

ガラス基板用レーザーカッティング技術

伊藤忠産機

田島 高広

CO₂ Laser Cutting technology for glass

Takahiro Tajima

Converting Machinery Div
ITOCHU SANKI CORPORATION

ヨーロッパ最大のガラスメーカーである Schott 社はドイツ・マインツ市に本拠地を置く特殊ガラスメーカーです。その Schott 社が長年に渡り蓄積されたガラス製造開発のノウハウをフルに生かし開発したのがこの CO₂ レーザーカッティング技術です。もとよりこの Schott 社はドイツの 10 大機械メーカーの 1 社に数えられる程の装置技術を自社内にもつユニークなガラスメーカーでした。ただ、その装置技術のほとんどは自社内の生産ライン用設備として使用され、外部のユーザーに販売されることが少なく機械メーカーとしてあまり知られることはありませんでした。その Schott 社が独自にレーザー分断技術を開発し外部への販売に踏み切ったのがこの CO₂ レーザーカッティング技術です。

以下に、本レーザーカッターの開発背景、要素技術、構成、最新の状況等につき述べていきたいと思います。

1. 開発背景

ドイツ Schott 社は、ガラスメーカーの中でも特に独自ノウハウや精密加工を必要とする特殊ガラスを得意としており、以前よりごく薄ガラスの開発では常に一步リードしてきました。近年ユーザーの要求が年を追うごとにレベルの高いものとなり、求められるガラスの厚みはどんどん薄くなってまいりました。例えばそれはフラットパネルディスプレイ用途のガラス基板で、厚み 0.05 mm 以下、大きさにして 42 インチ以上といった極めて困難なものでした。この要求に応えられる 1 つのキーテクノロジーとなったのがこのレーザーによるガラス分断技術だったわけです。

当初 Schott 社はこの問題を解決する為に世界中の主要なレーザーメーカーのカッティング装置を検討すべくサンプルテストを重ねましたが、残念ながら Schott 社の要求を満足するにいたりませんでした。そこで、外部からの装置購入をあきらめ自社開発に踏み切り約 10 年の開発期間を経てガラスの分断に最も優れたレーザービーム形状である U もしくは V 形ビームを考案しました。そして 1997 年 10 月に第一号機を完成させ自社の生産ラインに設置し、そ

〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2

(山王グランドビル)

TEL 03-3506-3526

FAX 03-3506-3521

E-mail: t-tajima@cisanki.co.jp

の後年間 2 台～3 台のペースで自社への装置を増やし 1999 年 2 月にフラットパネルディスプレイメーカー向けに外販装置第一号機を納入しました。

2. 要素技術

CO₂ レーザーによる切断という従来の板金加工に使用されるレーザー加工機のような「熱で溶かして切る」というイメージが一般的ですが、Schott 社が開発したレーザー切断は全く違います。即ち、そのプロセス原理は①レーザーでガラス基板表面を加熱する。②急激な加熱によりガラス自身が加熱された部分に向かって収縮しようとする力が生まれる。③その直後に水、エタノール等の液体とエアの混合体もしくはエア、CO₂ の気体により基板を冷却する。④その急激な温度変化により、加熱時に発生した収縮しようとする力が向きを変え離れようとする力に変わりガラスの内部応力として成長していく。⑤そして最終的にその内部応力が基板の底部まで達し、自然に分断される。といったものです。(図 1, 2) 但し、こうして引き起こされたガラスの内部応力が基板の底部に達するまでには時間を要することから実際には、内部応力の成長を基板の途中までで止め裏側から力を加える(レーザー・スクライブ & ブレーク) ことで分断させるといったやり方が最も良く使われています。Schott 社の経験としては完全分断に適しているガラス基板の厚みは 1 mm 以下で、レーザースクライブ & ブレークに適している厚みは 0.3 mm 以上です。0.3 mm より薄い基板の場合は完全分断(フルボディカット)のみとなります。

また、前述の通り Schott 社レーザーカッターはレーザービームをスポットとして基板に照射しているわけではなく、特殊スキャンミラーによりレーザービームを高速でスキャンさせ前述の、ガラス分断に最も優れているとされる V もしくは U 形状でガラス基板に照射させる



図 1

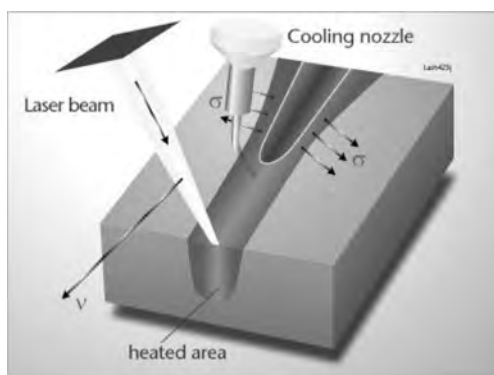
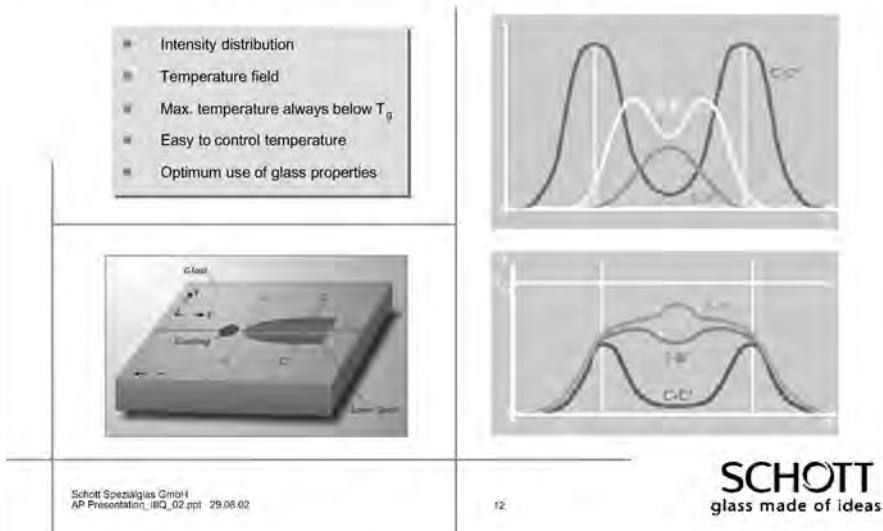


図 2

ことで最適な温度分布を作り出し精度の高い分断を実現しています。Schott 社が保証している分断精度は、レーザースクライブ精度として ± 0.025 mm, フルボディカット精度として ± 0.1 mm です。但し、完全分断の場合の精度は基板の材質によって違いが出るため都度サンプルテストを行い確認しています。

下図①にて Schott 社が見出した、ガラスの分断に最適とされる温度分布と内部応力分布の典型例を示します。レーザー照射位置を A-A', B-B', C-C' の 3 箇所に分けた時の上が内部応力分布, 下が温度分布をあらわしています。加熱温度は TG/熱転移点を超えることはありません。この分布を基本として、基板材質、厚

Schott AP's Own Development - patented Schott laser cutting technologies



下図①

みによってこの分布の幅や長さを変えていき、それぞれの基板にあった運転条件の最適化を図ります。

3. 特 徴

Schott 社 CO₂ レーザーカッターの最大の特徴は、ガラスを分断した際にマイクロクラックが全く出ない、ということです。それにより、従来の機械式切断装置では得られない次のような優位性が引き出せます。①分断後のガラス強度が2倍～3倍に上がる。②面取り工程が要らなくなる。③洗浄が要らなくなる。④切り粉が全く出ないのでクリーンルームを汚染することがなくなる、といった点です。下の写真にて従来の機械式切断の場合と Schott 社レーザーカッターによる分断の場合の端面が比較できます。今までの機械式切断の場合、オペレーターが切断面を指でなぞると必ずひっかかりがあ

り、指を切ってしまいます。それに対し Schott 社レーザーカッターで分断した場合の端面は非常に滑らかでオペレーターが指でなぞっても指を切るようなことはありません。実際、Schott 社にてカッティングテストを行う場合、Schott 社のプロセスエンジニアは必ず分断後の端面を指でなぞり、全くひっかかりがなく滑らかであることを常に確認しています。従来、絶対にやってはいけない作業が Schott 社では何の危険性もなく当たり前のように行われているわけです。これも、切り屑やバリが全く発生していないことの証明です。決定的な違いは従来の機械式切断は文字どおり「ガラスを切っている。」わけですが Schott レーザーの場合は急激な温度変化を発生させることでガラス内部応力を最大限に高め「ガラスを割っている。」わけです。即ち、切断ではなくて割断もしくは分断です。その意味からするとレーザーカッターという呼び方は、レーザー分断装置という呼び方に変え

