

บทที่ 6

เฟืองท้ายรถยนต์

เมื่อมีความต้องการที่จะขับเคลื่อนเข้าโค้ง ล้อด้านซ้ายและด้านขวาจะหมุนเคลื่อนที่ไปในความเร็วที่เท่ากันเสมอทั้งนี้เป็นสาเหตุมาจากสภาพของพื้นผิวถนนในระหว่างที่เลี้ยวเข้าโค้ง ดังนั้นรถยนต์ส่วนใหญ่จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมียูปรกรณ์ชนิดพิเศษไว้เพื่อให้ล้อด้านซ้ายและล้อด้านขวาหมุนไปด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ยูปรกรณ์นั้นก็คือ เฟืองท้าย (differential)

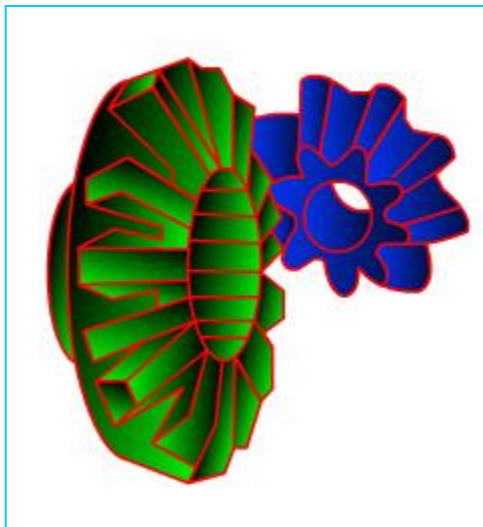
6.1 โครงสร้างของเฟืองท้าย

ภายในตัวเรือนของเฟืองท้ายที่ใช้กับรถยนต์ขับเคลื่อนล้อหลังจะประกอบด้วยเฟืองวงแหวนหรือเฟืองบายศรีและเฟืองขับ โดยจะติดตั้งรวมเข้ากับตัวเรือนเฟืองท้ายส่งผ่านแรงบิดให้ผ่านลูกปืนข้างทั้งสองด้าน การหมุนส่งกำลังงานจากเพลากลางจะไปหมุนให้เฟืองขับหมุน โดยส่งผ่านหน้าแปลนเฟืองท้ายและลูกปืนเทเปอร์ที่สามารถปรับความตึงของลูกปืนได้ ส่วนนอตที่ติดตั้งยึดลูกปืนข้างทั้งสองด้านจะมีไว้ปรับตั้งระยะห่างของเฟืองขับกับเฟืองบายศรีหรือแบ็กเลซ ส่วนเฟืองคอกจอกและเฟืองข้างจะทำหน้าที่หมุนให้ความเร็วของเพลทั้งสองมีความเร็วที่แตกต่างกัน

6.2 ชนิดของเฟืองที่ใช้กับเฟืองท้าย

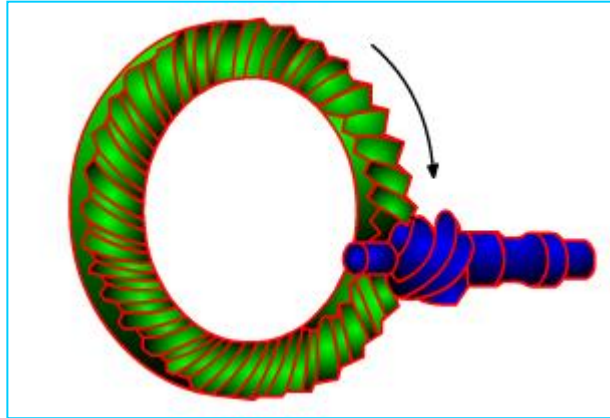
เฟืองวงแหวนหรือเฟืองบายศรีและเฟืองขับที่ใช้กับเฟืองท้ายรถยนต์มีอยู่หลายแบบด้วยกันคือ

1. เฟืองแบบสเปอร์บีเวล (spur bevel gear) จะมีลักษณะของฟันเฟืองตรง เฟืองขับจะถูกจัดวางไว้ในตำแหน่งกึ่งกลางของเฟืองบายศรี จึงทำให้มีจุดสัมผัสของฟันเฟืองคู่เดียวเท่านั้น ดังนั้นการขับเคลื่อนจึงมีเสียงดังและการสึกหรอสูงมาก



