

エアバッグ開裂部へのミリング工法適用

Milling Method Application to Air Bag Tear Area

加藤 正典*
Masanori Kato

伊藤 敏晴**
Toshiharu Itou

茂木 正克***
Masayoshi Mogi

要 旨

中, 小型車で多く採用されているインストルメントパネル (以下インパネ) の助手席エアバッグ部は, インパネの裏面を加工してエアバッグが出るドアを形成している. その加工は高い精度が必要である為, 従来, 高価なレーザ加工機を用いて加工してきた. 本報では新たに開発した, 廉価なミリング加工機による開裂部の加工技術について紹介する.

Abstract

In a passenger air bag used in an instrument panel on middle and compact class cars, the door is formed on the back side surface by costly laser machining for high precision. This report introduces a completely new approach that utilizes a more versatile milling method.

1. はじめに

自動車メーカーの海外生産が加速する中, 部品メーカーもグローバル生産対応が必要とされている. インパネ部品に関してもグローバルでの生産対応が求められている.

また, 従来の助手席用エアバッグのドアは, インパネとドア部が別体化されていた為, ドア部周辺の分割線により外観を損なう課題があった. 昨今ではデザイン性向上の為, ドア部がインパネと一体化され, ドア部のインビジブル化 (Fig. 1) がなされてきているが, このような一体化されたドアにおいては, インパネ裏面側に開裂用の加工 (以下ティア加工) を施しドアを形成している. 従来はその加工に高価な専用設備が必要で, 上で述べたグローバル対応の観点からも生産拠点準備上の課題になっていた. そこで, 今回, 設備投資を抑制する為, より廉価なミリング加工機にてエアバッグ性能を発揮する為の技術開発に取り組んだ.



Fig. 1 Air bag door on the Nissan Leaf instrument panel

2. 開発の狙い

一体のドア部はインパネ裏面にレーザ加工機を使って『日』の字形状にてティア加工を施し, ここを起点に開裂する様に2枚のドアが形成されていた (Fig. 2).

今回開発したミリング加工用ティア部では, 従来のレーザ加工用ティア部に対し, エアバッグドアの開裂に関わる性能において同等以上を目標とした.

また, これからますます拡大する拠点へのグローバル生産対応においても, 高価なティア加工設備を必要とせず, 廉価な加工機を使えることを目指した. これにより, 投資の削減, 現地生産の容易化, さらにはグローバル生産対応の迅速化を可能とすることも狙いとした

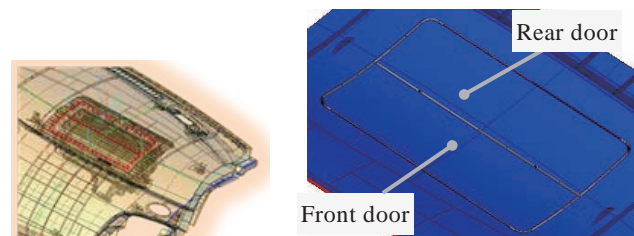


Fig. 2 Tear area

3. 開発概要

3.1. エアバッグの機能

自動車用エアバッグは, 前面衝突時に頭や胸への衝撃を軽減させることを目的としている. 主に, シートベルトの働きを補助し, 乗員の衝撃を軽減するシートベルト

* CPM・内装事業本部 CPM・内装技術開発グループ
** グローバル生産本部 生産技術開発・試作計測グループ
*** CPM・内装事業本部 内装生産技術グループ

併用式エアバッグで補助拘束装置 SRS (Supplemental Restraint System) となっている。

一般的には、時速 20 ~ 30km/h 以上の速度でコンクリート壁のような強固な構造物に正面衝突したとき、または、自動車などと衝突し、前述と同様の衝撃を受けたときにエアバッグが膨らむよう、設計、製造されている

