

การวิเคราะห์ค่าตัวแปรที่มีผลต่อค่าความผันแปรของความต้านทาน ในกระบวนการขัดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Factor Analysis Affecting Stripe Height Sigma (SH_Sigma) in the Lapping Process Slider Bar of Hard Disk Drives

ปภากร พิทยชาล*¹ และ วิวัฒน์ ยิ่งสุทธิพันธุ์*²

1 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง
จ.นครราชสีมา 30000

2 สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง
จ.นครราชสีมา 30000

*Email: klong119@hotmail.com

บทคัดย่อ

กระบวนการขัดหัวอ่าน (Lapping Process) คือ กระบวนการขัดแท่งหัวอ่าน (Bar) บนแผ่นขัดหัวอ่าน (Lapping Plate) โดยจะขัดเอาส่วนที่เคลือบบนแท่งหัวอ่านออกตามความหนาที่กำหนด โดยในกระบวนการนี้จะใช้ค่าความผันแปรของความต้านทาน (SH_Sigma) เป็นตัวกำหนดคุณภาพซึ่งค่าความผันแปรของความต้านทาน จะมีความสัมพันธ์กับความต้านทานของหัวอ่านแต่ละหัวอ่านในแท่งหัวอ่านนั้นซึ่งถ้าค่าความผันแปรของความต้านทาน มีค่ามากกว่าที่กำหนดจะถือว่าเป็นของเสียโดยในกระบวนการผลิตปัจจุบันพบว่า มีของเสียเกิดขึ้นอยู่ 6% ซึ่งนำมาสู่ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น บทความนี้จะได้นำเสนอการระบุปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดค่าความผันแปรของความต้านทาน ที่สูงเกินค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งผลการทดลองพบว่า ค่าปัจจัยหลักของค่าความสมดุลของแขนหัวอ่าน และอันตรกิริยาของค่าความสมดุลของแขนหัวอ่าน กับการส่ายของหัวเครื่องขัด และอันตรกิริยาของค่าความสมดุลของแขนหัวอ่าน กับค่าการยึดจับของตัวจับยึดเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความผันแปรของความต้านทาน

คำหลัก : ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ กระบวนการขัดหัวอ่าน ค่าความผันแปรของความต้านทาน กระบวนการควบคุม

Abstract

This study investigated the establishment of the parameters that influence the high value of stripe height sigma (SH_Sigma) to optimize parameters for control. SH_Sigma was measured to control the quality of the lapping process which involved a lapping bar on a lapping plate close to a target and the connection of the signal of feedback resistance for lapping control. Since a value of SH_Sigma relates with the resistance value, a high value of SH_Sigma naturally establishes a defective part. Furthermore, the current process has a 6% defective rate which causes high production costs. Results showed that interactions between load cell and oscillation and between load cell and clamp force affected SH_Sigma.

Keywords: Hard disk drive: Lapping process: Stripe height sigma (SH_Sigma): Process control: Load cell: Clamp force

บทนำ

กระบวนการขัดหัวอ่าน (Lapping process) คือกระบวนการขัดสารเคลือบผิวหน้าออกจากสไลเดอร์เพื่อเปิดขั้วสไลเดอร์ที่บริเวณปลาย ทำให้อุปกรณ์สามารถรับสัญญาณจากสไลเดอร์ได้และสัญญาณที่ได้จะถูกแปลงเป็นความต้านทานและแปลงเป็นค่าความหนาของสไลเดอร์ซึ่งจะถูกส่งไปยังเครื่องขัดเพื่อขัดสารเคลือบเปิดผิวหน้าตามเป้าหมายของแต่ละสไลเดอร์

กระบวนการขัดเปิดผิวหน้ายังถือเป็นกระบวนการที่สำคัญมากในกระบวนการผลิตสไลเดอร์ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เนื่องจากเป็นกระบวนการเริ่มต้นในการผลิตหากมีข้อผิดพลาดจะส่งผลกระทบต่อการผลิตในขั้นตอนต่อไป ซึ่งในกระบวนการขัดนั้นจะมีการวัดค่าความผันแปรของความต้านทาน (SH_Sigma) ในแต่ละหัวอ่านโดยค่า SH_Sigma นั้นจะมีความสัมพันธ์แบบแปรตามกับความต้านทานของแต่ละหัวอ่านในแท่งหัวอ่านนั้นซึ่งถ้าค่า SH_Sigma นั้นมีค่าสูงจะทำให้เกิดของเสียมากที่กระบวนการวัดความต้านทาน โดยในปัจจุบันนี้ค่า SH_Sigma ของกระบวนการขัดในปัจจุบันนี้ทำให้เกิดของเสียที่กระบวนการวัดค่าความต้านทานหลังกระบวนการขัดอยู่ 6% ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่มากขึ้น

