้เป็นของผสมหนืด นำของผสมหนืดที่ได้ผสมกับผลิตภัณฑ์โซเดียมซัลเฟตแล้วขึ้นรูปในสภาวะกรด เกิดเป็นฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเตรียมฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่สภาวะต่างกันเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซึมน้ำมันดิบของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่เตรียมได้ โดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 18-22 โดยน้ำหนัก ใช้อุณหภูมิสำหรับบ่มอัลคาไลเซลลูโลสในช่วง 30-95 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดซัลไฟด์ 25-45 มิลลิลิตร และปริมาณเกลือโซเดียมซัลเฟตโดยเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนในการผสมกับของผสมหนืด ใน 4 อัตราส่วน ได้แก่ ปริมาณเกลือโซเดียมซัลเฟตร้อยละ 25 ร้อยละ 50 ร้อยละ 66 และร้อยละ 75 นำฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่ได้ไปทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำมันดิบและน้ำทะเล เปรียบเทียบกับความสามารถในการดูดซึมน้ำมันดิบและน้ำทะเลของพอลิพรอพิลีนซึ่งเป็นวัสดุดูดซึมที่ใช้ในทางการค้า พบว่าการเตรียมฟองน้ำด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 18 และผสมกับเกลือโซเดียมซัลเฟตในอัตราส่วนร้อยละ 50 ทำให้ฟองน้ำดูดซึมน้ำมันดิบได้ดีที่สุด ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซึมน้ำมันดิบได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มอัลคาไลเซลลูโลสและปริมาณคาร์บอนไดซัลไฟด์ เมื่อบ่มด้วยอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสและใช้ปริมาณคาร์บอนไดซัลไฟด์ 25 มิลลิลิตรทำให้ฟองน้ำมีความสามารถในการดูดซึมน้ำมันดิบได้สูงถึง 12.0 เท่าของน้ำหนักแห้งเมื่อเทียบกับความสามารถในการดูดซึมน้ำมันดิบของพอลิพรอพิลีนซึ่งเป็นวัสดุดูดซึมทางการค้า พบว่าฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติมีความสามารถในการดูดซึมสูงกว่าพอลิพรอพิลีน 1.25 เท่า

Abstract

Cellulose sponges can be prepared from bagasse which is an agricultural waste material via viscose process. First, grinded and dried bagasse was reacted with sodium hydroxide solution, then aged filtrate for a while and reacted with carbon disulfide. After that cellulose xanthate was reacted with 4% NaOH sodium hydroxide solution to get viscose mixture. Viscose mixture was mixed with crystal sodium sulfate and molded by 10% H_2SO_4 to get cellulose sponge. In this thesis, variation of condition was experimented. It was varied on concentration of sodium hydroxide in range of 18-22% by weight, aging alkali cellulose temperature in the range 30-95 $^{\circ}\text{C}$, volume of carbon disulfide in the range of 25-45 ml, and the amount of crystal sodium sulfate in 25%, 50%, 66%, and 75%. Cellulose sponges were tested for crude oil and seawater absorption capacity to compare to that of polypropylene which is a commercial sorbent. From the experiment cellulose sponges prepared in the condition of 10% sodium hydroxide, aging alkali cellulose temperature of 95 $^{\circ}\text{C}$, volume of carbon disulfide 25 ml, and 50% sodium sulfate have the highest crude oil absorption capacity. They can absorb crude oil in 12.0 times dry weight. Comparing to polypropylene, the crude oil absorption capacity of regenerated cellulose sponge is more than that of polypropylene 1.25 times.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับเงินสนับสนุนการวิจัยจากโครงการวิจัยร่วมภาครัฐ-เอกชน ของศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอนาคต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีงบประมาณ 2546 และ 2547 ทุนเมธีวิจัยอาวุโส (ศ.ดร.วิวัฒน์ ตั่นทะพานิชกุล) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC)

สำหรับการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูง ซึ่งประกอบด้วยเครื่อง Ultrapycnometer ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เครื่องวัดความหนาแน่นจากกรมวิทยาศาสตร์บริการที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือทดสอบต่าง ๆ ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(2)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	2
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตการวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	4
มลพิษจากน้ำมันและการกำจัดน้ำมัน	4
เซลล์โลส	12
ชานอ้อย	17
กระบวนการเตรียมของผสมหนืด	19
การดูดซึม	23
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
อุปกรณ์และวิธีการ	37
อุปกรณ์	37
เครื่องมือ	37
วัตถุดิบและสารเคมี	38
วิธีการ	38
ผลและวิจารณ์	44
สรุปผลการวิจัย	58
สรุปผลการวิจัย	58
เอกสารอ้างอิง	60

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของเซลล์ของผลพลอยได้จากข้าวและอ้อย	19
2	วัตถุดิบสำหรับผลิตวิสคอส 1 ปอนด์	36
3	อัตราส่วนปริมาณเกลือโซเดียมซัลเฟตซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซึมของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ	40
4	ค่าความหนืดของของผสมหนืดที่เตรียมจากสถานะที่ต่างกัน	45
5	สถานะที่ใช้ทดลองผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	50
6	สถานะที่ใช้ทดลองผลของความเข้มข้นของอัตราส่วนปริมาณเกลือโซเดียมซัลเฟต	51

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สัดส่วนของแหล่งที่มาของสารปิโตรเลียมรั่วไหลลงทะเลทั่วโลก	7
2	สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุน้ำมันรั่วไหลโดยมีปริมาณน้ำมันขนาด 7-700 ตัน	7
3	สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุน้ำมันรั่วไหลโดยมีปริมาณน้ำมันรั่วไหลมากกว่า 700 ตัน	8
4	ประเภทของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่เกี่ยวกับอุบัติเหตุการรั่วไหลลงทะเล	8
5	โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลเซลลูโลส	13
6	ต้นอ้อยและชานอ้อย	18
7	กระบวนการเตรียมของผสมหนืด	22
8	กระบวนการดูดซึม	23
9	ตัวอย่างวัสดุดูดซับน้ำมัน	24
10	ขั้นตอนการเตรียมของผสมหนืด	39
11	สถานะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหนืดของของผสมหนืด	42
12	สถานะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซึม	43
13	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดของของผสมหนืดกับความสามารถในการดูดซับน้ำมันดิบ	46
14	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดของของผสมหนืดกับความสามารถในการดูดซับน้ำทะเล	46

- 15 ผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อความสามารถ
ในการดูดซึมน้ำมันดิบของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่เตรียมได้ 51
- 16 ผลของอัตราส่วนปริมาณเกลือโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อความสามารถในการ
ดูดซึมน้ำมันดิบของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่เตรียมได้ 52
- 17 ศึกษาการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มและปริมาตร
คาร์บอนไดออกไซด์ 54
- 18 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มและปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ต่อความสามารถ
ในการดูดซึมน้ำมันดิบของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่เตรียมได้ 55
- 19 ลักษณะรูพรุนของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่เตรียมได้ 56

การผลิตเซลลูโลสที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำจากวัสดุเหลือใช้เพื่อใช้เป็นตัวดูดซับ และ/หรือตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

Innovation of Cellulose Sponge from Waste Materials to Use as Adsorbent/Catalyst for Petrochemical Industries

คำนำ

ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมจัดเป็นปัญหาที่ควรให้ความสนใจเป็นอันดับต้นๆ เนื่องจากมีการปนเปื้อนของสารที่เป็นมลพิษในแหล่งน้ำทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ น้ำมันเป็นสารมลพิษทางน้ำซึ่งเกิดขึ้นจากการทำความสะอาดสิ่งสกปรก การถ่ายเทน้ำมันและไขมันทั้งจากบ้านเรือนและร้านค้า สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ร้านซ่อมรถยนต์และจักรยานยนต์ สถานีเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง โรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งการเกิดอุบัติเหตุเรือชนกัน เรือบรรทุกน้ำมันรั่วหรือการล้างถังของเรือ ทำให้น้ำมันถูกถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำ เนื่องจากน้ำมันเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ละลายน้ำจึงทำให้เกิดแผ่นฟิล์มเคลือบปกคลุมผิวน้ำ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากมาย เช่น ทำให้แสงอาทิตย์ไม่สามารถส่งผ่านลงไปใ้ในแหล่งน้ำ ลดการละลายของออกซิเจน สัตว์น้ำดูดซึมน้ำมันเข้าร่างกาย รวมไปถึงการเดินเรือ การประมงและทัศนียภาพของแหล่งน้ำนั้นๆ

นอกจากปัญหาดังกล่าว ปัญหาขยะล้นเมืองเนื่องจากมีปริมาณขยะเป็นจำนวนมากจนไม่สามารถกำจัดได้ทันก็เป็นอีกหนึ่งปัญหาที่ควรให้ความสำคัญ ทางเลือกหนึ่งที่จะบรรเทาปัญหานี้คือการนำเอาวัสดุเหลือใช้ เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย ขี้เลื่อย ผักตบชวา เปลือกปาล์ม ต้นหญ้า รวมทั้งกระดากต่างๆซึ่งมีอยู่จำนวนมากและสามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย มาเปลี่ยนให้เป็นสิ่งที่เกิดประโยชน์ นับว่าเป็นการดีกว่าที่จะทิ้งให้ชานอ้อย ขี้เลื่อย เปลือกปาล์ม ต้นหญ้า กระดากกลายเป็นขยะ และผักตบชวาเป็นพิษน้ำที่ทำลายระบบนิเวศน์ได้น้ำ เมื่อนำวัสดุเหล่านี้ซึ่งมีเส้นใยธรรมชาติเป็นองค์ประกอบหลักมาแปรรูป นอกจากจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติแล้ว ยังถือได้ว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุที่มีมูลค่าต่ำอีกด้วย จากสาเหตุดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาทดลองนำเอาวัสดุเหล่านี้ไปเป็นสารตั้งต้นในการผลิตฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติซึ่งมีความพรุนและพื้นที่ผิวสูง และเพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้หลายทาง เช่น

ใช้เป็นตัวดูดซับน้ำมัน ใช้เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนและใช้เป็นผิวหน้าเร่งปฏิกิริยาในทางเภสัช

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติจากชานอ้อย เพื่อเป็นตัวดูดซับน้ำมันปนเปื้อนในทะเล และเพื่อเพิ่มมูลค่าชานอ้อย รวมทั้งเพื่อลดปริมาณขยะ โดยขอบเขตในการวิจัยจะทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 14-22 โดยน้ำหนัก ปริมาตรของคาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS_2) ในช่วง 15-45 มิลลิลิตร อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มเซลล์ulosanacetate ในช่วงอุณหภูมิ 30-95 องศาเซลเซียส และปริมาณของโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ซึ่งใช้เป็นวัสดุเกิดรูพรุน โดยผสมกับของผสมชนิดในอัตราส่วนร้อยละ 25-75 นอกจากนี้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและสมบัติของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่เตรียมได้ ได้แก่ ลักษณะรูพรุน โดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM) รวมทั้งค่าการดูดซับน้ำมัน

วัตถุประสงค์และขอบเขตวิจัย

วัตถุประสงค์

- ศึกษาและเปรียบเทียบเซลลูโลสที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำที่สภาวะต่างๆ
- ศึกษาและเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติของเซลลูโลสที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำที่ผลิตจากวัสดุชนิดต่างๆ

ขอบเขตการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเซลลูโลสที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำจากวัสดุเหลือใช้ต่างๆ ที่มีในประเทศไทย เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม และเปรียบเทียบสมบัติของเซลลูโลสที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำที่เตรียมจากวัสดุต่างชนิดกันเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในด้านสิ่งแวดล้อม ทางการแพทย์หรือในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยเริ่มจากนำวัสดุเหลือใช้มาย่อยให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำไปผ่านกระบวนการหนืด (viscose process) ซึ่งจะเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในวัสดุเหล่านี้ บ่มทิ้งไว้ แล้วเติมคาร์บอนไดออกไซด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง จะได้ของผสมหนืด หลังจากนั้นใช้โซเดียมซัลเฟตทำให้เกิดเป็นฟองน้ำ

การตรวจเอกสาร

มลพิษจากน้ำมันและการก่อกวนน้ำมัน

น้ำมันเกิดจากการแปรสภาพของซากสิ่งมีชีวิตที่ถูกทับถมมาเป็นเวลานานนับหลายล้านปี ด้วยชั้นหินต่างๆ เช่น ชั้นหินทราย หินปูนและหินดินดาน ความกดดันจากชั้นหินเหล่านี้บวกกับความร้อนใต้พื้นโลก และการย่อยสลายของสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติ ทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอน หยกน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติหรือปิโตรเลียม ปิโตรเลียมที่เกิดขึ้นนี้จะเคลื่อนที่ระหว่างเม็ดทรายหรือชั้นหินที่มีรูพรุน ดังนั้นคุณสมบัติของน้ำมันแต่ละแหล่งจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดที่เป็นซากพืชซากสัตว์นั้น ๆ

สาเหตุสำคัญที่ทำให้น้ำมันรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ ได้แก่

1. อุบัติเหตุทางเรือของเรือขนส่งน้ำมันและเรือประเภทอื่นๆ เนื่องจากการชนกันของเรือ การอับปางของเรือ เป็นอุบัติเหตุที่ทำให้เกิดการรั่วไหลของน้ำมันลงสู่แหล่งน้ำบ่อยครั้ง โดยเฉพาะบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการชนกันมากที่สุด คือ เส้นทางเดินเรือระหว่างเกาะสีชังและฝั่งอำเภอสรีราชา หรือบริเวณอ่าวไทยตอนบน และแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งเป็นสถานที่ตั้งโรงกลั่นน้ำมันและถังสำรองกักเก็บน้ำมันจำนวนมาก นอกจากนี้ในบริเวณดังกล่าวก็ยังมีการจราจรทางน้ำอย่างหนาแน่นโดยไม่มีอุปกรณ์นำร่อง

ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2517-2538 พบว่ามีอุบัติเหตุจากเรือบรรทุกน้ำมันเป็นจำนวน 4 ครั้ง โดยมีคราบน้ำมันขนาดระหว่าง 7-700 ตัน จำนวน 3 ครั้ง และขนาดมากกว่า 700 ตัน จำนวน 1 ครั้ง ซึ่งคราบน้ำมันที่ใหญ่ที่สุดเกิดขึ้นในแม่น้ำเจ้าพระยา ครั้งอื่น ๆ เกิดที่เพชรบุรี เกาะสีชังและตราด นอกจากนี้ยังพบคราบน้ำมันที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ตัน จำนวน 5 ครั้ง ระหว่างปี พ.ศ. 2518-2539 โดยเกิดจากเรือบรรทุกน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ (ITOPF, 1996)

จากข้อมูลของการควบคุมมลพิษ พบว่าในปี พ.ศ. 2535 ได้เกิดอุบัติเหตุเรือบรรทุกน้ำมันเตาปริมาตร 60,000 ลิตร ได้จมลงในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณปากคลองลัดหลวง จังหวัดสมุทรปราการเป็นผลให้น้ำมันปริมาตร 10,000 ลิตรรั่วไหลก่อให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำมันไปทางใต้เป็นระยะทาง 3 กิโลเมตรและไปทางเหนือ 1 กิโลเมตร โดยวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและ

ไขมันเมื่อผ่านไป 3 วันได้เท่ากับ 70 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดให้ไม่เกินกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบคราบน้ำมันติดตามสิ่งปลูกสร้างริมแม่น้ำและแนวฝั่ง ในปี พ.ศ. 2537 เกิดอุบัติเหตุเรือบรรทุกน้ำมันชนเรือบรรทุกสินค้าบูเคียวีวิทยาศาสตร์ที่บริเวณตอนใต้เกาะค้างคาวห่างจากเกาะสีชังประมาณ 1.5 กิโลเมตร ทำให้น้ำมันดีเซลประมาณ 4.8 แสนลิตรไหลลงสู่ทะเล ส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำมันเป็นพื้นที่ประมาณ 4.5 ไมล์ทะเล ในปี พ.ศ. 2538 มีเหตุการณ์น้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเลและปากแม่น้ำ รวม 7 ครั้ง โดยเกิดจากการลักลอบปล่อยทิ้งจากน้ำล้างถังน้ำมันของเรือในเดือนเมษายน พฤษภาคมและมิถุนายน เกิดเหตุน้ำมันรั่วปริมาณ 500 ลิตรจากการสูบน้ำมันบริเวณแม่น้ำบางปะกงในเดือนเมษายน เกิดจากไฟไหม้เรือบรรทุกน้ำมันเบนซินขนาด 2 ล้านลิตรที่ทำเรือจังหวัดสงขลาในเดือนกรกฎาคม และเกิดเหตุเรือบรรทุกน้ำมันเตาและน้ำมันหล่อลื่นอัปปางที่ชายฝั่งอันดามัน และครั้งสุดท้ายเกิดจากการรั่วไหลของถังน้ำมันของโรงกลั่นผู้ขายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง (กรมควบคุมมลพิษ, 2536; กรมควบคุมมลพิษ, 2538; กรมควบคุมมลพิษ, 2539)

2. การแอบถ่ายน้ำมันเครื่องและการแอบทิ้งน้ำปนน้ำมันในท้องเรือลงสู่แหล่งน้ำ โดยทั่วไปเมื่อเรือขนส่งน้ำมันเสร็จแล้วและต้องการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่จะต้องทำการล้างถังก่อน เช่น ส่งน้ำมันดิบไปยังคลังน้ำมันแล้วขนถ่ายน้ำมันเตาต่อ เรือขนถ่ายน้ำมันจะทำการล้างถังเก็บน้ำมันในเรือก่อน นอกจากนี้ภายในเรือยังมีน้ำอับเฉาจำนวนมากที่ต้องถ่ายทิ้ง เช่น น้ำจากการชะล้าง และน้ำเสียจากห้องน้ำ รวมถึงน้ำถ่วงเรือซึ่งปนเปื้อนน้ำมันจำนวนหนึ่ง เรือจำเป็นต้องมีอุปกรณ์เพื่อรองรับของเสียเหล่านี้ จึงเป็นสาเหตุให้เรือที่ไม่มีอุปกรณ์รองรับแอบทำการถ่ายทิ้งลงแหล่งน้ำ

3. การขนถ่ายน้ำมันระหว่างเรือกับท่าเทียบเรือปัญหาน้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเลซึ่งเกิดจากการขนถ่ายน้ำมันระหว่างเรือกับท่าเทียบเรือมีเกิดขึ้นบ้างแต่ไม่รุนแรง เนื่องจากการควบคุมดูแลท่าเทียบเรือโดยรัฐ โดยท่าเทียบเรือต้องป้องกันมิให้เกิดการรั่วไหลของน้ำมันและต้องมีแผนฉุกเฉินสำหรับกำจัดคราบน้ำมันเมื่อเกิดการรั่วไหล แต่ยังมีเกิดขึ้นบ้างจากการประมาท

4. การขนถ่ายน้ำมันทางทะเลที่ท่าเทียบเรือบางแห่งนั้น เรือขนถ่ายน้ำมันขนาดใหญ่จะไม่สามารถเข้าเทียบท่าได้เนื่องจากร่องน้ำตื้นเกินไป ทำให้ต้องทำการขนถ่ายในทะเลจากเรือขนาดใหญ่ลงเรือขนาดเล็กแล้วนำไปเก็บในถังหรือส่งโรงกลั่น การดำเนินการจุดนี้ทำให้เกิดการรั่วไหลของน้ำมันลงสู่ทะเลได้และรัฐดูแลลำบาก

5. การเกิดลวดของน้ำมันซึ่งปะปนมากับน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมรวมทั้งอุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมัน

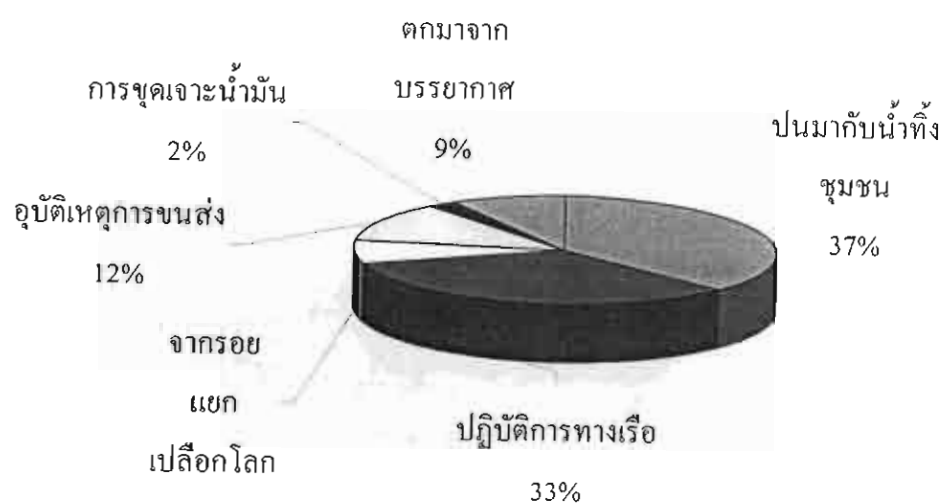
6. ปะปนมากับน้ำทิ้งชุมชนจากชุมชนครัวเรือน อู่ซ่อมรถยนต์และสถานบริการน้ำมัน สถานที่เหล่านี้มีกิจกรรมที่จะทำให้ให้น้ำมันปะปนมากับน้ำทิ้งได้

7. การขูดเจาะสำรวจการเจาะสำรวจหาแหล่งก๊าซธรรมชาติและน้ำมันในทะเลรวมทั้งระหว่างการดำเนินงานขุดเจาะน้ำมัน

8. การรั่วไหลโดยธรรมชาติในบริเวณพื้นดินทั้งในทะเลและมหาสมุทรทั่วโลกสามารถเกิดการรั่วไหลของน้ำมันได้โดยธรรมชาติ สัดส่วนของแหล่งที่มาของสารปิโตรเลียมรั่วไหลลงทะเลทั่วโลกแสดงไว้ในภาพที่ 1

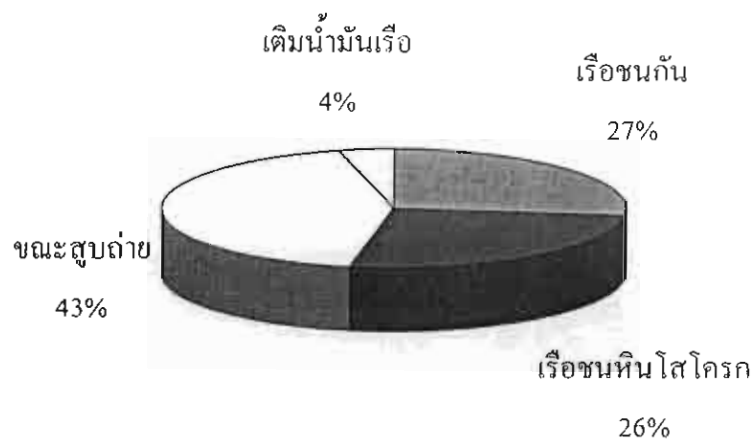
การประเมินสาเหตุการรั่วไหลของน้ำมัน

การประเมินสาเหตุของการรั่วไหลของน้ำมันเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ ประเมินความถี่ของการเกิดการรั่วไหลและปริมาณที่รั่วไหล พบว่าสาเหตุของการเกิดน้ำมันรั่วไหลที่มีปริมาณต่ำกว่า 7-700 ตัน มีสาเหตุมาจากอุบัติเหตุในระหว่างการสูบน้ำมันและอุบัติเหตุจากเรือชนกัน ดังแสดงในภาพที่ 2 ส่วนอุบัติเหตุที่มีการรั่วไหลของปริมาณน้ำมันสูงกว่า 700 ตันนั้น ส่วนใหญ่เกิดจากการที่เรือชนหินโสโครก ดังแสดงในภาพที่ 3 และถ้าแบ่งตามชนิดของน้ำมันที่รั่วแล้วพบว่าน้ำมันดิบมีปริมาณการรั่วไหลมากที่สุด ร้อยละ 45 รองลงมา คือ น้ำมันเตา ร้อยละ 24 ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 1 สัดส่วนของแหล่งที่มาของสารปิโตรเลียมรั่วไหลลงทะเลทั่วโลก

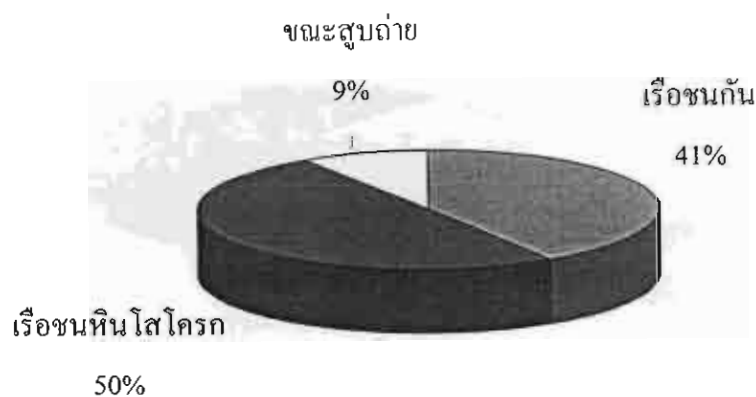
ที่มา: ITOPF (1996)



ภาพที่ 2 สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุน้ำมันรั่วไหลโดยมีปริมาณน้ำมันขนาด 7-700 ตัน

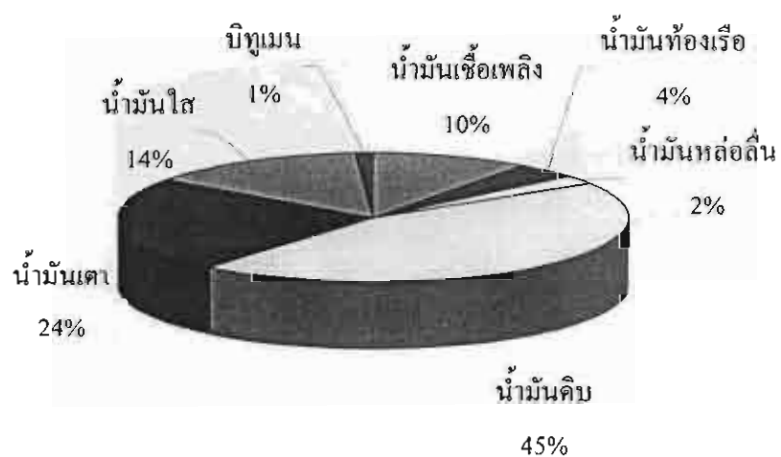
ที่มา: ITOPF (1996)

ที่มา: ITOPF (1996)



ภาพที่ 3 สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุน้ำมันรั่วไหลโดยมีปริมาณน้ำมันรั่วไหลมากกว่า 700 ตัน

ที่มา: ITOPF (1996)



ภาพที่ 4 ประเภทของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุการรั่วไหลลงทะเล

ผลกระทบของน้ำมันต่อสิ่งมีชีวิต

ไฮโดรคาร์บอนจากน้ำมันที่ลอยอยู่ในน้ำสามารถทำลายสิ่งมีชีวิตในน้ำได้หลายชนิด ดังนั้นผลกระทบต่อระบบนิเวศจึงขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิตที่ถูกทำลายและปริมาณที่ถูกทำลาย หากสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ เช่น แพลงตอนถูกทำลายเป็นจำนวนมากจะเป็นอันตรายต่อระบบชีววิทยา เนื่องจากห่วงโซ่อาหารต้องการแพลงตอนปริมาณมากเป็นฐาน