3.2. エアバッグの構造

エアバッグは、Fig. 3 のような部品構成となっている。自動車が衝撃を受けた際、折りたたまれて格納されているエアバッグが膨らみ、Fig. 4 のように、インパネドアの中央部を押し上げ (B)、ハードインパネドア部の脆弱なティア部が破断し (C)、エアバッグがインパネより飛出す (D) 構造となっている。

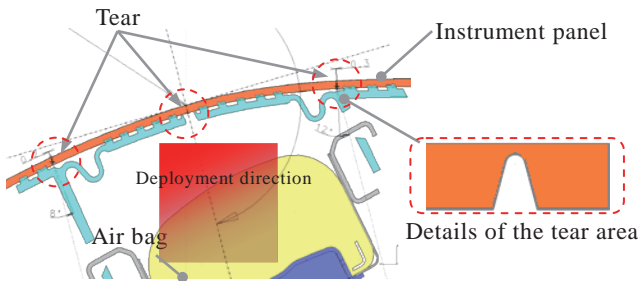


Fig. 3 Air bag structure

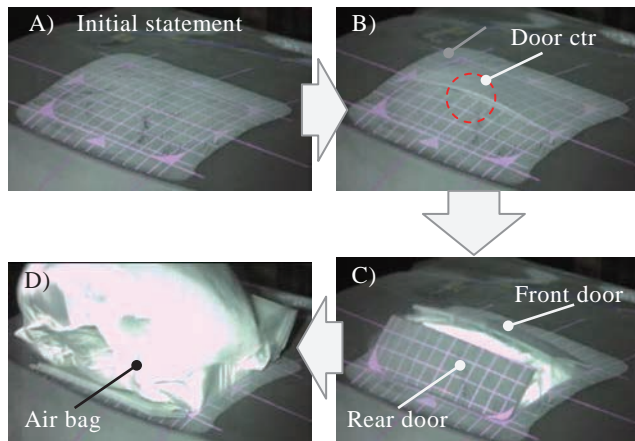


Fig. 4 Door opening mode

3.3. 加工工法の差異

従来のレーザ加工は、レーザ光を使用しミシン目のように断続的に穴加工 (Fig. 5) を施し、ハードインパネを加熱、昇華させてティアを加工する。

一方、ミリング加工は切削工具を用いて切削加工するもので、ティア形状が一定断面となり (Fig. 6)、切粉やバリが発生してしまう。

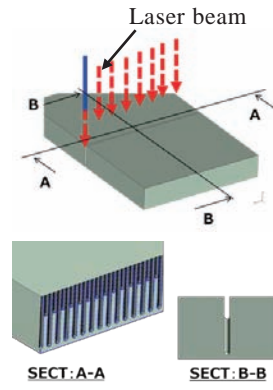


Fig. 5 Laser method

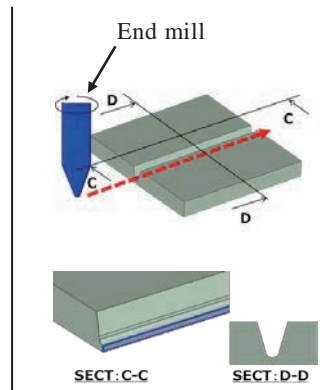


Fig. 6 Milling method

3.4. 性能実現のポイント

ティア部のポイントは、エアバッグが正常にインパネから飛出すようにすることである。この機能を実現するためには、Fig. 7 のようにティアセンタが破断し、ティアサイドと順次破断してティアヒンジを中心にインパネドアが回転することが理想的であり、このモードを実現する為には、各ティア部の破断強度のバランスを取ることが重要である。