บทความนี้นำเสนอการระบุปัจจัยที่มีผลทำให้ค่า SH_Sigma สูงและส่งผลให้เกิดของเสียในกระบวนการวัดหลังการขัด ซึ่งผลจากการศึกษาในครั้งนี้จะนำไปควบคุมและพัฒนากระบวนการผลิตต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในกระบวนการขัดของอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ถูกศึกษาอย่างต่อเนื่องเพื่อลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการนี้ แนวคิด Six Sigma ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย [1-3] ซึ่งผลการวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่ามีหลายปัจจัยที่ก่อให้เกิดของเสียขึ้น โดยกระบวนการควบคุมค่าความผันแปรของความต้านทานด้วยการควบคุมแบบ PID Control ได้ถูกนำเสนอจากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของกระบวนการขัดละเอียด (Fine Lapping Process) เนื่องจากค่าตัวแปรที่ทำการควบคุมกระบวนการขัดไม่เหมาะสม [1] ตำแหน่งการวางตัวหัวอ่านที่ผิดพลาดซึ่งเกิดจากขั้นตอนของการวาง Slider กับ Suspension เป็นอีกปัจจัยที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการขัดเนื่องจากเมื่อวางในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมจะทำให้การทำงานของ Suspension ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ [2] รวมถึงการออกแบบอุปกรณ์จับยึด

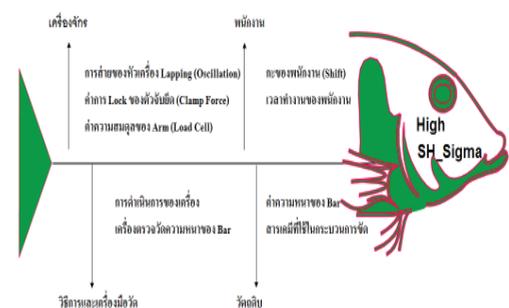
(Slider) เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการขัดส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน [3] นอกจากนี้แล้วโครงข่ายประสาทเทียมได้ถูกนำมาพยากรณ์เพื่อหาระยะเวลาที่ใช้ในการขัดแผ่นซิลิกอนที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการขัด [4]

โดยในกระบวนการหลังการขัดนั้นจะต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวหน้าหลังการขัดโดยมีการทดลองหาวัสดุที่ใช้ในกระบวนการขัดรวมถึงค่าตัวแปรที่ใช้ในการควบคุม [5-7]

นอกจากนั้นแล้วยังมีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการขัดโดยใช้วัสดุ Alumina, Ni-Zn ferrite และ Sodium silicate glass ซึ่งวัสดุดังกล่าวจะถูกนำมาผสมกับสารขัดจำพวก Sic โดยทำการทดลองที่เกี่ยวกับขนาดของสารขัดกับปริมาณของวัสดุที่ใช้ในกระบวนการขัดซึ่งพบว่า ทั้งสองส่วนนั้นมีผลต่อพื้นผิวหน้าหลังกระบวนการขัด [5] และถ้าต้องการให้พื้นผิวหน้าไม่เกิดรอยเนื่องจากการขัดนั้นจะต้องทำการควบคุมความเร็ว ความดัน และปริมาณสารที่ใช้ในกระบวนการขัดให้เหมาะสมด้วยเพื่อที่จะก่อให้เกิดของเสียจากกระบวนการขัดให้น้อยที่สุดด้วย [6-8] ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความผันแปรของความต้านทานที่เกิดจากเครื่องขัด

การดำเนินงาน

1. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดค่า SH_Sigma ที่สูง จากการทำแผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) ได้ข้อสรุปดังนี้



รูปที่ 1 แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในกระบวนการและคาดว่าก่อให้เกิดค่า SH_Sigma ที่สูงโดยใช้การวิเคราะห์ 4M ดังแสดงในรูปที่ 1 สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ สาเหตุที่เกิดจากพนักงาน (Man) ได้แก่ ระยะเวลาการทำงาน (Shift) และเวลาทำงานของพนักงาน สาเหตุที่เกิดจากวิธี

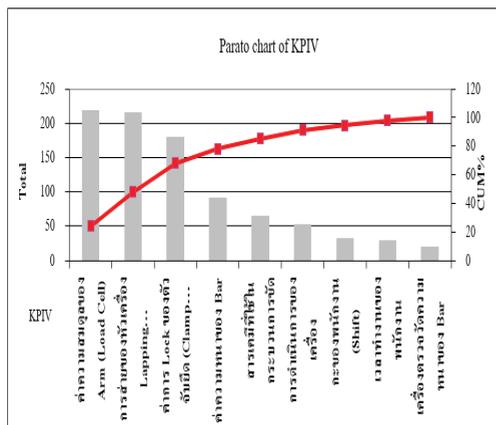
การและเครื่องมือวัด (Method) ได้แก่ การดำเนินการของเครื่องและเครื่องตรวจวัดความหนาของแท่งหัวอ่าน (Bar) สาเหตุที่เกี่ยวกับเครื่องจักร (Machine) ได้แก่ การส่ายของหัวเครื่องขัดแท่งหัวอ่าน (oscillation) และแรงยึดของตัวจับยึด (clamp force) และค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัด (load cell) และสาเหตุของวัสดุดิบ (Material) ได้แก่ ค่าความหนาของแท่งหัวอ่าน (Bar) และสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการขัด โดยจากปัจจัยที่วิเคราะห์เบื้องต้นได้นำเอาหลักการ Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) เพื่อระดมความคิดเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้องพร้อมกันให้คะแนนในแต่ละสาเหตุที่คาดว่าจะปัจจัย โดยในการให้คะแนนนั้นจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ

ความรุนแรงของสาเหตุที่จะเกิดค่าความผันแปรของความต้านทาน (Severity: S) : ซึ่งจะให้ค่าความรุนแรงที่สูงเริ่มจาก 10 จนถึงไม่มีความรุนแรงที่ 0

ความถี่ในการพบสาเหตุที่ทำให้เกิดค่าความผันแปรของความต้านทานที่สูง (Occurrence: O) : ซึ่งจะให้ค่าความถี่ที่มากเริ่มจาก 10 จนถึงไม่พบความถี่ที่ 0

กระบวนการตรวจสอบ (Detection: D) : ซึ่งถ้าไม่มีกระบวนการตรวจสอบจะให้ค่าเริ่มจาก 10 จนถึงมีกระบวนการตรวจสอบที่ดีจะเป็น 0

โดยจากการให้คะแนนสามารถสรุปและได้แผนภาพของพาเรโตดังตารางที่ 1 และรูปที่ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 2 แผนภาพพาเรโต (Pareto chart)

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าพาเรโตสะสม

รายการ	RPN	%	Cum %
ค่าความสมดุลของ Arm (Load cell)	218	24.20	24.20
การส่ายของหัวเครื่อง Lapping (Oscillation)	215	23.86	48.06
ค่าการ Lock ของตัวจับยึด (Clamp Force)	180	19.98	68.04
ค่าความหนาของ Bar	91	10.10	78.14
สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการขัด	64	7.10	85.24
การดำเนินการของเครื่อง	52	5.77	91.01
กะของพนักงาน (Shift)	32	3.55	94.56
เวลาทำงานของพนักงาน	29	3.22	97.78
เครื่องตรวจวัดความหนาของ Bar	20	2.22	100.00
รวม	901		

จากรูปที่ 2 พบว่าสาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสียสะสม 68% ได้แก่ 1 ค่าความสมดุลของแขนหัวอ่าน (Load cell) 2 การส่ายของหัวเครื่องขัดแท่งหัวอ่าน (Oscillation) 3 ค่าแรงยึดของตัวจับยึด (Clamp force) ดังนั้นทั้ง 3 ปัจจัยนี้จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิต

2. การกำหนดปัจจัยในการทดลอง

2.1. ปัจจัยที่ควบคุม ได้แก่ เครื่องขัดหัวอ่านเขียน (Lapping Machine) และตัวจับยึดแท่งหัวอ่านกับเครื่องหัวอ่านเขียน

2.2. ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผล ได้แก่ ค่าความสมดุลของแขนหัวอ่าน (Load cell) การส่ายของหัวเครื่องขัดแท่งหัวอ่าน (Oscillation) และค่าแรงยึดของตัวจับยึด (Clamp force)

จากปัจจัยที่ควบคุมได้และความคุมไม่ได้สามารถสรุปเป็นสภาวะการทำงานปกติได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงสภาวะการทำงานปกติ

สภาวะการทำงานปกติ	ค่า	หน่วย
ค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัด (Load cell)	2.85	Pound
การส่ายของหัวเครื่องขัดแท่งหัวอ่าน (Oscillation)	3.5	mil
แรงยึดจับของตัวจับยึด (Clamp force)	175	Psi

การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ผลที่เลือกใช้เป็น การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2k โดยใช้โปรแกรม Design-Expert ในการออกแบบการทดลอง ค่าตัวแปรทั้ง 3 ค่าโดยกำหนดค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดโดยมีค่ากลาง 3 ซ้ำซึ่งจากโปรแกรมจะออกแบบการทดลองได้ทั้งหมด 27 โดยการทดลองทั้ง 27 การทดลองนั้นมาจากการออกแบบการทดลองแบบ 23 และทำการการทดลองซ้ำ 3 ครั้งรวมทั้งค่ากลาง (ค่าสภาวะการทำงานปกติ) อีก 3 ครั้ง ดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4

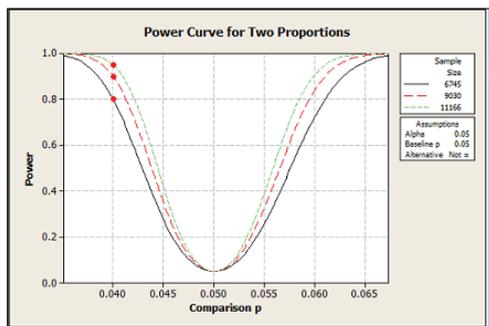
ตารางที่ 3 แสดงค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของตัวแปรทั้ง 3 ที่ใช้ในการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k

Factor	Name	Units	Low	High	Low code	High code
A	Load cell	Pound	2.70	3.00	-1	1
B	Clamp force	Psi	150	200	-1	1
C	Oscillation	mil	3.0	4.0	-1	1

