5

การศึกษาการออกแบบที่เหมาะสมของกล่องกระดาษลูกฟูกสำหรับเครื่องกระป๋อง

นายเลิศชัย ระตะนะอาพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๘

ISBN 974-566-002-7

009639

i 17169756

THE STUDY OF THE OPTIMAL DESIGN OF CORRUGATED-BOX FOR CAN-PRODUCTS

Mr. Lertchai Ratana-arporn

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1985

Thesis Title	The Study of the Optimal Design of Corrugated-Box for Can-Products.
By	Mr. Lertchai Ratana-arporn
Department	Industrial Engineering
Thesis Advisors	Associate Professor Ampika Krairit
	Mr. Poon Kongcharoenkiat

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

.....S. Bunnag.....Dean of Graduate School

(Professor Supradit Bunnag, Ph.D)

Thesis Committee

.....Chairman

(Associate Professor Vanchai Rijiravanich, Ph.D)

.....Member

(Associate Professor Ampika Krairit)

.....Member

(Dr. Paritud Bhandhubanyong)

.....Member

(Mr. Poon Kongcharoenkiat)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University.

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการออกแบบที่เหมาะสมของกล่องกระดาษลูกฟูก สำหรับเครื่องกระป๋อง
ชื่อนิสิต	นายเลิศชัย ระตะนะอาพร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ์
	นายปุ่น คงเจริญเกียรติ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	๒๕๒๘

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงปัญหาต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อกล่องกระดาษลูกฟูก ซึ่งจะส่งผลไปยังผลิตภัณฑ์ที่บรรจุภายในโดยตรง ในการวิจัยนี้ให้กล่องกระดาษลูกฟูกเป็นตัวแทนของหีบห่อบรรจุ และให้ปลาซาร์ดีนกระป๋องเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุภายใน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ทั้งสองเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตและเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางที่สุด ทั้งนี้จะเริ่มทำการวิจัยด้วยการศึกษากรรมวิธีการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก และปัญหาต่างๆ ก่อนที่จะถูกส่งมายังโรงงานผู้ผลิตปลาซาร์ดีนกระป๋องเพื่อการบรรจุและขนส่งไปยังจุดหมาย ในระหว่างการขนส่งจะศึกษาถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่มีต่อกล่องและปลาซาร์ดีนกระป๋องที่บรรจุภายในตั้งแต่ ณ. ที่โรงงานผู้ผลิตปลาซาร์ดีนกระป๋องจนถึงที่หมาย จากนั้นจะนำกล่องที่ผ่านการขนส่งมาแล้วไปทดสอบหาความแข็งแรงที่เหลือของคุณสมบัติต่าง ๆ ของกล่อง เช่น ความต้านแรงดันทะลุ (bursting strength) ความต้านแรงที่มทะลุ (puncture resistance) ความต้านทานแรงกดวงแหวน (ring crush resistance) ความต้านทานแรงกดลอนลูกฟูก (flat crush resistance) ความต้านทานแรงกดตามแนวตั้ง (edgewise crush resistance) และความสามารถในการรับแรงกดบนตัวกล่อง (box compression strength) โดยเปรียบเทียบกับความแข็งแรงของกล่องชนิดเดียวกัน แต่ยังไม่ผ่านการใช้งาน เพื่อดูว่ามีอิทธิพลอะไรบ้างที่มีผลกระทบต่อกล่อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ และพิจารณาออกแบบกล่องกระดาษลูกฟูกที่เหมาะสมกับปลาซาร์ดีนกระป๋องต่อไป

จากการศึกษาและการวิจัยพบว่าอิทธิพลที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของกล่องกระดาษลูกฟูกคือ ความถี่ของการขนย้ายกล่องกระดาษลูกฟูก (ที่บรรจุปลาซาร์ดีนกระป๋องแล้ว) ระยะเวลาของการเก็บรักษาไว้ในคลังเก็บสินค้า และระยะทางของการขนส่งจากโรงงานผู้ผลิตปลาซาร์ดีนกระป๋อง จนถึงที่หมาย

