

섬유수학

- 기구의 요소(8) -

7.10 스크류 왕복운동장치(screw traversing mechanism)

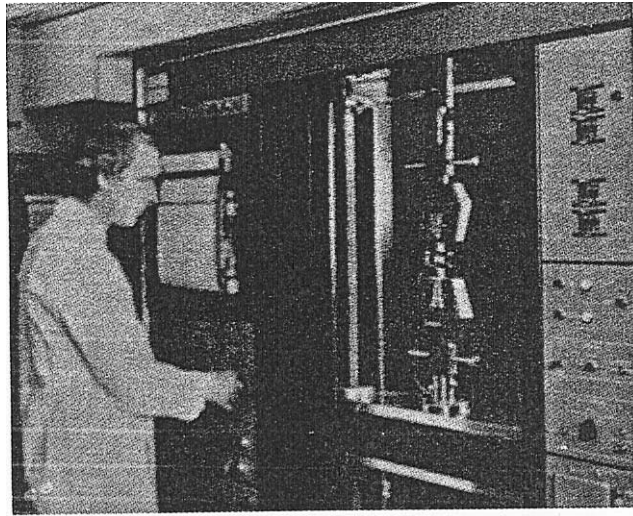
볼트 또는 스크류가 조이는 방향으로 회전하면 너트 또는 나사구멍으로 들어가게 된다. 반대로 스크류볼이 막대(rod)상의 너트가 따라 회전하지 못하도록 한다면 너트는 막대의 축을 따라 움직이게 되므로 원운동을 선운동으로 바꿀 수 있다. 이동방향은 막대의 회전방향과 나사의 나선방향에 따라 달라지게 된다. 대부분의 스크류나 볼트는 오른손 방향이다. <그림 24(a)>에서 표시된 방향으로부터 볼 때 막대가 시계방향으로 회전한다면 너트는 오른쪽으로 이동하게 된다. 반대로 나사가 왼손방향이면 너트는 왼쪽으로 움직이게 될 것이다. 여기서 너트의 이동속도는 스크류볼이 막대의 회전각속도와 리드(lead)에 의존된다.

스크류에서는 피치(pitch)와 리드(lead)의 두가지 용어가 사용된다.

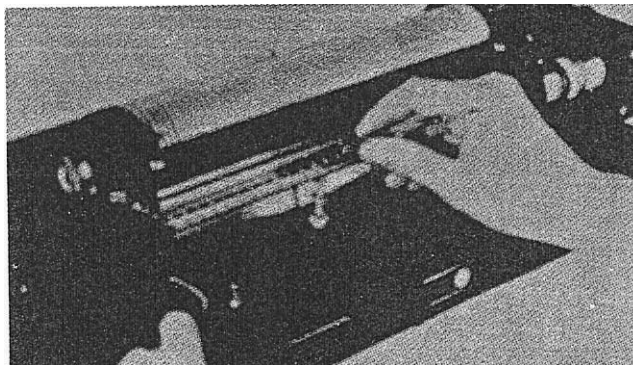
스크류의 피치는 한 나사에서 다음 나사까지의 간격을 말하며, 리드는 너트에 대해 스크류가 1회전 할 때 스크류가 너트 속으로 들어가는 거리(또는 너트가 움직이는 거리)를 말한다.

<그림 24(c)>는 2줄 및 3줄 나사를 보인 것으로 이러한 스크류의 리드는 피치의 2 또는 3배가 된다.

Instron 인장강도시험기에서는 한쌍의 스크류 막대를 사용하여 크로스헤드(cross head)를 상하로 이동시킨다. 막대의 각속도는 치차열에 의해 결정되며 크로스 헤드의 이동 즉, 시료에 대한 인장 및 압축 속도는 변환기어로 조정하도록 되어 있다. <그림 24(d)>. 또한 이러한 나사의 이동장치는 <그림 24(e)>와 같은 Wira 섬유장측정기에도 사용되고 있다.



(d) Instron 인장강도시험기



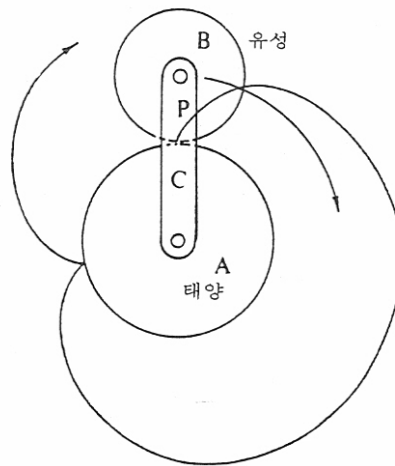
(e) Wira 섬유장 측정기

<그림 24>

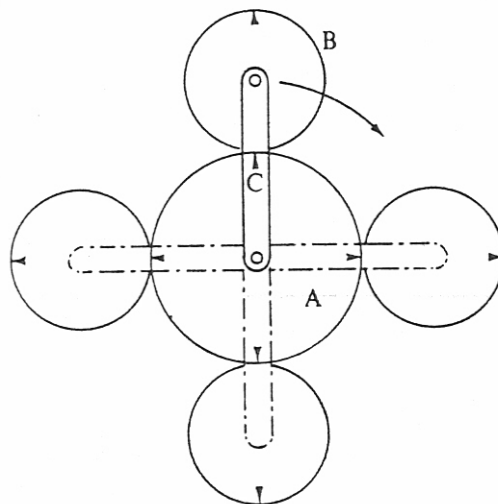
7.11 유성운동

7.11.1 개 요

유성기어(planetary gear)는 에피사이클릭 기어(epicyclic gear)라고도 부른다. <그림 25>는 이 장치가 이렇게 2가지 용어로 불리는 이유를 설명하고 있다. 기어 A와 B는 암 C에 있는 축에 대해 자유롭게 회전하도록 되어 있다. 암이 기어 A의 축을 중심으로 회전할 때 이 기어장치를 태양기어(sun wheel, sun gear)라고 부르며, 기어 B는 A의 원주를 따라 돌게 된다. 또 B의 중심은 원을 그리지만 B의 원주상의 한점 P는 유성곡선을 그리게 된다.



<그림 25> 유성기어



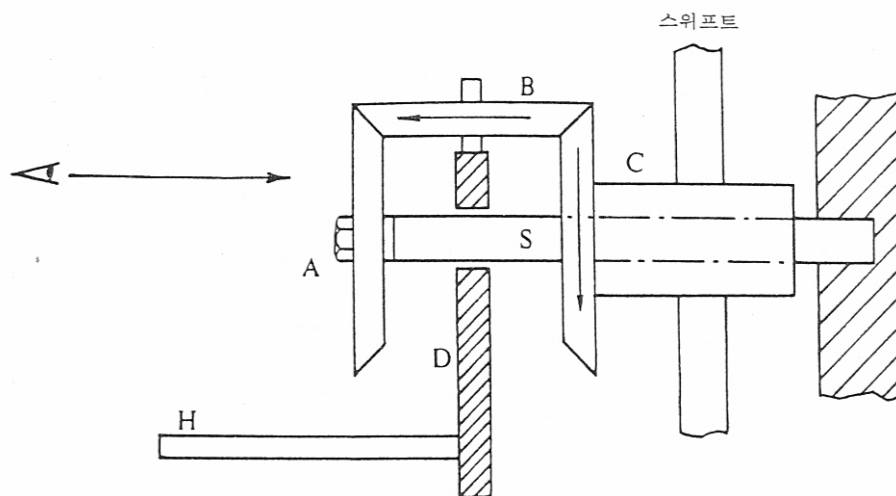
<그림 26> 유성기어

유성기어장치에 있어서는 둘 이상의 축간의 상대적인 운동이 생기게 되며
 톱니바퀴는 이 축을 중심으로 회전하게 된다. <그림 26>에서 기어 A와 B에
 대해 생각해 보기로 한다. 암 C가 정지상태에 있고 기어 A가 회전하면 기어
 B는 A의 회전수의 A/B배 만큼 회전한다. (다만 A, B는 치수를 표시함). 기어
 A, B가 암 C에 중심을 두고 있으므로 C가 1회전하면 A, B도 1회전을 하게

된다. 이러한 조건하에서 이 장치는 단순치차열로서 작용하며, 곁들여 암 C에 중심을 두고 있으므로 C가 1회전하면 A, B도 1회전을 하게 된다. 이러한 조건하에서 이 장치는 단순치차열로서 작용하며, 곁들여 암 C에 회전운동을 부여한다. 즉, 두 기어의 축 C는 상대적인 운동을 하게 된다. 기어 A가 정지해 있고 암 C가 회전하면 기어 B는 기어 A에 의한 기어운동과 암 C에 의한 운동의 두가지 운동을 동시에 받게 된다. 기어 A, B가 같은 치수일 때 암이 1회전한다고 가정하면 B의 회전수는 2가 된다. (둘레에 홈이 있는 2개의 동전을 가지고 1개의 동전 주위를 따라 다른 1개의 동전을 굴려보자)

이런 특수한 효과는 변수 측정에 사용되는 수동식 랩릴(warp reel)에 응용되고 있다. <그림 27>에서 베벨기어 A, B 및 C는 크기가 서로 같다.

베벨기어 A는 스테드(stud) S에 고정되어 있으며 B는 아이들러 기어로서 작용하고 C는 스테드 S위에서 자유롭게 회전하도록 되어있다. 암 D는 핸들 H로부터 운동을 받아 스테드 S의 주위를 회전한다. 핸들이 시계방향으로 회전하면 베벨기어 C도 시계방향으로 회전하게 되나 회전 수는 핸들이 1회전할 때 2가 된다. 여기서 1회전은 B와 A의 기어장치에 의한 것이며 다른 1회전은 암 D의 회전에 의한 것이다.



<그림 27> 수동식 랩릴의 유성기어장치

여기서 어떤 규칙을 발견할 수 있다. <그림 27>에서는 그림의 왼쪽에서 관찰한 것으로 시계방향을(+), 반시계방향을 (-)로 한 것이다. 이 특수한 예에서 암 D와 베벨기어 C는 (+) 방향의 회전을 하고 있다.

이로부터 우리는 유성운동을 보다 수식적으로 취급할 수가 있다. <그림 28>의 치차열에 대해 생각해 보기로 하자. 이 그림에서 나타난 문자는 기어의 이름과 치수를 나타내는 것으로 한다. 만약 이 기어들이 암 D에 고정되어 있는 단순 치차열이라 하면 속도비는 $+A/C$ 가 된다. 여기서 단순히 치수만을 사용하여 나타낸 속도비를 유성치차열의 값이라 정의하고 기호는 e 로 표시하기로 한다. 그러므로

$$e = +\frac{A}{C}$$

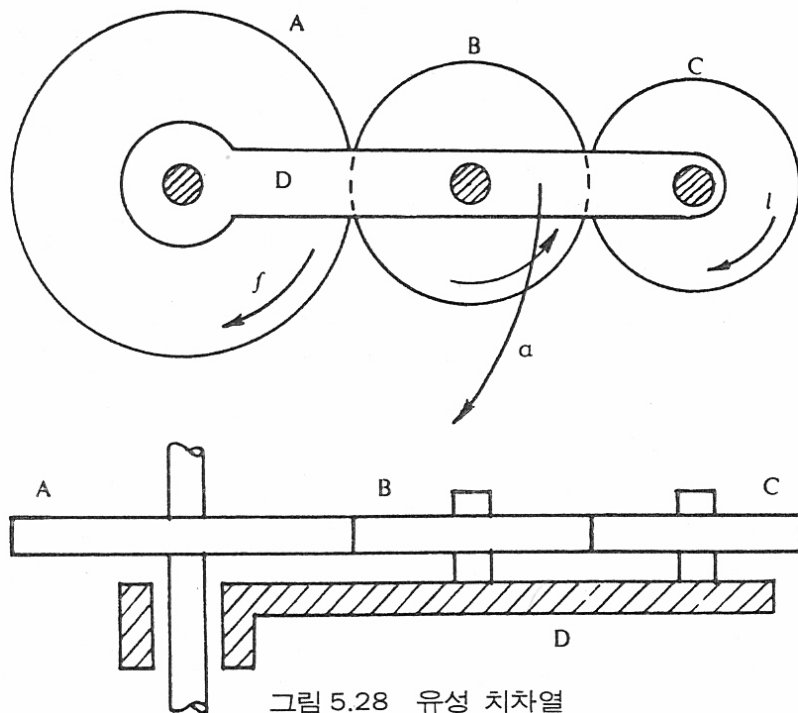


그림 5.28 유성 치차열

<그림 28> 유성 치차열

각 기어들은 축에 대한 회전운동 외에 암의 회전운동을 받게 되므로 정상

적인 운동조건하에서 이 치차열의 마지막 기어의 속도는 단순 치차열의 운동성분과 암의 운동성분을 합한 영향을 받게 된다. 이러한 결과치를 얻기 위해서는 각각의 효과를 표로 만든 다음 이를 합산하는 것이 편리하다.

<표 2>는 다음의 설명에 따라 작성된 것이다.

(1) 어떤 속도 α rpm으로 회전하는 암 위에 있는 기어에 대해 생각하면 각 기어에는 α rpm이 도입된다.

(2) 암이 고정되었을 때 기어를 보통의 치차열과 같이 취급하면 암 D의 rpm은 0이며 첫번째 기어 A의 rpm은 a rpm만큼 감소되어 $(f-a)$ 가 되고, 마지막 기어 C의 회전수는 A의 회전수에 치차열의 값 e 를 곱한 값 즉, $e(f-a)$ 가 된다.

(3) 각 항의 합계는 이 장치에 있는 기어의 실제 rpm과 같아야 한다. 즉, 첫번째 기어 A는 f rpm, 마지막 기어 C는 l rpm, 암 D는 a rpm으로 회전하게 된다.

마지막 기어 C에 대해 생각해 보면 이 장치에는 다음의 식이 적용된다.

$$l = a + e(f - a) \text{ 따라서 } e = \frac{l - a}{f - a}$$

<표 2> 유성기어장치의 분석표

운동조건	A	B	C
(1) 각 기어들이 암 D에 고정되었을 때	a	a	a
(2) 암 D가 고정되었을 때	$f-a$	$e(f-a)$	0
(3) (1)+(2)	f	l	a

주 : a = 암 D의 rpm f = 첫번째 기어 A의 rpm l = 마지막 기어 C의 rpm e = 치차열의 값

다음은 이 식이 어떻게 적용되는지를 보기 위해 앞에서 설명한 렬에 대해 계산해 보겠다. 베벨기어 A가 시계방향으로 1회전하면 베벨기어 C는 반시계 방향으로 1회전하게 되므로 $e = -1$ 이다. 또 암 D가 1회전한다면 즉, $a = 1$ 을 위 식에 대입하면

$$-1 = \frac{l-1}{0-1}$$

$l = 2$ 가 되어 핸들을 1회전시키면 스위프트는 2회전하게 됨을 나타낸다.

7.11.2 유성운동의 응용

유성기어로는 밀집된 변속장치를 만들 수 있기 때문에 다음의 두 가지 용도로 이용된다.

- (1) 일반적인 변속기어(감속비를 매우 크게 할 수 있음)
- (2) 차동기어(differential gear : 기어장치에 원운동을 가하나 기어장치로부터 원운동을 빼낼 수 있음)

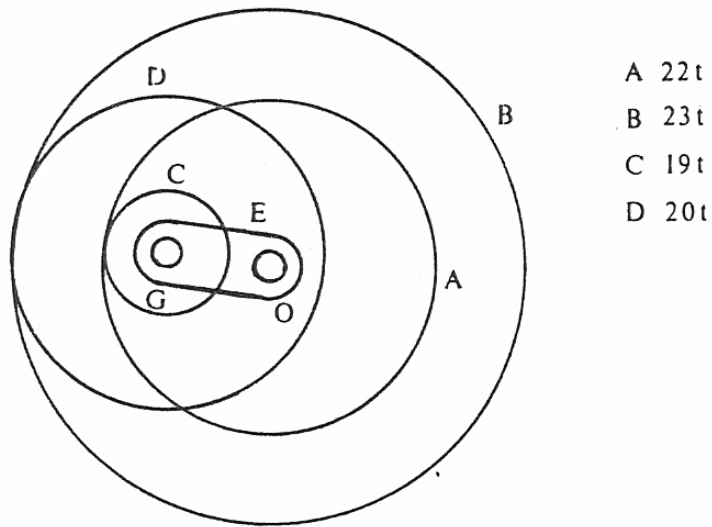
가. 변속장치로서의 유성기어

유성기어가 변속기어로 사용되는 가장 대표적인 2가지 예를 들어 설명하고자 한다.

[예제 22] <그림 29>에서 기어 A와 B는 O를 중심으로 자유롭게 회전하도록 되어 있다. 기어 C와 D는 중심 G에서 복합기를 형성하며, 이 복합기어는 암 E에 의해서 기어 A, B와 톱니를 맞물도록 되어 있다. C, D의 치수는 각각 19, 20이며 암 E는 동력원에 의해 회전된다.

이 문제에서 치차열의 값은 다음과 같이 표시된다.

$$e = +\frac{22}{19} \times \frac{20}{23} = +\frac{440}{437}$$



<그림 29> 변속기어로서의 유성기어

여기서 첫번째 기어 A가 시계방향으로 회전하면 마지막 기어 B도 시계방향으로 회전하기 때문에 e 는 (+) 값을 갖는다.

암 E가 1회전하면 마지막 기어 B는 몇 회전 하는가?

E의 산출식을 이용하면,

$$e = \frac{l - 1}{f - a}$$

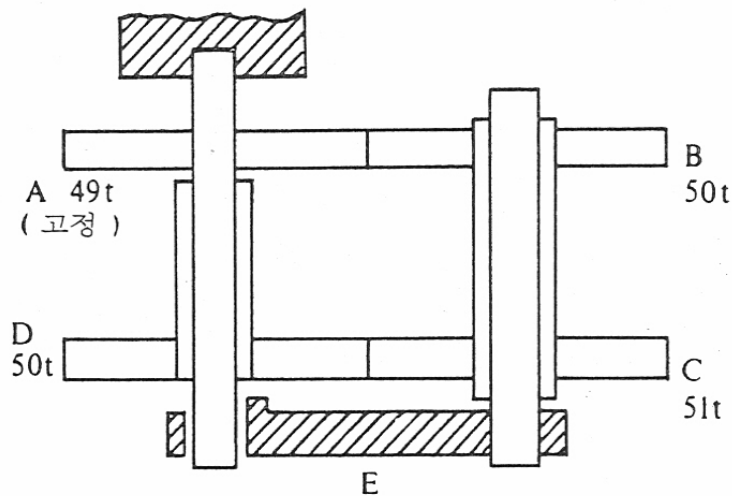
따라서

$$\frac{440}{437} = \frac{l - 1}{0 - 1}, \quad l = -\frac{3}{437}$$

즉, 마지막 기어 B는 암의 회전방향과 반대로 회전하며 감속비는 $437:3 \approx 146:1$ 이 된다.

[예제 23]

<그림 30>은 4개의 기어를 사용한 유성운동장치를 나타낸 것이다. 기어 A는 고정되어 있으며 치수가 49t이다. 기어 B의 치수는 50t로서 치수가 51t인 기어 C와 복합되어 있다. 기어 C는 다시 치수가 50t인 마지막 기어 D를 구동시킨다. 암 E는 고정된 기어 A의 축 주위를 회전한다.



<그림 30> 4개의 기어를 사용한 유성운동장치

이 치차열의 값은

$$e = + \frac{49}{50} \times \frac{51}{50} = + \frac{2,499}{2,500}$$

암이 1회전하면

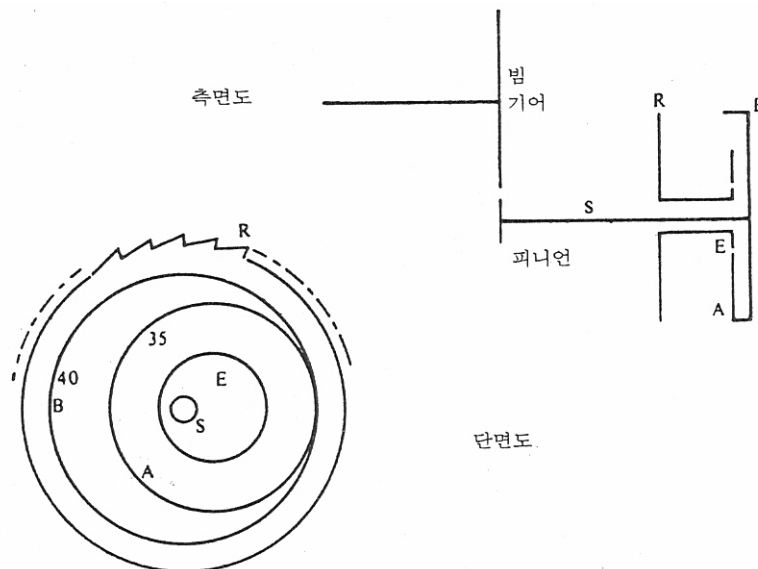
$$e = \frac{2,499}{2,500} = \frac{l-1}{0-1}$$

$$\text{즉, } l = 1 - \frac{2,499}{2,500} = \frac{1}{2,500}$$

따라서 이 유성기어장치를 사용하면 2,500 : 1의 높은 감속비를 얻을 수 있다.

나. 로퍼 송출장치(Roper let-off mechanism)

유성기어는 경사 빔(beam)으로부터 경사의 풀리는 속도를 조절하는 장치인 로퍼 송출장치에 이용된다. 이 운동의 원리에 대해서는 직기기구학에서 상세히 취급되어 있을 것이므로 여기서는 유성기어의 사용에 대해서만 언급하기로 한다. <그림 31>에서 R은 래칫 휠로서 포울(pawl)에 의해 간헐적으로 회전되며, 이 운동은 경사의 장력과 경사 빔의 직경에 의해 영향을 받는다. 래칫 휠은 축 S에 헬겁게 연결되어 있으며, 유성기어 E와 복합되어 있다. 이 치차열의 첫번째 기어인 A의 치수가 35t로서 이 유성장치에 느슨하게 연결되어 있지만 회전을 제한받게 된다. 기어 A는 축 S에 연결된 치수 40t의 내기어 B를 구동시키며, 축 S의 다른 한 끝에는 작은 피니언이 있어 빔 기어를 구동시키게 된다. 따라서 이 치차열의 양은 유성운동을 하게 되며 래칫 휠의 속도만큼 회전하게 된다.



<그림 31> 로우퍼 경사송출운동

이 치차열의 값은

$$e = \frac{35}{40} = +\frac{7}{8}$$

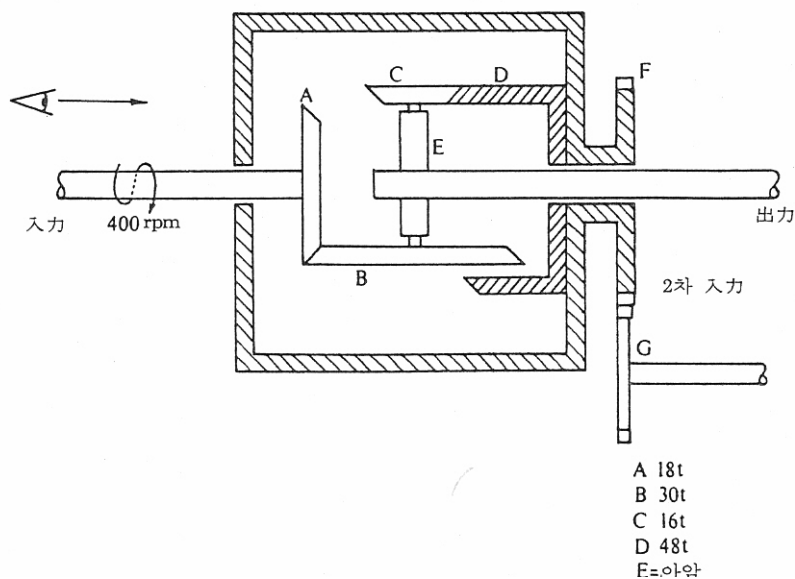
기어 A가 첫번째 기어로 작용한다고 생각할 때 A의 회전수를 0rpm으로 하고 암이 1회전하면

$$e = \frac{l-1}{0-1} = +\frac{7}{8}, l = +\frac{1}{8}$$

즉, 래칫 휠과 빔 기어를 구동시키는 피니언 간의 감속비는 8:1이다.

다. 차동장치로서의 유성기어

<그림 32>에서 마지막 기어 D는 이 장치의 하우징(housing)에 고정되어 있으며, 하우징에는 2차 입력을 받는 외기어(outer gear) F가 있다. 1차 입력은 베벨기어 A를 통해 전달되며, A는 복합기어의 부분인 기어 B와 톱니를 맞물고 있다.



<그림 32> 차동기어로서의 유성기어

이 장치의 e 값은

$$e = +\frac{18}{30} \times \frac{46}{48} = +\frac{1}{5}$$

입력속도를 400rpm으로 하고 하우징을 정지상태로 두면 출력폭의 회전속도와 방향, 즉, 암 E의 rpm을 구할 수 있다.

$$e = \frac{l - a}{f - a}, \quad \frac{1}{5} = \frac{0 - a}{400 - a}, \quad a = -100\text{rpm}$$

그러므로 출력폭은 반시계방향 100rpm으로 회전하게 된다.

하우징에 시계방향 20rpm의 2차 입력을 도입시킨다고 가정하면 이것이 출력속도에 어떠한 영향을 미칠 것인가?

마지막 기어는 20rpm 즉, $l = +20$ 이므로 이를 표준식에 대입하면

$$\frac{1}{5} = \frac{20 - a}{400 - a}, \quad a = -75\text{rpm}$$

만약 2차 입력을 반시계방향 20rpm으로 한다면

$$\frac{1}{5} = \frac{-20 - a}{400 - a}, \quad a = -125\text{rpm}$$

위의 계산결과를 보면 출력속도가 입력속도에 의해 결정되지만 2차 입력속도에 의해서도 큰 영향을 받는다는 것을 명확히 알 수 있다. 이는 자동기어의 큰 이점, 즉 회전운동의 속도를 가감시킬 수 있는 능력을 나타내는 것이다.

<표 3>은 2차 입력속도를 +20rpm으로하여 출력속도를 계산한 예를 보인 것이다.

<표 3> 차동기어의 분석표

조 건	A	D	E
기어들이 암에 고정됨	a	a	a
암이 고정됨	400-a	$\frac{1}{5}(400 - a)$	0
결과	400	20	a

$$\text{주 : } 20 = \frac{1}{5}(400 - a) + a$$

$$= 80 + \frac{4}{5}a$$

$$a = -\frac{60 \times 5}{4} = -75\text{rpm}$$

라. 팰로우스 디프렌셜(fallows differential)

이 차동기어장치는 조방기에서 프런트 롤러로부터 송출되는 조사(roving)가 신장 또는 이완됨이 없이 보빈에 감기도록 하는데 사용된다. <그림 33>에서 축 A는 주 입력축으로서 모터로부터 구동을 받는다. 치수 32t인 기어 B는 차동 장치의 첫번째 기어로서 축 A에 결합되어 있어서 치수 36t인 양면 캐리어 베벨기어를 통해 마지막 기어 D를 구동시킨다. 캐리어 휠 C는 구형 베어링에 의해 자유롭게 결합되어 있으므로 하우징에 고정된 기어 H가 회전하면 따라서 회전할 수 있도록 되어 있다.

마지막기어 D는 기어 E를 통해 보빈에 운동을 전달하며 D와 E는 모두 케이싱(casing)와 함께 회전한다.

$$325 \times \frac{36}{36} \times \frac{36}{34} = 1,000\text{rpm}$$

스핀들 속도는

$$365 \times \frac{32}{30} \times \frac{36}{14} = 1,000\text{rpm}$$

으로 된다. 그러므로 하우징을 통한 운동의 가산이 없으면 보빈 속도와 스핀들 속도는 같아지게 된다. 그러나 송출되는 로빙이 보빈에 감기도록 하려면 보빈의 rpm이 스핀들 rpm보다 커야 한다. 따라서 이러한 차동장치를 사용하면 스핀들과 보빈의 속도차를 하우징의 회전속도로서 조절할 수 있으므로 매우 편리하다.