ส่วนมากน้ำมันที่รั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำจะทำลายแพลงตอนและสิ่งมีชีวิตชั้นสูง หากการทำลายไม่รุนแรง ระบบนิเวศนั้นๆจะสามารถฟื้นตัวเข้าสู่สมดุลของธรรมชาติเดิมได้ในระยะเวลาสั้น เมื่อพิจารณาห่วงโซ่อาหารที่แพลงตอนได้รับไฮโดรคาร์บอนจากน้ำมัน อาจเกิดปฏิกิริยาภายในเซลล์ของแพลงตอนได้ผลิตภัณฑ์หรือสารประกอบตัวใหม่ เมื่อแพลงตอนกลายเป็นอาหารของปลาเล็ก และปลาเล็กเป็นอาหารของปลาใหญ่ไปจนถึงมนุษย์ตามกระบวนการของห่วงโซ่อาหาร ไฮโดรคาร์บอนจากน้ำมันที่พบในเนื้อเยื่อร่างกายมนุษย์จะมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นภายในเนื้อเยื่อ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ซึ่งอาจเป็นพิษ เช่น พาราฟินไฮโดรคาร์บอน (paraffin hydrocarbons) ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่เมื่อเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารแล้ว สามารถเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบที่เป็นอันตราย เช่น โพลินิวเคลียร์ อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polynuclear aromatic hydrocarbons) ซึ่งอาจกลายเป็นสารก่อมะเร็งได้ภายใต้บางสถานะ นอกจากนี้อาจส่งผลให้สิ่งมีชีวิตมีพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น นิสัยในการกินอาหาร อัตราการหายใจ อัตราการสืบพันธุ์ ทั้งนี้ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตจะรุนแรงหรือไม่ขึ้นกับปริมาณน้ำมัน ชนิดของน้ำมัน ความเข้มข้นของน้ำมันและระยะเวลาการสัมผัสน้ำมัน (ธิดา, 2545)

การกำจัดไขมันและน้ำมัน

น้ำมันและไขมันจะพบบ่อยในน้ำเสียจากร้านอาหารทั่วไป รวมทั้งสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ไขมันและน้ำมันเป็นสารประกอบพวกแอลกอฮอล์หรือกลีเซอรอลรวมกับกรดไขมันต่างๆ ส่วนที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องเรียกว่าน้ำมันและส่วนที่เป็นของแข็งเรียกว่าไขมัน ไขมันและน้ำมันจากชุมชนมาจากเนย เนื้อสัตว์ต่างๆ น้ำมันพืช ร้านซ่อมรถยนต์ซึ่งมีปริมาณอยู่ในช่วง 50-150 มิลลิกรัมต่อลิตร ไขมันเป็นสารอินทรีย์ที่มีเสถียรภาพและย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้ยาก ถ้าเติมพวกกรดแร่ (mineral acids) ลงผสมกับไขมันจะได้กลีเซอรอลและกรดไขมัน ถ้าเติมด่างลงผสมกับไขมันจะได้สบู่ โดยปกติสบู่ที่ใช้จะเป็นสารประกอบของไขมันกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็น

สบู่ที่ละลายน้ำได้ แต่ถ้าเปลี่ยนจากเกลือของโซเดียมเป็นเกลือของแคลเซียมหรือแมกนีเซียมจะได้เป็นสบู่กรดเรซิงตกตะกอนและไม่ละลายน้ำ

สำหรับน้ำมันประเภทปิโตรเลียม ได้แก่ น้ำมันเครื่องซึ่งใช้ในการหล่อลื่นเครื่องยนต์และน้ำมันที่ใช้สำหรับการขับเคลื่อนรถยนต์ เป็นสารประกอบของธาตุไฮโดรคาร์บอนและไฮโดรเจน น้ำมันปิโตรเลียมชนิดนี้อาจไหลลงสู่แหล่งน้ำได้ทางท่อระบายน้ำสาธารณะจากการระบายน้ำทิ้งของสถานประกอบการต่างๆ เช่น ร้านซ่อมรถยนต์ ร้านเคาเตอร์รถยนต์ สถานีบริการน้ำมัน โดยทั่วไปแล้วน้ำมันประเภทนี้จะมีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าไขมันที่กล่าวมาแล้ว และมีผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพมาก เนื่องจากจะทำให้ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียลดลง และก่อให้เกิดปัญหาทางตรงและทางอ้อมในการควบคุมระบบน้ำเสีย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือก่อนปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยข้อกำหนดไม่ควรมีปริมาณน้ำมันเกินกว่า 15-20 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือไม่ควรมีเลย นอกจากนี้ที่กล่าวมาแล้วยังพบไขมันที่มาจากน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานบรรจุอาหารกระป๋องและโรงฆ่าสัตว์อีกด้วย

การกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียต้องให้ไม่เกินมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารซึ่งกำหนดตามมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 โดยกำหนดปริมาณน้ำมันและไขมันที่จะระบายทิ้งต้องไม่เกินกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2537)

การกำจัดน้ำมันมีหลายวิธี ที่พบทั่วไปได้แก่การเติมคลอรีน การเติมคลอรีนร่วมกับการเป่าอากาศ การทำให้ลอยแล้วเก็บกวาดออกจากผิวน้ำด้านบน การเพิ่มอุณหภูมิเพื่อช่วยลดค่าความตึงผิวของน้ำมันหรือทำให้น้ำมันลอยขึ้นจากผิวน้ำได้มาก การขูดออกจากผิวภาชนะ การเป่าอากาศเพื่อให้ฟองอากาศที่มีจำนวนมากพาพาน้ำมันลอยสู่ผิวน้ำ

การกำจัดสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำจากน้ำทิ้งมีหลายวิธี การง่าย ๆ ที่ใช้กำจัดได้แก่ การตักหรือกวาด (skimming) สิ่งสกปรกที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ ใช้บ่อตกไขมันซึ่งเป็นบ่อคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความจุพอที่จะกักน้ำได้นานประมาณ 15 นาที ในบ่อมีแผ่นกั้นทางน้ำไหลไว้ น้ำจะไหลตลอดแผ่นกั้นนี้ ส่วนน้ำมันจะถูกกักไว้แล้วทำการกวาดตักที่ผิวน้ำออกจากบ่อ จากที่กล่าวมาสามารถสรุปวิธีการต่างๆ ในการกำจัดน้ำมันและไขมันได้หลายวิธี ดังนี้

1. การเติมคลอรีน การเติมคลอรีนเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยในการกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสีย คลอรีนที่ใช้เติมอาจเป็นสารละลาย โดยเติมลงในถังตกตะกอนแรกหรือในถังเติมอากาศ โดยทั่วไป ใส่คลอรีนประมาณ 2-5 มิลลิลิตรต่อกรัม

2. การเติมคลอรีนร่วมกับการเป่าอากาศ การเติมคลอรีนร่วมกับการเป่าอากาศจะเป็นวิธีการที่ดีกว่าการเติมคลอรีนอย่างเดียว ระบบนี้จะใช้การผสมระหว่างคลอรีนกับอากาศ โดยทั่วไป ใช้คลอรีนประมาณ 2-10 มิลลิลิตรต่อลิตร

3. การทำให้ลอย การทำให้ลอยเป็นกระบวนการที่นิยมใช้กันมากสำหรับการกำจัดไขมัน และน้ำมัน เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอื่นๆ กระบวนการทำให้ลอยทำได้โดยการทำให้น้ำมันหรือไขมันที่มีน้ำหนักเบาลอยขึ้น โดยอาศัยแรงลอยตัวของฟองอากาศพุน้ำมันหรือไขมันลอยสู่ผิวน้ำ จากนั้นใช้วิธีกวาดน้ำมันและไขมันที่อยู่บริเวณผิวน้ำออกจากถัง การทำให้ลอยยังสามารถใช้ในการแยกสิ่งสกปรกที่ตกตะกอนยากหรือสิ่งสกปรกที่มีลักษณะกึ่งจมกึ่งลอยซึ่งอาจเป็นของแข็งหรือของเหลว การแยกสิ่งสกปรกเหล่านี้ทำได้โดยใช้ฟองอากาศพาสิ่งสกปรกลอยขึ้นสู่ผิวน้ำเพื่อกวาดตักออกไป การทำให้ลอยมีหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ การเป่าฟองอากาศลงไปในน้ำโดยตรง การอัดอากาศภายใต้ความกดดันสูงกว่าบรรยากาศแล้วลดความดันของน้ำลง การอัดอากาศเข้าไปในน้ำที่ความดันบรรยากาศแล้วลดความดันจนเกิดสุญญากาศ

4. การเพิ่มอุณหภูมิ อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการกำจัดน้ำมัน ถ้าอุณหภูมิของน้ำมันในน้ำเสียสูงขึ้นค่าความตึงผิวของน้ำมันลดลง ทำให้น้ำมันต่างๆ ในน้ำเสีลอยขึ้นมาได้ง่ายขึ้น จึงเป็นประโยชน์ต่อการกำจัดน้ำมันในน้ำเสียได้อย่างมาก

5. การขจัด ในบางครั้งไขมันในน้ำเสียไหลลงสู่บ่อเปือกในสถานีสูบน้ำเสียเป็นประจำ ทำให้เกิดการสะสมของไขมันตามผนังบ่อ ปัญหานี้อาจแก้ไขได้โดยใช้น้ำฉีดแรงๆ หรือขจัดบริเวณที่มีไขมันเกาะอยู่ และถ้าจำเป็นควรถ่ายน้ำเสียทิ้งออกจากบ่อเปือกอย่างช้าๆ จากนั้นจึงทำการขจัดบริเวณที่มีไขมันเกาะติดอยู่บริเวณพื้นบ่อเปือกออก วัตถุประสงค์ของการขจัดเพื่อป้องกันไขมันเหล่านี้ไปอุดตันในเครื่องสูบน้ำ

6. การเป่าอากาศ การเป่าอากาศเป็นระบบที่ต้องใช้พลังงานมาก แต่ทำให้การบำบัดน้ำเสียทำได้ง่ายขึ้นมาก เพราะไม่เพียงแต่สามารถกำจัดไขมันออกได้เท่านั้นยังสามารถกำจัดตะกอนหนัก ช่วยลดค่าบีโอดี ช่วยลดค่าสารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ ช่วยควบคุมกลิ่นในระบบบำบัด ช่วยลดปริมาณตะกอนที่เกาะสะสมอยู่บริเวณผนังและบริเวณก้นบ่อเปือก ระบบเป่าอากาศนี้มีหลักการง่าย ๆ คือ การเป่าอากาศลงในน้ำ พวกฟองอากาศจะนำพาไขมันต่างๆ ลอยขึ้นมา จากนั้นจึงทำการตักหรือกวาดไขมันและน้ำมันออกจากถังเป่าอากาศ

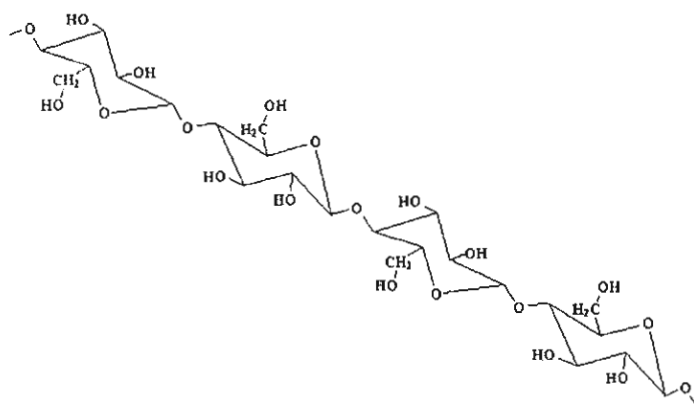
สำหรับอุปกรณ์ในการดักจับน้ำมันที่ใช้กันทั่วไปนั้น ได้แก่ ถังดักน้ำมันและไขมันซึ่งอาศัยหลักการที่ว่าน้ำมันและไขมันเบากว่าน้ำจึงลอยอยู่บนผิวน้ำ ทางออกของถังดักน้ำมันและไขมันจึงจมอยู่ใต้น้ำต่ำกว่าชั้นน้ำมันและไขมัน และสามารถดึงเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำออกจากถังดักด้วยท่อรูปตัวที น้ำมันหรือไขมันที่สะสมอยู่ในถังสามารถดักทิ้งได้ ถังดักไขมันจะเป็นถังพักที่มีแผ่นกั้นขวางอยู่ในถังเพื่อดักไขมันไว้ให้ได้ปริมาณมากก็ได้ แต่ต้องมีขนาดพื้นที่ผิวเพียงพอกับปริมาณไขมันที่ลอยขึ้นมา ความเร็วของน้ำในถังต้องต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้และบริเวณทางออกต้องไม่ให้น้ำมันและไขมันหลุดออกไปได้ เวลาในการเก็บกักของถังดักไขมันควรมากกว่า 30 นาที แต่ต้องไม่นานเกินจนเกิดกลิ่นเหม็น ส่วนน้ำเสียที่มีน้ำมันและไขมันละลายอยู่ไม่สามารถใช้วิธีดักไขมันได้ต้องใช้สารเคมีช่วยแยกน้ำมันและน้ำเสียออกจากกัน สารเคมีอาจเป็นสารอินทรีย์ เช่น กรดกำมะถัน สารส้ม เป็นต้น หรือใช้สารอินทรีย์สังเคราะห์จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า จากนั้นจึงใช้ถังดักไขมัน (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2538)

เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นโพลิเมอร์ที่มีมากที่สุดในโลกและพบโดยทั่วไปในธรรมชาติ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์พืชทุกชนิด โดยปริมาณเซลลูโลสในพืชต่างชนิดกันจะไม่เท่ากัน นอกเหนือจากเซลลูโลสเป็นลิกนินและสารประกอบอื่นๆ

เส้นใยธรรมชาติจากพืชทุกชนิดจัดเป็นเส้นใยเซลลูโลส (cellulose fiber) ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยธาตุหลัก คือ คาร์บอนร้อยละ 44.4 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.2 และออกซิเจนร้อยละ 49.4 ไม่เคยพบว่ามีเซลลูโลสบริสุทธิ์ในธรรมชาติมักจะปนด้วยสารประเภทลิกนิน (lignin) เพคติน (pectin) หรือขี้ผึ้ง (wax) เสมอ เซลลูโลสเป็นสารประกอบประเภทโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) ประกอบด้วยกลูโคส (glucose) เป็นหน่วยย่อย ประมาณ 10,000 หน่วยต่อกันเป็น

