

## 製品紹介

## 開先切断用ツイスター加工機の開発

## Development of a Twister Machine for Groove Cutting

山口 義博

Yoshihiro Yamaguchi

コマツ産機㈱の板金事業における戦略商品ツイスター加工機（中厚鋼板用 ファインプラズマ切断機）のラインナップに、新たに開先切断機能を付加したルートツイスターTFPV が加わった。TFPV は建設機械の生産におけるボトルネック工程の一つである溶接開先加工の合理化にも大きく寄与できるものと期待している。その開発の狙いと技術的特徴について紹介する。

A root twister model TFPV with a new groove cutting function has been added to the lineup of twister machines (fine plasma cutting machines for medium to thick steel plates) as one of the strategic products of Komatsu Industries Corp. in its steel metal machine business. The TFPV is expected to play a major role in streamlining the machining of welded grooves, which is one of the bottleneck processes in the manufacture of construction machinery. The aim of the TFPV development and its technical features are described.

*Key Words:* プラズマ切断, ガス切断, レーザ切断, 開先加工, 工程集約, 画像処理

## 1. はじめに

1983年に平塚にあるコマツの技術研究所（現 研究本部）で岩石を熱的に破砕する研究が進められていた。その研究は成功しなかったものの研究成果から派生した鋼板切断用ファインプラズマは、その後、数回のモデルチェンジを経てツイスター加工機として、コマツ産機㈱の板金事業に大きく貢献する商品に結実した。

優れた切断品質と経済性により切断関連業界より評価の高いツイスター加工機に、トーチ傾斜旋回機構を付加し、これまで切断工程の合理化の障害となっていた開先加工切断を可能にした√ツイスターTFPV6082/6084を開発した。その概要について紹介する。



写真1 √ツイスター TFPV6082

## 2. 開発の狙い 開先加工工程の合理化

現在、建設機械だけでなく建築や造船などの鋼板を用いた溶接構造物の生産現場では、さまざまなサイズ・板厚の定尺鋼板（4'×8', 5'×10', 8'×10', 8'×20', 10'×20', 8'×40', 10'×40', etc. : 1' = 304.7mm）から、ガス切断・プラズマ切断・レーザ切断の3種類の熱切断方法を使ったNC自動切断機により、種々の形状の部材が切断されている。熱切断法としてのガス・プラズマ・レーザには、それぞれ板厚レンジや切断速度、精度、イニシャルコストやランニングコストの点で長所短所があり、要求品質やコスト目標にあわせて最適な切断方法が選択されている。

ツイスターはプラズマ切断の特長の一つである高速切断を、コマツが独自開発したファインプラズマ技術を応用することで更にのびし、4.5mm から 36mm 程度の中厚板軟鋼板を高能率高品質で切断することが可能となった。図1に、ガス切断と6kWレーザとツイスター切断での切断速度の比較を示す。図1の通りツイスターは建機の生産でも多用される板厚レンジにおいて、ガス切断の数倍、現在市販されている最高出力の6kWレーザに対しても2倍から3倍程度の高速切断性能を有している。特にレーザ切断が苦手とする16mmを越える厚板では、ツイスターは切断工程の生産性向上に大きな威力を発揮する。

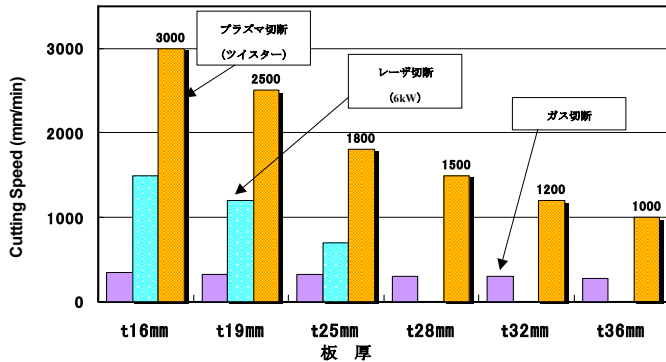


図1 熱切断における切断速度の比較

建機や各種産業機械、建築や造船のフレームや管体を構成する溶接構造物は、上述のツイスター加工機（プラズマ切断）やガス切断、レーザー切断を用いたNC自動切断機により、定尺鋼板から自動で各種形状部材として切り出され、切断工程の後、曲げ工程や溶接工程を経て溶接構造物として完成する。その際、6mmを越える板厚の溶接では、必要な設計強度を確保する目的で、図2aに示される溶接の突合せ面に切断面を斜めにカットした溶接開先継手が用いられることが多い。

