

1.5L クラス TC-CVT 用金属ベルト

Metal Pushing V-belt for Torque Converter-type CVT for 1.5-Liter Class Vehicles

矢ヶ崎 徹*
Tooru YAGASAKI
春江 憲治*
Kenji HARUE

青山 英明*
Hideaki AOYAMA
梅津 健太*
Kenta UMETU

原田 雅道*
Masamichi HARADA

要 旨

1.5L クラス対応の新トルクコンバータ方式 CVT(TC-CVT)用に金属ベルトを開発した。

TC-CVT では、従来の発進クラッチ方式 CVT(SC-CVT)に対して、トルクコンバータによるトルク増幅負荷に対応できる金属ベルトが必要になる。

開発した金属ベルトでは厳しい使用条件に対応すべく、エレメントは形状を変更して強度の向上をはかり、リングは高次曲がり成分を低減することで形状精度を向上させ、挙動の安定化をはかった。さらに、リング最表面の硬度を高くして耐摩耗性を向上させた。

本金属ベルトの特徴は、1.5L クラス TC-CVT に対応できる金属ベルト仕様を、リングの積層枚数 9 枚で達成した点にある。

ABSTRACT

A metal pushing V-belt for use in a new 1.5 L class torque converter-type CVT (TC-CVT) has been developed.

Because torque is amplified by the torque converter, a TC-CVT places a greater load on the belt than a conventional starting clutch-type CVT (SC-CVT), and the new V-belt therefore had to be able to cope with this increased load.

In order to fit the developed belt for this more severe use environment, the shape of the elements was modified to increase strength, and the accuracy of the shape of the rings was increased by reducing the high order of curvature component, resulting in more stable dynamic behavior. In addition, the hardness of the surfaces of the rings was increased in order to enhance wear resistance.

A noteworthy feature of the developed metal pushing V-belt is the fact that specifications enabling use in a 1.5 L class TC-CVT were achieved using only nine layers of rings.

1. まえがき

Hondaは、2001年から自動車メーカーとして世界ではじめて金属ベルトの内製を開始し⁽¹⁾、1.5L クラス SC-CVT 用ベルトは 2007 年 3 月に累計生産本数 100 万本を達成した。

新たに開発した 1.5L クラス TC-CVT は、SC-CVT と比較すると、発進やストール状態では、トルクコンバータによるトルク増幅により、金属ベルトに伝達されるトルクが増加する。このため、金属ベルトと各プーリの接触面で、スリップを発生させることなく、トルク伝達をおこなうために必要なクランプ力は、SC-CVT より高く設定するため、新たな負荷に対応できるベルトが必要となる。

本稿では、開発した金属ベルトの概要と主要技術について紹介する。

*四輪開発センター

2. 開発のねらい

金属ベルトに与えられるプーリからのクランプ力が増加すると、金属ベルトを構成するエレメントとリングにおいて、エレメントはプーリでクランプされている際の変形が大きくなり、リングは張力が増加する。張力はリング積層枚数の多いほうが低減されるが、コストアップとなる。1.5L クラス TC-CVT は、現状リング積層枚数 12 枚が主流であり、リング積層枚数 9 枚で開発すれば、よりコスト競争力を持つことが可能になる。

以上のことから本開発のねらいを、リング積層枚数 9 枚で 1.5L クラス TC-CVT に適用と定めた。

3. 金属ベルトの構造と仕様

金属ベルトは数百枚のエレメントと2束の積層リングにより構成される。Fig. 1 に開発したベルトの外観を、Table 1 に従来金属ベルトと開発した金属ベルトを比較した主要諸元を示す。金属ベルトの幅は1.5LクラスCVTで主流の24mmを踏襲した。

金属ベルト各部の名称を Fig. 2 に示す。Fig. 2 のエレメントボデー塗り潰し部が、従来の SC-CVT 用エレメント形状から、強度向上と面圧低減のために付加された部分である。