โมเลกุลโพลิเมอร์ โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสคือ poly(β -1-4-D-anhydroglucopyranose) ประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานซึ่งเรียกว่าแอนไฮโดร-ดี-กลูโคส (anhydro-d-glucose, $C_6H_{10}O_5$) ซึ่งเกิดจากการกำจัดน้ำออกจากกลูโคสต่อกันเป็นลูกโซ่โมเลกุลยาวดังแสดงในภาพที่ 2.6 แต่ละหน่วยของกลูโคสประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl, -OH) 3 หมู่ด้วยกัน ซึ่งเหมือนกับโครงสร้างของน้ำตาลทั่วไป แต่เนื่องจากโมเลกุลยาวต่อกันเป็นสายโซ่ทำให้ไม่ละลายน้ำเหมือนน้ำตาล โครงสร้างทางเคมีนับว่ามีบทบาทอย่างยิ่งต่อการกำหนดสมบัติของเส้นใย กล่าวคือหมู่ไฮดรอกซิลจะเป็นตัวดึงดูดน้ำทำให้มีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้ดี อีกทั้งเป็นจุดที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยากับกรดอะซิติก (acetic acid) ได้เป็นเซลลูโลสอะซิเตต (cellulose acetate) เนื่องจากเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลถึง 3 หมู่ จึงเกิดพันธะไฮโดรเจนทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเซลลูโลสมีมาก ประกอบกับการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบของหน่วยที่ซ้ำกันในโมเลกุล เซลลูโลสจึงมีองศาความเป็นผลึกสูงคือมีค่าประมาณร้อยละ 60 ถึงร้อยละ 80 ลักษณะการเรียงตัวเป็นลูกโซ่โมเลกุลยาวทำให้มีความแข็งแรงสูงตามไปด้วย นอกจากนั้นแล้วในโครงสร้างบริเวณที่เป็นการต่อกันของธาตุคาร์บอน-ออกซิเจน-คาร์บอน (-C-O-C-) จะเป็นบริเวณที่ถูกทำลายได้ด้วยผลจากการเกิดออกซิเดชัน (oxidation) หรือจากการถูกทำลายด้วยสภาพภูมิอากาศ ทำให้โมเลกุลสายโซ่ยาวขาดลงกลายเป็นส่วนเล็กๆ ล้วนน้ำตาลและกลายเป็นอาหารของพืชและสัตว์



ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลเซลลูโลส

ที่มา <http://www.psrc.usm.edu/macrog/images/cell.htm>

สายโซ่โมเลกุลยาวของเซลลูโลสสามารถทำการตรวจวิเคราะห์ได้ โดยค่าของน้ำหนักโมเลกุล ในกรณีของฝ้ายมีค่าตั้งแต่ 100,000 ไปจนถึงประมาณ 1-2 ล้าน ลิ้น ป่าน ปอ อาจมีน้ำหนักโมเลกุลสูงถึง 6 ล้าน เส้นใยเรยอนที่เป็นเส้นใยประดิษฐ์มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 20,000-230,000 หรือเยื่อกระดาษมีน้ำหนักโมเลกุลเพียง 4,000 เท่านั้น โดยทั่วไปน้ำหนักโมเลกุลมักคำนวณในลักษณะของค่าเฉลี่ยจากหน่วยย่อยที่เป็นกลูโคส แล้วคูณด้วยจำนวนหน่วยย่อยที่ซ้ำกัน ทำให้เขียนสูตรทางเคมีทั่วไปของเซลลูโลสได้เป็น $(C_6H_{10}O_5)_n$ โดย n คือ ค่าระดับขั้นของการเกิดโพลิเมอร์ ค่า n ยิ่งมากน้ำหนักโมเลกุลยิ่งสูง (วีรศักดิ์, 2543)

สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส

1. ความหนาแน่น เซลลูโลสมีความหนาแน่นประมาณ 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาแน่นของเส้นใยเดี่ยวมีค่าไม่แน่นอนขึ้นกับแหล่งที่มาและการปรับปรุงทางเคมี

2. การดูดซับความชื้น เซลลูโลสเป็นของแข็งไม่มีสี มีการดูดและคายไอน้ำและของเหลวอื่นๆที่อยู่ในบรรยากาศรอบๆจนกระทั่งถึงสมดุล ซึ่งสมดุลของปริมาณความชื้นของเซลลูโลสจะเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบๆนั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อสมบัติบางประการ โดยขึ้นกับชนิดของเส้นใย เช่น เมื่อความชื้นสูงขึ้นค่าความแข็งแรงดึงของเส้นใยฝ้ายจะมีค่ามากขึ้น ในขณะที่ค่าความแข็งแรงดึงของเส้นใยเรยอน (rayon) จะมีค่าลดลง

3. การละลายและความหนืด เซลลูโลสไม่ละลายน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะละลายในกรดแก่เข้มข้น เช่น กรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 72 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 40 และกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 78 เซลลูโลสจะเกิดการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) อย่างรวดเร็วในสารละลายกรดแก่ที่อุณหภูมิห้องและปฏิกิริยาจะหยุดที่อุณหภูมิต่ำๆ

สารละลายเกลือบางชนิดที่เข้มข้นเช่นซิงค์คลอไรด์ (zinc chloride) เข้มข้นร้อยละ 72 และสารละลายอัลคาไลไฮดรอกไซด์ (alkali hydroxide) เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะทำให้เซลลูโลสบวมและเซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆละลายได้

ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซลลูโลสและอนุพันธ์ โดยความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นของเซลลูโลสมากขึ้น

ถึงแม้เส้นใยเซลลูโลสมีอยู่มากมายหลายชนิดก็ตาม แต่เนื่องจากทุกชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีในหน่วยย่อยที่เหมือนกัน ดังนั้นจึงทำให้สมบัติของเส้นใยกลุ่มนี้มีความคล้ายกันคือ

- ดูดซึ่มความชื้นได้ดี
- นำความร้อนได้ดี
- มีความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิสูง
- ความสามารถในการคืนตัวจากแรงอัดต่ำ
- เส้นใยสามารถเกาะกันแน่นในขณะที่เป็นด้าย
- เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี
- ความหนาแน่นสูง
- ถูกทำลายได้ด้วยกรด จำพวกกรดแร่(mineral acid) แต่มีผลเล็กน้อยเนื่องจากกรด

อินทรีย์

- ทนต่อแมลง
- ถูกทำลายได้ด้วยรา
- จุดติดไฟ

โดยทั่วไปเมื่อนำเซลลูโลสไปทำปฏิกิริยากับสารเคมี จะเกิดปฏิกิริยาหลายอย่างตามชนิดของสารเคมีที่ใช้ แบ่งเป็น 3 ชนิดด้วยกัน

ปฏิกิริยาที่ทำให้เซลลูโลสบวมตัวและกระจายตัว โดยไม่ทำให้โซ่เซลลูโลสยาวขึ้นหรือเปลี่ยนโครงสร้างเคมีของหมู่เซลลูโลสในเส้นใย

- ปฏิกิริยาที่ทำให้ความยาวของโซ่เซลลูโลสเปลี่ยนแปลงเพราะการเสื่อมสภาพ
- ปฏิกิริยาที่ทำให้หมู่ไฮดรอกซิลเปลี่ยนเป็นเอสเตอร์ (ester) หรือสารประกอบอื่นอย่างสมบูรณ์
- ปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิดไม่ได้เกิดอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียวโดยสมบูรณ์ แต่จะเกิดร่วมกันเสมอ บางครั้งอาจเกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 3 ชนิด (อัจฉราพร,2533)

เส้นใยเซลลูโลสทนค่าแต่ไม่ทนกรดเข้มข้น ถ้าสามารถควบคุมปฏิกิริยาของกรดและค่าให้เกิดแต่พอสมควรสามารถใช้ตกแต่งเส้นใยได้ เส้นใยนี้ไหม้ได้ง่ายในอากาศโดยไม่มีกลิ่นเหม็น

เหลือเถ้าเล็กน้อย ถ้าเผาในหลอดทดลองจะมีหยดน้ำเกาะที่ข้างๆหลอด แสดงให้เห็นว่ามีไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ ส่วนคาร์บอนกลายเป็นเถ้า

เส้นใยเซลลูโลสในธรรมชาติ เช่น ฝ้าย ลินิน ทนต่อปฏิกิริยาเคมีได้มากกว่าเส้นใยเซลลูโลสอื่นๆ การทิ้งไว้ในอากาศเป็นเวลานานรวมทั้งสารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) อาจทำให้เส้นใยเสื่อมสภาพได้

ในธรรมชาติจะพบเส้นใยเซลลูโลสจากส่วนต่างๆของพืชแตกต่างกันได้หลากหลาย บางประเภทเป็นเส้นใยที่ได้จากเมล็ด เช่น ฝ้าย นุ่น ปอ บางประเภทเป็นเส้นใยที่ได้จากลำต้น เช่น ลินิน ป่าน เส้นใยจากใบ เช่น ใบสับปะรด ป่านศรนารายณ์ หรือแม้กระทั่งเส้นใยจากผล เช่น ใยมะพร้าว

การย่อยสลายเซลลูโลส

การย่อยสลายเซลลูโลสทำได้ 2 วิธี คือ วิธีทางเคมีและวิธีทางชีวเคมี

1. การย่อยสลายเซลลูโลสโดยวิธีทางเคมี เป็นการย่อยสลายเซลลูโลสโดยการใช้อนุหรือด่าง สำหรับการใช้อนุปฏิกิริยาการย่อยสลายจะเกิดเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการย่อยสลายเซลลูโลสเป็นน้ำตาล และขั้นที่ 2 กรดย่อยสลายน้ำตาลให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์อื่นซึ่งได้จากการย่อยสลายน้ำตาล (sugar degradation products) เช่น กรดลิวกลินิก (levulinic acid) กับกรดฟอร์มิก (formic acid) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการรวมอยู่ด้วย กรดที่ใช้ได้แก่กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ในการย่อยสลายเซลลูโลสด้วยกรดปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายในเวลา 15-20 นาที วิธีการย่อยสลายด้วยกรดมีข้อเสียคือเปลืองค่าใช้จ่ายและเครื่องมือต้องทนต่อการกัดกร่อนของกรดด้วย

ส่วนการใช้ด่างในการย่อยสลายเซลลูโลสมีผลทำให้ส่วนที่เป็นโครงร่างผลึก (crystalline) ในเซลลูโลสเกิดการบวมตัว (swelling) และอาจมีน้ำตาลบางส่วนหลุดออกมาจากสายโพลีแซคคาไรด์ เมื่อนำพืชที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยด่างไปย่อยสลายต่อโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส จะทำให้เอนไซม์เซลลูเลสเข้าไปย่อยสลายพืชนั้นๆได้มากขึ้น เนื่องจากการปรับปรุงคุณภาพด้วยด่างทำให้เกิดการบวมตัวของเซลลูโลสในส่วนที่เป็นโครงร่างผลึก ด่างที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และแอมโมเนียม (NH_4OH)

2. การย่อยสลายเซลลูโลสโดยวิธีทางชีวเคมี เป็นการย่อยสลายเซลลูโลสโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase enzyme) วิธีนี้มีข้อดีคือปฏิกิริยาการย่อยสลายจะเกิดขึ้นช้าๆและน้ำตาลที่ได้จะไม่ถูกย่อยสลายต่อ เอนไซม์เซลลูเลสได้จากจุลินทรีย์หลายชนิด โดยเฉพาะพวกเชื้อราที่ย่อยสลายไม้ นอกจากนี้มีในหอยทาก ปลาฉลาม สัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งเป็นสัตว์ที่ในกระเพาะอาหารมีจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์เซลลูเลส

การย่อยสลายเซลลูโลสโดยวิธีทางชีวเคมีทำได้ 2 วิธี วิธีแรกการย่อยสลายเซลลูโลสโดยเอนไซม์เซลลูเลสที่สกัดจากจุลินทรีย์พวกที่สามารถสร้างเอนไซม์ตัวนี้ได้ ซึ่งส่วนมากจะมีขายกันในทางการค้าและมักมีราคาแพง เช่น Meicelase และ CFP-233 วิธีที่สองเป็นการย่อยสลายเซลลูโลสโดยการเลี้ยงจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสบนวัสดุที่ต้องการย่อยสลาย วิธีหลังจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าวิธีแรก

ขานอ้อย (Bagasse)

ขานอ้อยเป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมเกษตรมีปริมาณมากกว่า 20 ล้านตันต่อปี การใช้ประโยชน์ของขานอ้อยในปัจจุบันใช้เป็นพลังงานในอุตสาหกรรมน้ำตาลในปริมาณมากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งการแปรรูปเป็นพลังงานนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าต่ำ การแปรรูปขานอ้อยเป็นเชื้อกระดาษ เชื้อละลายและเป็นโพลีแซคคาไรด์จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น

การแปรรูปขานอ้อยเป็นโพลีแซคคาไรด์เป็นแนวความคิดใหม่ซึ่งแตกต่างจากการแปรรูปขานอ้อยเป็นเชื้อกระดาษ มีวิธีการแปรรูปง่ายต่อการทำเชื้อละลายแต่ยังไม่มีการศึกษาในประเทศไทยและมีข้อมูลจากต่างประเทศน้อยมาก โพลีแซคคาไรด์จากขานอ้อยสามารถทำเป็นวัสดุดับในอุตสาหกรรมเคมีได้หลายอย่าง เช่น ทำเป็นเจลดูดซับน้ำ (absorption hydrogel) เป็นวัสดุทดแทนพลาสติก ทำไบสักระยะ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีมูลค่าตั้งแต่ 50 ถึง 400 บาทต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 6 ต้นอ้อยและชานอ้อย

ที่มา: <http://www.nrel.gov/biomass/photos.html>

ชานอ้อยมีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นเนื้อเซลล์ร้อยละ 18 และส่วนที่เป็นผนังเซลล์ร้อยละ 82 โดยมีส่วนที่เป็นเซลลูโลสร้อยละ 40 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 29 ลิกนินร้อยละ 13 และซิลิการ้อยละ 2

ส่วนประกอบของเซลล์ของผลพลอยได้ที่ได้จากข้าวและอ้อย แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของเซลล์ของผลพลอยได้จากข้าวและอ้อย

ผลพลอยได้	เนื้อเซลล์	ผนังเซลล์	เซลลูโลส	เฮมิ เซลลูโลส	ลิกนิน	ซิลิกา
ฟางข้าว	21	79	33	26	7	13
เปลือกข้าว	14	86	39	14	11	22
ชานอ้อย	18	82	40	29	13	2
ใบอ้อยแห้ง	20	80	36	26	10	2
ต้นอ้อย	21	79	36	26	10	3
ขอดอ้อย	35	65	38	20	7	1.8

ที่มา: ประธาน (2536)

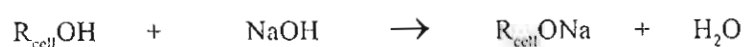
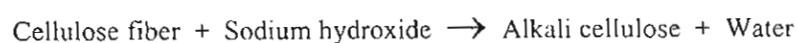
กระบวนการเตรียมของผสมหนืด (Viscose Process)