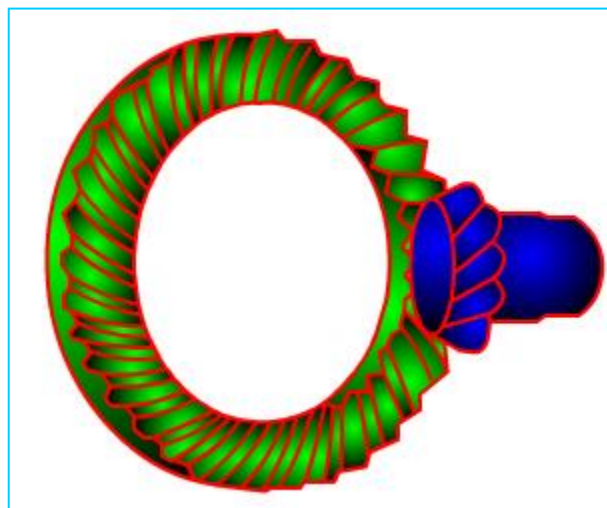
รูปที่ 6.1 ตำแหน่งการจัดวางของเฟืองขับและเฟืองบายศรีแบบสเปอร์บีเวล

2. เฟืองแบบไฮพอยด์บีเวล (hypoid bevel gear) เฟืองขับจะถูกจัดให้วางอยู่ในตำแหน่งที่เอียงจากเส้นผ่านศูนย์กลางของเฟืองบาสกรี ทำให้เฟืองมีอัตราทดมากกว่า ดังนั้นเฟืองท่อนที่ใช้ฟันเฟืองแบบไฮพอยด์บีเวลจึงมีเสียงเงียบ



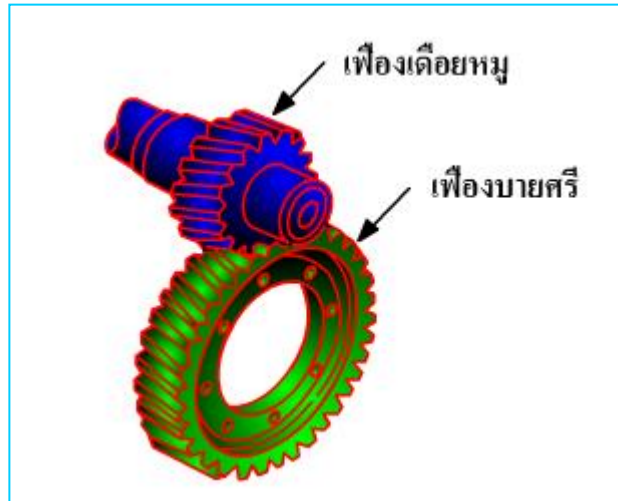
รูปที่ 6.2 ตำแหน่งการจัดวางของเฟืองขับและเฟืองบาสกรีแบบไฮพอยด์บีเวล

3. เฟืองแบบสไปรอลบีเวล (spiral bevel gear) ลักษณะของฟันเฟืองจะเฉียงโค้ง ทำให้ความกว้างของหน้าสัมผัสของเฟืองบาสกรีและเฟืองขับจะเหลื่อมล้ำกัน เป็นเหตุให้ฟันเฟืองที่ขบกันในขณะที่หมุน ไม่มีเสียงดัง การถ่ายถอดแรงบิดในเฟืองถัดไปจะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 6.3 ตำแหน่งการจัดวางของเฟืองขับและเฟืองบาสกรีแบบสไปรอลบีเวล