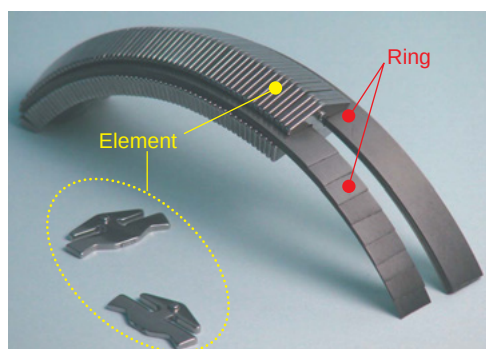


Fig. 1 Newly developed metal pushing V-belt

Table 1 Steel belt specifications

		Current	Developed
CVT type		SC-CVT	TC-CVT
Shaft distance (mm)		143	156
Ring	Width (mm) a	9.15	9.15
	Thickness (mm) b	0.184	0.184
	Diameter (mm) c	191.7	208.8
	Number of rings	9 /Each side	9 /Each side
Element	Rocking edge width (mm) d	24	24
	Thickness (mm) e	1.5	1.5
	Body height (mm) f	5.2	5.75
	Mass (g)	1.79	1.97

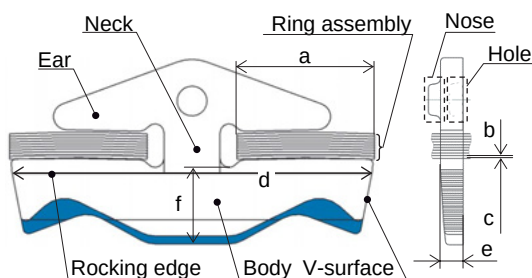


Fig. 2 Configuration of elements and ring assembly

4. エレメント強度

クランプ力が高くなることで、エレメントの変形による発生応力の増大と、プーリとエレメントの接触部面圧の増加による摩耗特性の低下を考慮する必要がある。ボデー部高さを拡大して断面形状を大きくしたことにより、発生応力を30%低減した(Fig. 3)。

さらに、V面長さの拡大により接触面圧の低減をはかった。ボデー部高さとV面長さを拡大して高剛性化しても、クランプ力に対するV面の接触面圧が均一になるような、ボデー下部の形状をCAE強度解析にて定めた。その結果、運転時の最大発生面圧を、SC-CVTでの実績と同等以下とし(Fig. 4)、かつ質量の増加を最低限に抑えた。

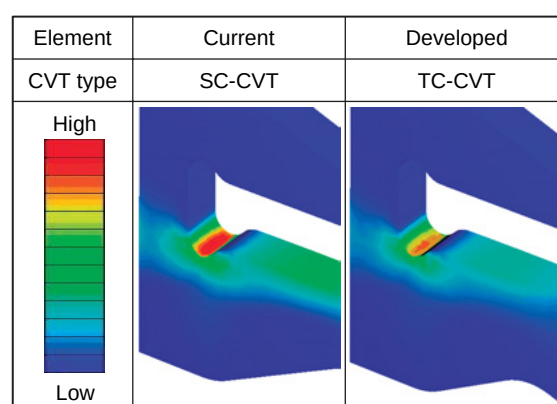


Fig. 3 Stress on element

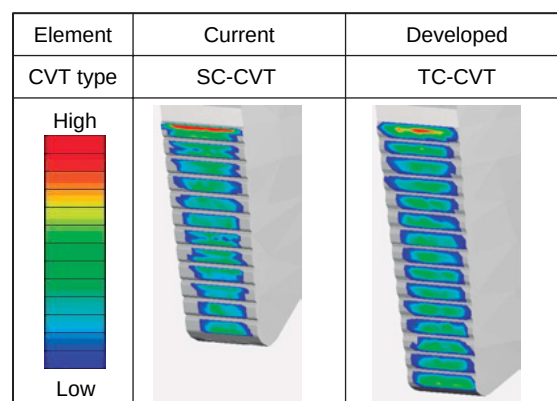


Fig. 4 Contact pressure at V-surface

5. リングの耐摩耗性

TC-CVTはトルクコンバータによるトルク増幅領域では、SC-CVT用金属ベルトのリング張力を超える。そのような高張力時は、リング挙動を安定させるため、より形状精度の高いリングが必要となる。リングは挙動が乱れると、エレメントネック部側面と干渉し、リング端部の摩耗が起こる。