突合せ継手				
開先形状	I型	V型 両面V型 (X型)	U型 両面U型 (H型)	レ型 両面レ型 (K型)
記号		V X	U H	レ K
形状				

図2a 突合せ溶接継ぎ手

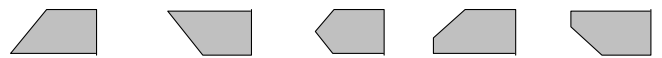


図2b 各種溶接開先形状

溶接開先継ぎ手となる図2bのような溶接開先は、先述のNC自動切断機から1工程で切り出されるわけではなく、自動機から切断面が垂直な形状部材を切り出した後（以後Iカットと呼ぶ）、別工程で切断面の斜め切りを行って（以後Vカットと呼ぶ）、溶接開先加工を実施している。その加工フローを図3に示す。

Iカット（垂直切断）に関しては自動切断機による合理化（省人化）が可能

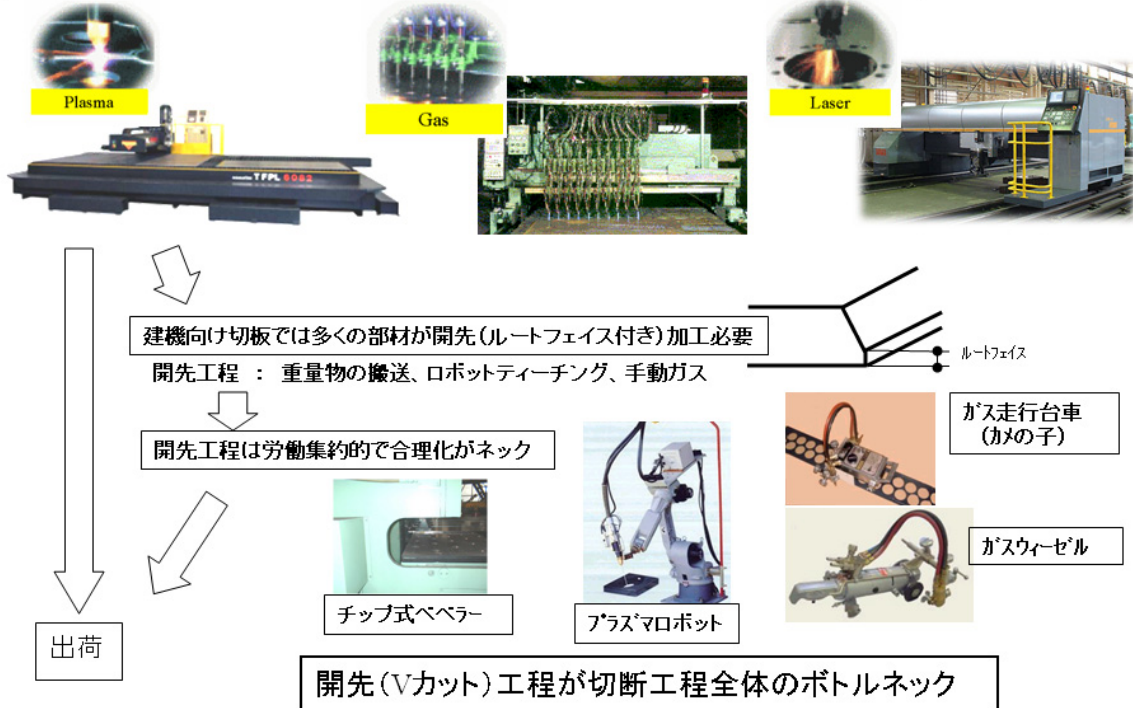


図3 開先加工工程のフロー

Iカットについては、ツイスターをはじめレーザやガスによる NC 切断機で自動化や生産性向上による合理化が進んでいるが、いざ溶接開先を切り出すための V カットを実施する際には、直線の V カットであればチップ式ベベラ、板厚が厚くなったり曲線が含まれるとテーチングプレイバック方式でロボットを使ったガス切断か、作業者が走行台車や治具を使って半自動あるいは手動のガス切断に頼らざるを得ない状況である。