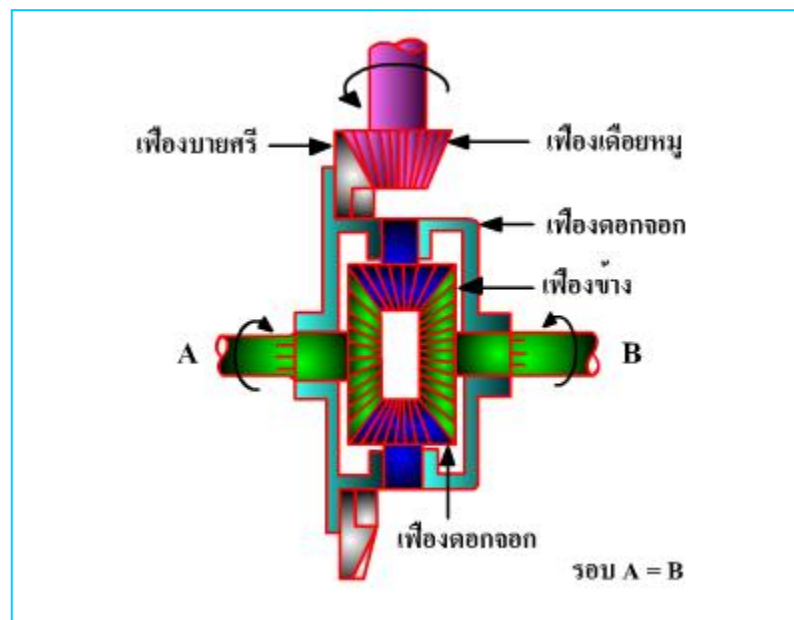
4. เฟืองแบบเฮลิคอล (helical gear) มีลักษณะของฟันเฟืองที่เฉียงทั้งเฟืองขับและเฟืองบายศรี ฟันเฟืองทั้งสองจะสัมผัสกันในตำแหน่งเดียวกัน โดยจะไม่เลื่อนไถลไปยังฟันเฟืองถัดไป จึงทำให้เกิดการสั่นและเสียงดังที่ต่ำ การส่งถ่ายกำลังของเฟืองจะราบเรียบ



รูปที่ 6.4 ตำแหน่งการจัดวางของเฟืองขับและเฟืองบายศรีแบบเฮลิคอลบีเวล

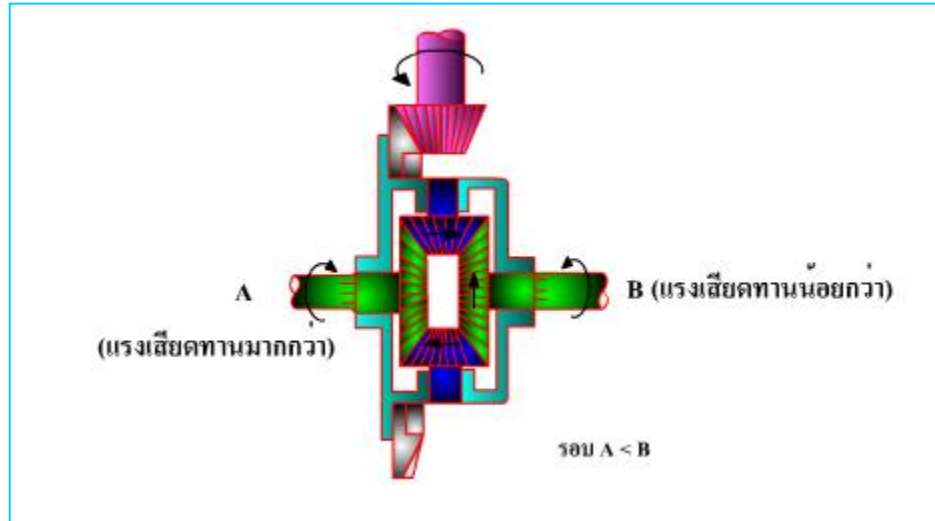
6.3 หลักการทำงานของเฟืองท้าย

ในขณะที่รถเคลื่อนที่วิ่งไปข้างหน้า เมื่อรถวิ่งตรงไปข้างหน้าบนถนนที่มีระดับเดียวกัน เพลาข้างทั้งสองด้านจะหมุนเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน ทำให้ส่วนประกอบของเฟืองท้ายทั้งหมดหมุนเคลื่อนที่ไปเป็นหน่วยเดียวกัน เฟืองดอกจอกจะไปหมุนไปพร้อมกับเฟืองบายศรี



รูปที่ 6.5 แสดงการทำงานของเฟืองท้ายในขณะที่รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

เมื่อรถเลี้ยวเข้าโค้ง ในขณะที่รถวิ่งเข้าโค้ง ก็จะทำให้ล้อด้านในมีระยะทางในการเคลื่อนที่ที่น้อยกว่าล้อด้านนอก ดังนั้นจึงทำให้เฟืองข้างด้านนอกมีรอบที่หมุนเพิ่มมากขึ้น นั่นคือเมื่อเฟืองดอกจอกหมุนรอบเฟืองข้างด้านใดด้านหนึ่ง มันจะทำให้จำนวนรอบของเฟืองทั้งสองหมุนเป็นสองเท่าของเฟืองบายศรี



