

## บทที่ 5

### วิเคราะห์ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 กรณีตามวัตถุประสงค์การวิจัยที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น ได้แก่

1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลสมบัติทั้ง 4 อย่างของกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มและทุกรุ่นกับเกณฑ์มาตรฐานตามข้อกำหนดที่ 14 ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา เพื่อตัดสินว่าโลหะในกลุ่มใดและรุ่นใดที่มีกลสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้ทำโครงโลหะฟันปลอมบางส่วนถอดได้

2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลสมบัติแต่ละอย่างของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มและแต่ละรุ่นกับค่าเฉลี่ยของกลสมบัติแต่ละอย่างของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ Unpaired Student's T-test เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงของกลสมบัติของโลหะที่เหวี่ยงได้ เมื่อผ่านการผสมโลหะเก่าและการเวียนใช้ซ้ำ

3. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลสมบัติแต่ละชนิดของกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มและทุกรุ่น ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกแบบสองทางกรณีมีการวัดซ้ำ (Two way analysis of variance with replication) เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปร "อัตราส่วนผสมระหว่างโลหะเก่ากับโลหะใหม่" และตัวแปร "จำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ" รวมถึงอิทธิพลร่วมจากตัวแปรทั้งสอง (interaction effect) ที่มีต่อกลสมบัติของโลหะที่เหวี่ยงได้ และวิเคราะห์เปรียบเทียบภายหลัง (post-hoc comparison) ด้วยวิธีของ Scheffe' (Scheffe's test) เพื่อระบุกลุ่มตัวอย่างที่มีกลสมบัติแตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลสมบัติของกลุ่มตัวอย่างกับเกณฑ์มาตรฐานตามข้อกำหนดที่ 14 ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา

ผลการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 26

กลุ่มตัวอย่าง	ผลการเปรียบเทียบ	กลสมบัติที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์
กลุ่มควบคุม	ผ่านเกณฑ์	-
1/1	ไม่ผ่านเกณฑ์	ระยะของการยึดตัว
1/2	ไม่ผ่านเกณฑ์	ความทนแรงดึง, ระยะของการยึดตัว
1/3	ไม่ผ่านเกณฑ์	ความทนแรงดึง, ระยะของการยึดตัว
2/1	ไม่ผ่านเกณฑ์	ระยะของการยึดตัว
2/2	ไม่ผ่านเกณฑ์	ความทนแรงดึง
2/3	ไม่ผ่านเกณฑ์	ความทนแรงดึง
3/1	ไม่ผ่านเกณฑ์	ระยะของการยึดตัว
3/2	ไม่ผ่านเกณฑ์	ความทนแรงดึง, ระยะของการยึดตัว
3/3	ไม่ผ่านเกณฑ์	ความทนแรงดึง, ความเครียด
4/1	ผ่านเกณฑ์	-
4/2	ไม่ผ่านเกณฑ์	ความทนแรงดึง
4/3	ไม่ผ่านเกณฑ์	ความทนแรงดึง, ความเครียด

ตารางที่ 26 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลสมบัติของกลุ่มตัวอย่างกับเกณฑ์มาตรฐานตามข้อกำหนดที่ 14 ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา

จากตารางที่ 26 เฉพาะกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นโลหะใหม่ที่ไม่ผสมโลหะเก่า และกลุ่ม 4/1 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมระหว่างโลหะเก่าร้อยละ 25 กับโลหะใหม่ร้อยละ 75 โดยที่โลหะเก่าผ่านการเวียไนซ์ซ้ำ 1 ครั้ง เท่านั้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน กลสมบัติส่วนใหญ่ของกลุ่มตัวอย่างอื่นที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือความทนแรงดึง ซึ่งมีจำนวนมากกว่าระยะของการยึดตัวและความเครียดตามลำดับ ในขณะที่ความแข็งแรงในทุกกลุ่มตัวอย่างล้วนแต่ผ่านเกณฑ์ ข้อสังเกตที่น่าสนใจคือความแตกต่างกันของกลสมบัติที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ในกลุ่มตัวอย่างที่มีอัตราส่วนผสมโลหะเก่า-ใหม่ต่างกัน ดังเช่นในกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3 ซึ่งจะเป็นผลจากจำนวนครั้งในการเวียไนซ์โลหะเก่าซ้ำที่เข้ามา มีบทบาทต่อกลสมบัติรวมด้วยหรือไม่ นั้น ไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนในปัจจุบัน

## 2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลสมบัติแต่ละชนิดของกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มและทุกรุ่นกับของกลุ่มควบคุม

วิเคราะห์ความแตกต่างด้วยสถิติ Unpaired Student's T- test โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $\alpha$  0.01) ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 27

ตัวอย่าง	กลสมบัติที่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ			
	กลุ่ม 1	กลุ่ม 2	กลุ่ม 3	กลุ่ม 4
รุ่น 1	T (-), E (-)	T (-), E (-), S (-)	T (-), E (-), H (-)	-
รุ่น 2	T (-), E (-)	T (-), E (-)	T (-), E (-), H (-)	T (-), E (-)
รุ่น 3	T (-), E (-)	T (-)	T (-)	T (-), E (-)

ตารางที่ 27 ผลการเปรียบเทียบเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลสมบัติแต่ละชนิดของกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มและทุกรุ่นกับของกลุ่มควบคุม (T = ความทนแรงดึง, E = ระยะของการยืดตัว, S = ความแรงคราก, H = ความแข็งผิว, (-) = น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

จากตารางที่ 27 เฉพาะกลุ่ม 4/1 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมระหว่างโลหะเก่าร้อยละ 25 กับโลหะใหม่ร้อยละ 75 โดยที่โลหะเก่าผ่านการเวียนใช้ซ้ำ 1 ครั้งเท่านั้นที่มีกลสมบัติแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ในขณะที่กลุ่มอื่นมีกลสมบัติดี้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยอย่างยิ่ง ความทนแรงดึง

ผลจากตารางที่ 27 มีความสอดคล้องกับผลจากตารางที่ 26 อาจกล่าวได้ว่าโลหะในกลุ่ม 4/1 มีกลสมบัติใกล้เคียงกับโลหะใหม่มากที่สุดในระดับที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยยังคงผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามข้อกำหนดที่ 14 ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา อย่างไรก็ตามยังคงพบความแปรปรวนของกลสมบัติที่ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่ 2 และ 3 ระหว่างการเวียนใช้ซ้ำ 1-3 ครั้ง ซึ่งจำเป็นต้องวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อกลสมบัติของโลหะที่เหวี่ยงได้ในระดับต่อไป

### 3. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลสมบัติแต่ละชนิดของกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มและทุกรุ่น

วิเคราะห์ความแตกต่างด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกแบบสองทางกรณีมีการวัดซ้ำ โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $\alpha$  0.05) ได้ผลดังนี้

#### 3.1 ความทนแรงดึง

จากการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร “อัตราส่วนผลระหว่างโลหะเก่ากับโลหะใหม่” และตัวแปร “จำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ” ที่มีต่อค่าความทนแรงดึงของโลหะที่เหวี่ยงได้ พบว่าปฏิสัมพันธ์สมมติฐานศูนย์ หมายถึงมีผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองต่อความทนแรงดึงของตัวอย่างในแต่ละกลุ่มและแต่ละรุ่น ซึ่งตามหลักของการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกแบบสองทางแล้วไม่สามารถแยกพิจารณาผลโดยตรงจากแต่ละตัวแปรได้ เพียงแต่พบว่าค่าความทนแรงดึงของตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างน้อย 1 กลุ่มตัวอย่าง (explained F = 33.763)

#### 3.2 ระยะของการยึดตัว

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่าผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง ต่อค่าระยะของการยึดตัวของตัวอย่างในแต่ละกลุ่มและแต่ละรุ่นเช่นเดียวกับความทนแรงดึง (ปฏิสัมพันธ์สมมติฐานศูนย์, explained F = 4.186) ทำให้ไม่สามารถแยกพิจารณาผลโดยตรงจากแต่ละตัวแปรได้ ผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบเพียงว่า ระยะของการยึดตัวของตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างน้อย 1 กลุ่มตัวอย่าง

ผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองที่มีต่อความทนแรงดึงและระยะของการยึดตัว ทำให้จำเป็นต้องแยกวิเคราะห์ในแต่ละระดับตัวแปรอีกครั้งหนึ่ง เพื่อศึกษาผลของแต่ละตัวแปรที่มีต่อความทนแรงดึงและระยะของการยึดตัวที่แต่ละระดับของอีกตัวแปรหนึ่ง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกแบบทางเดียว และวิเคราะห์เปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe' กำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $\alpha$  0.05) ซึ่งแยกออกได้เป็น 2 กรณี คือ

1.เปรียบเทียบผลของจำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำที่มีต่อความทนแรงดึงและระยะของการยืดตัวในแต่ละกลุ่มอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ แสดงผลในตารางที่ 28

ตัวอย่าง	กลสมบัติที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ			
	กลุ่ม 1	กลุ่ม 2	กลุ่ม 3	กลุ่ม 4
รุ่น 1	T**	T*	T*	T**, E**
รุ่น 2	T*	T*	T	T*, E*/**
รุ่น 3	T	T	T	T, E*

ตารางที่ 28 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของกลสมบัติระหว่างแต่ละจำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำในกลุ่มอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่เดียวกัน (T = ความทนแรงดึง, E = ระยะของการยืดตัว, \* = ระดับความมากน้อยของความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ)

จากตารางที่ 28 จำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำมีผลต่อความทนแรงดึงมากกว่าระยะของการยืดตัวในแต่ละอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ ซึ่งสังเกตได้จากจะพบความแตกต่างของระยะของการยืดตัวเฉพาะในตัวอย่างกลุ่มที่ 4 โดยที่การเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำเพียง 1 ครั้งมีค่าความทนแรงดึงสูงกว่า 2 และ 3 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นในตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ซึ่งการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ 1 ครั้งให้ผลไม่ต่างจาก 2 ครั้ง ส่วนระยะของการยืดตัวในตัวอย่างกลุ่มที่ 4 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกับความทนแรงดึง โดยที่การเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ 1 ครั้ง มีค่าแตกต่างจาก 3 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญ

ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงกลสมบัติที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญในโลหะที่เหวี่ยงโดยเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำเพียง 1 ครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ 2 และ 3 ครั้ง โดยที่แนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกันในแต่ละอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ อาจกล่าวได้ว่ากลสมบัติของโลหะที่ได้ด้อยลงตามจำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะซ้ำที่มากขึ้น

2.เปรียบเทียบผลของอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ที่มีต่อความทนแรงดึงและระยะของการยืดตัวในแต่ละครั้งของการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ แสดงผลในตารางที่ 29

ตัวอย่าง	กลสมบัติที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ		
	รุ่น 1	รุ่น 2	รุ่น 3
กลุ่ม 1	T, E	E	-
กลุ่ม 2	T, E	E*	-
กลุ่ม 3	T, E	E	-
กลุ่ม 4	T*, E*	E*	-

ตารางที่ 29 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของกลสมบัติระหว่างแต่ละอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ในแต่ละจำนวนครั้งที่เวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ (T = ความทนแรงดึง, E = ระยะของการยืดตัว, \* = ระดับความมากน้อยของความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ)

จากตารางที่ 29 พบความแตกต่างของความทนแรงดึงเฉพาะในตัวอย่างรุ่นที่ 1 โดยตัวอย่างในกลุ่มที่ 4 มีความทนแรงดึงมากกว่ากลุ่ม 1, 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญในขณะที่ไม่พบความแตกต่างในตัวอย่างรุ่นที่ 2 และ 3 สำหรับการเปรียบเทียบระยะของการยืดตัวได้ผลในลักษณะเดียวกัน แต่มีข้อแตกต่างกันตรงที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตัวอย่างกลุ่มที่ 2 และ 4 จากตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 3 ในตัวอย่างรุ่นที่ 2 ด้วย

ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงกลสมบัติที่ดีกว่าในโลหะที่มีอัตราส่วนผสมโลหะเก่าร้อยละ 25 กับโลหะใหม่ร้อยละ 75 เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ แต่ผลดังกล่าวมีน้อยลงตามจำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำที่เพิ่มขึ้น อาจกล่าวได้ว่าอิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างโลหะเก่ากับโลหะใหม่มีความสำคัญต่อกลสมบัติของโลหะผสมเฉพาะในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำจำนวนน้อยครั้งเท่านั้น

### 3.3 ความเครียด

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองไม่มีผลต่อค่าความเครียดของตัวอย่างในแต่ละกลุ่มและแต่ละรุ่น และเมื่อแยกทดสอบสมมติฐานถึงผลจากตัวแปรหลักแต่ละตัว พบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างโลหะเก่ากับโลหะใหม่ไม่มีผลต่อความแตกต่างกัน