ตารางที่ 4 แสดงค่าการทดลองทั้ง 27 การทดลอง

STD	RUN	Block	Load cell	Clamp force	Oscillation
6	1	Block1	3.00	150	3.0
20	2	Block1	2.70	200	4.0
1	3	Block1	2.70	150	3.0
14	4	Block1	2.70	150	4.0
24	5	Block1	3.00	200	4.0
17	6	Block1	3.00	150	4.0
12	7	Block1	3.00	200	3.0
10	8	Block1	3.00	200	3.0
27	9	Block1	2.85	175	3.5
25	10	Block1	2.85	175	3.5
13	11	Block1	2.70	150	4.0
21	12	Block1	2.70	200	4.0
22	13	Block1	3.00	200	4.0
7	14	Block1	2.70	200	3.0
19	15	Block1	2.70	200	4.0
5	16	Block1	3.00	150	3.0
3	17	Block1	2.70	150	3.0
9	18	Block1	2.70	200	3.0
8	19	Block1	2.70	200	3.0
15	20	Block1	2.70	150	4.0
11	21	Block1	3.00	200	3.0
16	22	Block1	3.00	150	4.0
26	23	Block1	2.85	175	3.5
4	24	Block1	3.00	150	3.0
18	25	Block1	3.00	150	4.0
23	26	Block1	3.00	200	4.0
2	27	Block1	2.75	150	3.0

ซึ่งเมื่อคำนวณสิ่งตัวอย่างเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลของทั้ง 27 การทดลองโดยใช้โปรแกรม Design Expert พบว่าในแต่ละการทดลองนั้นจะต้องใช้สิ่งตัวอย่างในแต่ละการทดลองเท่ากับ 11166 สไลเดอร์หรือเท่ากับประมาณ 180 bars ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงจำนวนสิ่งตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดลอง

ผลการทดลอง

จากการออกแบบการทดลองได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดลองทั้ง 27 การทดลอง

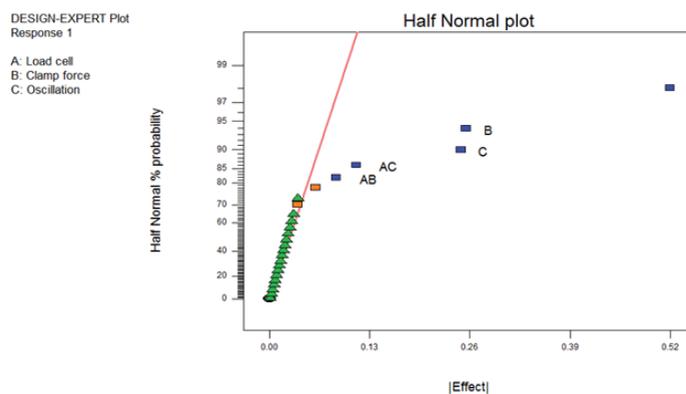
STD	RUN	Block	Load cell	Clamp force	Oscillation	Response
6	1	Block1	3.00	150	3.0	3.52
20	2	Block1	2.70	200	4.0	4.53
1	3	Block1	2.70	150	3.0	4.09
14	4	Block1	2.70	150	4.0	4.39
24	5	Block1	3.00	200	4.0	4.08
17	6	Block1	3.00	150	4.0	3.76
12	7	Block1	3.00	200	3.0	3.98
10	8	Block1	3.00	200	3.0	4.01
27	9	Block1	2.85	175	3.5	3.82
25	10	Block1	2.85	175	3.5	3.80
13	11	Block1	2.70	150	4.0	4.48
21	12	Block1	2.70	200	4.0	4.76
22	13	Block1	3.00	200	4.0	4.11
7	14	Block1	2.70	200	3.0	4.24
19	15	Block1	2.70	200	4.0	4.82

ตารางที่ 5 (ต่อ) แสดงผลการทดลองทั้ง 27 การทดลอง

STD	RUN	Block	Load cell	Clamp force	Oscillation	Response
5	16	Block1	3.00	150	3.0	3.62
3	17	Block1	2.70	150	3.0	4.23
9	18	Block1	2.70	200	3.0	4.15
8	19	Block1	2.70	200	3.0	4.34
15	20	Block1	2.70	150	4.0	4.44
11	21	Block1	3.00	200	3.0	3.95
16	22	Block1	3.00	150	4.0	3.71
26	23	Block1	2.85	175	3.5	3.91
4	24	Block1	3.00	150	3.0	3.70
18	25	Block1	3.00	150	4.0	3.85
23	26	Block1	3.00	200	4.0	4.09
2	27	Block1	2.70	150	3.0	4.19

นำผลการทดลองไปคำนวณด้วยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2k เพื่อหาค่าตัวแปรหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อค่าความผันแปรของความต้านทาน

ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ 4 เป็นการพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของผลที่มีต่อค่าความผันแปรของความต้านทาน โดยผลทั้งหมดที่อยู่บนเส้นตรงถือว่าไม่มีผลต่อค่าความต้านทานน้อย ในขณะที่ผลที่มีผลต่อค่าความผันแปรมากจะอยู่ห่างจากเส้นตรงนี้ ซึ่งพบว่าผลของปัจจัยหลักทั้งสามและอันตรกิริยาระหว่างค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดกับแรงยึดจับของตัวจับยึดและอันตรกิริยาระหว่างค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดกับการส่ายของหัวเครื่องขัดแห่งหัวอ่านมีผลอย่างมากต่อผลการตอบสนองของการทดลองนี้ และตารางที่ 6 เป็นตารางสรุปการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดลองนี้ซึ่งเราสามารถสรุปได้จากข้อมูลที่ได้มาปรากฏว่าผลของปัจจัยหลักทั้งสามมีผลอย่างมีนัยสำคัญและอันตรกิริยาระหว่างค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดกับแรงยึดจับของตัวจับยึดและอันตรกิริยาระหว่างค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดกับการส่ายของหัวเครื่องขัดแห่งหัวอ่านมีผลอย่างมีนัยสำคัญเช่นกันเนื่องจากค่า P-value น้อยกว่า 0.0001



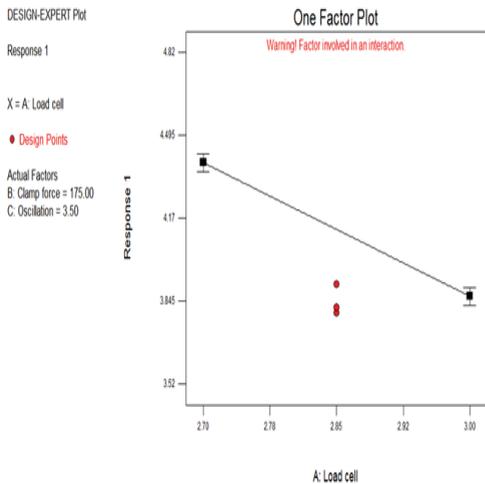
รูปที่ 4 แสดงผลของค่าตัวแปรที่มีผลต่อความผันแปรของความต้านทาน

ตารางที่ 6 ตารางอโนวาแสดงผลของปัจจัยที่มีผลต่อค่าความผันแปรของความต้านทาน

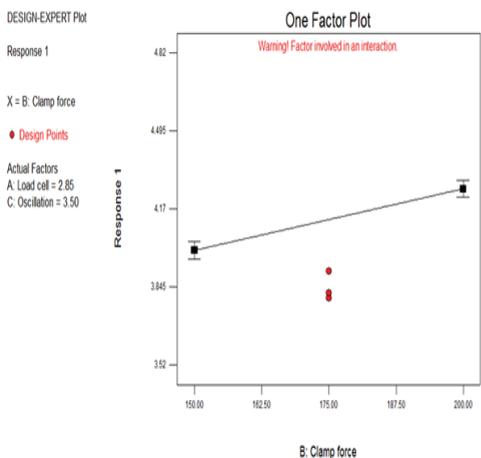
Source	Sum of Square	DF	Mean Square	F Value	Prob>F	
Model	2.536	5	0.507	70.175	<0.0001	Significant
A	1.643	1	1.643	227.389	<0.0001	
B	0.395	1	0.395	54.696	<0.0001	
C	0.375	1	0.375	51.891	<0.0001	
AB	0.045	1	0.045	6.236	0.0214	
AC	0.077	1	0.077	10.664	0.0039	
Curvature	0.214	1	0.214	29.623	<0.0001	Significant
Residual	0.145	20	0.007			
Lack of fit	0.030	2	0.015	2.234	0.1265	Not Significant
Pure Error	0.115	18	0.006			
Cor Total	2.894	26				

Factor	Coefficient Estimate	DF	Standard error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	4.127	1	0.017	4.090	4.163	
A-Load cell	-0.262	1	0.017	-0.298	-0.225	1
B-Clamp force	0.128	1	0.017	0.092	0.165	1
C-Oscillation	0.125	1	0.017	0.089	0.161	1
AB	-0.043	1	0.017	0.007	0.080	1
AC	-0.057	1	0.017	-0.093	-0.020	1
Center Point	-0.283	1	0.052	-0.392	-0.175	1

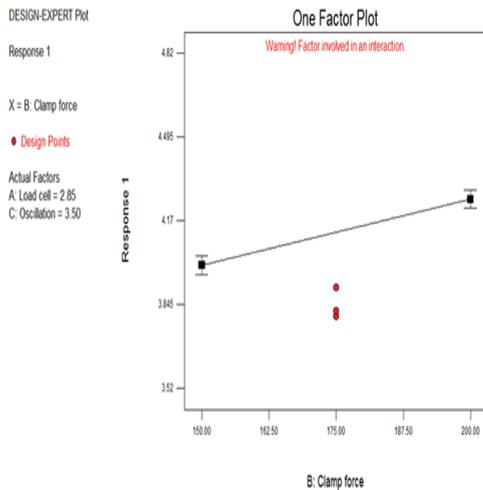
โดยเมื่อพิจารณาจากกราฟหลักทั้งสามปัจจัย จะพบว่าตัวแปรหลักทั้งสามมีหนึ่งปัจจัยที่มีผลในเชิงบวก คือ ค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดที่ทำให้ค่าความผันแปรของความต้านทานลดลงเมื่อเพิ่มค่าความสมดุลของหัวเครื่อง โดยอีกสองปัจจัยหลักนั้นจะมีผลในเชิงลบ คือ ค่าแรงยึดจับของตัวจับยึดและการส่ายของหัวเครื่องขัดแทงหัวอ่านที่ทำให้ค่าความผันแปรของความต้านทานสูงขึ้นเมื่อเพิ่มค่าแรงยึดจับของตัวจับยึดและการส่ายของหัวเครื่องขัดแทงหัวอ่านดังแสดงในรูปที่ 5, รูปที่ 6 และ รูปที่ 7