การวิเคราะห์ผลทดสอบกล่องกระดาษลูกฟูกครั้งแรกเพื่อนำผลที่ได้ไปสร้างกล่องในรูปแบบที่เหมาะสมพบว่า กล่องที่มีระยะทางการขนส่งใกล้ ๆ (ประมาณ ๕๐ กิโลเมตร) และมีระยะเวลาการเก็บรักษาช่วงสั้น ๆ (ประมาณ ๒ วัน)คุณสมบัติของกล่องที่ลดลงไปคือ ความสามารถในการรับแรงกดบนตัวกล่อง (box compression strength) ลดลงประมาณ ๓๓% แต่ในกรณีของกล่องที่มีระยะทางการขนส่งไกล ๆ (กว่า ๘๐๐ กิโลเมตร) และมีระยะเวลาการเก็บรักษานาน (กว่า ๖๐ วัน) คุณสมบัติของกล่องที่ลดลงไปอย่างเห็นได้ชัด คือ ความสามารถในการรับแรงกดบนตัวกล่อง (box compression strength) ลดลงถึง ๗๒% ความต้านทานแรงกดลอนลูกฟูก (flat crush resistance) ลดลงประมาณ ๖๐ % และความต้านทานแรงกดตามแนวตั้ง (edgewise crush resistance) ลดลงประมาณ ๔๙%

หลังจากการทดสอบและการวิเคราะห์ผลของกล่องรูปแบบที่สร้างขึ้น พบว่ามีคุณสมบัติที่เหมาะสมดังนี้

๑. กล่องกระดาษลูกฟูกแบบ Regular Slotted Container ชนิดฝาเปิดด้านบน (top-loading) มีความแข็งแรงมากกว่ากล่องแบบ Regular Slotted Container ชนิดฝาเปิดด้านข้าง (end-loading)

๒. สำหรับกล่องแบบ RSC ชนิด top-loading จากการวิจัยพบว่ากล่องที่มีมิติภายในพอดีกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ (เครื่องกระป๋อง) จะช่วยลดผลกระทบของกล่องในด้านความสามารถในการรับแรงกดบนตัวกล่องได้ดี เนื่องจากกล่องที่มีช่องว่างภายในมากจะทำให้กระป๋องเกิดการกระแทกกันระหว่างการขนส่งซึ่งมีผลกระทบต่อค่าความสามารถในการรับแรงกดบนตัวกล่องโดยตรง

๓. ค่าความต้านแรงดันทะลุ (bursting strength) ไม่ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของกล่อง เช่น ระยะทางของการขนส่ง ความถี่ของการขนย้ายกล่อง หรือ ระยะเวลา

ของการเก็บรักษาไว้ในคลังสินค้า เป็นต้น ตราบใดที่ผิวกล่องไม่มีรอยแตกหรือฉีกขาด ค่าความต้านแรงดันทะลุของกล่องก่อนการบรรจุกับกล่องหลังการขนส่งจะไม่แตกต่างกันเท่าใดนัก

นอกจากนี้ยังพบว่า ในการทดสอบค่าความต้านแรงดันทะลุของแผ่นกระดาษลูกฟูกที่ใช้ทำกล่อง เมื่อให้กระดาษทำผิวกล่องด้านที่มีน้ำหนักมาตรฐานต่ำหงายขึ้น จะได้ค่าความต้านแรงดันทะลุที่สูงกว่าเมื่อให้กระดาษทำผิวกล่องด้านที่มีน้ำหนักมาตรฐานต่ำคว่ำลง

๔. กล่องในรูปแบบที่สร้างขึ้นใหม่ช่วยลดต้นทุนให้ต่ำลง กล่าวคือกล่องแบบ RSC ชนิด top-loading มีต้นทุนต่ำลง ๒๑.๙๔ % กล่องแบบ RSC ชนิด end-loading มีต้นทุนต่ำลง ๒๙.๙๔ %

อย่างไรก็ตาม จากการวิจัยสรุปผลได้ว่า กล่องกระดาษลูกฟูกที่เหมาะสมสำหรับการบรรจุเครื่องกระป๋องทั้งในด้านความแข็งแรงของกล่อง ต้นทุนต่ำและความสะดวกในการบรรจุหรือขนย้าย คือกล่องแบบ RSC ชนิด top-loading ที่มีมิติภายในพอดีกับผลิตภัณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title The Study of the Optimal Design of Corrugated-Box for Can-Products.

Name Mr. Lertchai Ratana-arporn

Thesis Advisors Associate Professor Ampika Krairit

Mr. Poon Kongcharoenkiat

Department Industrial Engineering

Academic Year 1985

ABSTRACT

The objective of this research is to study factors affecting both the strength of corrugated fibreboard boxes and the products contained therein. In this research, for popularity reason, corrugated fibreboard box and canned sardine represent the package system. The study is conducted to determine the mechanical properties of box material after in-house transportation (from factory to warehouse), and then to compare the test results with those obtained from similar boxes before packing to evaluate the selected residual strength. The obtained data will be useful in views of the optimal design of corrugated fibreboard boxes for canned products.

This research reveals that the main factors affecting the strength of corrugated fibreboard boxes are frequency of handling and transportation, storing duration, and transporting distances.

The analysis of the first stage of the test results, before proposing the appropriate box, reveals that the affected mechanical property of corrugated fibreboard boxes, where the transporting distance and the storage period are short (40 km and 2 days, approx., respectively) is the box compression strength (a decrease by 33 %, approx.). On the other hand, where the transporting distance as well as the storage period are long (over 800 km and 60 days, respectively), the box compression strength, the flat crush resistance and the edgewise crush resistance all suffer a decrease of approximately 72 %, 60 % and 49 %, respectively.

The analysis of the second stage of the test results (the proposal of the appropriate box stage) reveals that :

1. Box of regular slotted container style with top-loading type gives a heigher mechanical strength than that of end-loading type.

2. RSC, top-loading box with inside dimensions properly fitting the contained can-products shall decrease damage of box in view of the box compression strength.

3. The bursting strength value of corrugated box does not depend upon frequency of handling and transportation, storing duration, and transporting distances. The bursting strength of pre-packing and post-shipment boxes is rarely different, so long as, there is no crack or tear shown on either inner surface or outer surface of the box.

The test results show that the bursting strength value of corrugated board is higher when the side of board with a higher basis weight of liner is placed in contact with the diaphragm of the Mullen Tester.

4. The proposed boxes can decrease the cost per unit of corrugated boxes, i.e. RSC, top-loading and end-loading shall be decreased by 21.94 % and 29.94 % , respectively.

From the research, it can be concluded that the appropriate design of corrugated box used in testing in the selected canning factory, in views of adequate strength of box, low in cost and comfortable packing, is RSC (top-loading) box with inside dimensions properly fitting the contained can-products.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank Associate Professor Ampika Krairit and Mr.Poon Kongcharoenkiat who have been so kind as to act as advisors and whose support contributes greatly to the completion of this thesis. Acknowledgement is also made to the assistance of Associate Professor Dr. Vanchai Rijiravanich and Dr.Paritud Bhandhubanyong for their kind advises and comments.

Special appreciation is due all the senior officers of the Thai Industrial Standards Institute for their assistance and support, and the Governor of the Thailand Institute of Scientific and Technological Research for allowing access to the testing facilities at the Thai Packaging Centre. I also wish to thank all the staff at the Thai Packaging Centre who have been very helpful throughout.

Finally, I wish to express my most profound gratitude to my parents for their morale and spiritual support.