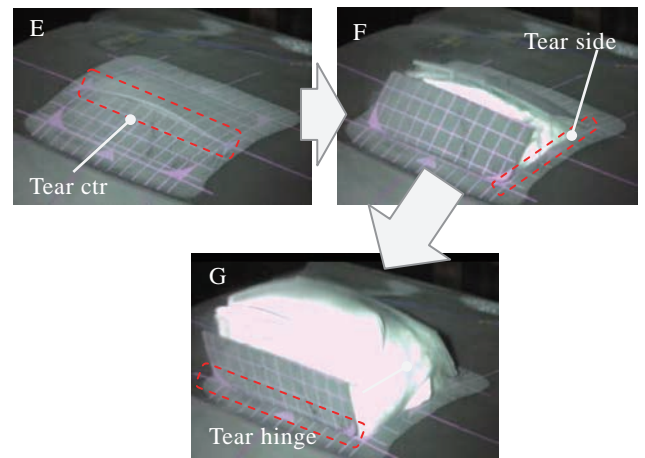


Fig. 7 Opening order

4. 性能確保の為の等価設計

4.1. ティア設計の考え方

前述の通り、ティア部の機能は、破断の荷重と破断の順番を制御することである。ティア部を薄くすればするほど開裂し易くなり、厚くすれば開裂しにくくなる。そこで、従来のレーザ加工品をベースにティア部の寸法・形状によって破断強度がどのように制御されているかを実機試験にて検証し、レーザ加工品との等価性を確認した。

なお、薄すぎると外観にティア部の跡が見えてしまう問題があることから、ティア部は強度と外観を両立させ、寸法・形状を適正化する必要がある。以下の検討はこの条件を満足させつつ実施した。

4.2. ティア設計の考え方

レーザ加工ティアと等価な設計にするに当たり、破壊モードのメカニズムを検討した。高速度カメラにより実際のドア部の変形モードを観察した結果、ドアの外周部はインパネと一体成形されている為、変形は見られず、エアバッグにより押された中央部は凸状に膨らんでいた。その為、まず試みに Fig. 8 に示した両端固定支持梁の力学モデルでティア部は曲げモードで破壊すると仮定した。

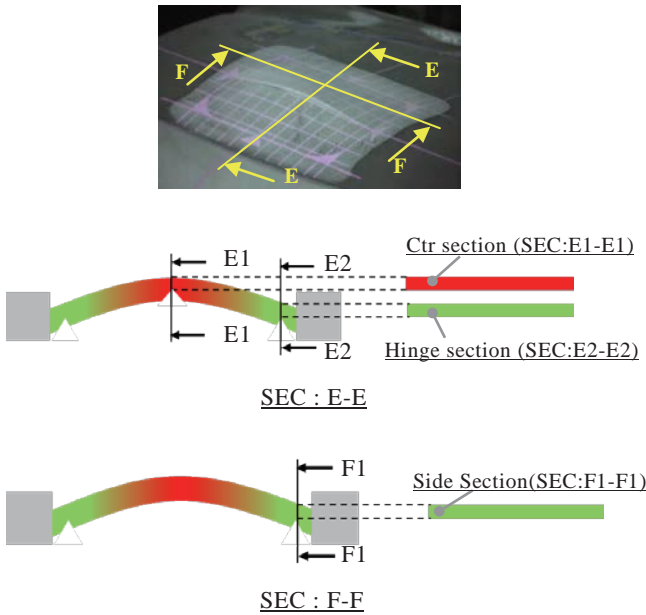


Fig. 8 Deformation mode of a beam

ティアの断面形状は Fig. 9 に示したようにレーザ加工とミリング加工により異なるが、曲げモードで破壊が進行するという仮定の下では、センタ、サイド、ヒンジのそれぞれのティア断面部の断面係数（図中の黄色部）を合わせることで等価設計が成立することになる。そこで、断面係数をパラメータにして試作品を製作して破断荷重と断面係数の関係を検証することとした。

また、実車状態でティア部の開裂荷重を測定することが難しい為、Fig. 10 のように、エアバッグを模擬したデバイスを用いてインパネドア部を裏面から高速で打抜き、破断荷重を測定した。