กระบวนการเตรียมของผสมหนืดเป็นกระบวนการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม การผลิตเรยอน (rayon) โดยใช้เซลลูโลสเป็นวัตถุดิบซึ่งอาจใช้เยื่อไม้หรือเส้นใยฝ้าย เริ่มจากนำ เซลลูโลสมาทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และคาร์บอนไดซัลไฟด์ เกิดเป็น เซลลูโลสแซนเทต จากนั้นละลายเซลลูโลสแซนเทตที่ได้ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือ จางอีกครั้งจะได้ของผสมหนืด (viscose mixture) เส้นใยเรยอนสามารถเตรียมได้จากการผ่านของ ผสมหนืดเข้าไปในแม่พิมพ์แบบรูเปิด แล้วลงสู่สารละลายกรดเพื่อขึ้นรูป จะได้เส้นใยเรยอนตาม แบบของแม่พิมพ์รูเปิดนั้นๆ แม้ว่าในปัจจุบันจะมีกระบวนการผลิตเรยอนด้วยวิธีอื่นๆ แต่ กระบวนการเตรียมของผสมหนืดซึ่งค้นพบครั้งแรกโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อชาร์ลส์ เฟรด เดอริก ครอส (Charles Frederick Cross) เมื่อปี 2435 ยังคงเป็นที่นิยม

กระบวนการเตรียมของผสมชนิดสามารถแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

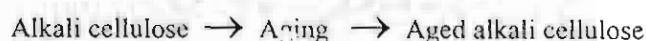
ขั้นที่ 1

บดเซลลูโลส เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถซึมผ่านได้ โซเดียมไอออน (Na^+) จะเข้าไปแทนที่ตรงตำแหน่งไฮโดรเจนของหมู่ไฮดรอกซิล ทำให้โครงสร้างผลึกเกิดการบวมตัว



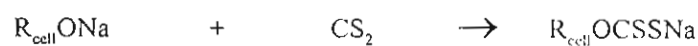
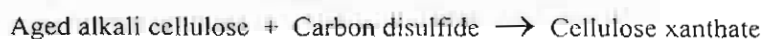
ขั้นที่ 2

นำเซลลูโลสที่เกิดการบวมตัวมาบ่มเพื่อทำลายพันธะของโพลิเมอร์ (Depolymerize Anhydroglucose Chain) เนื่องจากมีโซเดียมไอออนแทรกอยู่ระหว่างสายโซ่โมเลกุลของเซลลูโลส ทำให้ออกซิเจนในบรรยากาศสามารถผ่านไปที่ตำแหน่ง Beta-1,4-Glucosidic Oxygen Bonds ได้ ระยะเวลาในการบ่มมีผลต่อความหนืดของของผสมชนิด ถ้าระยะเวลาในการบ่มนานจะยังเป็นการลดพันธะลง (Depolymerize) ทำให้ได้ของผสมชนิดที่มีความหนืดต่ำ แต่ถ้าระยะเวลาในการบ่มน้อยเกินไปจะได้ของเหลวหนืดที่มีความหนืดสูง



ขั้นที่ 3

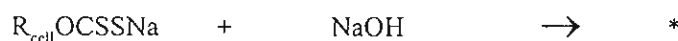
คาร์บอนไดซัลไฟด์จะไปแทนที่โซเดียมไอออนในขั้นที่ 1



ขั้นที่ 4

เจือจางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 4 จะได้ของผสมหนืด(viscose mixture, *) ซึ่งเป็นของผสมระหว่างเซลลูโลสแซนเทต เซลลูโลสที่ไม่ทำปฏิกิริยา โซเดียมไฮดรอกไซด์ และน้ำ

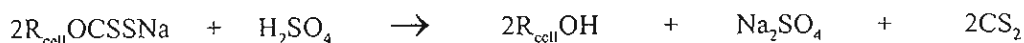
Cellulose xanthate + Dilute sodium hydroxide $\rightarrow$ Viscose mixture



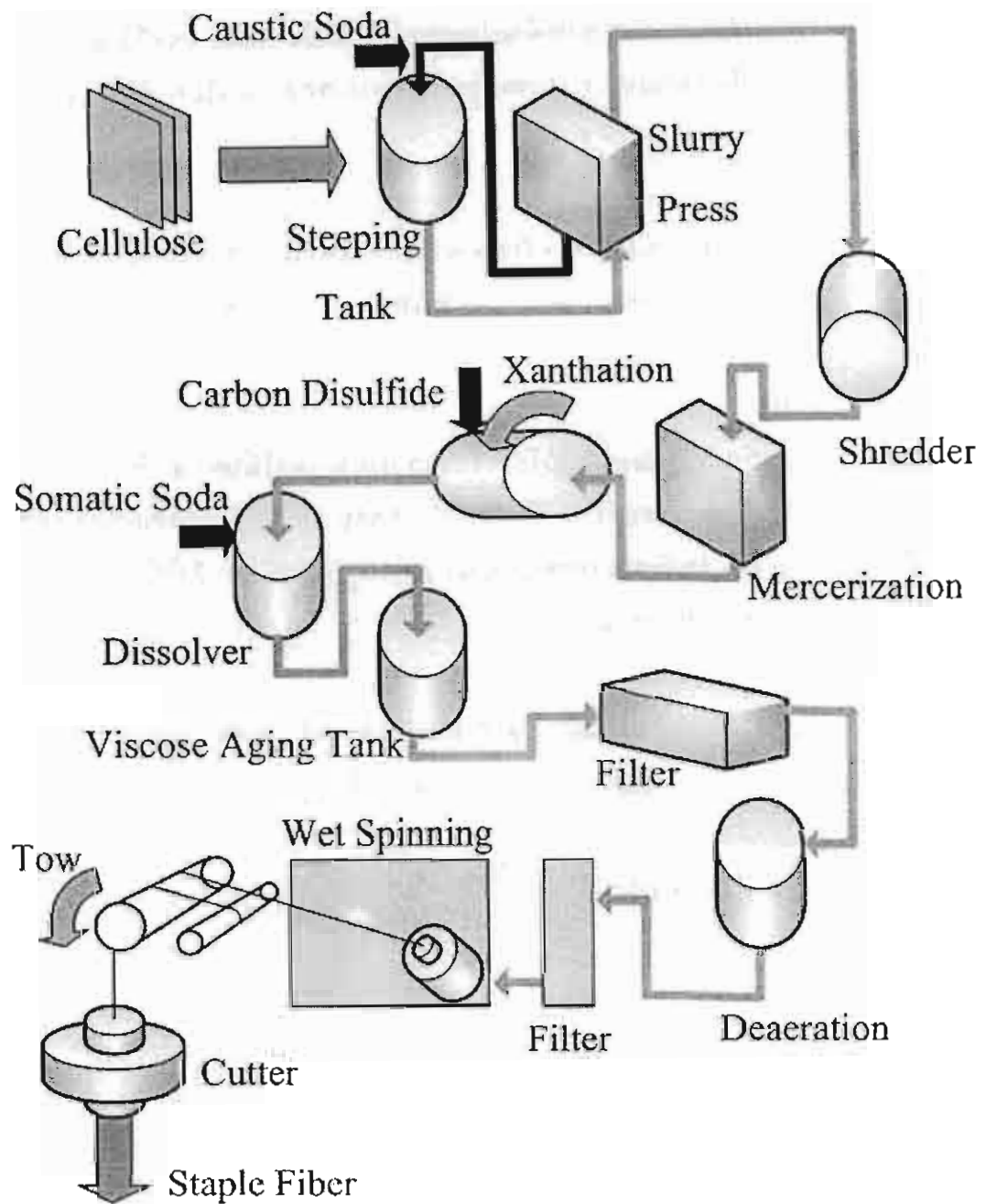
ขั้นที่ 5

สำหรับการทำฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ สามารถทำได้โดยใช้ผลึกเกลือโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ผสมกับของผสมหนืดที่ได้ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือเซลลูโลสแซนเทต แล้วขึ้นรูปด้วยกรดซัลฟิวริก ผลึกโซเดียมซัลเฟตจะถูกละลายด้วยกรดซัลฟิวริก ทำให้ส่วนที่หายไปของเกลือโซเดียมซัลเฟตกลายเป็นรูพรุน

Viscose mixture + Sulfuric acid $\rightarrow$ Cellulose(sponge) + Sodium sulfate + Carbon disulfide



(Edward and Charles, 1997)



Viscose Process

ภาพที่ 7 กระบวนการเตรียมของผสมหนืด

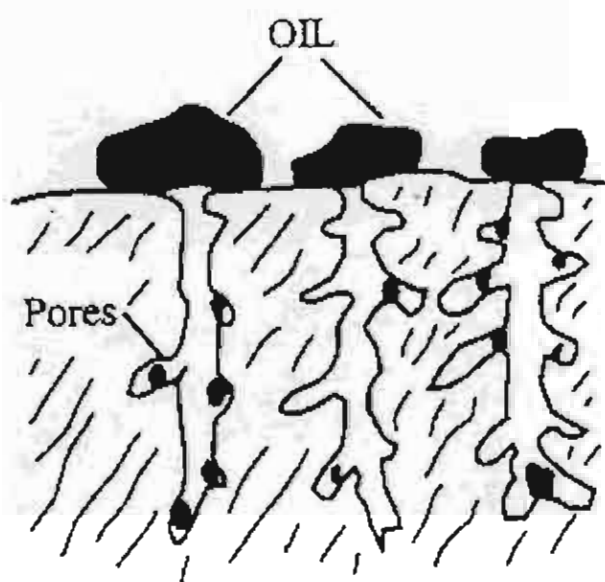
ที่มา : <http://www.fibersource.com/f-tutor/rayon.htm>

การดูดซึม (Absorption)

การดูดซึมเป็นกระบวนการที่สารหรือวัสดุแทรกซึมลงไปในสารหรือวัสดุอีกชนิดหนึ่ง โดยกระจายไปทั่ววัสดุ ในความหมายของการกำจัดน้ำมันที่รั่วไหล หมายถึง น้ำมันถูกดึงเข้าไปกระจายตัวทั่ววัสดุดูดซึมที่มีรูพรุน

กลไกของการดูดซึม

กลไกการดูดซึมเริ่มจาก ของเหลวถูกดึงเข้าไปภายในรูพรุนของวัสดุดูดซึมด้วยความดันคาปิลารี (capillary pressure) ในขณะเดียวกันก็ถูกต้านทานโดยอากาศภายในรูพรุน เมื่อความดันคาปิลารีเท่ากับความดันของอากาศภายในรูพรุน ของเหลวจะไม่ถูกดึงเข้าไปอีก จากนั้นอากาศภายในรูพรุนจะละลายและแพร่ไปทั่วรูพรุน ทำให้ของเหลวสามารถแพร่เข้าไปแทนที่อากาศได้อีก จนกว่าอากาศจะละลายหมด (Iveson and Rutherford, 2001)



ภาพที่ 8 กระบวนการดูดซึม

ที่มา: <http://www.clearcreeksystems.com/media/cc100.htm>

วัสดุดูดซึม

วัสดุซึ่งสามารถกักเก็บของเหลวไว้ภายในโครงสร้างได้ประมาณร้อยละ 50 หรือมากกว่า ทำให้เกิดการบวมตัว และสามารถเก็บรักษาของเหลวไว้ได้เรียกว่าวัสดุดูดซึม

วัสดุดูดซึม สามารถแบ่งตามรูปร่างได้ 3 ชนิด

1. วัสดุดูดซึมที่มีรูปร่างไม่แน่นอน คือ วัสดุดูดซึมที่ไม่สามารถขึ้นรูปให้มีรูปร่างแบบใดแบบหนึ่งได้ วัสดุดูดซึมชนิดนี้มักจะถูกผสมกับวัสดุชนิดอื่น เช่น โพลีเมอร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในงานเฉพาะทาง
2. วัสดุดูดซึมที่มีรูปร่างแน่นอน เช่น มีลักษณะเป็นแผ่น หรือเป็นก้อน วัสดุดูดซึมประเภทนี้มีความแข็งแรงมากพอที่จะเก็บรักษาและอึดตัวด้วยของเหลวโดยไม่เกิดการฉีกขาดหรือเสียรูปร่าง
3. วัสดุดูดซึมชนิดที่มีรูปร่างเป็นท่อนยาว คือ มีความยาวโดดเด่นกว่าความกว้างและความสูง วัสดุดูดซึมประเภทนี้มักใช้งานร่วมกับประเภทที่มีรูปร่างแน่นอน โดยใช้เป็นตัวเชื่อม



ภาพที่ 9 ตัวอย่างวัสดุดูดซึมน้ำมัน

ที่มา : http://www.iviindustries.com/spill_containment_products.htm

ปัจจัยของวัสดุดูดซึมที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซึม ได้แก่

ความหนาแน่น ความหนาแน่นมักถูกพิจารณาในรูปของความหนาแน่นแท้จริง (true density) และความหนาแน่นรวม (bulk density) โดยความหนาแน่นแท้จริง คือ ความหนาแน่นของวัสดุโดยไม่คำนึงถึงรูพรุนภายใน หรือกล่าวได้ว่า ความหนาแน่นแท้จริงเป็นค่าคงที่เฉพาะของวัสดุชนิดนั้นๆ ในทางตรงกันข้ามความหนาแน่นรวม คือ ความหนาแน่นของวัสดุที่พิจารณารูพรุนรวมด้วย ค่าความหนาแน่นรวมจะมีค่าไม่แน่นอน ขึ้นกับการจับตัวของวัสดุนั้นๆ โดยทั่วไปวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยมักรายงานค่าความหนาแน่นในรูปของความหนาแน่นรวม

ความเป็นรูพรุน ปริมาตรช่องว่างหรือรูพรุนภายในวัสดุมีค่าไม่แน่นอน ขึ้นกับการจับตัวของวัสดุเช่นเดียวกับความหนาแน่นรวม โดยส่วนใหญ่ปริมาตรที่ดูดซึมได้จะน้อยกว่าปริมาตรของรูพรุนเสมอ วัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยมีความเป็นรูพรุนประมาณร้อยละ 90-95 สำหรับวัสดุที่ขึ้นรูปเป็นเม็ด มีความเป็นรูพรุนน้อยกว่าร้อยละ 40

Selectivity เป็นความสามารถในการเลือกดูดซึมสารชนิดใดชนิดหนึ่งมากกว่าสารอื่นๆ ความสามารถในการเลือกดูดซึมนี้ขึ้นกับ ขนาดของรูพรุนของวัสดุ wettability และความดันคาปิลลารี

Retention เป็นความสามารถในการเก็บรักษาของเหลวที่ถูกดูดซึมให้คงอยู่ในโครงสร้างของวัสดุ ในการใช้งานทั่วไปวัสดุดูดซึมจะถูกเคลื่อนย้ายหรือขนส่งจากสถานที่ที่ทำการดูดซึมไปกำจัดที่อื่น ดังนั้นค่า retention จึงมีความสำคัญมาก วัสดุที่มีค่า retention สูงจะสามารถถ่ายเทของเหลวได้มาก (Brent, 1997)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sun et. al (2004 a) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการเติมหมู่อะซิติก (acetyl) ลงในชานอ้อยโดยใช้ N-bromosuccinimide (NBS) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อผลิตวัสดุดูดซึมน้ำมัน เริ่มจากนำชานอ้อยมาทำปฏิกิริยากับอะซิติกแอนไฮไดรด์ (acetic anhydride) โดยใช้ NBS เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะที่ไม่รุนแรงและไม่มีการทำลายในระบบ ในการทดลองปริมาณของหมู่อะซิติกที่เติมเข้าไป

วัดในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก (weight percent) โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 2.1-24.7 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 25-130 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา ตั้งแต่ 30 นาทีถึง 60 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่า NBS เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาการเติมหมู่อะซิติล (acytylation) ที่ตำแหน่งหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ของชานอ้อย ในการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 ในอะซิติกแอนไฮไดรด์ ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่ามีการเติมหมู่อะซิติลเท่ากับร้อยละ 24.7 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับการทดลองภายใต้สภาวะเดียวกันแต่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าการเติมหมู่อะซิติลเพียงร้อยละ 5.1 โดยน้ำหนัก จากการตรวจสอบด้วย FT-IR CP-MAS และ ^{13}C -NMR พบว่าเกิดปฏิกิริยาการเติมหมู่อะซิติลจริง ค่าความเสถียรทางความร้อน (thermal stability) ของวัสดุคูดซึมน้ำมันที่ผลิตได้มีค่าลดลงตามปริมาณสารเคมีที่ใช้ แต่จะไม่ลดลงเมื่อมีการเติมหมู่อะซิติลมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 24.7 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้การเติมหมู่อะซิติลยังมีผลต่อสมบัติความชอบน้ำมัน (hydrophobic properties) ของชานอ้อยด้วย จากการศึกษาความสามารถในการคูดซึมน้ำมันของชานอ้อยที่มีการเติมหมู่อะซิติลซึ่งทำการทดลองที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าสามารถคูดซึมได้มากกว่าเส้นใยพอลิพรอพิลีนซึ่งใช้เป็นตัวคูดซึมน้ำมันในทางการค้าสูงถึง 19 เท่า ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าวัสดุคูดซึมน้ำมันที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำมาทดแทนวัสดุที่ใช้กักตุน้ำมันซึ่งไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้

Sun et. al (2004) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เทอร์เชียรีเอมีน (tertiary amine) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเติมหมู่อะซิติล (acytylation) ในฟางข้าวสาลีเพื่อผลิตวัสดุคูดซึมน้ำมัน โดยเริ่มจากนำฟางข้าวสาลีแห้งมาทำปฏิกิริยากับอะซิติกแอนไฮไดรด์ (acetic anhydride) ที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40-360 นาที โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นเทอร์เชียรีเอมีน 4 ชนิด ได้แก่ Pyridine 4-Dimethylaminopyridine N-methylpyrrolidine และ N-methylpyrrolidinone และทำปฏิกิริยาโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ทั้งนี้ปฏิกิริยาทั้งหมดเกิดในระบบที่ไม่มีตัวทำละลาย หมู่อะซิติลที่เติมลงในฟางข้าวสาลีวัดในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก จากการทดลองพบว่า 4-Dimethylaminopyridine เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดีที่สุด จากการตรวจสอบด้วย FT-IR CP-MAS และ ^{13}C -NMR และค่าทางความร้อน พบว่าเกิดปฏิกิริยาการเติมหมู่อะซิติลจริง ค่าความเสถียรทางความร้อนของฟางข้าวสาลีที่มีการเติมหมู่อะซิติลมีค่ามากกว่าฟางข้าวสาลีธรรมดา นอกจากนี้พบว่าหมู่อะซิติลไปเพิ่มสมบัติความชอบน้ำมันของฟางข้าวสาลีด้วย ความสามารถในการคูดซึมน้ำมันของฟางข้าวสาลีที่เติมหมู่อะซิติลมีค่ามากกว่าเส้นใยพอลิพรอพิลีนที่ใช้เป็นวัสดุคูดซึมน้ำมันประมาณ 1.2-2.9 เท่า ฟางข้าวสาลีที่ผ่านการเติมหมู่อะซิติลจึงสามารถใช้เป็นวัสดุคูดซึมน้ำมันแทนวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้

Masaki Saito (2003) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการดูดซับน้ำมันของเปลือกต้นสูกิ (Sugi Bark) เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวัสดุดูดซับน้ำมันของวัสดุอินทรีย์ที่เหลือใช้เพื่อใช้กำจัดน้ำมันที่รั่วไหล โดยพยายามไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีต้นทุนต่ำ จากการทดลองศึกษาเปลือกของต้นสูกิ พบว่าเส้นใยในเปลือกมีศักยภาพในการดูดซับน้ำมันเพราะมีสมบัติความชอบน้ำมัน (hydrophobic and oleophilic properties) วัสดุดูดซับจากเปลือกของต้นสูกิ (Sugi Bark Sorbent, SBS) สามารถดูดซับน้ำมันได้ใกล้เคียงกับพอลิพรอพิลีน โดยสามารถดูดซับน้ำมันได้ 13.4 เท่าของน้ำหนัก นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาผลของรูปร่างวัสดุดูดซับพบว่าวัสดุดูดซับที่มีรูปร่างเป็นแผ่นให้ค่าการดูดซับที่ดีที่สุดและยังสะดวกในการใช้งานอีกด้วย

Wei et. al (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำกลับน้ำมันที่รั่วไหลในทะเลโดยใช้วัสดุดูดซับน้ำมันที่เป็นพอลิพรอพิลีนชนิดไม่ถักทอ (nonwoven polypropylene oil sorbent) การนำกลับน้ำมันเชิงกลโดยวัสดุดูดซับน้ำมันถือเป็นการแสดงความรับผิดชอบที่สำคัญต่อภาวะน้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเล พอลิพรอพิลีนถูกนำมาใช้ในกรณีนี้เนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำ ดูดซับน้ำได้น้อยและทนต่อสารเคมี รูปร่างและโครงสร้างที่แตกต่างกันของพอลิพรอพิลีนชนิดไม่ถักทอได้ถูกศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการดูดซับน้ำมันและค่าคงตัวของน้ำมัน (oil retention properties) ในงานวิจัยนี้พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันของพอลิพรอพิลีนชนิดไม่ถักทอ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย ความพรุน และสมบัติของน้ำมันที่ถูกดูดซับ

การทดลองเริ่มจากตัดพอลิพรอพิลีนเป็นชิ้นขนาด 13x13 (หน่วยเซนติเมตร) นำมาชั่งน้ำหนักและใส่ลงในภาชนะที่บรรจุน้ำทะเลสูง 80 มิลลิเมตรซึ่งปกคลุมผิวหน้าด้วยน้ำมันที่ต้องการทดสอบโดยมีความสูง 5 มิลลิเมตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำชิ้นมาชั่งน้ำหนักและบันทึกที่เวลา 0 10 30 60 120 300 600 และ 1800 วินาทีหลังจากนำขึ้นจากภาชนะตามลำดับ น้ำมันที่ใช้ในการทดลองได้แก่น้ำมันจากทะเลเหนือ (North Sea) โดยแบ่งเป็น Crude oil, 25% Weathered oil และ 50 % Weathered oil รวมทั้งสิ้น 3 ชนิดโดยมีค่าความหนืดเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก

ผลการทดลองพบว่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันและค่าการคงตัวของน้ำมันขึ้นกับความแตกต่างของวัสดุที่ใช้ในการดูดซับ วัสดุดูดซับที่มีความพรุนสูงมีแนวโน้มที่จะดูดซับ Crude oil และ 25% Weathered oil ได้มาก และสำหรับน้ำมัน 2 ชนิดนี้ยังความหนาแน่นของน้ำมันมีค่ามากจะยังสามารถถูกดูดซับด้วยวัสดุดูดซับได้ดี สำหรับ 50 % Weathered oil พบว่าวัสดุดูดซับที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเล็ก มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันที่มีความหนืดสูงไม่ค่อยดีนัก

ในกรณีของค่าคงตัวของน้ำมันมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ในวัสดุดูดซึมทุกรูปร่างและ โครงสร้าง นั้นคือมีแนวโน้มลดลงในช่วง 300 วินาทีแรก จากนั้นจะคงที่จนถึงเวลา 1800 วินาทีที่ทำการทดลอง การพิจารณาค่าการคงตัวของน้ำมันในวัสดุดูดซึมสามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วง ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่เริ่ม มีการปลดปล่อยน้ำมันออกจากวัสดุดูดซึม ช่วงนี้จะเกิดประมาณนาที่ที่ 1 หลังจากนำขึ้นจากภาชนะ อัตราการปลดปล่อยน้ำมันในช่วงนี้มีค่าสูง ช่วงที่ 2 คือช่วงการเปลี่ยนแปลง เกิดที่เวลานาที่ที่ 1 ถึง นาที่ที่ 5 อัตราการปลดปล่อยน้ำมันในช่วงนี้จะลงไปอย่างช้าๆเมื่อเทียบกับช่วงที่ 1 และมีอัตราเร็ว ที่ต่ำกว่า ช่วงสุดท้ายคือช่วงที่เสถียร วัสดุดูดซึมมีค่าการคงตัวของน้ำมันที่ค่อนข้างคงที่ เมื่อเวลา ผ่านไปน้ำมันที่ถูกปลดปล่อยออกมามีปริมาณน้อยมาก และพบว่าน้ำมันเบา (light oil) มี แนวโน้มที่ถูกปลดปล่อยออกจากวัสดุดูดซึมด้วยอัตราเร็วที่สูงกว่าน้ำมันหนัก (heavy oil) นอกจากนี้โครงสร้างของวัสดุดูดซึมก็มีบทบาทสำคัญต่อความสามารถในการคงตัวของน้ำมัน วัสดุ ดูดซึมที่มีความพรุนสูงจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำมันสูงแต่ค่าการคงตัวของน้ำมันต่ำ และ หากโครงสร้างของวัสดุดูดซึมเป็นเส้นใยขนาดเล็ก อัตราการปลดปล่อยน้ำมันจะลดลง

Teas et. al (2001) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการดูดซึมน้ำมันของวัสดุดูดซึม 5 ชนิด ซึ่งใช้เป็นวัสดุในการกำจัดคราบน้ำมันที่รั่วไหล วัสดุดูดซึมที่ได้ศึกษา ได้แก่ วัสดุเส้นใยธรรมชาติที่ ใช้ในทางการค้าโดยผลิตจากเส้นใยไม้ เส้นใยสังเคราะห์พอลิพรอพิลีน และเพอร์ไลต์ 3 ชนิดจาก เกาะไมลอส (milos) ความสามารถในการดูดซึมน้ำมันของวัสดุดังกล่าวได้ถูกศึกษาทั้งในสถานะที่มี น้ำอยู่ในระบบและไม่มีน้ำอยู่ในระบบ โดยดูดซึมผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่แตกต่างกันซึ่งเป็นน้ำมันที่ มักจะเกิดการรั่วไหลลงสู่ทะเล ได้แก่ Light cycle oil (LCO), Light gas oil (LGO) และ Iranian heavy crude oil (CRU)

การทดลองเริ่มจากนำน้ำทะเล 500 มิลลิลิตรเทลงในบีกเกอร์ขนาด 800 มิลลิลิตร เติมน้ำมัน ที่ต้องการทดสอบลงไปในแต่ละบีกเกอร์ให้มีปริมาณ 10 20 30 40 และ 50 กรัมตามลำดับ จากนั้น นำเข้าเครื่องเขย่าเพื่อให้เกิดการผสมกันระหว่างน้ำกับน้ำมัน นำวัสดุดูดซึมจำนวน 1 กรัมใส่ลงใน บีกเกอร์แล้วนำเข้าเครื่องเขย่าโดยใช้ความเร็วรอบ 98 รอบต่อนาที เมื่อครบ 10 นาทีนำวัสดุดูดซึม ขึ้นมาพักไว้บนตะแกรงลวด 1 นาทีแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก หาปริมาณน้ำในวัสดุดูดซึมโดยการกลั่น ตามวิธีการของ ASTM D95 ปริมาณของน้ำมันที่ถูกดูดซึมคำนวณได้จากลบปริมาณน้ำในวัสดุดูด ซึมและน้ำหนักวัสดุดูดซึมขณะแห้งออกจากน้ำหนักที่ชั่งได้หลังจากดูดซึมแล้ว

นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองในสถานะที่ไม่มีน้ำอยู่ในระบบ มีเพียงแต่น้ำมันเท่านั้น โดยทำการทดลองตามวิธีการข้างต้นแต่ใช้น้ำมัน 100 มิลลิลิตร แทนของผสมระหว่างน้ำกับน้ำมัน คำนวณหาปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซึมได้โดยนำน้ำหนักวัสดุหลังจากดูดซึมลบด้วยน้ำหนักวัสดุดูดซึมขณะแห้ง

ผลการทดลองพบว่าในสถานะที่มีน้ำอยู่ในระบบ พอลิพรอพิลีนและเส้นใยธรรมชาติมีความสามารถในการดูดซึมน้ำมันได้ดี เส้นใยธรรมชาติสามารถดูดซึมน้ำมันดิบ (heavy crude oil) ได้ดีที่สุดโดยสามารถดูดซึมได้ทั้งหมด อาจเป็นเพราะเส้นใยธรรมชาติมีขี้ผึ้งซึ่งมีสมบัติชอบน้ำมัน และอาจเกิดแรงวานเดอร์วาลส์ (Van Der Waals) ระหว่างเส้นใยธรรมชาติกับน้ำมัน แม้ว่าน้ำมันดิบจะมีความหนืดสูงซึ่งส่งผลให้อัตราการดูดซึมน้ำมันเข้าไปในรูพรุนของวัสดุดูดซึมต่ำ แต่น้ำมันดิบสามารถบีบเคาะกับผิวของวัสดุภายในรูพรุนได้ดีโดยไม่มีการย้อนกลับออกมา

สำหรับในสถานะที่ไม่มีน้ำอยู่ในระบบพอลิพรอพิลีนมีความสามารถในการดูดซึมน้ำมันได้ดีที่สุด ในขณะที่วัสดุดูดซึมที่เหลือทุกชนิดสามารถดูดซึมน้ำมันได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

Rawski et. al (1997) ได้ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับผลิตเส้นใยธรรมชาติจากกระดาษหนังสือพิมพ์เก่าและกระดาษที่ใช้แล้วเพื่อผลิตเป็นฉนวนจากเส้นใยธรรมชาติ ที่นอนสัตว์ ฝ้าย เพดาน รวมทั้งนำกลับมาใช้เป็นกระดาษหนังสือพิมพ์อีกครั้ง โดยนำกระดาษหนังสือพิมพ์เก่าและกระดาษที่ใช้แล้วซึ่งมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 7 ของปริมาณขยะแห่งในสหรัฐอเมริกาทำให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ นิ้วX1 นิ้ว แล้วนำไปผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20 บ่มทิ้งไว้ นำของผสมที่ได้มาจัดน้ำออกโดยใช้ชุดกรวยบุชเนอร์ (Buchner) กับถ้วยสุญญากาศรูปชมพู่ (vacuum flask) จากนั้นบดให้เป็นเศษเล็กๆแล้วนำมาใส่ในบีกเกอร์ปิดด้วยพาราฟิล์ม บ่มทิ้งไว้สักครู่แล้วเติมคาร์บอนไดออกไซด์ (CS_2) ลงไปจะได้เซลลูโลสแซนเทต (cellulose xanthate) ปิดด้วยพาราฟิล์มและบ่มทิ้งไว้ หลังจากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 4 จะได้ของผสมหนืด (viscose mixture) นำของผสมหนืดมากระจายบนแผ่นกระจกไมโครสโคป (microscope slide) แล้วจุ่มลงในสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 10 เพื่อเกิดเป็นฟิล์มเซลโลเฟน (cellophane film) หรือนำของผสมหนืดมาผสมกับเกล็ดโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปจุ่มในสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 10 เพื่อเกิดเป็นฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ (cellulose sponge)

เซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถ้างาอกดูคาร์ลดีไฮด์ออกให้หมดด้วยน้ำกลั่นจะได้ฟองน้ำที่มีสีเหลืองอ่อนและมีขนาดรูพรุนประมาณ 50-120 ไมโครเมตร นำฟองน้ำที่ได้จุ่มลงในสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก (15%wt aqueous solution ethanol) ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียสหรือ -135 องศาเซลเซียส แล้วนำมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสภายใต้สูญญากาศที่ความดัน 0.1 มิลลิเมตรปรอทเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้เครื่อง vacuum lyophilization จะได้ฟองน้ำสีเหลืองอ่อน ขนาดรูพรุนประมาณ 50-120 ไมโครเมตร

Jones et. al (1971) ได้ทำการศึกษาคัดลอกเกี่ยวกับเส้นใยธรรมชาติซึ่งมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน โดยนำเส้นใยธรรมชาติเดิมลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 18 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสแล้วกำจัดน้ำออก จากนั้นกดอัดที่อัตราการกดอัด 3.3 จะได้อัลคาไลเซลลูโลส (alkali cellulose) ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยธรรมชาติร้อยละ 27.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15.5 และน้ำร้อยละ 57 จากนั้นบดให้เป็นเศษเล็ก ๆ ด้วยเครื่องบดแบบแกน Z ผสมเศษอัลคาไลเซลลูโลส 363.5 กรัม ที่ 5 องศาเซลเซียสและ N,N-diethyl 2- chloroethylamine hydrochloride 58.3 กรัม ในเครื่องผสมแกน Z เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิถึง 50 องศาเซลเซียสผสมต่ออีกเป็นเวลา 60 นาที แล้วลดอุณหภูมิลงมาที่ 30 องศาเซลเซียส เติมน้ำบอแรกซ์ 65 กรัมลงในของผสมจะเกิดปฏิกิริยาแซนเทน (xanthation) อีก 60 นาทีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะได้ diethylaminoethyl (DADE) cellulose xanthate ที่มี γ หมายเลข 89 ผสมเซลลูโลสแซนเทน 651.4 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 18.8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรจำนวน 158.5 กรัม และน้ำ 802 กรัม จะได้ของผสมหนืด แล้วเติมฟ้าย 51.5 กรัมเพื่อเป็นสารเสริมแรง และเกลือโซเดียมซัลเฟต (Glauber's salt, Na_2SO_4) จำนวน 5,500 กรัมเพื่อเป็นสารทำให้เกิดฟองลงในสารละลายจะได้ของลักษณะแป้นเปือก จากนั้นนำมารีด (extrude) ในแบบทรงกระบอกขนาดเล็กแล้วเติมน้ำเกลือโซเดียมซัลเฟตเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียสจะได้ฟองน้ำที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน 0.95 meq/กรัม สำหรับไอออนขนาดเล็ก

นอกจากนี้ยังสามารถเตรียมได้อีกวิธีหนึ่ง โดยนำเส้นใยธรรมชาติผสมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดคลอโรอะซิติก (chloroacetic acid) เพื่อเป็นสารกระตุ้น จะได้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose) จากนั้นเติมน้ำบอแรกซ์ (carboxymethyl) 100 กรัม ลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 17 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วเติมน้ำบอแรกซ์ 15 มิลลิลิตร กลิ้งไปมาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง

Jones et. al (1961) ได้ทำการศึกษาทดลองเกี่ยวกับการปรับปรุงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับ ฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ โดยนำสารละลายอัลคาไลเซลลูโลส (alkali cellulose) 65 ส่วน ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยธรรมชาติร้อยละ 26 และโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ผสมกับคาร์บอนไดออกไซด์ 120 ส่วนจะได้เซลลูโลสแซนเทต จากนั้นนำมาผสมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 12 กรัมต่อลิตร 12 ส่วน และปอหรือปาน 8.5 ส่วนจะได้ของผสมหนืด นำของผสมหนืดผสมกับเกลียวโกลเบอร์ 1,000 ส่วนโดยน้ำหนักจะได้แป้งเปียกแล้วนำเข้าแม่พิมพ์ (mold) ที่มีรูปร่างตามต้องการและทำให้แข็งเป็นก้อนในสารละลายโซเดียมซัลเฟต ซึ่งประกอบด้วยเดคาไฮเดรต (deca hydrate) 200-700 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส โซเดียมซัลเฟตจะละลายและเกิดเป็นฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ จากนั้นล้างเอาเกลียวออกด้วยน้ำกลั่นแล้วทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลายยูเรียเข้มข้นร้อยละ 50 และออร์โทฟอสฟอริกแอซิด (orthophosphoric acid) เข้มข้นร้อยละ 18 แล้วบีบเอาสารละลายออกให้เหลืออยู่เพียง 3 เท่าของน้ำหนักเส้นใยธรรมชาติขณะแห้ง นำไปบ่มด้วยความร้อนในเตาอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วล้างเอาสารละลายที่ใช้ทำปฏิกิริยาออกก่อนที่อุณหภูมิลดลงเหลือ 80 องศาเซลเซียส จะได้ฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน 2.60 meq/กรัม และมีความแข็งแรงพอที่จะจับได้ โดยความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนทั้งหมด 5.20 meq/กรัม

B. Loonberg et. al (1995) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของของผสมหนืดซึ่งเตรียมจากเส้นใยธรรมชาติ เนื่องจากสมบัติบางอย่างของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติสามารถวัดได้จากความหนืดของของผสมหนืด ในการเตรียมฟองน้ำความหนืดของของผสมหนืดจะเป็นตัวกำหนดการไหลของตัวมันเองไปรอบๆ โครงร่างผลึกและเส้นใยที่ผสมกับตัวมันเพื่อเกิดเป็นรูพรุน และเป็นตัวกำหนดความแข็งแรงของรีเจนเนอเรตเซลลูโลส (regenerated cellulose) ของผสมหนืดที่มีค่าความหนืดสูงจะทำให้การไหลไปรอบๆ โครงร่างผลึกไม่มีประสิทธิภาพ และจะทำให้เกิดรูพรุนเปิดมากเกินไปส่งผลให้มีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นต่ำ ในทางกลับกันของผสมหนืดที่มีค่าความหนืดต่ำจะมีการไหลอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผนังของฟองน้ำมีโครงสร้างภายในที่ต่อเนื่อง และมีโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานต่อไป

การทดลองเริ่มจากการทดสอบความหนืดของของผสมหนืดซึ่งเตรียมได้จากกระบวนการเตรียมของผสมหนืด โดยใช้เครื่องมือรีโอมิเตอร์ (Rheometer) รุ่น Bohlin VOR+C14 measuring lid ท่อยาว 27.9 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางท่อยาว 15.4 มิลลิเมตร จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่มี

ผลต่อความหนืดได้แก่ การบ่มโดยธาตุอัลคาไล (Alkali) ความเข้มข้นของคาร์บอนไดซัลไฟด์ ระยะเวลาการบ่มในขั้นตอน xanthogenate และอุณหภูมิ

การบ่มโดย Alkali (ในขั้นตอนของ viscose process) มีผลต่อองค์ประกอบความเป็นโพลิเมอร์โดยการบ่มจะทำให้องค์ประกอบความเป็นโพลิเมอร์มีค่าลดลง และองค์ประกอบความเป็นโพลิเมอร์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความหนืดของของผสมหนืด นั่นคือหากองค์ประกอบความเป็นโพลิเมอร์มีค่าต่ำ ความหนืดของของผสมหนืดก็จะมีค่าต่ำ หรือหากองค์ประกอบความเป็นโพลิเมอร์มีค่าสูง ความหนืดของของผสมหนืดก็จะมีค่าสูงตามไปด้วย ในกรณีหลังเป็นเพราะมีอนุภาคขนาดใหญ่อยู่ในของผสมหนืด

ความเข้มข้นของคาร์บอนไดซัลไฟด์ไม่มีผลต่อความหนืดมากนัก เนื่องจากเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคาร์บอนไดซัลไฟด์ ค่าความหนืดที่วัดได้ไม่มีค่าแตกต่างกันมากนัก

การบ่มในขั้นตอน xanthogenate มีผลต่อความหนืดอย่างมีนัยสำคัญนั่นคือ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบ่มค่าความหนืดจะลดลงในช่วงแรก(ประมาณชั่วโมงที่20) จากนั้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนเท่ากับค่าความหนืดเริ่มต้น(ชั่วโมงที่0) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการ desubstitution และ resubstitution ของ xanthate group

ปัจจัยสุดท้ายที่ได้ศึกษาได้แก่อุณหภูมิ พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิกำลังค่าความหนืดของของผสมหนืดจะลดลง

อัจฉราพร (2533) กล่าวถึงกระบวนการผลิตวิสคอสเรยอน (viscose rayon) ไว้ดังนี้ วิสกอสเรยอนเป็นรีเจนเนอเรตเซลลูโลส (regenerate cellulose) ใช้เนื้อไม้(spruce) เป็นวัตถุดิบ ตัดไม้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 2.2 x 1.25 x 0.65 (หน่วยเซนติเมตร) แช่ในสารละลายแคลเซียมไดซัลไฟด์ แล้วนำไปอบไอน้ำมีความดันนาน 24 ชั่วโมง วิธีนี้ไม่ทำให้เซลลูโลสเสื่อมสภาพแต่ทำให้วัสดุเจือปนอื่นละลายตัวละลายออกเหลือเป็นเซลลูโลสบริสุทธิ์ เติมน้ำให้เยื่อไม้ลอย ดูดผ่านช่องแคบๆกว้างประมาณ 0.2 มิลลิเมตร ฟอกขาวด้วยไฮโปคลอไรท์ อัดออกมาเป็นแผ่นเหมือนกระดาษเป็นเซลลูโลสบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 90-94 เก็บไว้ในห้องซึ่งควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อให้น้ำหนักที่แท้จริง แช่เยื่อไม้ในสารละลายโซดาไฟเข้มข้นร้อยละ 17.5 นาน 1-4 ชั่วโมง ทำให้เยื่อไม้พองตัวและส่วนที่เป็นเอมิเซลลูโลสละลายน้ำ สารละลายโซดาไฟเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเยื่อไม้จะละลายไปประมาณร้อยละ 8.2 ส่วนเซลลูโลสไม่ละลายแต่บวมตัว บีบอัดเอาน้ำยาโซดาไฟออกแล้ว

ส่งผ่านไปยังเครื่องปั่น เป็นถังกลมใหญ่ มีใบมีด 2 ใบ หมุนตัดเชื้อไม้ให้ขาดออกเป็นชิ้นเล็ก นาน 2-3 ชั่วโมง กระบวนการนี้ส่วนหนึ่งเป็นกระบวนการชุบน้ำ

สารละลายโซดาไฟที่ใช้แล้วสามารถนำไปใช้อีกได้โดยเพิ่มโซดาไฟใหม่ให้มีความเข้มข้นเท่าเดิม ใช้จนกว่าน้ำยาเข้มข้นจึงนำไปทำสบู่ ทำให้กระบวนการผลิตวิสวอสเรยอนมีต้นทุนต่ำกว่าการผลิตเรยอนชนิดอื่น

หมักเชื้อไม้ป่นในถังมีฝาปิดเพื่อไม่ให้เกิดการออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ เซลลูโลสจะสลายตัวจากโมเลกุลขนาดใหญ่มากเหลือโซ่กลูโคสเพียง 350-800 โมเลกุลเท่านั้น ถ้าหมักไว้ที่ 20 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 84 ชั่วโมง ปัจจุบันพบว่าถ้าหมักในห้องที่มีอุณหภูมิสูงกว่านี้และสามารถควบคุมให้อุณหภูมิคงที่จะใช้เวลาเพียง 24-36 ชั่วโมง

เมื่อหมักจนได้ผลสมบูรณ์แล้ว นำเชื้อไม้ป่นผสมกับสารละลายคาร์บอนไดออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 10 ของน้ำหนักในถังที่หมุนได้ ขณะผสมต้องเดินเครื่องให้หมุนตลอดเวลาานาน 3 ชั่วโมง เชื้อไม้ป่นจะเปลี่ยนเป็นสีส้มมีลักษณะเหมือนวุ้น เปลี่ยนสภาพจากเซลลูโลสประเภทต่างเป็นเซลลูโลสแซนเทตแสดงว่าปฏิกิริยาได้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว

นำเซลลูโลสแซนเทตไปปั่นกวนกับน้ำยาโซดาไฟเจือจางนาน 4-5 ชั่วโมงจะละลายเป็นน้ำขึ้นใสสีน้ำตาลเหมือนกับน้ำผึ้งเรียกว่าน้ำวิสคอส ขั้นตอนนี้ยังไม่เป็นเซลลูโลสบริสุทธิ์ ถ้ายังสูงเกินไปปั่นต่อไปอีก เสร็จแล้วจึงกรองเอาส่วนซึ่งไม่ละลายออก ถ้าต้องการทำให้มีลักษณะด้านจะได้ไททาเนียมไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนักน้ำวิสคอสในระยะนี้ ถ้าจะย้อมสีในขณะที่ยังเป็นของเหลวอยู่ก็ทำได้เช่นเดียวกัน ปั่นให้เข้ากัน หมักต่อไปอีก 48-60 ชั่วโมงที่ 10-18 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงนำไปกดเป็นเส้นใยผ่านน้ำสารละลายกรดกำมะถันเจือจางเพื่อให้แข็งเป็นใย

สาเหตุที่จะทำให้คุณสมบัติของเส้นใยวิสคอสเปลี่ยนแปลงได้มีหลายอย่างด้วยกัน ได้แก่

- อุณหภูมิและส่วนผสมของน้ำที่ทำให้แข็งตัว
- อัตราเร็วที่วิสคอสแข็งตัว
- ระยะเวลาที่เส้นใยแช่อยู่ในน้ำที่ทำให้แข็งตัว
- อัตราเร็วในการปั่นเส้นใย
- การดึงยืดของรอกโกเดท (godet)

ตัวอย่างวัตถุดิบสำหรับผลิตวิสคอสแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วัตถุดิบสำหรับผลิตวิสคอส 1 ปอนด์

ชนิดวัตถุดิบ	จำนวน/ปอนด์
เนื้อไม้	1.15
โซดาไฟ	1.0
คาร์บอนไดซัลไฟด์	0.5
กรดกำมะถัน	1.5
โซเดียมซัลเฟต	1.0
กลูโคส	0.5
น้ำ	800-1,700
สารเคมีอื่นอีกเล็กน้อย	

ที่มา : อัจฉราพร (2553)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. ขวดวัดปริมาตร
3. กระบอกตวง
4. กรวยกรอง
5. ขวดชมพู่สุญญากาศ
6. บีเปต
7. แท่งแก้ว
8. ช้อนตักสาร
9. จุกยาง
10. พาราฟิล์ม
11. กระดาษฟอยล์
12. ตะแกรงลวดขนาด 100 mesh
13. กระชกนาฬิกา

เครื่องมือ

1. เครื่องบด
2. เตาอบ ช่วงอุณหภูมิ 30-95 องศาเซลเซียส
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก ความละเอียดได้ถึงมิลลิกรัม
4. ตู้ทำความเย็น
5. บีบสุญญากาศ
6. desiccator
7. water bath ช่วงอุณหภูมิ 30-95 องศาเซลเซียส
8. เครื่องเขย่า Incubator Shaker ความเร็วรอบ 10- รอบต่อนาที
9. เครื่องวัดความหนาแน่น (pyccanometer)

วัตถุดิบและสารเคมี

1. ชานอ้อย ในความอนุเคราะห์ของบริษัท เขื่อกระดาษสยาม จำกัด (มหาชน) ราชบุรี
2. วัสดุดูดซึมน้ำมันพอลิพรอพิลีนชนิดแผ่น
3. น้ำมันดิบ Murban ในความอนุเคราะห์ของบริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) ชลบุรี
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 98% ผลิตโดยบริษัท Merk
5. คาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbon disulfide, CS_2)
6. โซเดียมซัลเฟตเกรดอุตสาหกรรม (Sodium sulfate, Na_2SO_4)
7. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric Acid, H_2SO_4)
8. น้ำกลั่น (distilled water)

วิธีการ

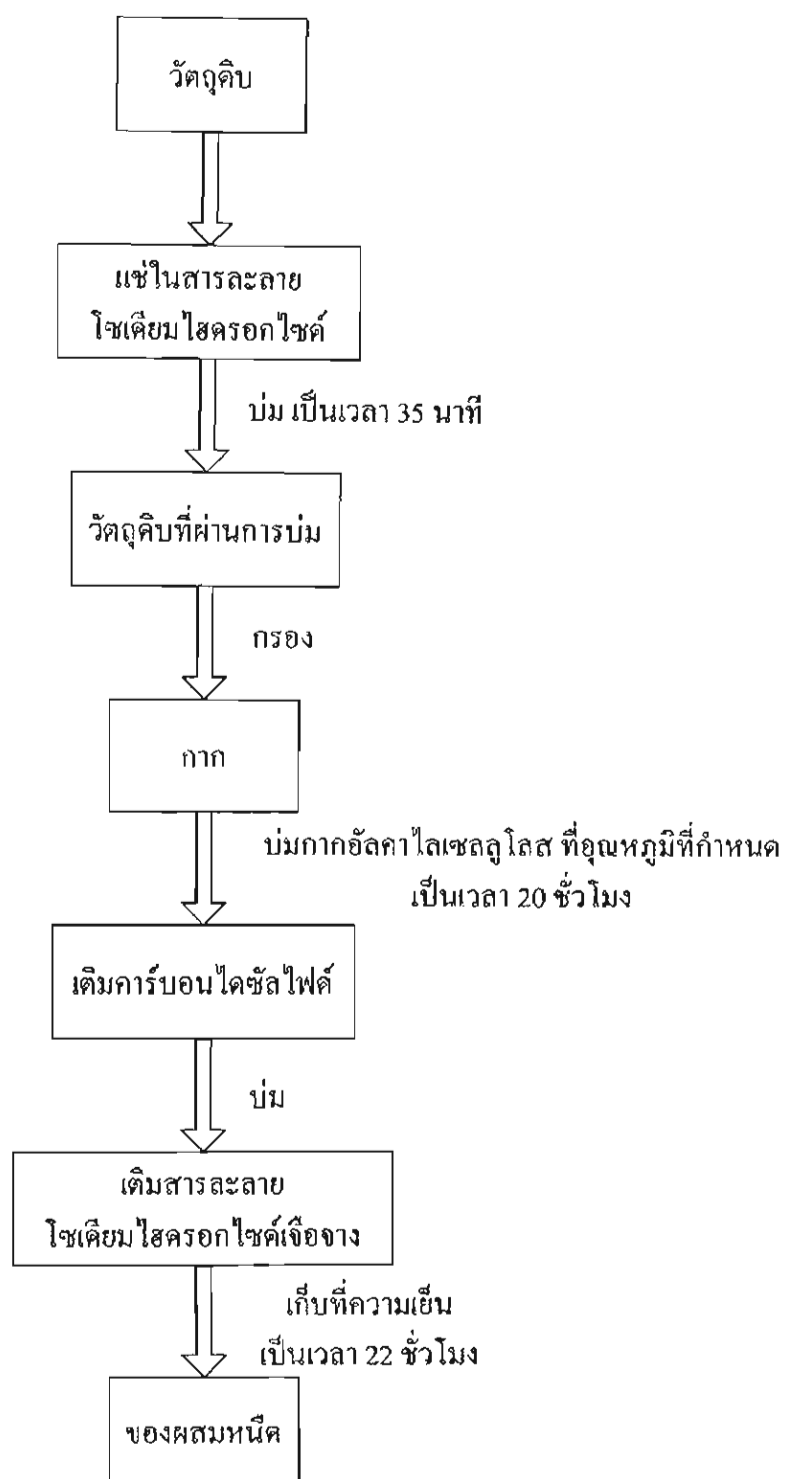
การเตรียมชานอ้อย

นำชานอ้อยผึ่งแดดให้แห้ง แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบด จากนั้นอบไล่ความชื้นในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เก็บใส่เดซิکเคเตอร์เพื่อป้องกันความชื้น

การเตรียมของผสมหนืด

นำชานอ้อยที่เตรียมจากขั้นตอนที่ 1 จำนวน 40 กรัม ใส่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 900 มิลลิลิตร เป็นเวลา 35 นาที จากนั้นกรองเอาแต่กากสีน้ำตาลเข้มโดยใช้ชุดกรวยกรอง และขวดชมพูสุญญากาศ ใส่กากลงในบีกเกอร์ ปิดด้วยพาราฟิล์ม บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิที่กำหนดเป็นเวลา 20 ชั่วโมง จะได้ของผสมมีลักษณะเป็น slurry สีน้ำตาลเข้ม จากนั้นเติมคาร์บอนไดซัลไฟด์ คนให้เข้ากัน ปิดด้วยพาราฟิล์ม บ่มทิ้งไว้เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง คนให้เข้ากัน ปิดด้วยพาราฟิล์ม เก็บในตู้ทำความเย็นเป็นเวลา 22 ชั่วโมง จะได้ของผสมหนืดคล้ายน้ำผึ้งสีน้ำตาลเข้ม

ขั้นตอนการเตรียมของผสมหนืดแสดงได้ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการเตรียมของผสมหนืด

การผลิตฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ

นำของผสมชนิดที่เตรียมจากขั้นตอนที่ 2 ผสมกับเกลือ โซเดียมซัลเฟตที่อัตราส่วนต่างๆ ดังแสดงตามตารางที่ 3 จะได้ของผสมที่มีสีส้ม จากนั้นเทลงในแม่พิมพ์ขนาด 7x7x1.5 (หน่วยเซนติเมตร) ซึ่งทำจากตะแกรงลวดขนาด 100 mesh วางลงในบีกเกอร์ เทกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักลงไป ทิ้งให้ขึ้นรูปเป็นฟองน้ำ และฟองน้ำสีน้ำตาลอ่อนที่ได้ออกจากแม่พิมพ์ล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นกำจัดน้ำออกโดยใช้อะซิโตน ผึ่งให้แห้ง เก็บใส่ถุงซิปล็อคเพื่อเตรียมทดสอบการดูดซึม

ตารางที่ 3 อัตราส่วนปริมาณเกลือ โซเดียมซัลเฟตซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซึมของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ (หน่วย: ร้อยละ โดยน้ำหนัก)

ของผสมชนิด	เกลือ โซเดียมซัลเฟต
50	50
34	66
25	75

การดูดซึมน้ำมันดิบและน้ำทะเล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความสามารถในการดูดซึมน้ำมันดิบและน้ำทะเลของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติที่เตรียมได้จากขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบกับความสามารถในการดูดซึมน้ำมันดิบและน้ำทะเลของพอลิพรอพิลีนซึ่งเป็นวัสดุดูดซึมที่ใช้ในทางการค้า

ความสามารถในการดูดซึมน้ำมันดิบ

นำวัสดุดูดซึมที่ต้องการทดสอบ ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร ซึ่งบรรจุน้ำมันดิบที่ต้องการทดสอบปริมาณ 400 มิลลิลิตร นำบีกเกอร์เข้าเครื่องเขย่า Incubator Shaker ที่ความเร็วรอบ 120±10 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำวัสดุที่ชุ่มด้วยน้ำมันดิบวางบนตะแกรงลวดเป็นเวลา 15 นาทีเพื่อให้ไขมันดิบส่วนเกินไหลออกมา วางบนกระดาษฟิกันนำไปชั่งน้ำหนัก ปริมาณน้ำมันดิบที่ถูกดูดซึมคำนวณได้จาก น้ำหนักวัสดุดูดซึมที่ชุ่มด้วยน้ำมันดิบลบด้วยน้ำหนักของวัสดุดูดซึมขณะ

แห้ง และความสามารถในการดูดซึมน้ำมันดิบคำนวณได้จาก ปริมาณน้ำมันดิบที่ถูกดูดซึมหารด้วย น้ำหนักของวัสดุดูดซึมขณะแห้ง

ความสามารถในการดูดซึมน้ำทะเล

นำวัสดุดูดซึมที่ต้องการทดสอบ เทลงในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร ซึ่งบรรจุน้ำทะเลปริมาณ 400 มิลลิลิตร นำบีกเกอร์เข้าเครื่องเขย่า Incubator Shaker ที่ความเร็วรอบ 120 ± 10 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำวัสดุที่ชุ่มด้วยน้ำทะเลวางพักบนตะแกรงลวดเป็นเวลา 5 นาที วางบนกระดานฟิกาน่าไปชั่งน้ำหนัก ความสามารถในการดูดซึมน้ำทะเลคำนวณได้จาก น้ำหนักของวัสดุดูดซึมที่ชุ่มด้วยน้ำทะเลลบด้วยน้ำหนักของวัสดุดูดซึมขณะแห้ง แล้วหารด้วยน้ำหนักของวัสดุดูดซึมขณะแห้ง

การคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหนืดของของผสมหนืด

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาปัจจัยของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม และปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อค่าความหนืดของของผสมหนืด ซึ่งทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 1 และ ขั้นตอนที่ 2 โดยทำการทดลองที่สภาวะต่างกัันดังแสดงตามภาพที่ 11 แล้วนำของผสมหนืดส่วนหนึ่งที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ไปวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brook Field Viscometer รุ่น RVDV-III วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหนืดโดยใช้โปรแกรมมินิแทบ (Minitab) นำของผสมหนืดอีกส่วนที่เหลือไปศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซึมของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ

การคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซึมของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ

ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซึมของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติซึ่งได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม ปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ และอัตราส่วนปริมาณเกลือโซเดียมซัลเฟต ทำได้โดยนำของผสมหนืดอีกส่วนหนึ่งซึ่งกล่าวไว้ในขั้นตอนที่ 5 เตรียมเป็นฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ โดยผสมกับเกลือโซเดียมซัลเฟตในอัตราส่วนที่ต่างกันตามตารางที่ 3 จากนั้นนำฟองน้ำที่เตรียมได้ไปทดสอบความสามารถในการดูด