ของค่าความเครียดระหว่างกลุ่มตัวอย่าง (ยอมรับสมมติฐานที่  $\alpha$  0.05) ในขณะที่จำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำมีผลต่อความแตกต่างกันของค่าความเครียดระหว่างกลุ่มตัวอย่าง (ปฏิเสธสมมติฐานที่  $\alpha$  0.05) แสดงว่ามีอย่างน้อย 1 จำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำที่เป็นผลให้ค่าความเครียดแตกต่างจากจำนวนครั้งอื่นๆ ซึ่งตรวจสอบด้วยวิธีของ Scheffe'

แต่ผลจากการตรวจสอบด้วยวิธีของ Scheffe' พบว่าการเปรียบเทียบภายหลังสำหรับตัวแปร "จำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ" กลับไม่พบความแตกต่างของค่าความเครียดระหว่างกลุ่มตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $\alpha$  0.05) ผลที่ได้ทำให้ไม่สามารถระบุจำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำที่ทำให้ค่าความเครียดแตกต่างจากครั้งอื่นๆได้ แต่เนื่องจากการตรวจสอบด้วยวิธีของ Scheffe' หลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทางนั้นวิเคราะห์โดยรวมผลจากทุกอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ในแต่ละครั้งของการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำเข้าด้วยกัน จึงวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยแยกค่าความเครียดในแต่ละอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ออกจากกันแล้วหาความแตกต่างระหว่างจำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำอีกครั้งหนึ่ง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว ตามด้วยการตรวจสอบด้วยวิธีของ Scheffe' ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 30

ตัวอย่าง	ความเครียดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ			
	กลุ่ม 1	กลุ่ม 2	กลุ่ม 3	กลุ่ม 4
รุ่น 1	-	-	-	S
รุ่น 2	-	-	-	S
รุ่น 3	-	-	-	S*

ตารางที่ 30 ผลการเปรียบเทียบความเครียดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างแต่ละจำนวนครั้งที่เวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ แยกตามแต่ละอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ (S = ความเครียด, \* = ระดับความมากน้อยของความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ)

จากตารางที่ 30 เฉพาะตัวอย่างกลุ่มที่ 4 ที่ความเครียดในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ 3 ครั้งมีค่ามากกว่า 2 และ 1 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่กลุ่มอื่นๆพบว่าการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำไม่มีผลต่อค่าความเครียดแต่อย่างใด เมื่อพิจารณาจากข้อมูลแสดงค่ากลสมบัติทั้ง 4 ในตัวอย่างกลุ่มที่ 4/1, 4/2 และ 4/3 จากตารางที่ 19, 20 และ 21 พบว่าค่าความเครียดของตัวอย่างกลุ่มที่ 4/3 ต่างจากกลุ่มอื่นด้วยค่าที่ระดับยกกำลัง 10 เท่า ในขณะที่กลุ่มที่ 4/1 และ 4/2 มีค่าใกล้เคียงกับ

ตัวอย่างกลุ่มอื่น ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้พบว่าค่าความเครียดในตัวอย่างกลุ่มที่ 4/3 แตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อทดสอบทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากตัวอย่างในกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ในตารางที่ 30 ปรากฏว่าค่าความเครียดในแต่ละครั้งของการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ประกอบกับผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทางพบว่าอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ไม่มีผลต่อความเครียดของโลหะที่เหวี่ยงได้ แนวโน้มส่วนใหญ่จึงน่าจะนำไปสู่การสรุปผลว่า จำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำมีผลต่อความเครียดของโลหะที่เหวี่ยงได้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

#### 8.4 ความแข็งแรง

จากการทดสอบสมมติฐาน พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของตัวอย่างในแต่ละกลุ่มและแต่ละรุ่น เช่นเดียวกับค่าความเครียด (ยอมรับสมมติฐานศูนย์ ( $\alpha$  0.05) และเมื่อแยกพิจารณาถึงผลกระทบจากแต่ละตัวแปร พบว่าจำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำและอัตราส่วนผสมระหว่างโลหะเก่ากับโลหะใหม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของโลหะที่เหวี่ยงได้ (ปฏิเสธสมมติฐานศูนย์) ซึ่งหมายถึงมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 2 รุ่น และ 2 กลุ่มตามลำดับ โดยที่ความแตกต่างระหว่างตัวแปรหนึ่งจะเหมือนกันในทุกะดับของอีกตัวแปรหนึ่ง ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe' แสดงผลในตารางที่ 31