例としてティアセンタ部の実験結果を Fig. 11 に示す。前述の仮定からは、断面係数と破断荷重の関係は、断面係数がゼロの時は破断荷重もゼロ、断面係数が大きくなるに連れて破断荷重も大きくなり、比例関係になると予測される。しかしながら、センタ、サイド、ヒンジのティア部は断面係数と破断強度に相関性は見られず、単純な両端固定支持梁の力学モデルでは等価設計が出来ないことが解った。

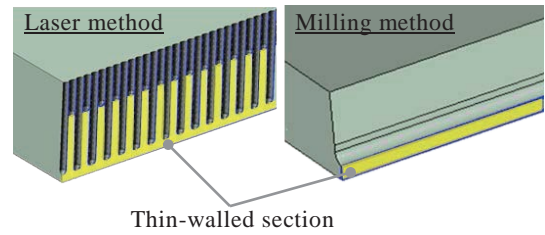


Fig. 9 The section details in laser and milling methods (Yellow)

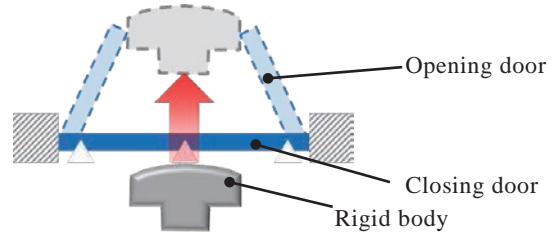


Fig. 10 Load measuring method

単純梁の曲げモードは、表面側は引張りで裏面側は圧縮応力が発生するが、上記の結果よりこの応力発生パターンを詳しく検討する必要があると考えた。今回は、破断部の裏面側にティア形状が存在する為、ティア部裏面側の発生応力を CAE にて検証した (Fig. 12)。その結果、ティア部とティア周辺部の板厚比率の変化によって発生応力に変化が見られ、ティア部の板厚が薄くなるに連れて裏面側は圧縮から引張り応力へ変化していくことが観察された (Fig. 13)。ティア部があることで梁の破断モードは、曲げではなく、引張りが主となっている可能性が高いことが解った。

以上により、引張り強度と剪断強度に依存する因子として断面積に着目し、これを合わせることで等価設計となるという想定の下で再度実験を行った。

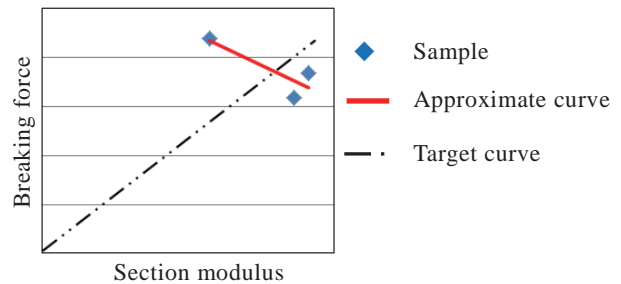


Fig. 11 Relation between breaking force and section modulus

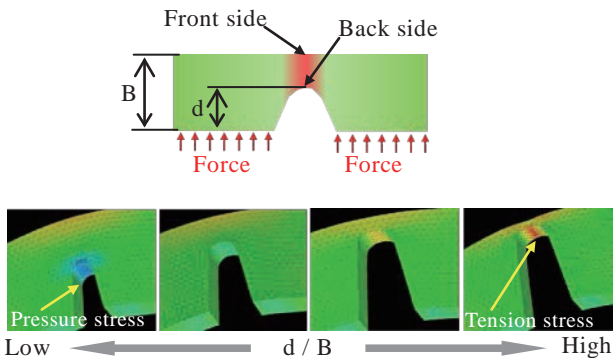


Fig. 12 Stress distribution at back side by CAE

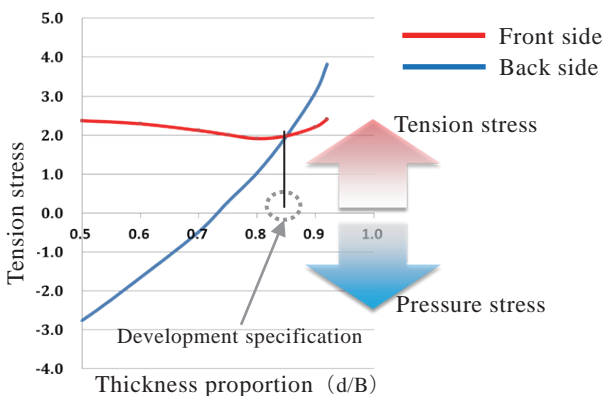


Fig. 13 Stress distribution at surface side and back side

その結果、Fig. 14に示したように、断面積と破断荷重の相関グラフは比例線となり、ティア強度は主として断面積に依存していることが検証できた。

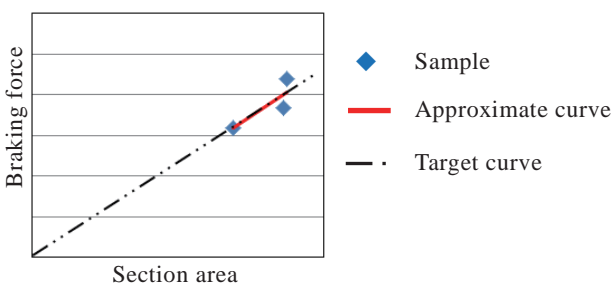


Fig. 14 Relation between braking force and section area

以上のような検討結果を基に性能に対する設計の代用特性を明確にすることができた。その内容を反映した試作品について実車搭載状態でのエアバッグ展開性能を確認した結果、目標値を満足でき、従来工法と同等の性能が得られることを確認した。

5. 品質確保の為に生産技術と設備仕様

5.1. 加工装置の概要と重要品質

本開発では設備の廉価化を狙って3軸の直交軸ロボットをベースにティア加工装置を開発した。

Fig. 15は加工装置の外観を示しており、3軸直交軸ロボットに高速スピンドルを組付け、エンドミルを回転することでティア加工を行う。エンドミルの廻りには加工時に発生する切粉、バリを除去するために、エアブローにより切粉、バリを飛散させ、ダクトを介して回収する集塵装置が取り付けられている。

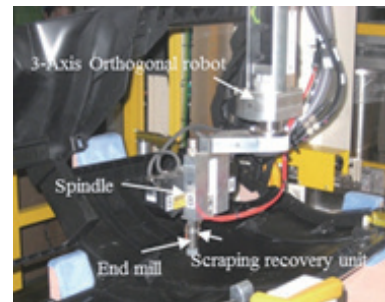


Fig. 15 Machining machine of milling method

エアバッグを展開して乗員を保護するためには、確実にインパネを開裂させる必要があり、加工面では以下の内容が要求される。

- ① ティア加工部の残厚保証
- ② エアバッグ展開時の切粉、バリの飛散防止

5.2. ティア加工部の残厚保証

Fig. 16はティア部の断面を示している。所定の位置で開裂させるために、加工後に残厚 t_1 を計測して保証している。残厚精度は加工装置の繰り返し精度、治具精度、ワークセット精度の影響を受けるので、加工装置の剛性対策を施し、ワークを真空吸着して浮きを防止する等の対策を行って加工精度を確保した。

加工後の残厚 t_1 は Fig. 17示したように管理レンジ内に入っており高い工程能力が得られている。

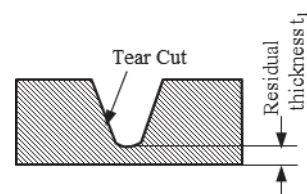


Fig. 16 Cross section of the processed portion

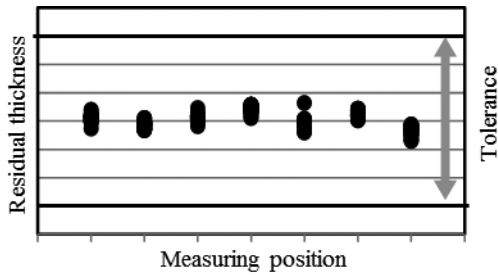


Fig. 17 Residual thickness of tear cut

5.3. 加工時の切粉、バリの除去

レーザ加工は加工部を加熱、昇華させるため、バリが無い加工面になるが、ミリング加工では切削加工することから、加工面に切粉やバリが発生する。これらはエアバッグが展開する際に飛散する可能性があるため、加工段階で発生を抑制し、確実に除去することが要求され、本開発では以下の課題に取り組んだ。

- ① 加工断面に合わせた専用エンドミルの開発
- ② 切粉、加工底面・側面のバリを抑制する加工条件の最適化
- ③ 集塵装置の開発

ここでは、加工条件の最適化及び集塵装置について説明する。ティア加工時には Fig. 18 のように、加工条件が適正で無い場合にはティアの底部、側面などにバリが発生し除去できない状態になる。

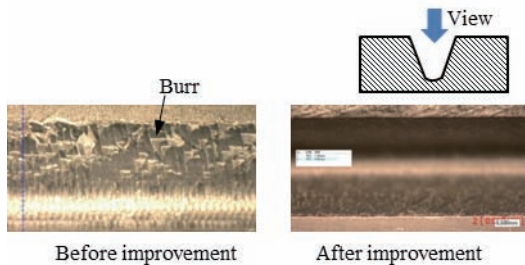


Fig. 18 Surface after machining

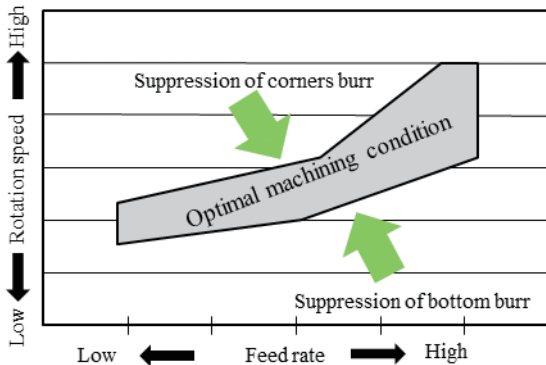


Fig. 19 Machining condition

そこで、各部に発生するバリとエンドミルの回転速度、送り速度から最適な加工条件を導き出した。Fig. 19 は最適加工条件の範囲であり、この領域で加工することによってほぼ加工内面のバリが抑制できている。

さらに確実に切粉とバリを除去するため、加工時に発生したそれらを飛散させて回収する装置を開発した。

Fig. 20 は集塵装置の概念図を示しており、切粉、バ리를飛ばすためのエアノズルを配設し、加工方向に応じて回転可能な構造にした。飛散した切粉は集塵ダクトを介して外部に放出させる構造になっている。効率良く回収するためにはエアノズルの角度、加工方向に対するエアノズルの位置がポイントであり、これらを最適に制御している。

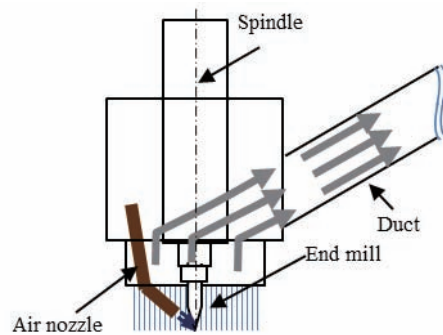


Fig. 20 Scrap collecting unit

以上のような加工プロセスの開発を行い、エアバッグ展開に必要な品質保証を実現し、加工設備の廉価化を行った。

6. おわりに

本構造は、2014年発売の日産自動車株式会社のリーフ（中国生産）より採用し、今後、グローバル生産車種を中心に適用の拡大が見込まれる。

本開発にご協力頂いた関係各位に対し深く感謝申し上げます。



加藤 正典



伊藤 敏晴



茂木 正克