開先加工に必要な V カット工程は単純な I カットだけの工程に比較して、自動化が進んでおらず労働集約的な工程となっている。特に大型建機では I カット後の部材も数百 kg から 1 トン近くになり、別工程となる V カットを実施する上で、搬送・ハンドリングにも多大な工数・手間がかかることになり切断工程全体のボトルネックとなることもある。

ルートツイスターは、高能率で I カットが出来るだけでなく、ボトルネック工程の V カットを I カットと同時に実施することにより、溶接開先を含む切断工程の合理化を狙ったものである。因みにペットネームの『√ツイスター』は Y 開先加工を可能にするという意味でルートフェイスの『ルート』から命名した。

### 3. 主な特徴

#### 3.1 5 軸同時制御の高剛性開先機構

√ツイスターTFPV は、I カット対応の X・Y・Z の 3 軸制御の従来機 TFPL に V カット実施のためのトーチ旋回軸 (C 軸) とトーチ傾斜軸 (B 軸) を追加した 5 軸同時制御のツイスター加工機である。

制御軸数増に対応するため TFPV ではファナック社製の高速多軸制御が可能なパソコン機能付き CNC (型式: 310i シリーズ) を採用し、また、溶接開先ルートフェイスの精度を確保するために本体剛性も大幅に向上している。

#### 3.2 CCD カメラによる位置ズレ補正機能

溶接開先の形状について、造船では全開先 (ルートフェイス無し) が使われることが多いが、それ以外の建機を含めた溶接構造物では突き当て面に、ルートフェイスを設けた Y 開先が一般的である。Y 開先については図 5 に示すようにルートフェイスを切り出すステップと開先面を切り出すステップの 2 パス切断 (2 回切り) が必要となる。

2 パス切断では I カットの 1 パス切断終了後に切り幅のなかで製品の位置ズレが起き、V カットの 2 パス切断をプログラムとおりに正確に実施しても必要なルートフェイスの精度は得られない。そのため、トーチ傾斜機構を有する開先対応のプラズマ切断機やレーザ加工機が従来からあったが、位置ズレが起きない 1 パス切断で可能な全開先の切断だけで、専ら造船業界向けの運用に止まっている。従来他社からは、量産レベルで Y 開先対応可能