ตัวแปร	ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงหรือคเวลล์			
การเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ	รุ่น 3 *	รุ่น 2	รุ่น 1	
	63.3174	60.1739	59.9048	
อัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่	กลุ่ม 2**	กลุ่ม 4**/4*	กลุ่ม 1**/1*	กลุ่ม 3*
	62.8180	62.4944	60.3500	58.9824

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแข็งแรงหรือคเวลล์ภายหลังวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกแบบ 2 ทาง แยกตามแต่ละตัวแปร (\* = ระดับความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ)

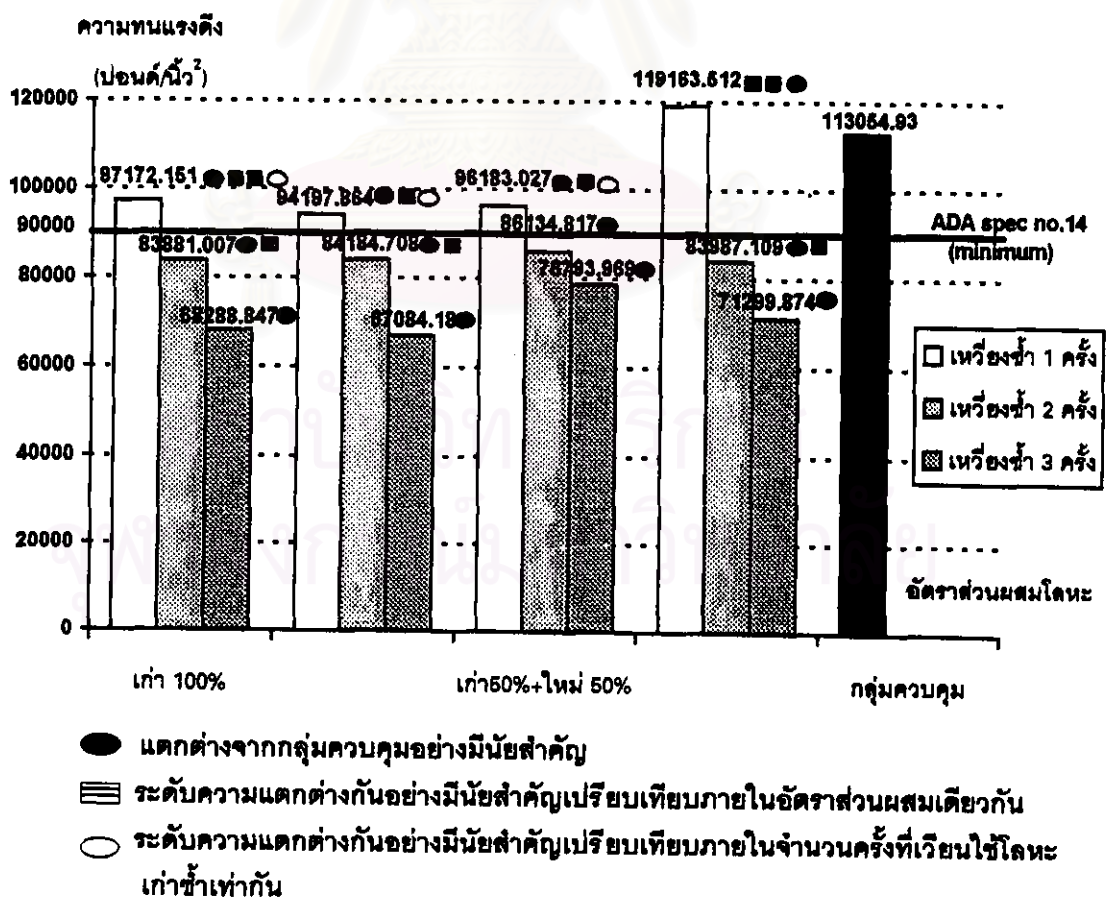
จากตารางที่ 31 การเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ 3 ครั้งทำให้โลหะที่เหวี่ยงได้มีความแข็งแรงมากกว่าการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ 1 และ 2 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่การเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ 1