L. Ratana-arporn

April 1985

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

	PAGE
Abstract (in Thai).....	iv
Abstract (in English).....	vii
Acknowledgements.....	x
List of Tables.....	xii
List of Illustrations.....	xv
List of Abbreviations.....	xviii

Chapter

1. Introduction.....	1
2. Corrugated Fibreboard.....	5
3. Corrugated Fibreboard Boxes.....	21
4. Test Results of Corrugated Fibreboard Boxes	48
5. Discussion and Conclusion.....	88
References.....	104
Appendices.....	107
Bio-Data.....	136

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

Table		Page
2.1	Flute Types and Take-Up Factors, Used in The Siam Krft Paper Co., Ltd.....	8
2.2	Flute Types Follows TIS.....	11
2.3	Mechanical Properties of Each Type of Flutes.....	17
2.4	Fibreboard Shipping Container Conversion Table showing Section 3 Rule 41 Uniform Freight Classification, U.S.A.	18
4.1	Test Results : Corrugated Fibreboard Boxes (Pre-Packing) of Kiang Hua Co., Ltd.....	68
4.2	Test Results : Corrugated Fibreboard Boxes (Post-Shipment) of Kiang Hua Co., Ltd.....	70
4.3	Comparison between Test Results of Pre-Packing and Post-Shipment Boxes of Kiang Hua Co., Ltd.....	72
4.4	Test Results : Corrugated Fibreboard Boxes (Pre-Packing) of Kwaung Paisarn Food Product Co., Ltd....	73
4.5	Test Results : Corrugated Fibreboard Boxes (Post-Shipment) of Kwaung Paisarn Food Product Co., Ltd...	75
4.6	Comparison between Test Results of Pre-Packing and Post-Shipment Boxes of Kwaung Paisarn Food Product Co., Ltd.	77
4.7	Test Results : Pre-Packing Boxes of Kiang Hua Co., Ltd.....	78

Table | Page

4.8 Test Results : Post-Shipment Boxes of Kiang Hua Co., Ltd. 79

4.9 Comparison between Test Results of Pre-Packing and Post-Shipment Boxes of Kiang Hua Co., Ltd. (after research)..... 80

4.10 Test Results : Pre-Packing Boxes of Proposed Boxes (Top-Loading)..... 81

4.11 Test Results : Post-Shipment Boxes of Proposed Boxes (Top-Loading)..... 82

4.12 Comparison between Test Results of Pre-Packing and Post-Shipment Boxes of Proposed Boxes (after research)..... 83

4.13 Test Results : Pre-Packing Boxes of Proposed Boxes (End-Loading)..... 84

4.14 Test Results : Post-Shipment Boxes of Proposed Boxes (End-Loading)..... 85

4.15 Comparison between Test Results of Pre-Packing and Post-Shipment Boxes of Proposed Boxes (after research)..... 86

4.16 Test Results of Materials of Boxes..... 87

5.1 Basis Weight Values and RCT of Pre-Packing and Post-Shipment Boxes..... 93

5.2 Overlapping Width of Manufacturer's Joint..... 94

5.3 Comparison between Bursting Strength of Pre-Packing and Post-Shipment Boxes..... 95

5.4 The Residual BCT of Post-Shipment Boxes..... 96

Table | Page

5.5 Comparison between Controllable Boxes and Proposed Boxes (Kiang Hua Co., Ltd.)..... 102

5.6 Comparison between Factory's Boxes and Designed Boxes (Kwaung Paisarn Food Product Co., Ltd.)..... 103

A.1 Bursting Strength and Ring Crush Resistance of Linerboard and Corrugating Medium..... 108

A.2 Take-Up Factor (c), k-Values and Thickness of Corrugated Fibreboard..... 109

A.3 Effect of Stacking Pattern of Box Compression Strength (f_a)..... 109

B.1 Proposed Alternate R20 Linerboard Grammages..... 113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF ILLUSTRATIONS