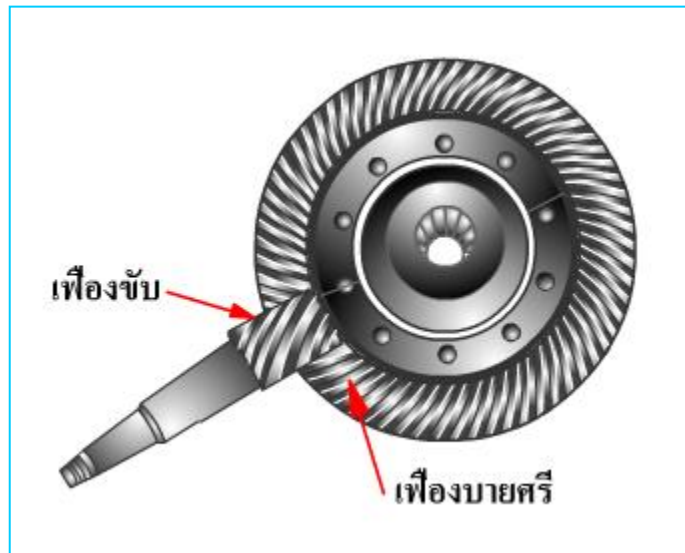
รูปที่ 6.6 แสดงการทำงานของเฟืองท้ายในขณะที่เลี้ยวเข้าโค้ง

ล้อด้านหนึ่งติดหลุมหรือโคลนตม เมื่อล้อด้านหนึ่งด้านใดเกิดติดโคลนหรือหลุม อาการของล้อจะหมุนฟรีมาก เนื่องจากขาดแรงเสียดทานจากโคลน ทำให้เกิดการลื่นไถล ดังนั้นการเคลื่อนที่ในการทำงานของเฟืองดอกจอกและเฟืองข้างจึงมีลักษณะที่แตกต่างจากการเลี้ยวเข้าโค้งโดยสิ้นเชิง

6.4 เฟืองท้ายชนิดล็อกแบบอัตโนมัติและลิมิเต็ดสลลิป (Automatic Differential Locks and Limited Slip Differential)

เฟืองท้ายชนิดล็อกแบบอัตโนมัติและลิมิเต็ดสลลิปเป็นเฟืองท้ายชนิดล็อกที่ทำงานได้โดยอาศัยแรงบิดและสัมประสิทธิ์ความฝืดในการควบคุมการล็อก เพื่อให้เฟืองท้ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในขณะที่เข้าโค้งหรือติดโคลนตมปัจจุบันเฟืองท้ายชนิดล็อกแบบอัตโนมัติมีใช้อยู่ด้วยกัน 3 แบบก็คือ

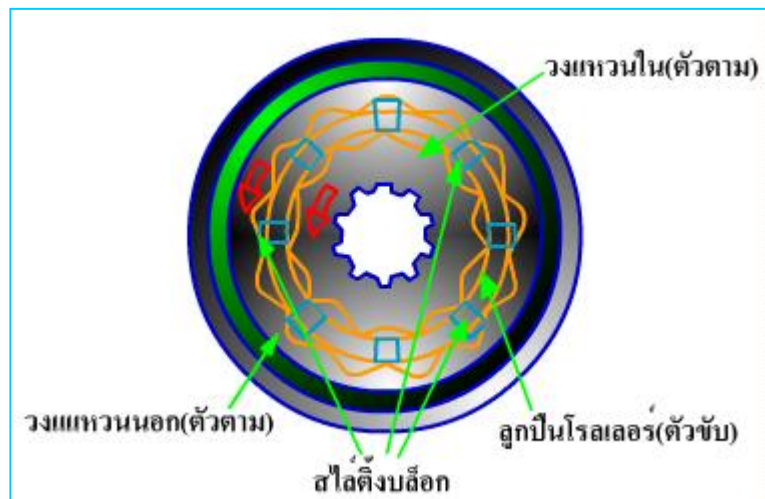
6.4.1 เฟืองท้ายชนิดล็อกอัตโนมัติแบบสไลด์บล็อก (sliding-block differential lock) เฟืองท้ายแบบนี้ถูกนำมาใช้กับรถที่วิ่งในภูมิประเทศที่ทุรกันดาร แต่จะทำให้ผู้ขับขี่มีสมรรถนะในการขับขี่ที่ดีเฟืองท้ายชนิดล็อกอัตโนมัติแบบสไลด์บล็อกจึงประกอบด้วยลูกปืนโรลเลอร์ สไลด์บล็อก วงแหวนในและวงแหวนนอก วงแหวนในและวงแหวนนอกจะถูกยึดติดอยู่กับเพลาช้างทั้งสอง วงแหวนนอกจะมีรูปร่างที่เว้าคล้ายลูกเบี้ยวและมีขนาดที่โตกว่าวงแหวนใน สไลด์บล็อกหรือลูกปืนโรลเลอร์จะถูกติดตั้งอยู่ระหว่างวงแหวนทั้งสอง ทำให้ชิ้นส่วนทั้งสามนี้ทำงานร่วมกันเป็นไปโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 6.7 แสดงส่วนประกอบของเพื่องท้ายชนิดล้อยอดโนมัลแบบสไลด์บล็อกลูก

การทำงาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

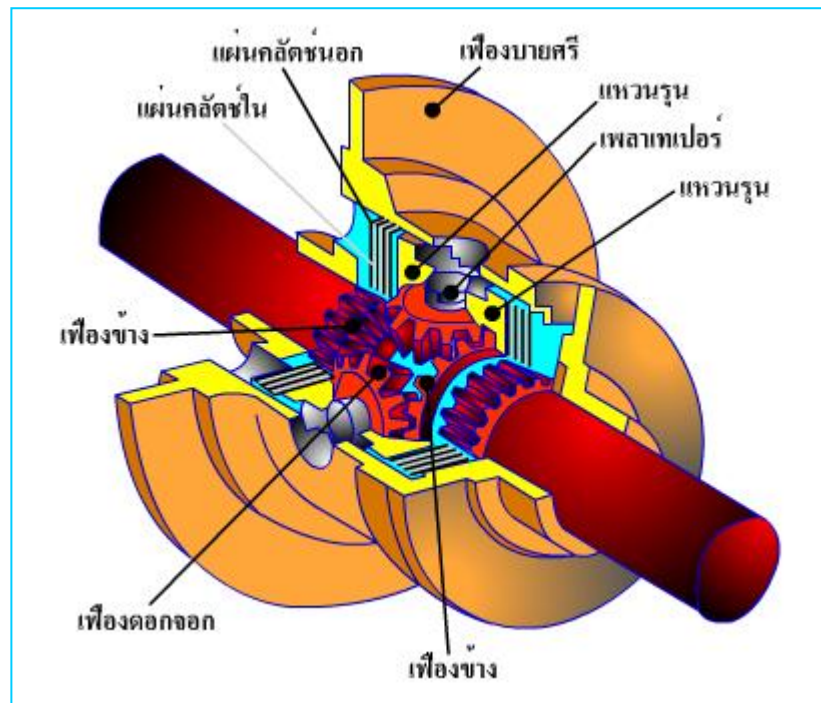
- รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า สไลด์บล็อกลูกจะส่งถ่ายแรงบิดจากวงแหวนนอกไปยังวงแหวนในให้เคลื่อนที่ตามด้วยความเร็วที่เท่ากัน ซึ่งจากรูปทรงที่เว้าและมีลักษณะเป็นลูกเบี้ยวที่แตกต่างกันของวงแหวนทั้งสองนี้ จึงทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของลูกปืนโรลเลอร์สไลด์บล็อกลูกในเบ้า และจะล๊อคตัวเมื่อเคลื่อนไปสัมผัสกับปลายยอดลูกเบี้ยวของวงแหวนทั้งสอง อย่างไรก็ตาม เมื่อเกิดการล๊อคตัวของวงแหวนทั้งสองจะทำให้เกิดการถ่ายแรงบิดไปยังเพลาทันที



รูปที่ 6.8 แสดงการหมุนของวงแหวนใน วงแหวนนอก สไลด์บล็อกลูก ซึ่งทำให้เกิดการล๊อคเคลื่อนตัวไปด้วยกัน

- ขณะเลี้ยวเข้าโค้ง เมื่อเลี้ยวเข้าโค้ง สไลด์บังคับจะยอมให้วงแหวนนอกหมุนไปด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ปลายข้อดลูกเบี้ยวแต่ละขอดของวงแหวนทั้งสองจะเคลื่อนที่ได้ข้ามลูกปืนโรลเลอร์ไปอย่างช้าๆ ในขณะที่เฟืองท้ายหมุน

6.4.2 เฟืองท้ายลิมิเต็ดสลิปแบบแผ่นคลัตช์หลายแผ่น (multi-plate clutch limited slip differential) ไม่เพียงแต่รถยนต์ที่ออกแบบให้มีเฟืองท้ายชนิดล๊อคเพื่อใช้กับสภาพภูมิประเทศที่ทุรกันดารเท่านั้น แต่ในปัจจุบันรถแข่งและรถยนต์นั่งได้นำเอาเฟืองท้ายแบบลิมิเต็ดสลิปซึ่งจัดเป็นเฟืองท้ายชนิดล๊อคอีกแบบหนึ่งมาใช้ด้วยเช่นกัน



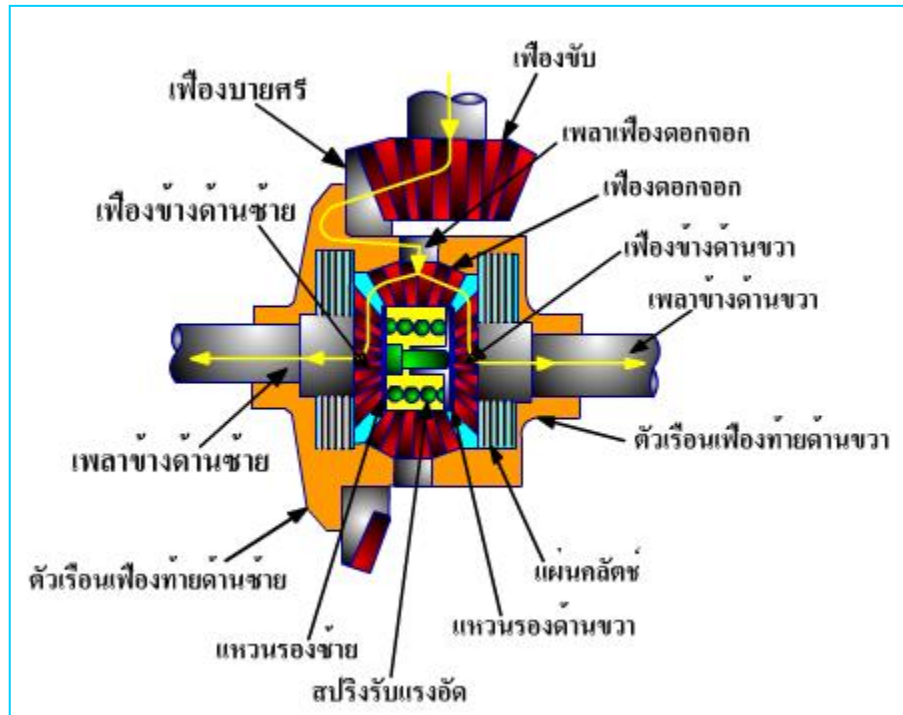
รูปที่ 6.9 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบของเฟืองท้ายลิมิเต็ดสลิปแบบแผ่นคลัตช์หลายแผ่น

โครงสร้าง

เฟืองท้ายแบบลิมิเต็ดสลิปแบบแผ่นคลัตช์หลายแผ่นประกอบด้วยแผ่นกันรุนแผ่นคลัตช์ที่ติดตั้งสลับกันอยู่ระหว่างเฟืองข้างและตัวเรือนเฟืองท้าย โดยปลายทั้งสี่ด้านของแผ่นกันรุนจะถูกจัดวางให้อยู่ในร่องของเรือนเฟืองท้าย และร่องสไปนของแผ่นคลัตช์จะถูกสวมอยู่กับเฟืองข้าง สปริงรับแรงอัดจะถูกติดตั้งอยู่ระหว่างเฟืองด้านซ้ายและด้านขวา และรับแรงอัดจากแผ่นกันรุนที่ติดอยู่กับแผ่นคลัตช์ผ่านแผ่นรองและเฟืองข้าง ด้วยเหตุนี้ผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้เฟืองข้างเก็บแรงอัดด้านกับตัวเรือนเฟืองท้ายผ่านทางแผ่นกันรุนและแผ่นคลัตช์

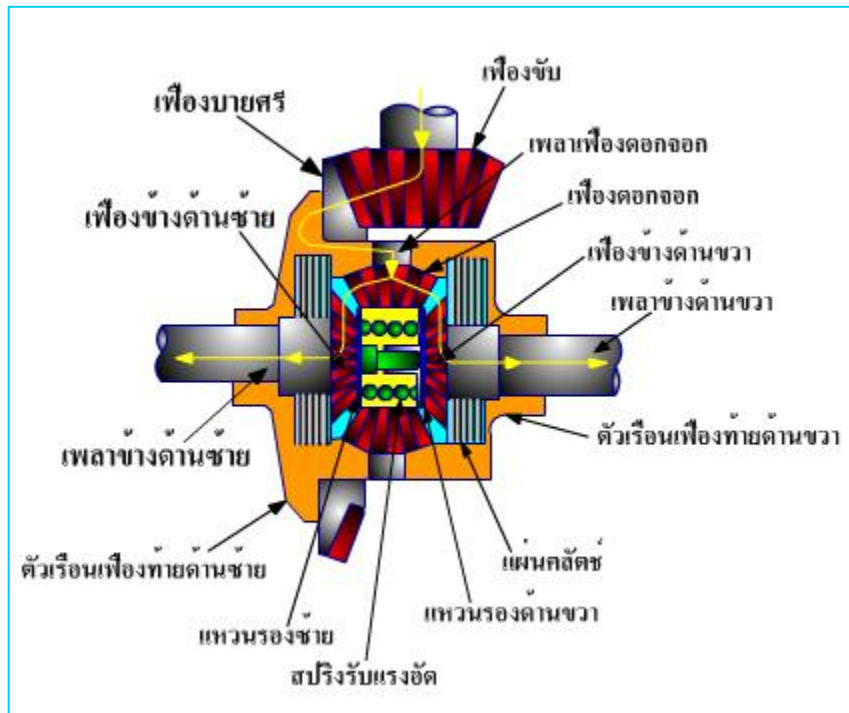
การทำงาน มีรายละเอียดดังนี้

- ขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เมื่อรถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ล้อรถทั้งด้านซ้ายและด้านขวาจะหมุนเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วที่เท่ากัน เฟืองขับจะส่งถ่ายแรงบิดผ่านเฟืองบายศรี ตัวเรือนเฟืองท้าย เฟืองดอกจอก เฟืองข้าง ด้านซ้าย แผ่นคลัตช์ สปริงรับแรงอัด เฟลาข้าง และล้อหลังทั้งด้านซ้ายและด้านขวาจะหมุนเคลื่อนที่ไปพร้อมเป็นหน่วยเดียวกันเช่นเดียวกับเฟืองท้ายแบบธรรมดา



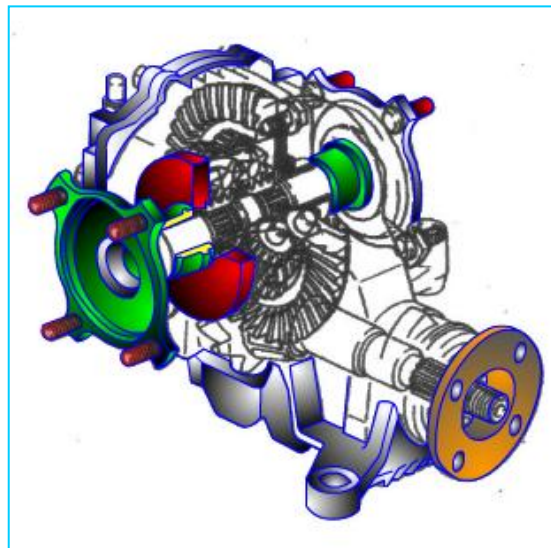
รูปที่ 6.10 การส่งถ่ายแรงบิดของเฟืองท้ายลิมิเต็ดสลิปแบบแผ่นคลัตช์หลายแผ่นขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

- เมื่อเลี้ยวเข้าโค้ง ขณะที่รถเลี้ยวเข้าโค้ง ความเร็วของล้อทั้งซ้ายและขวาก็จะหมุนเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ทำให้ความเร็วของเฟืองข้างและตัวเรือนเฟืองท้ายทั้งซ้ายและขวาก็เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน เป็นเหตุให้เกิดการลื่นขึ้นระหว่างแผ่นกันรุนและแผ่นคลัตช์จะถูกกดให้แนบสนิทกันด้วยแรงอัดของสปริงรับแรงอัด ทำให้เกิดแรงบิดความฝืดเกิดขึ้นกับแผ่นกันรุนและแผ่นคลัตช์

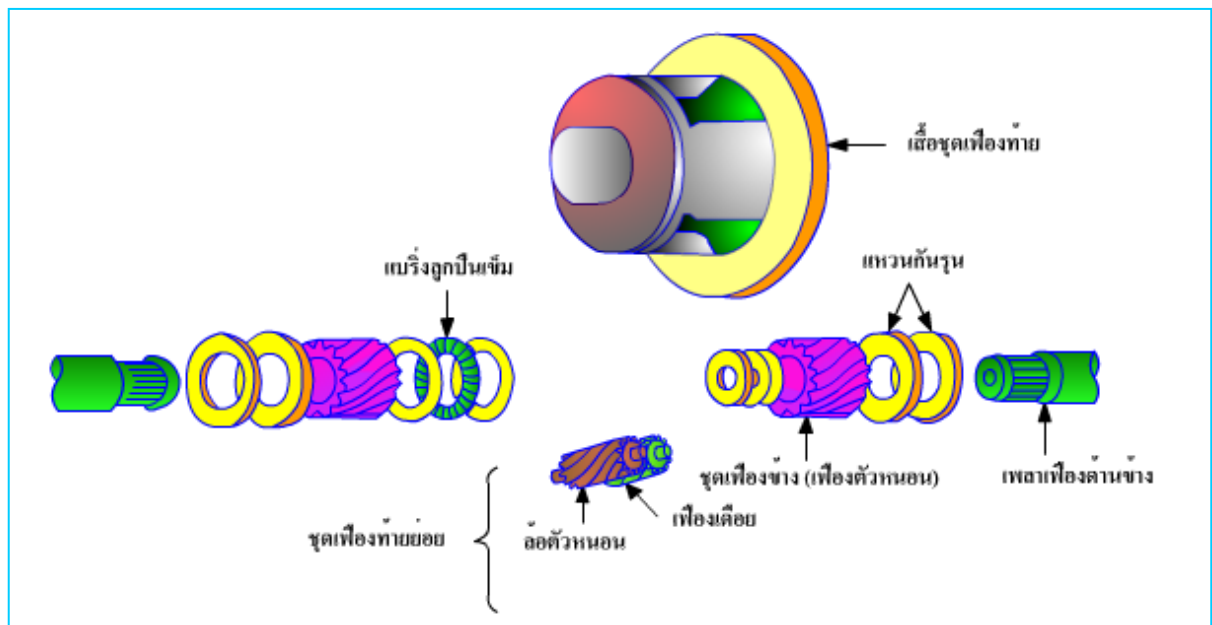


รูปที่ 6.11 การส่งถ่ายแรงบิดของเฟืองท้ายลิเมตรสลิปแบบแผ่นคลัตช์หลายแผ่นเมื่อเลี้ยวเข้าโค้ง

6.4.3 เฟืองท้ายลิเมตรสลิปแบบใช้ทอร์กเซนซิง (torque sensing limited slip differential) เป็นเฟืองท้ายที่ประกอบด้วยเฟืองตัวหนอนจำนวนสองตัว เฟืองเดียวจำนวนสองตัว เฟืองข้างและแหวนกันรุน แรงขับของเฟืองท้ายจะเกิดขึ้นได้จากความฝืดของหน้าสัมผัสระหว่างเฟืองตัวหนอนกับเฟืองข้างที่ขบกัน และตัวเรือนเฟืองท้าย แหวนกันรุนกับเฟืองข้าง ซึ่งก็จะทำให้แรงขับของเฟืองท้ายแบบนี้เปลี่ยนแปลงและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อให้สอดคล้องกับแรงบิดที่ต้องการใช้



รูปที่ 6.12 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบของเฟืองท้ายลิเมตรสลิปแบบทอร์กเซนซิง



รูปที่ 6.14 แสดงส่วนประกอบของเท้าเทียมลิ้มใต้สลิปแบบทอร์รกเซนซึ่ง