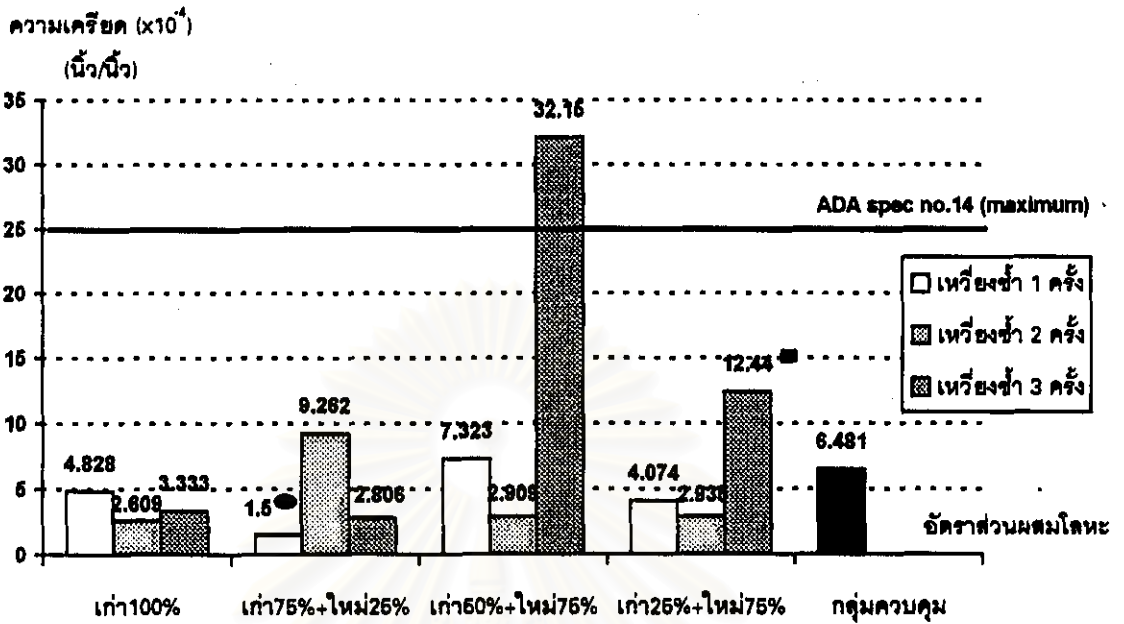
จากตารางที่ 31 การเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ 3 ครั้งทำให้โลหะที่เหยียงได้มีความแข็งแรงมากกว่าการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ 1 และ 2 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่การเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ 1 ครั้งไม่แตกต่างจาก 2 ครั้ง ในขณะที่อัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ในกลุ่มที่ 2 ต่างจากกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ แต่ต่างจากกลุ่มที่ 4 และ 1 อย่างไม่มีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ในกลุ่มที่ 3 แตกต่างจากกลุ่มที่ 4 และ 1 อย่างไม่มีนัยสำคัญ

ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของค่าความแข็งแรงมีมากขึ้นตามจำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ำ ต่างจากอัตราส่วนผสมโลหะเก่ากับโลหะใหม่ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงแตกต่างกันในลักษณะกระจายโดยไม่แสดงถึงทิศทางหรือแนวโน้มของความเปลี่ยนแปลงที่นำมาสัมพันธ์กับปริมาณโลหะเก่าและโลหะใหม่ที่นำมาผสมได้

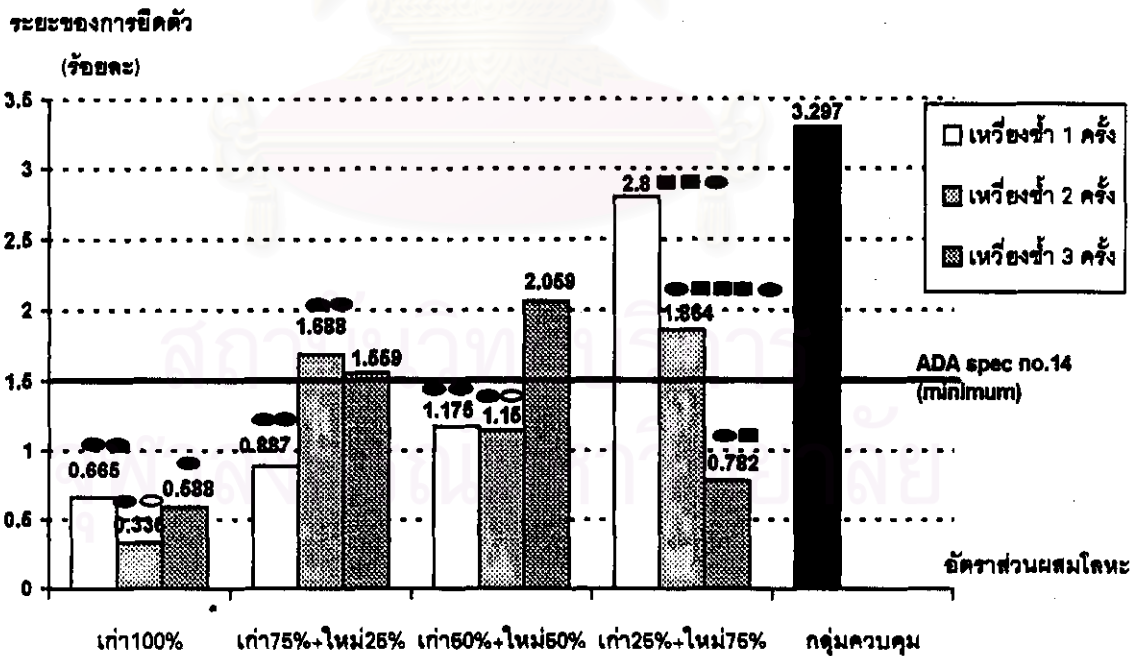
ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผลการวิจัยสรุปเป็นแผนภูมิได้ดังแสดงในรูปที่ 19-22