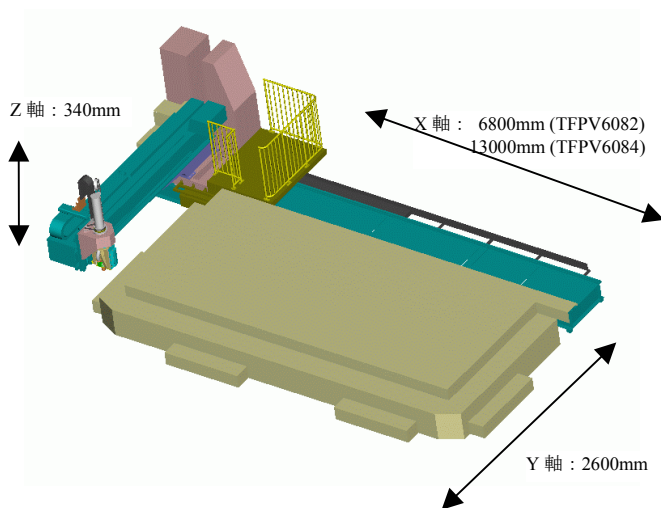


図 4 a TFPV 全景およびストローク

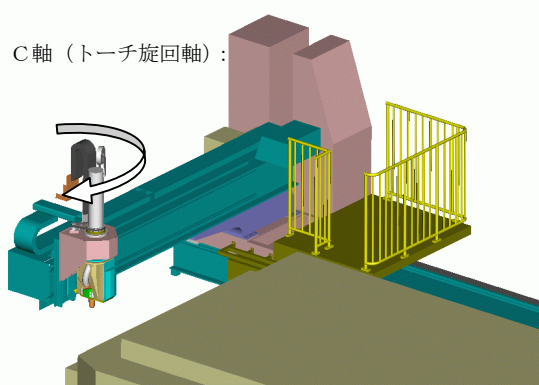


図 4 b TFPV C 軸 (トーチ旋回軸)

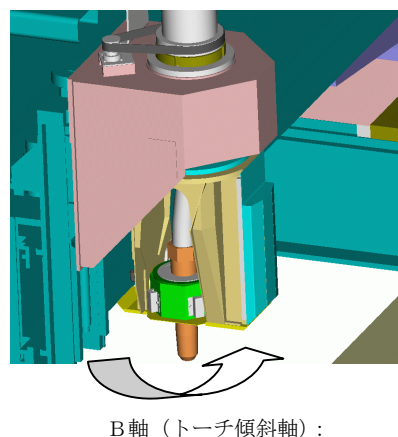


図 4 c TFPV B 軸 (トーチ傾斜軸)

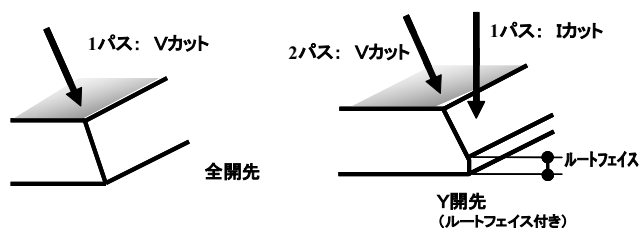


図 5 開先の種類 (全開先と Y 開先)

な自動切断機は実用化されていない。

そこで、ツイスターTFPVでは1パス切断後、トーチ近傍に配置した CCD カメラで位置ズレ量を検出し、2パス切断実施のプログラムを自動で修正して高精度の2パス切断による溶接開先が得られるシステムを開発した。(特許出願中)

図6に示すようにプラズマトーチの上方に CCD カメラが取り付けられている。図7aの1パス切断後に図7bのように製品端点を2箇所 CCD カメラで撮像する。撮像する端点はプログラムで事前に指定されており、加工機は1パス切断後に自動で撮像ポイントに移動し撮像する(図8a)。撮像された画像は2値化され(図8b)画像処理の手法により端点が抽出される。位置ズレが起きていない場合の位置と実際の端点の位置を比較することで、製品の位置ズレ量が演算により求められる。演算終了後、2パス切断のプログラムが位置ズレ量に対応して修正され、2パス切断が精度良く実施される(図7b)。これらの一連の動作は全て自動で実施され、1パス切断終了後、撮像から端点抽出、2パス切断実施までにかかる処理時間は10秒以下である。

標記の位置ズレ検出機能により、これまでの開先対応のプラズマ切断機やレーザ加工機では困難であったルートフェイスがあるY開先についても、全開先と同様にTFPVでは対応可能となり、開先加工工程の合理化に大きく寄与する。

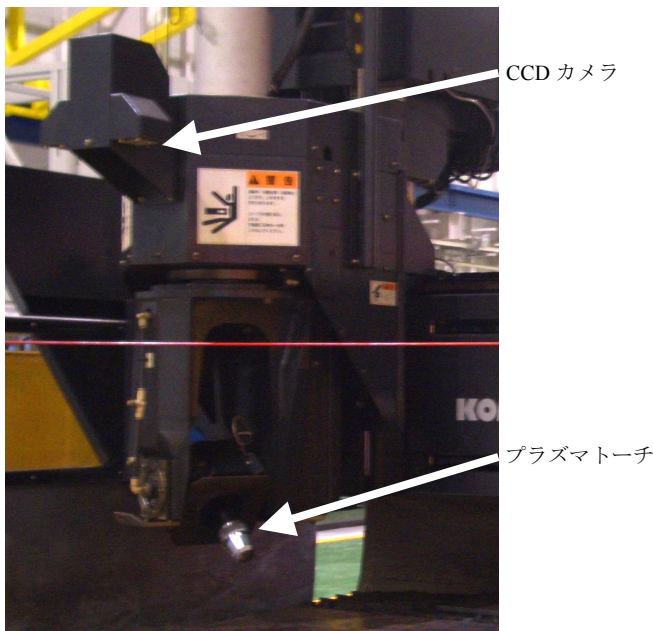


図6 トーチ上方に取り付けられた CCD カメラ

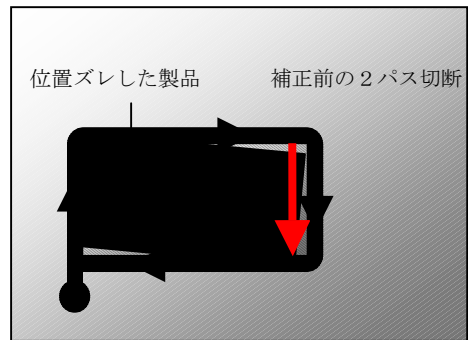


図7a 1パス切断後の製品位置ズレ

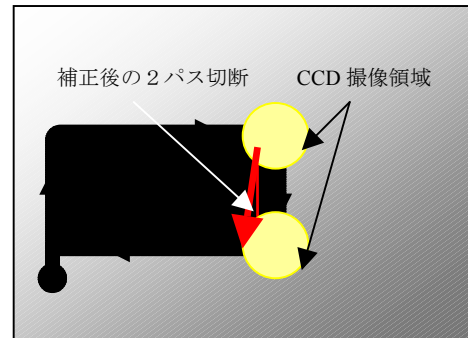


図7b CCD カメラによる位置ズレ検出

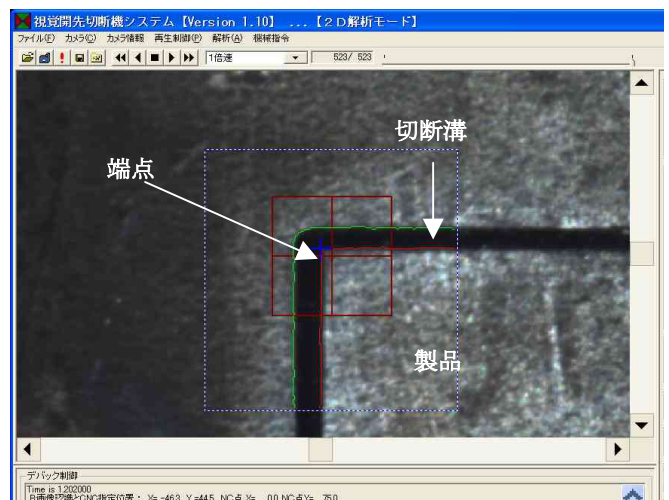


図8a CCD カメラによる撮像画像

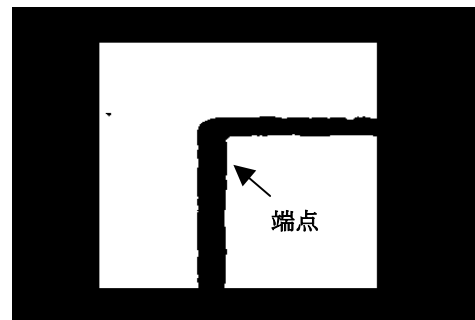


図8b 2値化された撮像画像

### 3.3 TFPVの基本仕様と対応可能な開先形状

TFPVの主仕様を表1に示す。TFPVでIカットで切断可能な板厚は最大36mmで、Vカットの場合には切断距離が36mm以下の開先が対応可能である。35度の全開先では板厚28mmまで、45度の全開先では25mmまで開先切断可能である。

表1 TFPV主仕様

項目	TFPV6082 <6084>
最大切断板厚 (SS400)	垂直切断板厚：36mm 35度開先：28mm 45度開先：25mm
最大開先可能角度	45度
最大加工寸法	2500x6200 mm <2500 x 12400>
早送り速度	X軸：30m/min Y軸：50m/min Z軸：40m/min C軸：60rpm B軸：30rpm
ツイスター電源	60kW
制御装置(NC)	FANUC 310i
加工速度	22t：2000mm/min (垂直切断参考)
集塵方式	ダンパ切替+プッシュプル集塵
衝突防止装置	Yフレーム前面/後面：標準装備
ステンレス切断	オプション扱い

また、対応可能な開先形状を図9a・図9bに示すが、現状、開先形状によっては対応不可のものもでてくる。今後はCNCのソフトの改良を進め、対応できる開先形状を順次増やしていく予定である。



図9a TFPVで対応可能な開先形状

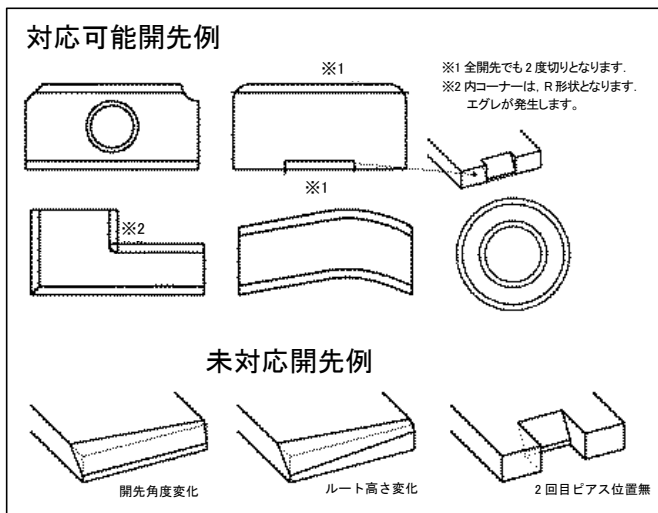


図9b TFPVで対応可能な開先形状

図10にTFPVで開先加工を実施したサンプルの写真を示す。TFPVで切断した開先の精度は、ルート高さのバラツキは±1mmで、角度のバラツキは0度から+4度となっており、溶接開先の要求品質を満足するものとなっている。

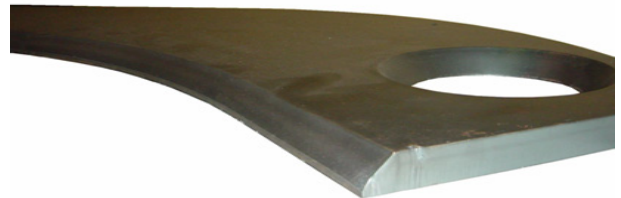


図10a 開先切断サンプル

板厚 t 25mm 開先角 35度 ルート高さ 3mm

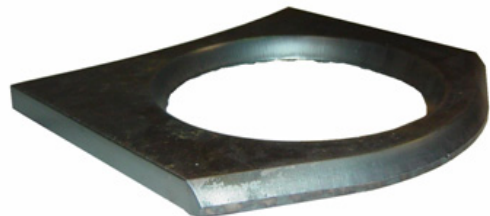


図10b 開先切断サンプル

板厚 t 19mm 開先角 35度 ルート高さ 5mm

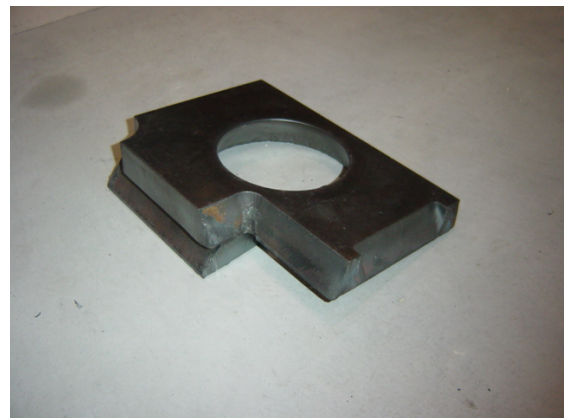


図10c 開先切断サンプル

板厚 t 19mm 開先角 35度 ルート高さ 5mm

### 3.4 TFPVによる開先加工工程の合理化メリット

TFPVによる開先工程の合理化メリットを模式的に説明したものを図11に示す。従来の工法、Iカット（垂直切断）を自動プラズマ切断で、Vカット（開先加工）をガス切断で実施した場合、開先加工工程でのコストは材料費とIカットにかかる加工コストと、Iカット終了後、切り出された部材を自動切断機のステーションから、Vカットを治具等によりガス切断を実施するステーションまで搬送するためのコスト、およびVカット実施に関わ

る加工コストの合計となる。加工コストは切断機のランニングコストや作業者の工賃と切断機の減価償却費等で構成される。

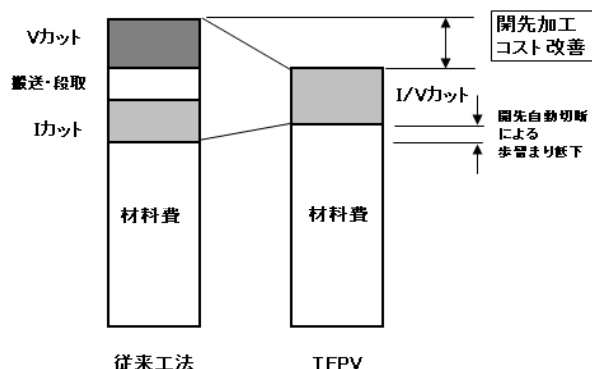


図 11 TFPV での開先工程の合理化メリット

一方、TFPV で開先加工を実施すると I カットと V カットが同時に出来ることで搬送コストが削減できるだけでなく、従来工法のガス切断による V カットよりも高速で安価に加工できることから、トータルでの開先加工コストを大幅に改善できる。但し、TFPV では、I カットと V カットを同時に実施するため、形状によってはコーナでトーチ姿勢変更のためにループ処理が必要となることがあり、材料歩留まりが少し悪くなる。従って、コスト改善効果は形状や板厚により異なるが、搬送に手間のかかる大物部材や厚板部材になるほど改善効果は大きくなるので、大型建設機械の開先加工では TFPV によるコスト改善効果が、より大きくなると期待できる。

#### 4. おわりに

√ツイスターTFPV の本格的な市場導入はこれからである。建設機械だけでなく、建築や造船等の業界でも開先加工は手間のかかる工程として自動化・合理化が望まれている。本文でも述べた通り、切断可能板厚であっても、開先形状によっては対応できないものもあり、切断プログラムを作成する CAD・CAM システムに改良を加えることで対応可能開先を増やしていくことが、今後の課題である。

また、開先切断の V カットでは実質的な切断板厚が厚くなるので、現状では 45 度の全開先で板厚 25mm が上限である。対応できる板厚レンジを広くするためには、プラズマ出力アップが必要である。今後、コマツ産機ではコマツの研究本部の協力を得ながら、より厚板対応が可能な大出力ツイスター加工機の開発に取り組んでいく予定である。今後は、√ツイスターTFPV に更に改良を加えながら、開先加工合理化の強力なツールとしていきたい。

#### 筆者紹介



Yoshihiro Yamaguchi

山口 義博 1986 年、コマツ入社。  
現在、コマツ産機(株) 板金 KBU 所属。

#### 【筆者からのひと言】

従来機 I カット対応ツイスター加工機 (TFPL) も現在コマツの建機部材の切断工程合理化ツールとして切断現場で稼働している。今回、開発した√ツイスター加工機 TFPV が、少しでも開先加工工程の合理化の一助となれば、もともと建機のアプリケーションとして岩石熱破砕の研究をルーツにもつツイスター加工機の開発者としては、望外の喜びである。