本開発ではリングの耐摩耗性を向上させるため、リング

挙動測定、形状精度評価、リングとエレメントネック部側面との表面硬度差の最適化をおこなった。

5.1. リング挙動測定

Fig. 5 (a) は、Low レシオにおける、リング挙動を測定する位置であるドライブプーリからドリブンプーリ間の弦部を示し、Fig. 5 (b) はリング挙動の測定に使用したセンサの概略図を示す。

このセンサからの信号により、運転中のリングの幅方向変位を測定した結果を Fig. 6 に示す。従来リングでは、リング張力の増加にともない、弦部の左右変位は増加するが、開発したリングでは、リング張力が増加しても、左右変位の増加はなく、安定した挙動を示す。

5.2. リング高次曲がり形状

従来、リング形状精度評価は、Fig. 7 (a) に示すような形状を曲がりと呼び、量産にあたって非切断の測定手法を開発して製造管理をおこなっている⁽²⁾。

リング張力の増加にともない、弦部の左右方向の変位が増加するリングは、Fig. 7 (a) の低次数成分で構成された曲がり形状に、マイクロメータオーダの微小で高い周期性を持つ形状が合成された Fig. 7 (b) のような曲がり形状が存

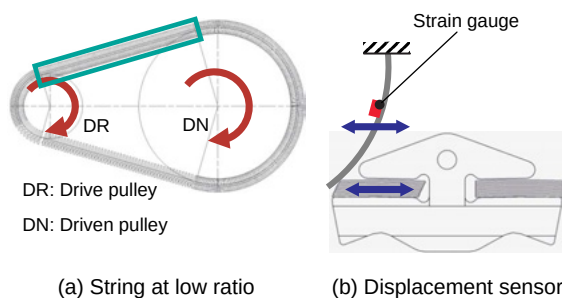


Fig. 5 Measurement of ring displacement

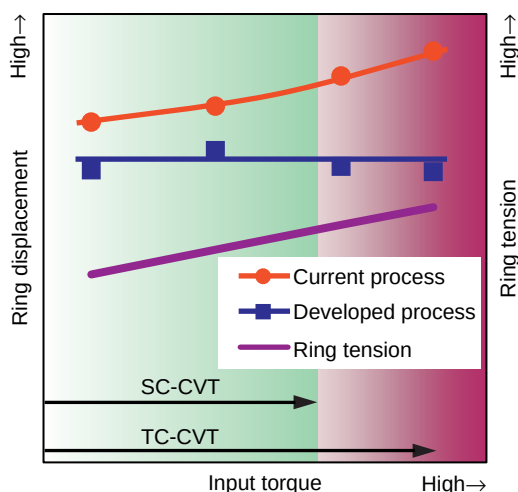


Fig. 6 Comparison of ring displacement

在することを確認した。

その曲がりの高次成分は、自動測定した曲り形状データの低次成分を除去した後、フーリエ解析を適用することで顕在化できる。この方法は、リング全長にわたる特定次数の周期性を定量化できるため、製造工程における曲がり原因の特定が可能となる。

Fig. 8 はリング 18 本の測定に対する、フーリエ解析の結果であり、Fig. 8 (a) は従来リング、Fig. 8 (b) は開発したリングである。

従来リングでは、6 次成分の振幅が顕著であることから、リングの製造工程で 6 次成分に関連する工程を検証した。その結果、圧延工程の加工用ローラ外径がリング直径の約 1/6 であり、加工用ローラの精度が影響していることがわかった。ローラの高精度化により、すべての次数で振幅が低減されており、特に 6 次成分は低減効果が高い。

5.3. 表面硬度差の最適化

リングが一時的にエレメントネック部側面と接触しても、摩耗が進行しにくくなるように、開発したリングの表面硬度は、エレメントネック部側面の表面硬度より高くなる仕様とした。

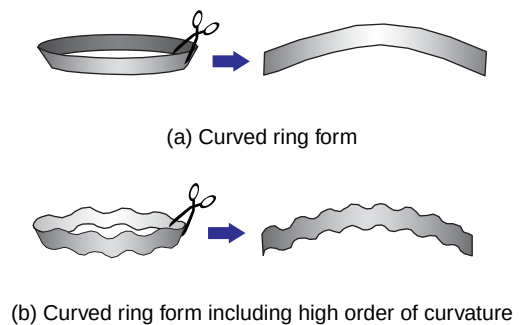


Fig. 7 Schematic of curved ring form

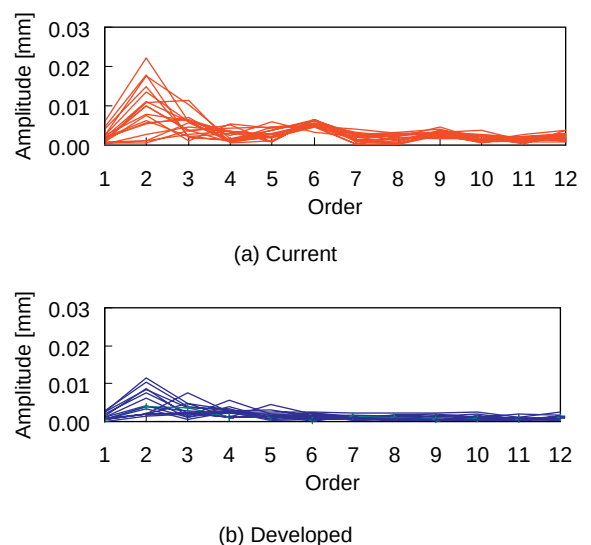


Fig. 8 Comparison of frequency component

5.3.1. リング、エレメントネック部側面の表面硬度比較

Fig. 9 は、開発したリングとエレメントネック部側面の表面から深さ方向への硬度を示した図である。

リングはエレメントネック部側面より表面硬度が高く、エレメントネック部側面の硬度は上部から下部へ硬くなる勾配を形成している。これにより、積層されたリングの中で、挙動変化の大きい外周側のリング端部が、エレメントネック部側面に接触しても、表面の硬度差が大きいいため、リング端部の摩耗は進行しにくい。

5.3.2. リング硬度

Fig. 10 は、窒化処理時の温度と組成ガス比率を変化させて、リング表面における化合物層形成の有無を示したものである。窒素ガス比率を上げることで硬度の向上をはかれるが、化合物層が形成されると耐久性の低下を招く。

開発したリングは、条件の最適化で最表面の窒素濃度を上昇させて表面硬度を高くした。また、内部硬度はリング材料のマルエージング鋼特性である強靱性を低下させない硬度としている。

5.3.3. エレメントネック部硬度

従来からエレメントネック部側面は、ウォータジェットピーニングにより圧縮残留応力を付与して、強度向上をされている。開発したエレメントでは、強度低下しない十分な圧縮残留応力を残しながら、エレメントネック部側面の最

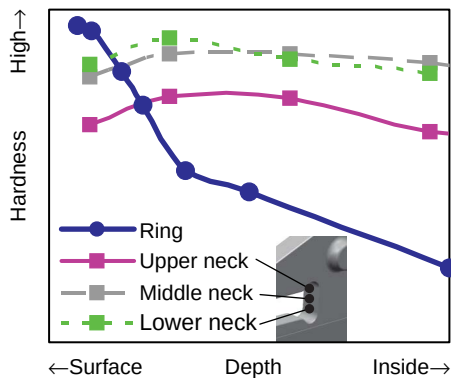


Fig. 9 Hardness of element neck and ring

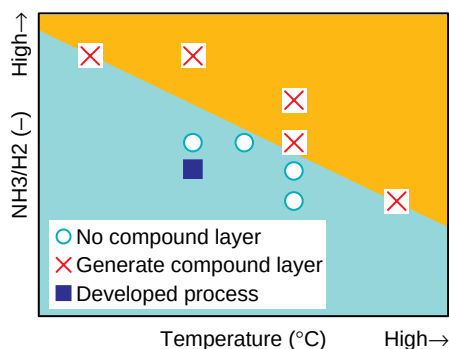


Fig. 10 Compound layer generation at nitriding

表面硬度がリング最表面硬度を上まわらない加工条件を新たに採用した。

6. 耐久強度

6.1. エレメント強度

開発したエレメントの強度を確認するため、エレメント単体の疲労強度試験で従来エレメントとの比較をおこなった(Fig. 11)。その結果、強度試験と強度計算による向上効果が、30%ではば一致することが確認できた。

6.2. リング耐摩耗性

従来金属ベルトと開発した金属ベルトで、TC-CVT の発進時を模擬したリング張力の高い耐久試験をおこなった。従来金属ベルトに対し、開発した金属ベルトはリング端部の摩耗量が 64%減少した。

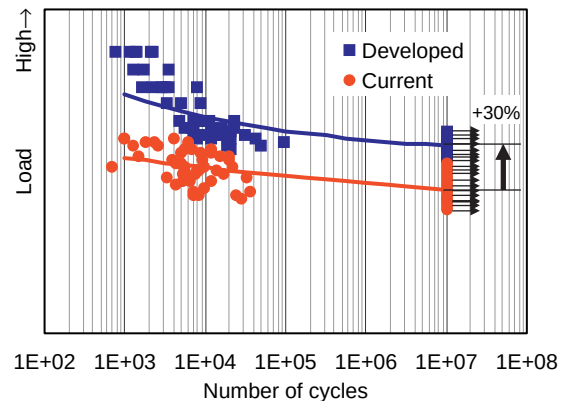


Fig. 11 Fatigue strength properties of simple element

7. 最大許容伝達容量

Fig. 12 は従来ベルトと開発した金属ベルトの最大許容伝達容量と最大許容トルクの比較を示す。エンジンの進化による出力とトルクの増加に加え、トルクコンバータによる

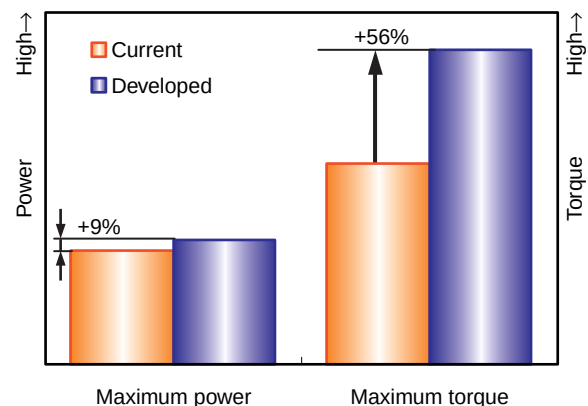


Fig. 12 Potential of newly developed V-belt

トルク増幅に対応できる金属ベルト仕様を、リング積層枚数9枚で達成した。

8. まとめ

1.5Lクラス TC-CVT に適用できる金属ベルト仕様を、リング積層枚数9枚で達成した。その開発技術内容を以下に記す。

- (1) エレメントは、ボデー高さとV面長さを拡大して、強度と摩耗特性を向上した。
- (2) リングは、高次曲がり成分を低減して形状精度を向上させ、挙動の安定化をはかった。
- (3) リングの表面硬度向上と、エレメントネック部側面との表面硬度差を最適化して、リング端部の耐摩耗性を向上させた。

9. あとがき

本稿で紹介した TC-CVT 用金属ベルトの開発は、細部を詰める開発であったといえる。細部を詰めるとは、完成したと思っている仕様もさらに性能を追求していくと、さらなる改良点が明確となり、改良をあきらめなければ次の進化につながることを示す。

今後の進化では、細部に神が宿るというミース・ファンデルローエの言葉どおり、細部をさらに詰めながら、さらなる形状の理論的探究と生産技術の開拓的開発を推進していきたい。

参考文献

- (1) 矢ヶ崎徹, 青山英明, 斉藤俊博, 石井和夫, 岡田喜成, 有川守: CVT用金属ベルトの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.1, p.181-190
- (2) 有川守, 鷗宏敏: CVT 金属ベルト用リングの形状評価技術, Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.2, p.57-62

■ 著 者 ■



矢ヶ崎 徹



青山 英明



原田 雅道



春江 憲治



梅津 健太