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Figure		Page
2.1	Basic Structure of Corrugated Board.....	6
2.2	Single-Faced Board.....	6
2.3	Single-Wall Board	7
2.4	Double-Wall Board.....	7
2.5	Triple-Wall Board.....	7
2.6	Various Crush Tests Used.....	10
2.7	Single Facer Operation.....	13
2.8	The Double Backer.....	14
2.9	Schematic Drawing of the Basic Principle of Corrugating.....	14
2.10	Flat Crush Resistance.....	15
2.11	Force Application to Corrugations.....	16
3.1	Box Dimensions.....	23
3.2	Box Failure Under Compression.....	23
3.3	Regular Slotted Container.....	27
3.4	Overlap Slotted Container.....	27
3.5	Half Slotted Containers.....	28
3.6	Five Panel Folder.....	29
3.7	One-Piece, Two-Piece and Three-Piece Folders.....	29
3.8	Fibreboard Interior Packing Devices.....	31
3.9	Manufacturer's Joint.....	33
3.10	The Printer-Slotter.....	34

Figure | Page

3.11 Force Application to Shipping Container..... 34

3.12 Box Stacking..... 36

3.13 Distribution of Compression Load Around the Perimeter of a Box..... 37

3.14 Stacking Patterns..... 40

4.1 Bursting Strength Test..... 53

4.2 Puncture Resistance Test..... 54

4.3 Edgewise Crush Test..... 55

4.4 Flat Crush Test..... 55

4.5 Ring Crush Test..... 56

4.6 Basis Weight Test..... 57

4.7 Positioning of the Models on the Truck..... 61

4.8 Two Styles of the Proposed Boxes..... 61

5.1 Bar-Chart of Physical-Property Comparison between Pre-Packing Boxes and Post-Shipment Boxes of Kiang Hua Co., Ltd..... 90

5.2 Bar-Chart of Physical-Property Comparison between Pre-Packing Boxes and Post-Shipment Boxes of Kwaung Paisarn Food Product Co., Ltd..... 91

A.1 Effect of Relative Humidity of Box Compression Strength (f_{rh})..... 110

A.2 Effect of Storing Duration on Box Compression Strength (f_t)..... 111

A.3 Effect of Frequency of Handling on Box Compression Strength (F_h)..... 112

Figure Page

C.1 Regular Slotted Container, Taped 114

C.2 Regular Slotted Container, Stitched or Glued 115

C.3 Partial Overlap Slotted Container, Taped 116

C.4 Partial Overlap Slotted Container, Stitched or Glued. 116

C.5 Half Slotted Container with Cover, Taped 117

C.6 Half Slotted Container, Stitched or Glued 118

C.7 Two-Piece Telescope Box, Cover End Slotted, Body Side Slotted 118

C.8 Two-Piece Telescope Box, Cover Side Slotted, Body End Slotted 119

C.9 Five Panel Folder with Regular Slotted Ends 120

C.10 Five Panel Folder with Full Overlap Ends 120

C.11 One-Piece Folder 121

C.12 Two-Piece and Three-Piece Folders 122

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF ABBREVIATIONS

ASSCO	=	European Solid Fibreboard Case Manufacturers' Association
ASTM	=	American Society for Testing and Materials
BCT	=	Box Compression Test
CD	=	Cross-Machine Direction or Cross Direction
CMT	=	Concora Medium Test
ECT	=	Edgewise Crush Test
FCT	=	Flat Crush Test
FEFCO	=	European Federation of Manufacturers of Corrugated Board
ISO	=	Internation Organization for Standardization
JIS	=	Japanese Industrial Standards
MD	=	Machine Direction
OD	=	Other Direction
RCT	=	Ring Crush Test
RH	=	Relative Humidity
RSC	=	Regular Slotted Container
TAPPI	=	Technical Association of the Pulp and Paper Industry of America
TIS	=	Thai Industrial Standards

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย