

การสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเหล็กใน BOF  
โดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์ก



นาย กิตติศักดิ์ งามจรัสกชกร

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ

สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-670-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# MODELING OF TEMPERATURE CHANGE OF LIQUID STEEL IN BOF BY NEURAL NETWORK

Mr. Kitisak Ngamjaruskochakorn

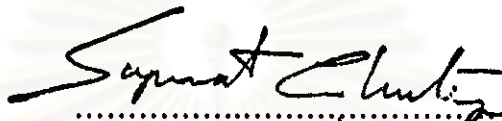
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering  
in Metallurgical Engineering  
Department of Metallurgical Engineering  
Graduate School  
Chulalongkorn University  
Academic Year 1997  
ISBN 974-637-670-5

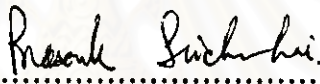
Thesis Title            Modeling of Temperature Change of Liquid Steel in BOF by  
                                 Neural Network  
By                            Mr. Kitisak Ngamjaruskochakorn  
Department            Metallurgical Engineering  
Thesis Advisor        Associate Professor Dr. Chatchai SomSiri, Ph.D.  
Thesis Co-Advisor    Dr. Ittipon Diewwanit, Sc.D.

---

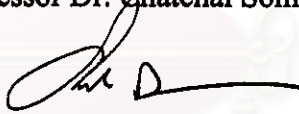
Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of  
the Requirements for the Master's Degree/


  
..... Dean of Graduate School  
( Professor Supawat Chutivongse, M.D.)

Thesis Committee

  
..... Chairman  
(Assistant Professor Dr. Prasonk Sricharoenchai, D.Eng)

  
..... Thesis Advisor  
(Associate Professor Dr. Chatchai Somsiri, Ph.D.)

  
..... Thesis Co-Advisor  
(Dr. Ittipon Diewwanit, Sc.D.)

  
..... Member  
(Assistant Professor Charkorn Jarupisithorn, M.Eng)

สภามหาวิทยาลัย  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติศักดิ์ งามจรตชกร : การสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเหล็กใน BOF โดยใช้  
นิวรอลเน็ตเวิร์ก (MODELING OF TEMPERATURE CHANGE OF LIQUID STEEL IN BOF  
BY NEURAL NETWORK) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ดร. ฉัตรชัย สมศิริ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ.ดร. อธิธิ-  
พล เดียววณิชย์, 71 หน้า. ISBN 974-637-670-5

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหารูปแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเหล็กใน BOF  
ช่วงระหว่างเทน้ำเหล็กจากเตาลงถึงรับน้ำเหล็กและเติมสารเพิ่มคุณภาพต่าง ๆ โดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์ก นอก  
จากนี้จะศึกษาถึงผลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในตัวนิวรอลเน็ตเวิร์กเอง และพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในขบวนการ  
ผลิตที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเหล็กด้วย งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริงของโรงงาน  
ผลิตเหล็กแห่งหนึ่งในประเทศไทย

นิวรอลเน็ตเวิร์กสามารถสร้างรูปแบบการจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเหล็กใน BOF ได้  
เป็นอย่างดี รูปแบบจำลองนี้มีความคิดพลาในการทำนายอุณหภูมิน้ำเหล็กเพียง 7 องศาเซลเซียส นิวรอลเน็ต  
เวิร์กจำนวนหลายโครงสร้างถูกใช้ทดลองเพื่อเรียนรู้แบบจำลองนี้ โครงสร้างของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่เหมาะสม  
กับแบบจำลองนี้ประกอบด้วย [11,4,1] ค่าอัตราการเรียนรู้ (learning rate) และ โมเมนตัม (momentum) เท่ากับ  
0.01 และ 0.5 ตามลำดับ นอกจากนี้แล้วนิวรอลเน็ตเวิร์กยังสามารถใช้หาผลกระทบของพารามิเตอร์ในขบวนการ  
การผลิตแต่ละตัวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเหล็กได้สอดคล้องกับการคำนวณทางอุณหพลศาสตร์อีกด้วย  
ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์แต่ละตัวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเหล็กนั้นมีลักษณะเป็นเส้น  
ตรง ปังจัยในขบวนการผลิตที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเหล็กมากที่สุด คือ เวลที่ใช้ในการเทน้ำ  
เหล็กจากเตา BOF ลงถึงรับน้ำเหล็ก ส่วนปังจัยในขบวนการผลิตที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเหล็ก  
น้อยที่สุด คือ ปริมาณน้ำเหล็กในเตา

ภาควิชา ..... วิศวกรรมโลหการ .....  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมโลหการ .....  
ปีการศึกษา ..... 2540 .....

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

## C818166 : MAJOR METALLURGY

KEY WORD: BOF's PROCESS / TEMPERATURE CHANGE / TAPPING TIME / ADDITIVE / FLUX / NEURAL NETWORK

KITISAK NGAMJARUSKOCHAKORN : MODELING OF TEMPERATURE CHANGE OF LIQUID STEEL IN BOF BY NEURAL NETWORK. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. Dr. CHATCHAI SOMSIRI, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : Dr. ITTIPON DIEWWANIT, Sc.D. 71pp. ISBN 974-637-670-5

The objective of this study is to model temperature change of the liquid steel in BOF's process during tapping and adding some additives using neural network. Extent of influences of the network parameters and process variables are studied. The actual measured data from a steel plant are used as a reference.

The study shows that the neural network is capable of predicting the change of the liquid steel temperature during BOF operation and transferring of the liquid steel to the ladles. The forecast temperatures agree with the measured values. It was found that the optimized architecture of the neural network consists of 11 inputs, 4 hidden neurons and 1 output with learning rate and momentum of 0.01 and 0.5 respectively. The discrepancies of the forecast model to the real values were found to be  $\pm 7^\circ\text{C}$ . A model based on thermodynamic and heat balance was also developed and was found to correlate well with the forecast from the neural network. Both models illustrate linear dependency of the temperature on the metallurgical and process parameters. The main factor which causes the temperature drop of liquid steel is tapping time while the steel weight least affects the temperature drop.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา...METALLURGICAL...ENGINEERING  
สาขาวิชา...METALLURGICAL ENGINEERING  
ปีการศึกษา... 1997

ลายมือชื่อนิสิต... Kitisak Ngamjaruskochakorn  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา...  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม... Chue

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to express his sincere gratitude to his advisor, Associate Professor Dr. Chatchai Somsiri and his co-advisor, Dr Ittipon Diewwanit. Acknowledgements are also extended to the other member of committee, Assistant Professor Chakorn Jarupisitthorn and Assistant Professor Dr. Prasonk Sricharoenchai for guidance and supervision leading to the completion of this study.

The author wishes to thank Nakornthai Strip Mill Public Company Limited for financial support for this project. Special thanks to Dillinger Huette steel plant in Dillingen, Germany for providing data and MIT-Management Intelligenter Technologien GmbH in Aachen, Germany for assistance in training the neural network program. Finally thanks are due to Mr. Wikorm Vajragupta for his much help criticisms.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## CONTENTS

	page
Abstract (in Thai).....	iv
Abstract (in English).....	v
Acknowledgements.....	vi
Contents.....	iiv
List of Tables.....	iiiv
List of Figures.....	ix
<b>Chapter</b>	
1. Introduction.....	1
2. Literature Survey.....	4
3. Experimental Procedure.....	33
4. Experimental Result and Discussion.....	43
5. Conclusion.....	57
References.....	58
Appendixes.....	60
Biography.....	71

## List of Tables

Table	Page
2.1 The Training and Testing Error for Different Architecture of 7 Input Network Model of Blast Furnace Burden Distribution.....	15
2.2 The Predicted results by ANN.....	17
2.3 The Results of Predicted Final Sulfur in Torpedo Ladle with Different Architecture Network.....	19
2.4 Comparison of the Rolling Force Prediction Error both the Mathematics and Combined Model.....	28
3.1 The Given Condition for Testing Input-Output Dependence.....	34
3.2 The Various Architecture of Network for Finding the Best Model.....	36
3.3 The Various of Learning rate and Momentum in Model.....	37
4.1 The Error of the Different Network.....	42



## List of Figures

Figure	Page
2.1 A simple neural network.....	6
2.2 Schematic Diagram of a single neuron.....	6
2.3 A general multilayer neural network.....	12
2.4 The result of temperature profile with neural network control.....	13
2.5 The true values of $\beta$ and predicted values by the [7,5,1] network.....	15
2.6 The result of prediction of final sulfur content in blowing converter.....	20
2.7 The predicted [%Mn]/(%Mn) by neural network and by experiment.....	21
2.8 A comparison between NN-predicted (S)/[a <sub>s</sub> ] and experimental (s)/[a <sub>s</sub> ].....	22
2.9 Result of simulation test of breakout prediction in continuous casting process .....	23
2.10 The predicted yield strength with addition of Nb and Ti.....	25
2.11 The credibility setimate predicted yield strength by evaluation MLP.....	25
2.12 Combined model of mathematical and neural network.....	27
2.13 The comparison between the predicted M <sub>s</sub> and the measured M <sub>s</sub> .....	30
2.14 The predicted M <sub>s</sub> by Line Andrews Model.....	30
2.15 The effect of alloying elements on the M <sub>s</sub> .....	31
3.1 Flowchart of training cycle in neural network.....	36

4.1	Predicted and actual temperature change from the best model.....	42
4.2	The histogram of error.....	43
4.3	The effect of hidden neurons in the learning curve.....	44
4.4	The effect of learning rate on the learning behavior of network.....	45
4.5	The effect of momentum on the learning behavior of network.....	46
4.6	The effect of tapping time on temperature drop.....	48
4.7	The effect of steel weight on temperature drop.....	48
4.8	The effect of calcium oxide on the temperature change of liquid steel.....	50
4.9	The effect of ferrochromium on the temperature change of liquid steel.....	51
4.10	The effect of manganese on the temperature change of liquid steel.....	51
4.11	The effect of carbon on the temperature change of liquid steel.....	52
4.12	The effect of aluminium on the temperature change of liquid steel.....	52