ENERGY AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT FOR POLYAMIDE FIBER PRODUCTION

Tanarat Sapsrithong

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University and Institut Français du Pétrole
2005

ISBN 974-993-725-2

T272431245

Thesis Title:	Energy and Environmental Assessment for Polyamide Fiber Production
By:	Tanarat Sapsrithong
Program:	Polymer Science
Thesis Advisors:	Asst. Prof. Manit Nithitanakul
	Asst. Prof. Pomthong Malakul

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

Nantaya Yanumet. College Director

(Assoc. Prof. Nantaya Yanumet)

Thesis Committee:

(Asst. Prof. Manit Nithitanakul)

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

(Assoc. Prof. Rathanawan Magaraphan)

Kitipat Siemanond

(Asst. Prof. Kitipat Seimanond)

482143

ABSTRACT

4672027063 : Polymer Science Program
Tanarat Sapsrithong : Energy and Environmental Assessment for Polyamide fiber production
Thesis Advisors: Assit. Prof. Manit Nithitanakul
and Asst. Prof. Pomthong Malakul, 64 pp. ISBN 974-993-725-2
Keywords : life cycle assessment; environmental assessment; polyamide 6; fiber; Simapro 5.1

Life cycle assessment is a new method used for evaluate the environmental burden from products. In this study, environmental performance of two types of polyamide chip (T-100 and T-200) used for polyamide fiber production in Thailand, was determined. Simapro 5.1 software was used to analyze and estimate the environmental impact of the two products. The methods used to evaluate the data were Eco-indicator 95 and 99. A comparison between polyamide chips type T-100 and T-200, functional unit was one ton of the chip, showed that T-200 generated approximately 7.3 percent less environmental burden than the T-100. This was due to lower electrical energy being used per functional unit in the higher production capacity of the T-200. The extra additives in T-200 chip had very little effect on the environment performance of the two chips. The largest environmental effect in the production of two chips, shared 84 percent of all effects, was due to resources usage. The raw material phase generated the most environmental burden, this was due to environmental burden of the crude oil used to produce caprolactam, which was used as the raw materials for polyamide chip. The recovery phase generated the lowest environmental burden because low volume ratio of recovery water was used in production phase.

บทคัดย่อ

ธนรัชต์ ทรัพย์ศรีทอง: การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานของเส้นใยพอลิเอไมด์ (Energy and Environmental Assessment for Polyamide fiber Production) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. มานิตย์ นิธิธนากุล และ ผศ. ดร. ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา 64 หน้า ISBN 974-993-725-2

การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ซึ่งประเมินค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น อันเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และกิจกรรมอื่นๆครอบคลุมตลอดทั้งชีวิตผลิตภัณฑ์ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเม็ดพอลิเอไมด์ 2 ชนิด (ที-100 และ ที-200) ซึ่งใช้ในการผลิตเส้ยใยพอลิเอไมด์ในประเทศไทย โปรแกรม Simapro 5.1 ได้ถูกใช้ในการประเมินและวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสองผลิตภัณฑ์ โดยมี Eco-indicator 95 และ Eco-indicator 99 เป็นตัวประเมินผล โดยผลที่ได้จะเป็นข้อมูลต่อเม็ดพอลิเอไมด์ 1 ตัน เมื่อทำการประเมินผลที่ได้ปรากฏว่าเม็ดพอลิเอไมด์ชนิด ที-200 ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าชนิด ที-100 ประมาณ 7.3% เหตุผลเนื่องมาจากมีการใช้ไฟฟ้าในการผลิตน้อยกว่าเมื่อเทียบต่อ 1 ตัน ของการผลิต เพราะกำลังในการผลิตของ ที-200 มีมากกว่า ผลกระทบที่มีมากที่สุดคือ การบริโภคทรัพยากรซึ่งคิดเป็น 84 % ของผลกระทบทั้งหมด และจากกระบวนการผลิตที่ศึกษาปรากฏว่า ช่วงวัตถุดิบ (Raw material phase) ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด โดยเหตุผลหลักคือ การใช้น้ำมันดิบในการผลิต Carpolactam ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเม็ดพอลิเอไมด์ และช่วงที่ส่งผลกระทบน้อยที่สุดคือ ช่วงกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม (Recovery phase) สืบเนื่องมาจาก อัตราส่วนของสารที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Recovery water) มีการใช้น้อยมากในกระบวนการผลิต

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis work is partially funded by Postgraduate Education and Research Pregram in Petroleum and Petrochemical Technology (PPT consortium). The author would also thank Thai Toray Synthesis for providing the raw data to carry out in this work.

The author would like to express her sincere appreciation to her advisors, Asst. Prof. Manit Nithitanakul, and Asst Prof. Pomthong Malakul for their valuable support, guidance, and for having been a constant source of inspiration for this work, without them this work would not been completed. The author would also like to thank Assoc. Prof. Rathanawan Magaraphan and Asst. Prof. Kitipat Seimanond for serving on his thesis committee and for providing useful suggestions. The author also very thankful to PPC staffs for their invaluable technical assistance.

The author would also like to especially thank PPC Ph.D. students and his friends, for all of their helpful suggestions and friendships.

Lastly but certainly not least, the author would like to thank his family for all of their love, encouragement, and support they have provided thought out his life. Without them, none of this would have been possible.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
Title Page		i
Abstract (in English)		iii
Abstract (in Thai)		iv
Acknowledgements		v
Table of contents		vi
List of Figures		viii
List of Tables		x
CHAPTER		
I	**INTRODUCTION**	1
II	**LITERATURE SURVEY**	3
III	**EXPERIMENTAL**	14
IV	**ENERGY AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT FOR POLYAMIDE FIBER PRODUCTION**	15
	4.1 Abstract	15
	4.2 Introduction	16
	4.3 Experimental	20
	4.4 Results and Discussion	21
	4.5 Conclusions and Recommendation	27
	4.6 Acknowledgements	28
	4.7 References	28

CHAPTER		PAGE
V	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATION	62
	REFERENCES	63
	CURRICULUM VITAE	64

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
	CHAPTER II	
2.1	The structure of nylon6 .	2
2.2	A typical melt-spinning line	3
2.3	Phases of an LCA	4
2.4	Typical overall scheme of a product's life cycle	5
	CHAPTER IV	
4.1	System Boundary of polyamide chip.	29
4.2	Detail of Auxiliary unit	30
4.3	Inventory of Lactam preparation and Polymerization process (T-100)	31
4.4	Inventory of Lactam preparation and Polymerization process (T-200)	32
4.5	Inventory of Extraction process	33
4.6	Inventory of Drying process	34
4.7	nventory of Water waste process	35
4.8	Inventory of Mixing process	36
4.9	Inventory of Melting process	37
4.10	Inventory of Depolymerization and Condensation process	38
4.11	Inventory of Distillation process	39
4.12	Inventory of life cycle of polyamide chip code T-100	40
4.13	Inventory of life cycle of polyamide chip code T-200	41
4.14	Percent contribution of each phase to greenhouse effect.	42
4.15	Percent contribution of each phase to ozone layer depletion	43
4.16	Percent contribution of each phase to acidification potential	44

FIGURE **PAGE**

4.17	Percent contribution of each phase to eutrophication potential	45
4.18	Percent contribution of each phase to heavy metal generation.	46
4.19	Percent contribution of each phase to carcinogen potential	47
4.20	Percent contribution of each phase to energy resources use.	48
4.21	Percent contribution of each phase to solid waste generation	49
4.22	The comparison of the total amount of environmental impact between T-100 and T-200 chips by Eco-indicator 95.	50
4.23	The comparison of the total amount of environmental impact between each phase of T-100 chip	51
4.24	The comparison of the total amount of environmental impact between each phase of T-200 chip	52
4.25	The comparison of the total amount of environmental impact between T-100 and T-200 chips by Eco-indicator 99	53
4.26	The final weight scores of T-100 and T-200 chips.	54
4.27	The comparison of the final weight score between T-100 and T-200 chips.	55

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
	CHAPTER IV	
4.1	Transportation of raw material and distance	56
4.2	Electricity that used in each process	56
4.3	The total amount of environmental impact potentials and energy use in the life cycle of one ton of T-100 chip.	57
4.4	The total amount of environmental impact potentials and energy use in the life cycle of one ton of T-200 chip.	57
4.5	The normalization and weighting factor from Eco-indicator 95 method 15	58
4.6	The total environmental impact of T-100 chip and T-200 chip that analyzed by Eco-indicator 99 method	58
4.7	Percent contributions to the impact from each phase of T-100 chip	59
4.8	Percent contributions to the impact from each phase of T-200 chip	60
4.9	The normalization and weighting factor from Eco-indicator 99 method	61
4.10	Percent contributions to three impacts from life cycle of two types of chip	61