รูปที่ 5 แสดงผลของปัจจัยหลักค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดต่อค่าความผันแปรของความต้านทานที่ลดลง

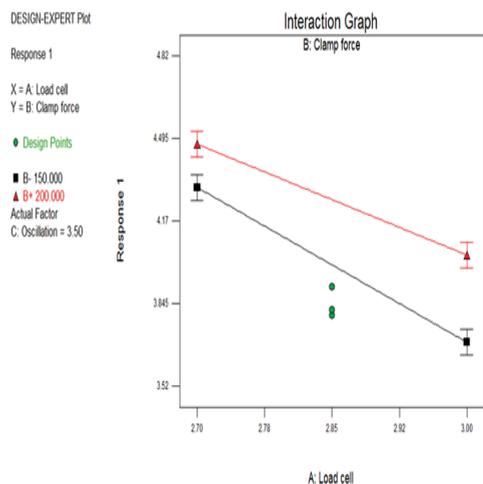


รูปที่ 6 แสดงผลของปัจจัยหลักค่าแรงยึดจับของตัวจับยึดต่อค่าความผันแปรของความต้านทานที่เพิ่มขึ้น

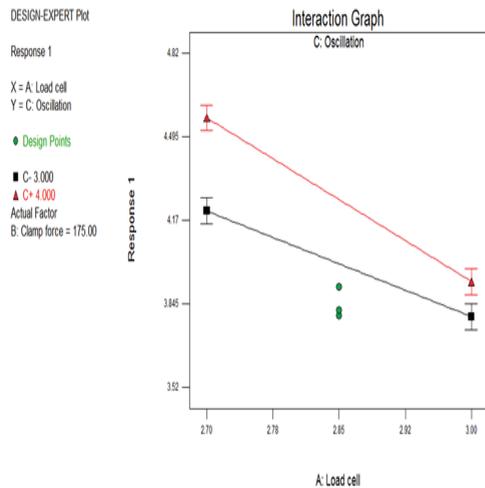


รูปที่ 7 แสดงผลของปัจจัยหลักการส่ายของหัวเครื่องขัดแทงหัวอ่านต่อค่าความผันแปรของความต้านทานที่เพิ่มขึ้น

และเมื่อพิจารณารูปของอันตรกิริยาเพิ่มจะพบว่า มีสองอันตรกิริยาที่มีผลในเชิงบวก คือ อันตรกิริยาระหว่างค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดกับแรงยึดจับของตัวจับยึดและอันตรกิริยาระหว่างค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดกับการส่ายของหัวเครื่องขัดแทงหัวอ่านที่ทำให้ค่าความผันแปรของความต้านทานลดลงเมื่อมีการเพิ่มค่าของอันตรกิริยาทั้งสองดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9



รูปที่ 8 แสดงผลของอันตรกิริยาระหว่างค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดกับแรงยึดจับของตัวจับยึดต่อค่าความผันแปรของความต้านทานที่ลดลง



รูปที่ 9 แสดงผลของอันตรกิริยาระหว่างค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดกับการส่ายของหัวเครื่องขัดแก่งหัวอ่านต่อค่าความผันแปรของความต้านทานที่ลดลง

จากข้อมูลที่ได้จากค่าตัวแปรหลักและอันตรกิริยานั้นในงานวิจัยนี้ได้ทดลองหาค่าที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการตัดโดยการควบคุมค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดและทำการเปลี่ยนแปลงแรงยึดจับของตัวยึดจับและการส่ายของหัวเครื่องขัดแก่งหัวอ่านซึ่งการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทั้งสองนั้นจะใช้ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดรวมทั้งค่ากลาง โดยได้ทำการทดลองเพิ่มอีก 9 การทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในกระบวนการดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่าค่าที่ให้ค่าความผันแปรของความต้านทานที่ต่ำสุดนั้น คือ ค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดที่ค่าสูงสุด (X2), แรงยึดจับของตัวยึดจับที่ค่าต่ำสุด (Y1) และการส่ายของหัวเครื่องขัดแก่งหัวอ่านที่ค่าต่ำสุด (Z1)

ตารางที่ 7 ตารางแสดงการทดลองเพิ่มเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในกระบวนการขัด

การทดลอง	Load cell	Clamp force	Oscillation	SH_Sigma
1	2.85	150	3.0	3.64
2	2.85	150	3.5	3.85
3	2.85	150	4.0	3.82
4	2.85	175	3.0	3.75
5	2.85	175	3.5	3.89
6	2.85	175	4.0	3.88

ตารางที่ 7 (ต่อ) ตารางแสดงการทดลองเพิ่มเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในกระบวนการขัด

การทดลอง	Load cell	Clamp force	Oscillation	SH_Sigma
7	2.85	200	3.0	3.94
8	2.85	200	3.5	3.98
9	2.85	200	4.0	4.02

สรุปผลการทดลอง

จากผลการวิจัยเพื่อหาปัจจัยในการลดค่าความผันแปรของความต้านทานพบว่า ค่าปัจจัยหลักของค่าความสมดุลของ หัวเครื่องขัด และอันตรกิริยาของค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดกับการส่ายของหัวเครื่องขัดแก่งหัวอ่านและอันตรกิริยาของค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดกับค่าการยึดจับของตัวยึดจับเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความผันแปรของความต้านทานและให้ค่าความผันแปรของความต้านทานที่ต่ำที่สุด คือ 3.64 โดยค่าที่เหมาะสมที่จะใช้ควบคุมกระบวนการนั้น คือ ค่าความสมดุลของหัวเครื่องขัดที่ค่ากลาง (2.85 pound), แรงยึดจับของตัวยึดจับที่ค่าต่ำสุด (150 psi) และการส่ายของหัวเครื่องขัดแก่งหัวอ่านที่ค่าต่ำสุด (3 mils)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยและพัฒนาที่ได้รับรับการสนับสนุนและความร่วมมือจากสาขาวิชาเครื่องกล (แมคคาทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและบริษัท Seagate Technology (Thailand) Ltd อ.สูงเนิน จ.นครราชสีมา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Prasit Wonglersak, Prakankiat Youngkong and Ittipon Cheowanich. 2011. " PD Compensator for Lapping Process of Hard Disk Drive Heads," **World Academy of science, Engineering and Technology** 60, pp 926-928.
- [2] วิศิษฐ์ศรี วิยะรัตน์, อนุชา วัฒนภา และ สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล. 2551. "การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์โดยเทคนิคซิกซ์ซิกมา," การประชุมวิชาการหน่วยงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ.2551 หน้า 394-398.

- [3] เกียรติศักดิ์ แสนสำโรง และ สิริวิชญ์ เตชะเจษฎารังสี.
2008. "การวิเคราะห์ผลกระทบของอุปกรณ์จับยึด
สไลเดอร์บาร์ในกระบวนการขัดเปิดผิวหน้า."
วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.13(8)
981-992.
- [4] สุธิดา ปรีชาเดช. 2554. "Prediction of Silicon Wafer
Lapping Time by Artificial Neural Network,"
วิศวกรรมสาร มก.77, 1-11.
- [5] Yoomin Ahn and Sang-Shin Park, 1997. "Surface
Roughness and Material Removal Rate of
Lapping Process on Ceramics." **KSME
International Journal**. Vol.11, No 5,pp 494-504.
- [6] S.M.Fulmali and R.B.Chadge. 2012. "Need of
Lapping Machine for Value Component : A Case
Study." **International Journal of Modern
Engineering research**. Vol.2, Issue 6,pp 4609-
4612.
- [7] Walid Mahmoud Shewakh. 2012. "Comparision
between Grinding and Lapping of Machined Part
Surface Roughness in Micro and Nano Scale."
**Journal of Mechanical Engineering and
Technology**. Vol.4. No.1.
- [8] นุสรุา ผาระนัตร์. 2555. "การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสม
ในกระบวนการขัดหัวอ่านของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อ
ลดของเสีย." การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรม
อุตสาหกรรม.

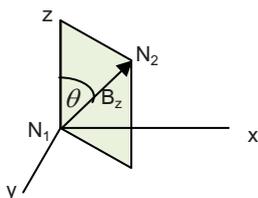
ตารางที่ 2 (ต่อ)ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของโครงสร้างเปรียบ เทียบ กับความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของโครงสร้างลักษณะพิเศษ

สัปดาห์	ศักย์ไฟฟ้า ($\times 10^{-2}$ V)	
	โครงสร้างเปรียบเทียบ	โครงสร้างลักษณะพิเศษ
10	1.8	18.0
11	1.9	20.3
12	2.0	24.0
13	2.0	24.8

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การเก็บประจุไฟฟ้าจากอากาศด้วยตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกเก็บได้จำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่เมื่อตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกที่ถูกจัดเรียงแบบโครงสร้างลักษณะพิเศษ คือชุดตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกที่ถูกเรียงทำมุม 54.74 องศา กับแนวตั้ง และเช่นเดียวกันก็ทำมุม 54.74 องศา กับแนวอนด้วย เพราะเป็นเส้นทิศทางลัทธิของแกน X, Y, Z ในสามมิติ หรือเป็นศูนย์รวมหรือเป็นโพกัสของทิศทางในสามมิติ ทำให้ชุดตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกเหล่านี้มีความสามารถในการเก็บประจุได้มากกว่าปกติ ซึ่งปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับมุม 54.74 องศาหลายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นมีลักษณะพิเศษที่นักวิทยาศาสตร์ยังมีปัญหาที่จะหาเหตุผลอธิบายได้อย่างชัดเจน

จากงานวิจัยของ S J Erickson, R W Prost, and ME Timins [7] ได้พิจารณาแรงกระทำต่อกันระหว่างสองนิวคลีไอ (Dipole interaction) เมื่อทั้งสองอยู่ห่างกันรัศมี r และทำมุมกับทิศทางสนามแม่เหล็กในแนวแกน z เป็นมุม θ



$$B_z = \frac{m}{r^3} \cdot (3\cos^2\theta - 1)$$

เมื่อ m คือ magnetic dipole moment, B_z เป็นแรงกระทำระหว่างนิวคลีไอทั้งสองบนแนว $N_1 N_2$ ซึ่งแรงกระทำระหว่างสองนิวคลีไอมักค่าขึ้นกับ $(3\cos^2\theta - 1)$ และเมื่อมุม $\theta = 54.74$ องศา ผลลัพธ์คือ แรงกระทำระหว่างนิวคลีไอทั้งสองมีค่าเท่ากับศูนย์ ด้วยเหตุนี้อาจเป็นไปได้ว่าแรงกระทำต่อกันของขั้วประจุเดียวกัน ในอากาศที่อยู่ในแนวมุม 54.74 องศา มีผลเช่นเดียวกันคือเป็นศูนย์ ทำให้เกิดความเป็นอิสระของประจุมากขึ้นกว่าเดิม เมื่อประจุอยู่ในแนวมุม 54.74 องศา จึงเป็นเหตุให้เกิดการเคลื่อนย้ายประจุได้สะดวกและรวดเร็วกว่าเดิม ส่งผลให้มีการเก็บประจุไฟฟ้าในแนวมุมดังกล่าวได้มากกว่าปกติ

อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ทำให้เกิดขบวนการเก็บประจุไฟฟ้าได้มากกว่าปกติในสนามแม่เหล็กหรือได้พลังงานงานไฟฟ้าจากสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก พลังงานนี้อาจมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับการที่จะนำไปใช้งาน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับยุคเริ่มต้นของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งผลิตปริมาณไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้เพียงประมาณ 0.01 โวลต์ เท่านั้น หากงานวิจัยนี้ได้พัฒนาต่อไป และนำโครงสร้างลักษณะพิเศษนี้มาต่อกันแบบอนุกรมกันหลายๆ อัน ก็เป็นการเพิ่มศักย์ไฟฟ้าให้สูงขึ้นได้เช่นเดียวกันกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พร้อมๆกับการต่อกันแบบขนานกันหลายๆ อัน ก็เป็นการเพิ่มกระแสเช่นเดียวกันกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จึงเป็นไปได้ว่าในอนาคตอาจจะสามารถนำมาใช้งานเช่นเดียวกับเซลล์แสงอาทิตย์ แต่มีข้อได้เปรียบมากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ คือ นำไปใช้ได้ทุกหนทุกแห่งโดยไม่ต้องพึ่งพาแสงอาทิตย์ นั่นคือเกิดประโยชน์ในบริเวณแถบขั้วโลกที่มีแสงอาทิตย์น้อยๆก็นำไปใช้ได้ เกิดการผลิตประจุไฟฟ้าขึ้นตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์เพียงไม่เกิน 8 ชั่วโมงต่อวันเท่านั้น แต่ก็มีข้อเสียเปรียบอยู่บ้าง คืออากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่มากกว่า 80% เริ่มส่งผลให้การเก็บประจุได้น้อยลง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Boonsri, P. 2002. "Mathematics proof of the time dimension as a vector", *Journal of the Royal Institute of Thailand*, 27(2): 399-408.
- [2] Boonsri, P. 2003. "The geometry of the time dimension", *29th Congress on Science and Technology of Thailand*; 193.
- [3] Sivapraphagorn, A. 2002. "Effect of Subfield on Increasing Rate of Reduction Oxidation Reaction",

28th Congress on Science and Technology of Thailand, 184.

- [4] Sivapraphagorn, A. 2004. "Effect of direct current in the Subfield (or Time field) on increasing Rate of Redox Reaction", **30th Congress on Science and Technology of Thailand**; 85.
- [5] Sivapraphagorn A. 2003. "Effect of Second Type Subfield on Decreasing Rate of Redox Reaction", **29th Congress on Science and Technology of Thailand**, 140.
- [6] Sivapraphagorn, A. and et al. 2011. "Possibility of Activated Time Dimension Effects on Rate of Redox Reaction and Growth Rate of Tissue Culture Plants", **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**, 45 : 20 – 27.
- [7] Erickson, S. J, Prost, R. W, and , Timins, M E. 1993. "The "magic angle" effect: background physics and clinical relevance". **Radiology**. July. 188:1. <http://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiology.188.1.7685531?journalCode=radiology>.