รูปที่ 19 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความทนแรงดึง (tensile strength) (ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup>)



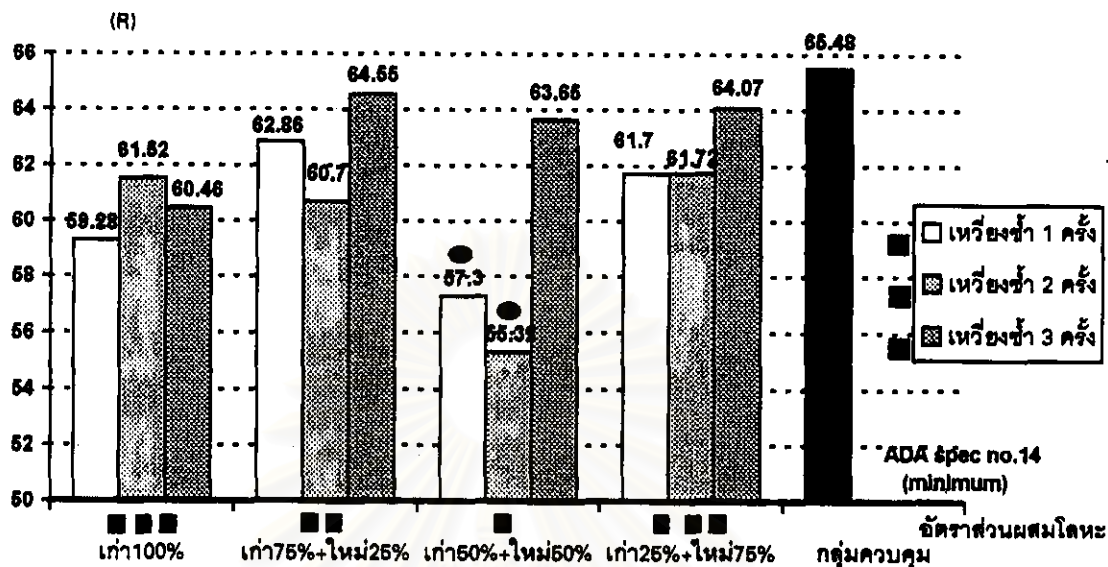
● แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ  
 ■ ระดับความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเปรียบเทียบภายในอัตราส่วนผสมเดียวกัน  
 รูปที่ 20 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความเครียด (strain) (นิ้ว/นิ้ว)



● แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ  
 ■ ระดับความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเปรียบเทียบภายในอัตราส่วนผสมเดียวกัน  
 ○ ระดับความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเปรียบเทียบภายในจำนวนครั้งที่เวียไนใช้โลหะเท่าๆกัน

รูปที่ 21 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยระยะของการยืดตัว (elongation) (ร้อยละ)

## ความแข็งผิวรีดเวลด์



- แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ
- ▨ ระดับความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเปรียบเทียบระหว่างแต่ละอัตราส่วนผสมโลหะและระหว่างแต่ละจำนวนครั้งในการเวียนใช้โลหะเก่าซ้ํา

รูปที่ 22 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวรีดเวลด์ (R)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย