

## 승용차용 무단변속기(CVT) 개발동향

### Trend in Development of Continuously Variable Transmission for Passenger Car

이 총 섭, 조 회 복  
C. S. Lee, H. B. Cho



- 1960년 6월 생
- 정회원, 현대자동차 중앙연구소(연구 6팀)
- 무단변속기 벨트-폴리 시스템의 변속특성해석



- 1957년 8월 생
- 정회원, 현대자동차 중앙연구소(연구6팀)
- 무단변속기 개발

어변속이 자동으로 행해지는 자동변속기(Automatic Transmission)로 대별되며, 이러한 변속단(變速段)이 유한(有限)하게 존재하는 유단(有段)변속기는 일정 기어비로 고정되어 운전되므로 최적의 엔진 출력점 및 최소 연료소비점을 효과적으로 사용하는 것이 어려운 현실이다. 이러한 단점에 대응하기 위해서는 변속단수를 증가시킬 필요가 있으며, 기존의 수동, 자동 변속기가 다단화(多段化)하는 경향이 있지만, 중량, 원가 때문에 다단화에는 한계가 있다. 이에 반하여 무단변속기(Continuously Variable Transmission)는 주어진 변속패턴에 따라 최소-최대 변속비 사이를 연속적으로 무한대의 단으로 변화시킴으로써 엔진특성을 최대한 사용하여 우수한 동력성능과 연비성능을 양립시키는 운전이 가능하게 해 준다.

본 보고서에서는 날로 엄격해지는 배기가스 규제와 소비자들의 저연비(低燃費) 요구에 대응하기 위해 자동차 메이커들에 각광을 받고 있는 무단변속기에 대해, 무단변속장치의 종류를 설명하고, 선진 자동차 메이커들의 개발동향 및 무단변속기 장착현황을 조사 분석하여 무단변속기 장착 추이를 예측하고, 각 모델별 기술적인 특징을 분석함으로써 무단변속기 개발방향을 제시하고자 한다.

#### 1. 서 론

자동차는 수시로 변하는 주행저항에 대응하기 위해 엔진 동력의 속도와 토크를 조절하기 위한 기어변속장치(Transmission)가 필수적이며, 이 장치는 엔진 시동이 가능하도록 부하를 단절시킬 수 있으며, 후진을 가능하게 하든지, 출발이나 등판로 주행시 엔진토크를 증대시켜 큰 구동력을 얻는 것 등을 가능하게 해 주었다.

이러한 변속기는 주행 중 차량의 주행저항에 대응하여 운전자 스스로 판단하여 기어변속을 행하는 수동변속기(manual Transmission)와, 기

## 2. CVT의 종류 및 특징

자동차용 무단변속기는 이제까지 여러 종류의 형식이 발표되었지만, 가장 기본적인 개념은 다음과 같은 3가지 방식으로 분류할 수 있다.

- 트랙션 구동방식(Traction Drive Type)
- 벨트 구동방식(Belt Drive Type),
- 유압 모터/펌프 조합형(Hydrostatic Pump/Motor Combination Type)

그 외에 가변 행정 방식(Variable Stroke Type), 유체 컨버터(Hydrokinetic Converter), 자성체(Magnetic), 유압 또는 기계적인 드래그(Drag)를 이용한 무단변속기가 개발되고 있으나 몇 가지 문제점 때문에 승용차에 적용하기에는 어려움이 있고 자전거나 산업용 건설장비에 사용되도록 개발된 예들이 있다<sup>1)</sup>.

이러한 무단변속기들은 기존의 변속기와 비교하여 한가지 또는 그 이상의 단점을 내포하고 있기 때문에 승용차에 적용하여 양산(量産)하는데 실패하였으며, 그 비교 항목에는 다음과 것들은 언급할 수 있다.

- \* 소음(Noise)
- \* 효율(Efficiency)
- \* 내구성(Durability)
- \* 중량(Weight)
- \* 탑재성(Packaging)
- \* 제작 원가(Production Cost)
- \* 제어 용이성(Ease of Control)

그러나, 신소재(新素材)나 제어기술(制御技術)이 개발되면 차량에 적용 가능한 몇 가지의 방식이 있을 것으로 판단되며, 현재 많은 자동차회사들이 다양한 형태의 무단변속기 기술을 개발중에 있다.

### 2.1 트랙션 구동방식

트랙션 구동방식은 여러 가지 형식이 있고 그 역사 또한 매우 길다.

1930년대 초에 GM에서 시작품을 발표한 적이 있고, 오스틴-헤이즈 토로이달 변속기(Austin-Hayes Toroidal Transmission)가 시장에 출현한 적은 있으나, 내구성 부족과 낮은 토크용량

때문에 2년도 되지 않아 시장에서 사라졌다.

이 토로이달 형식(Toroidal Type)은 지속적인 연구 덕분에 많은 발전을 가져왔으며, 닛산 자동차가 1992년 동경 모터쇼에 Fig.1과 같은 시작품을 출품한 바 있다<sup>2)</sup>. 또한 BTG(British Technology Group)의 일원인 토로트랙(Torotrak)사에서도 시작품 개발을 진행 중에 있다.

트랙션 구동의 의미는 “탄성유막을 통하여 금속의 전동체(轉動體)를 이용한 동력전달”을 말하며, 기본적인 구조는 Fig.2에서와 같이 인풋과 아웃풋 원판에 하중을 작용시키고, 롤러가 회전함에 따라 접촉유효반경의 변화에 의해 변속되는 장치이다. 이 장치는 동력전달에 큰 접촉압력이 필요하므로, 전동면의 정도(精度)와 강성이 요구될 뿐만 아니라, 특수한 윤활유의 개발이 요구되고 있으며, 내구성, 신뢰성 등의 문제점이 남아 있어서 아직 양산화에 성공하지 못하고 있다.

### 2.2 벨트 구동방식

벨트식 구동방식은 1920년대부터 개발되었으며, 그 한가지 형태가 Fig.3과 같은 무단변속장치이며, 현재 양산에 적용하고 있는 성공한 무단

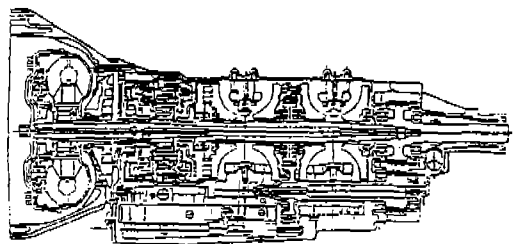


Fig.1 Nissan Toroidal CVT

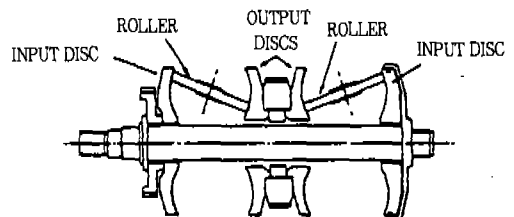


Fig.2 Traction Drive Unit

변속기 모델의 전형이 되고 있다.

벨트구동방식의 무단변속기는 가변풀리(Movable Pulley)와 고정풀리(Fixed Pulley)로 이루어진 두쌍의 풀리(Pulley 또는 Sheave)에 금속 V-벨트가 끼워져서 구동되는 구조로, 가변풀리의 축방향 이동에 따라 벨트와 풀리와의 유효접촉반경의 변화로 변속비가 변하는 변속장치이다 (Fig.4 참조)

이 변속시스템을 이용한 벨트에는 고무벨트, 금속체인 및 금속벨트 등이 있다.

① 고무벨트 : 고무벨트를 이용한 예는 네델란드 DAF社(現, NedCar)에서 개발한 바리오매틱(Variomatic)이 있으며, 그 구조는 Fig.5에서 보는 바와 같다.

이 무단변속기는 1965년 이전까지 볼보 300시리즈에 장착되어 약 30만대가 양산 판매되었으나 고무벨트의 신뢰성 때문에 지금은 자취를 감추었다.

현재 무단변속기용으로 고무계 V-벨트를 개발하고 있는 업체로는 미국의 게이즈社(Gates Rubber Co.) 및 일본의 반도社(Bando Chemical Co.)등이 있으며, 이들

업체들은 케블라(Kevlar)등의 복합재료로 만들어진 코드를 이용하여 블록을 결합하는 인장체를 만들어서 V-벨트를 개발하고 있으며 시작품을 시험 중에 있다.

② 금속체인 : 금속체인을 개발중인 업체는 독일의 PIV社, 미국의 보그워너社(Borg Warner Automotive)등이 있으며, 이들 금속체인은 일반적인 동력전달용 체인을 개량하여 무단변속기용으로 개발한 것이다.

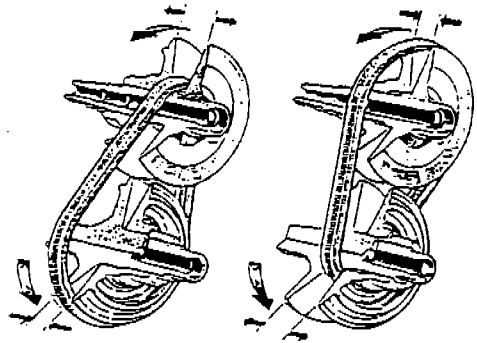


Fig.4 Principle of Belt Drive CVT

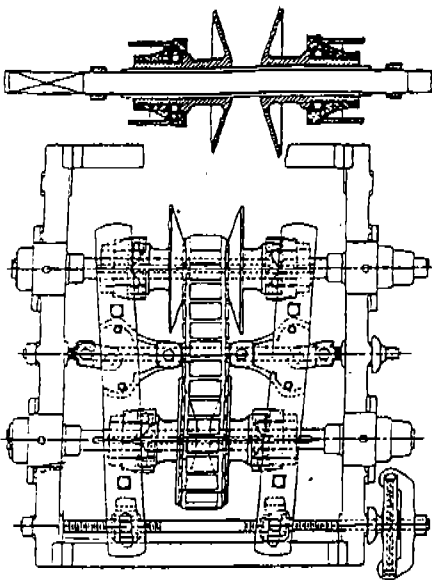


Fig.3 Variable Cone Pulley CVT

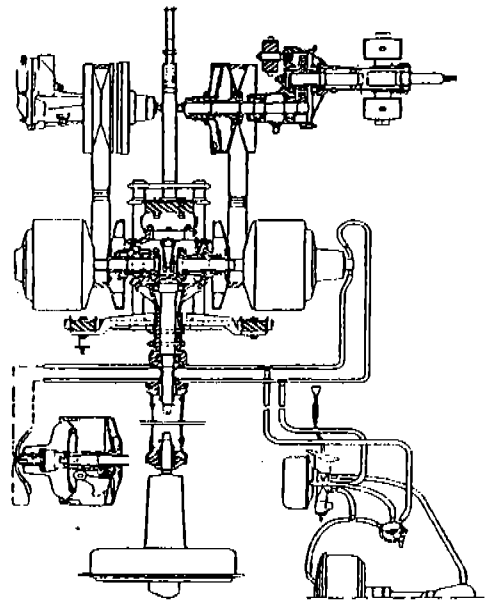


Fig.5 Variomatic(DAF)

Fig.6은 보그워너사에서 개발한 금속체인으로 풀리의 축방향 하중을 로드 블록(Load Block)이 받도록 한 구조로써 풀리 상에서 최소 피치경이 고무벨트에 비해 크고, 핀(Pin)의 마모로 인한 체인의 인장 및 운전중의 소음이 미결의 문제로 남아 있다.

이 금속체인을 이용한 무단변속기가 1987년에 소개되었으며, 스즈끼(Suzuki) 자동차의 1300cc 모델인 컬터스(Cultus)에 장착되어 소량으로 시판되고 있다<sup>(3)</sup>.

③ 금속벨트: 금속벨트(Metal Belt)는 네덜란드의 반도네(Van Doorne's Transmissie)에서 Fig.7과 같은 금속벨트를 개발하였으며, 이 벨트는 풀리의 축력을 받는 약 300개의 블록(Block, 두께: 2mm)과 이들 블록을 연결해서 동력을 전달하는 유연한 얇은 판(두께: 0.2mm X 10매)으로 된 2개조의 링(Ring, 또는 Band)으로 구성되어 있으며, 블록이 풀리의 축압을 받으며 회전할 때, 링에 의해 층상으로 결합된 블록들 사이의 압축력에 의해 동력을 전달하는 구조로서 기존의 인장벨트(Tension Belt)와는 달리 푸시벨트(Push Belt)라고도 하며, 현재 실용화에 성공한 무단변속기용 벨트의 주류(主流)를 이루고 있다<sup>(4)</sup>.

현재, 이 벨트는 반도네社에서 제작되어 유럽 포드, 벨기에의 무단변속기 전문제작업체 VCST社 및 일본의 후지중공업, 혼다자동차 등에 공급되고 있으며, 최근에는 블록두께가 얇은(두께: 1.5mm) 저 소음 벨트 및 고 토크용량(블록 폭: 30mm)을 갖는 벨트도 개발 완료한 상태이고, 또한, 대학 및 연구소에서 이 벨트에 관한 많은 연구가 진행 중에 있어서 벨트식 무단변속기의 장래가 매우 밝은 실정이다.

2.3 유압모터/펌프 조합형

유압펌프와 유압모터로 이루어져 있으며, 유압식 변속기(Hydrostatic Transmission)라고도 한다. Fig.8은 유압식 변속기를 보여주고 있으

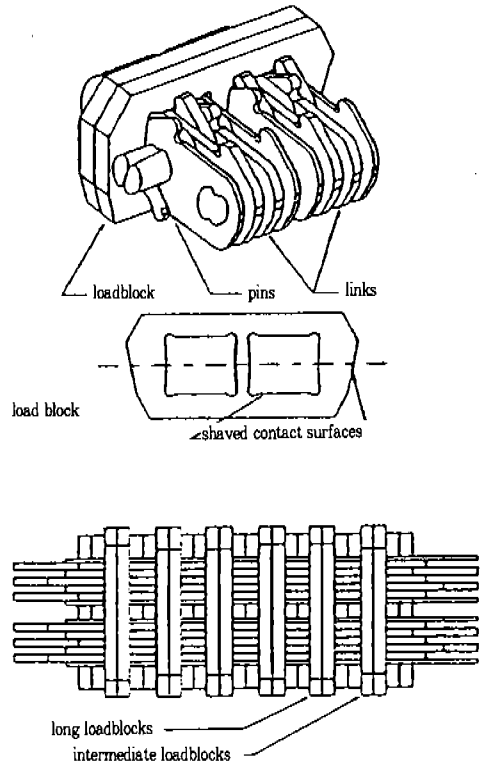


Fig.6 Metal Chain(BWA)

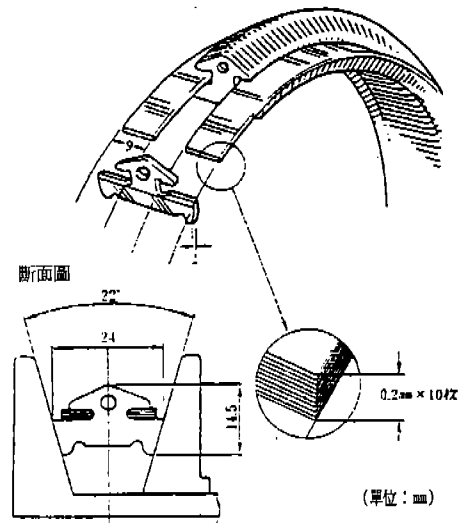


Fig.7 Metal Push Belt(Van Doorne)

며, 펌프에서 만들어진 유체동력은 모터에서 기계적인 동력으로 바뀌어 진다.

그림에서와 같이 펌프는 회전경사판(Swash-plate)의 각도에 따라 출력이 변하는 가변용적펌프(Variable Displacement Pump)이며, 모터는 일정 용적형(Fixed Displacement)이다. 출력축의 회전방향은 모터의 회전경사각에 대해 펌프의

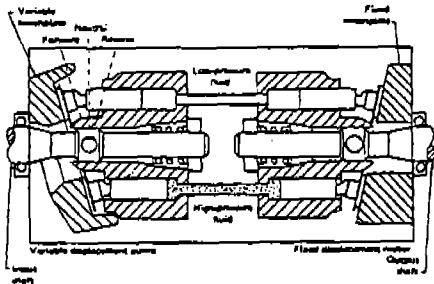


Fig.8 Hydrostatic Pump/Motor Transmission

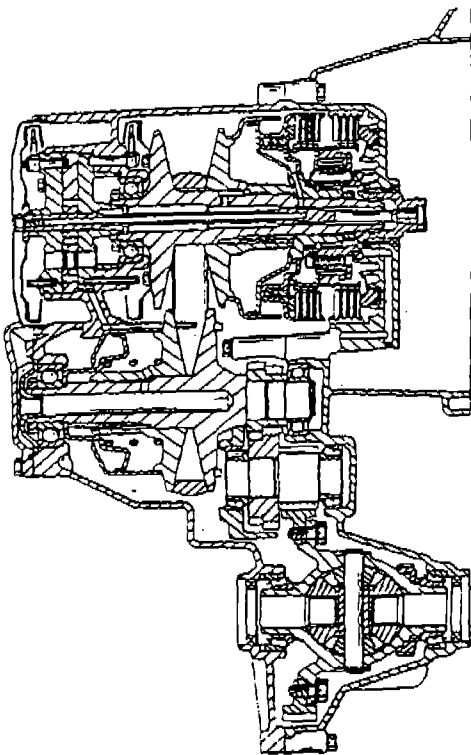


Fig.9 P811 CVT Model  
(VCST VT-1, FORD CTX)

회전경사각의 형태를 변경 시킴으로써 역회전시킬 수 있다. 이러한 유압식 변속기는 내구성, 유연한 변속 등의 장점에도 불구하고 부피가 크고 무거워서 승용차에는 적용하는데 어려움이 있으며, 농기계나 산업장비에 이용되고 있다.

### 3. CVT 개발동향

현재까지 자동차용 무단변속기로 실용화된 예는 반도네사의 금속벨트 및 보그워너사의 금속체인을 이용한 무단변속기 밖에 없으며, 이장에서는 양산중인 무단변속기의 개발회사 및 제작회사를 중심으로 무단변속기 모델별 특징을 소개하고자 한다.

#### 3.1 반도네社 (Van Doorne's Transmissie)

1965년 이전까지 고무벨트를 이용한 변속기인 바리오메틱(Variomatic)을 약 30만대 가량 생산한 경험이 있으며, 반도네 박사(Dr. Hub van Doorne)가 금속벨트 개발에 성공하여, 1974년 금속벨트공장을 건설하므로써 금속벨트를 이용한 무단변속기 시장을 넓히는데 크게 기여하였다. 또한, 이 회사는 무단변속기 개발기술과 금속벨트 기술을 가지고 있으며, 이 회사가 제작한 무단변속기 모델을 기본으로 하여 대부분의 자동차 메이커에서 개발 중에 있다.

반도네사가 개발한 무단변속기 모델은 4~5개 정도로 가장 기본 모델인 P811, 마그네틱 파우더 클러치(Magnetic Powder Clutch)가 적용된 소형모델인 P821, 토크컨버터를 적용하여 전자제어를 실현한 모델인 P884 및 후륜구동용 무단변속기인 P901등이 있으며, 최근 저소음용 금속벨트 및 고 토크용량의 금속벨트를 개발하므로써 벨트식 무단변속기의 장래를 더욱 밝게 하고 있다.

이 회사는 1995년에 전자제어 전문업체인 독일 보쉬(Bosch)社의 무단변속기 부문(Division)으로 재편되어서 무단변속기 개발에 더욱 박차를 가할 것으로 기대 된다.

① P811 CVT 모델 : Fig.9와 같이 토크용량

이 145Nm 정도로 무단변속기의 가장 기본적인 모델이다.(US Patent 4543852, 1985)

이 모델이 유럽 Ford에 전수되어 CTX라는 무단변속기 모델로 제작되어 Ford Fiesta에 장착되고 있다.

또한, 이 모델은 벨기에의 무단변속기 제작 전문업체인 VCST社에 제공되어 토크용량이 150Nm까지 향상되어 VT-1이라는 모델로 제작되며, Volvo 460 시리즈와 Rover Metro 차량에 장착되고 있다.

- ② P821 CVT 모델 : 후지 중공업에서 제작되어 Subaru Justy에 ECVT(Electronic-CVT, 적용토크 : 96Nm)라는 모델로 공급되고, Nissan March에는 NCVT(Nissan-CVT, 적용토크 : 110Nm)라는 모델로 공급되고 있다. Fig.10과 같은 이 모델은 전자석 원리를 이용한 마그네틱 파우더 클러치(Magnetic Powder Clutch)가 장착되어 있고, 전 후진 절환장치로는 수동변속기에

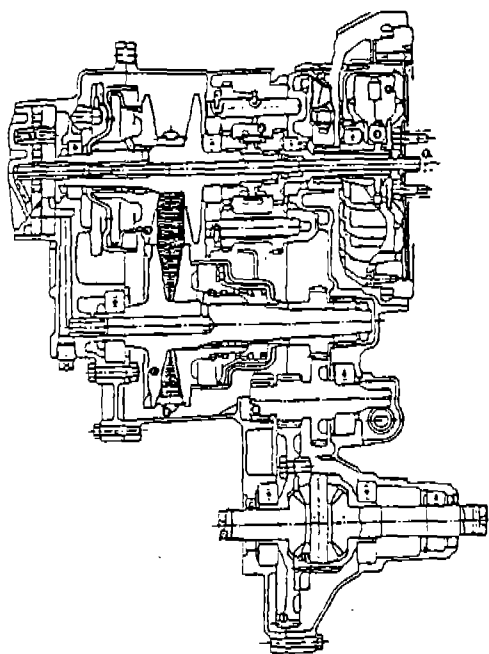


Fig.10 P821 CVT Model(ECVT, NCVT)

동기장치로 이용되고 있는 싱크로메쉬(Synchromesh)를 채용하고 있다<sup>(5)</sup>. 최근 후지중공업에서 제작된 무단변속기가 유럽의 Fiat에 공급되어 Panda에 장착되고 있어 후지중공업이 무단변속기 시장확대에 일조를 하고 있는 셈이다.

- ③ P884 CVT 모델 : 반도네社가 최근 개발한 모델로 출발초기의 가속감을 증대시키기 위해 토크컨버터를 쓰고 있으며 보쉬(Bosch)社와 공동으로 전자제어화 시킨 모델로, 고 토크 용량을 갖는 30mm 금속벨트를 채용하고 있어서 토크용량이 250Nm까지 적용 가능한 모델이다.

반도네社는 이 모델을 크라이슬러(Chrysler)의 3300cc 왜건(Wagon) 모델인 보이저(Voyager)에 적용하여 적용 가능성을 평가하였으며, 그 결과 A/T 장착차량 대비하여 연비 10% 이상, 동력성능은 동등 내지 7.5%의 향상을 가져왔다고 발표하고 있다<sup>(6)</sup>.

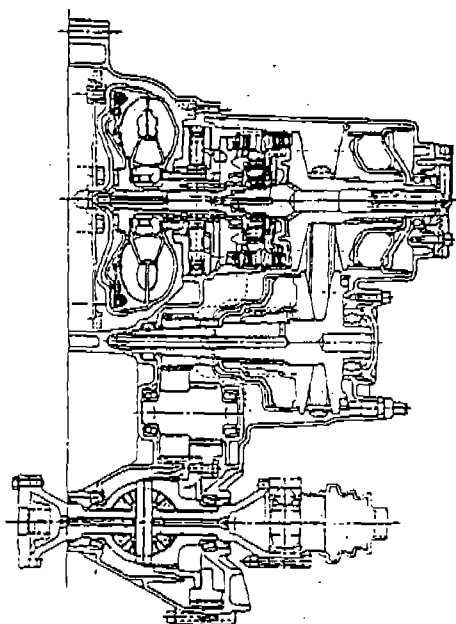


Fig.11 P884 CVT Model (ZF-Ecotronic CVT)

Fig.11은 이 모델이 유럽의 변속기 전문업체인 ZF社에 제공되어 ZF-Ecotronic이라는 모델로 개발되어 1997년에 양산할 예정으로 양산 개발중에 있으며, BMW와 Volvo등에 공급될 예정이다.

- ④ P901 CVT 모델 : 앞서의 모델들은 전륜구동용 무단변속기이지만, 후륜구동용으로 개발한 모델이 Fig.12와 같은 P901 이다.

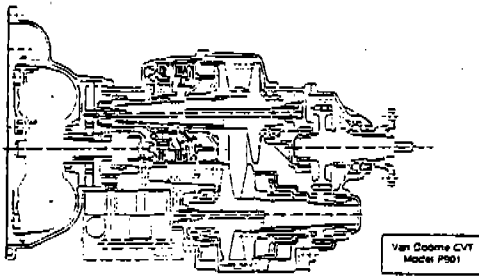


Fig.12 P901 CVT Model (for Rear Wheel Drive)

이 모델은 토크용량이 220Nm 정도로 현재 개발 중에 있다.

이와는 별도로 반도네社는 금속벨트의 적용 토크 한계가 없다는 것을 보여주기 위해 포뮬러 1(Formular 1) 경기용 차량에 무단변속기를 탑재하여, 금속벨트가 고 토크용으로도 가능성이 있다는 것을 보여준 바 있다.

### 3.2 혼다 자동차(Honda)

혼다자동차는 1995년 8월에 Civic차량에 독자 개발한 무단변속기를 탑재하여 시장에 선보였다. 이 무단변속기의 금속벨트는 네덜란드 반도네社로부터 공급받고 있지만, 반도네社의 기술적인 도움 없이 금속벨트 무단변속기를 개발한 유일한 자동차업체가 되었다.

Fig.13은 혼다 멀티매틱(Honda-Multimatic) 모델로 소음 진동을 줄이기 위해 듀얼 매스 플라이휠(Dual Mass Flywheel)을 적용하고 있으며, 스무스한 발전성 확보를 위해 중동축에 발전 클러치를 배치한 것이 특징이며, 변속비제어, 발

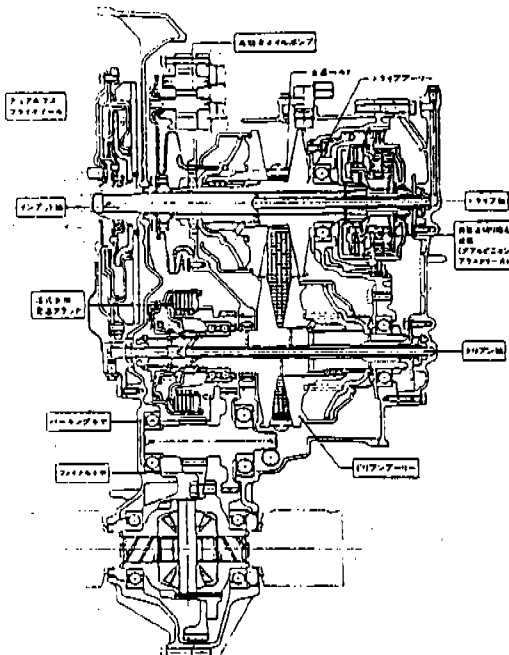


Fig.13 Honda Multimatic

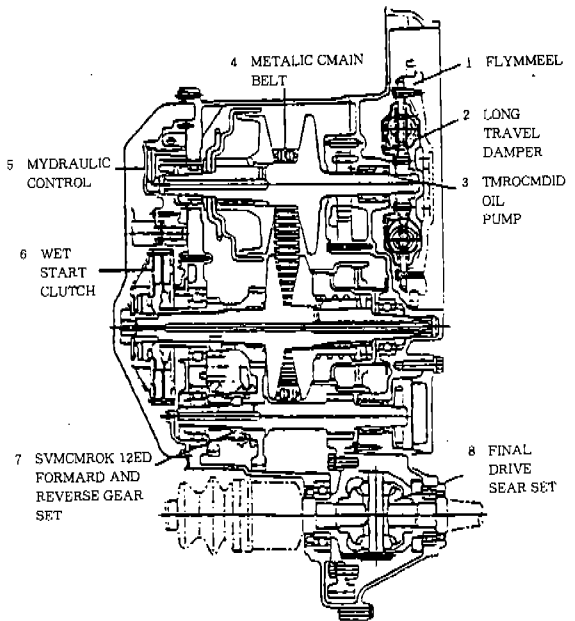


Fig.14 SCVT(Suzuki-CVT)

진제어 및 축압제어를 전자 제어하므로써 항상 최적의 변속이 가능하도록 하였다<sup>(7)</sup>.

### 3.3 보그워너社(Borg Warner)

미국 보그워너社는 일본 스즈끼(Suzuki)社와 공동으로 무단변속기를 개발하였으며, 스즈끼社가 생산하여 SCVT라는 모델 명으로 Cultus차량에 탑재하여 시판하고 있다.

Fig.14는 스즈끼社가 생산하고 있는 SCVT이며, 보그워너社에서 개발한 금속체인(Metal Chain)을 채용하고 있다. 이 금속체인은 일반적인 동력전달용 체인을 개량한 것으로 풀리는 축방향 하중을 로드 블록(Load Block)이 받도록 한 구조이며, 핀(Pin)의 마모로 인한 체인의 인장 및 소음 그리고, 링크(Rink)의 길이 때문에 풀리 상에서 금속벨트나, 고무벨트에 비해 작은 회전반경을 얻을 수 없는 단점을 지니고 있다.

이 무단변속기에는 엔진으로부터의 진동을 흡수하기 위해 보그워너 제품인 롱 크래블 댐퍼(Long Travel Damper)를 적용하고 있으며, 종동축에 발진 클러치(Starting Clutch)를 채용하

고 있고, 전 후진 전환장치로는 수동변속기에 이용되고 있는 싱크로메쉬(Synchromesh)를 채용하였으며, 변속비제어, 발진장치제어등이 전자제어화 되어 있다.

## 4. CVT 적용현황 및 적용범위

### 4.1 CVT 적용현황

무단변속기가 장착되어 시판되거나, 개발중인 차종은 Table 1과 같다.

여기서 볼 수 있듯이 스즈끼 Cultus를 제외한 전 모델이 반도네社의 금속푸시벨트(Metal Push Belt)를 채용하고 있다.

또한, 유럽과 일본의 자동차회사만이 무단변속기를 채용하고 있는 것을 알 수 있으며, 미국 자동차회사들은 무단변속기를 채용하고 있지 않고 있는 것을 볼 수 있는데 그 이유는 미국은 이미 자동변속기 장착율이 약 90%(1993년 Delphi VII 보고서 참조)에 달하기 때문에 무단변속기에 별도의 설비 투자를 꺼리는 것으로 판단된다.

Table 2는 반도네社에서 제시한 년도별 연비

Table 1 Car Model with CVT

	VDT push-belt			Borg-Warner chain
	Small max. 1.3 ℓ CVT model P821	Medium max. 1.8 ℓ CVT model P811	Large max.3.3 ℓ CVT model P884	1.3 ℓ CVT
Commercially introduced				
Fiat	Panda	Uno/Tipo/Tempra		
Ford		Fiesta/Escort/Orion		
Lancia	Ypsilon			
Nissan	Micra			
Rover		100-series		
Subaru	Rex/Sambar/Justy			
Suzuki				Cultus Convertible
Under development at VDT				
Chrysler			Voyager	
Flat		Uno Turbo		
Lancia			Dedra	
VW		Golf GTI		



감소추세를 보여주고 있다. 여기서 볼 수 있듯이 기존의 유단(有段)변속기로는 연비개선에 한계가 있고, 무단변속기가 연비개선의 확실한 방안이라고 제시하고 있다<sup>(4)</sup>.

#### 4.2 CVT용 벨트의 종류별 적용범위

Table 3은 반도네社의 금속푸시벨트(Metal Push Belt)의 종류별 적용토크 한계를 보여주고

Table 2 Trend of Vehicle Fuel Consumption related with Transmission Type

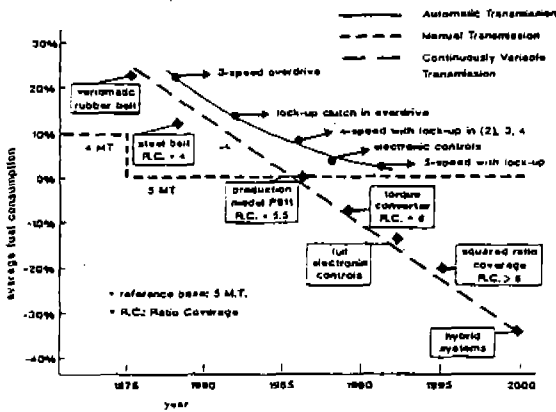


Table 3 Torque Range of VDT Push Belt

Belt design parameter	CVT design parameter			
	CVT powercapacity class			
	20-90kW max.6500rpm		80-150kW max.6500rpm	
Belt width → (=element width)	24mm		30mm	
Number of rings for each set :	belt model :	T <sub>max</sub> (Nm)	belt model :	T <sub>max</sub> (Nm)
6	24/6	80		
7				
8				
9	24/9	125	30/9	210
10	24/10	140	30/10	250
11				
12	24/12	165	30/12	300

있으며, 벨트 규격은 블록 폭에 따라 크게 24mm, 30mm 벨트 두 종류로 나누며, 적용토크에 따라 링(Ring)의 개수를 늘려서 대응하고 있다.

30mm 벨트는 24mm 벨트의 링 폭(9.75mm)에 비해 더 넓은 링 폭(12.4mm)을 가짐으로써 블록과 링과의 슬립, 링과 링 사이의 슬립을 줄여주어 더 큰 토크 전달을 가능하게 해준다.

#### 4.3 CVT 모델별 특징

Table 4는 무단변속기 모델별 큰 특징을 보여주고 있다. 여기서 볼 수 있듯이 스크류 SCVT를 제외한 전 모델이 반도네社의 푸시벨트를 채용하고 있으며, 적용 토크용량이 약 200Nm 이상인 경우에는 발전장치(Starting Device)로 토크컨버터(Torque Converter)를 채용하고 있으며, 또한 최적의 변속제어를 얻기 위해서 변속비, 발전장치 및 축압제어를 전자제어하는 경향이 있다.

#### 5. 결 론

차량의 주행저항에 대응하여 최소-최대 변속비 사이를 연속적으로 무한대의 단계로 변속시킴

Table 4 Characteristics of CVT Model

Model		P811	P821	P884	Honda Multimatic	SCVT
items						
Damper		Torsional Damper	Magnatic Powder Clutch	Torque Converter	Dual Mass Flywheel	Long Travel Damper
Starting Device		Multiple Wet Clutch			Starting Clutch (Multi Wet)	Starting Clutch (Multi Wet)
Forward/Rev Device		Planetary Gear + Multiple wet Clutch	Synchromesh	Planetary Gear + Multiple wet Clutch	Planetary Gear + Multiple wet Clutch	Synchromesh
Control	Ratio	H	H	E+H	E+H	E+H
	Starting Device	H	E	E+H	E+H	E+H
	Line Pressure	H	E+H	E+H	E+H	E+H
Belt(Width)		VDT(24mm)	VDT(24mm)	VDT(30mm)	VDT(24mm)	BWA

※ Remarks

H : Hydraulic

E+H : Electronic+Hydraulic

으로써 우수한 동력성과 연비를 얻을 수 있다는 장점을 지닌 무단변속기에 대하여, 현재개발에 성공한 무단변속기의 특징을 분석하고 선진자동차메이커들의 개발현황을 조사 분석하므로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 동력성과 연비를 향상시킬 수 있으며, 내구성 및 소음수준이 양호한 승용차용 무단변속기로는 실용화에 성공한 금속 벨트식이 가장 타당하다.
- 2) 무단변속기는 무한대의 단계로 변속함으로써 우수한 동력성 및 연비를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 특히 변속시 변속쇼크가 전혀 없는 우수한 변속품질(Shift Quality)을 얻을 수 있다.
- 3) 현재 양산중이거나 개발중인 금속벨트 무단변속기를 기준으로 판단해 볼 때, 금속벨트용 무단변속기는 토크용량 250mm까지 적용 가능하다.

- 4) 차량의 주행저항에 대응하여 최적의변속비를 얻기 위해서는 변속비제어, 발전장치제어 및 축압제어를 완전 전자제어화 하는 것이 필요하다.

#### 참 고 문 헌

1. Philip G. Gott, "Changing Gears : The Development of the Automotive Transmission", SAE Historical Series, 1991.
2. 兩角岳彦, "Continuously Variable Transmission", Motor Fan, 1992年 6月 號, pp. 81~96.
3. Sadayuki Hirano, Alan L. Miller & Karl F. Schneider, "SCVT-A State of the Art Electronically Controlled Continuously Variable Transmission", SAE Paper 910410.

4. E. Hendriks, "Qualitative and quantitative Influence of a Fully Electronically Controlled CVT on Fuel Economy and Vehicle Performance", SAE Paper 930668.
5. Yasuhito Sakai, "The ECVT-Electro Continuously Variable Transmission", SAE Paper 880481.
6. M. Boos, R. Vorndran, "The CFT 20E Continuously Variable Transmission for Mid-Range Automotive", SAE Paper 945028.
7. 山岡丈夫, "3-ステージ VTEC エンジン & ホンダ マルチック", 自動車工学, 1995年 10月號, pp. 38~49.
8. 牧田藤雄, "CVTの 現状と 将来", 自動車技術, Vol.42, No.1, 1988.
9. E. Hendriks, P. Heegde & T. Prooijen, "Aspects of a Metal Pushing V-Belts for Automotive Cut Application", SAE Paper 881734.