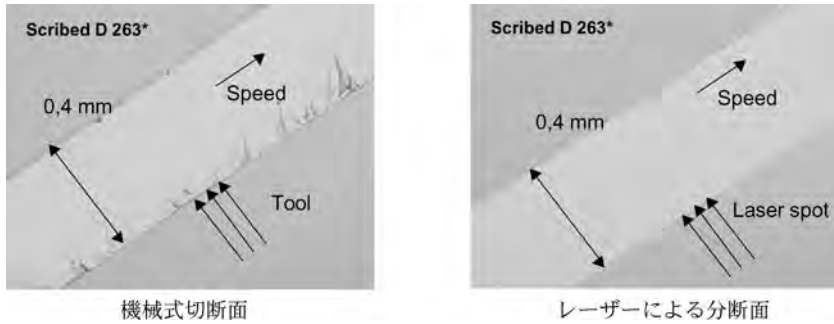
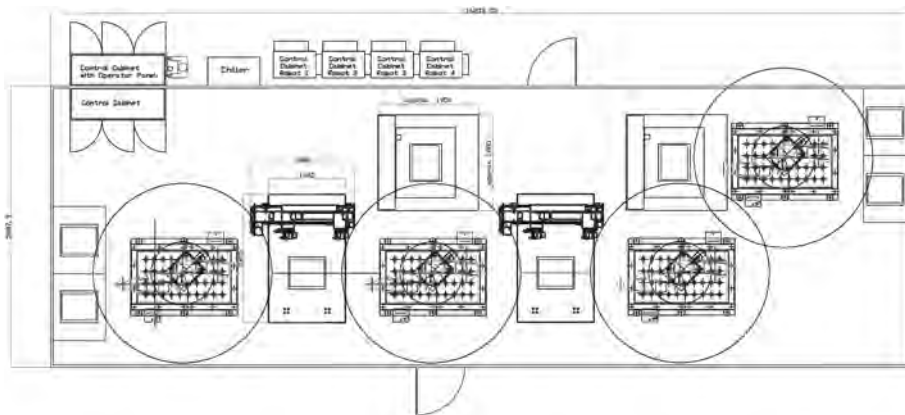


写真 1



下図②

るべきかもしれません。

ア駆動方式が採用されています。

4. 構 成

Schott 社 CO₂ レーザーカッティングシステムの構成は極めてシンプルです。システム全体の装置構成を下図にて示します。主要装置として①レーザースクライバー、②基板搬送・反転用 6 軸ロボット、③ソフトブレーカーからなります。

レーザースクライバー及びソフトブレーカーには、分断位置を正確に読み取り設定する為のアライメントシステムが装備されています。また、レーザーヘッド、ブレーカーヘッドの移動は、最高の移動・回転精度を確保する為、リニ

5. 最新の状況

フラットパネル・ディスプレイ用途にて既に、日本国内を含むアジア諸国への多数の納入を果たし、今や「Schott レーザーカッター」も同業界における次世代ガラス分断装置としての地位を築きつつあります。

最新の傾向として大きく 2 つのことがあげられます。1 つは、レーザー単体装置からトータルプロセスシステム化への展開です。今までは、レーザーによる完全分断もしくはスクライブ単体での装置提供を主体としてきましたが、2 年ほど前からさらに高精度、高品質なブレー

ク装置もしくはレーザースクライブに最も適したブレーク装置の開発の必要性がクローズアップされてきました。これは、今までの機械式プロセスでは、原理的にマイクロクラックの発生を避けることはできないのでブレーカーの高精度化が必要なかった為だと思われます。それがこの Schott レーザーの出現によりスクライブの精度・品質が格段に向上し、全く新しいブレーク技術の必要性が出てきたわけです。まさに「技術革新が更なる技術革新をよぶ」といった現象です。Schott 社では約 2 年かけて最適ブレーカーのコンセプトを作り上げ、既に国内ユーザーへの納入を果たしました。この最新ブレーク技術は、単板の場合と貼り合わせ基板の場合、それぞれに最適な方法を使い分けます。

もう 1 つの傾向として上げられるのは、「分断スピードの UP」です。これは、完全分断及びレーザースクライブの両方に要求されてきたことです。Schott 社ではまず、レーザースクライブのスピードアップに取り組みました。これは、レーザービームのスキャンニングスピー

ドを上げることが最もポイントとなりました。Schott 社は今までの振幅運動を基本としたスキャナー・ミラーに変わる全く新しい回転式スキャナー・ミラーの採用によりスクライブスピードの高速化を実現しました。既に実績として、0.7 mm 厚みのソーダ・ガラスの場合で 1,300 mm/sec という従来の機械式よりも速いスピードを達成しました。この Schott 社独自のファーストカッティングヘッドを搭載することにより、容易に従来の機械方式以上のスピードが得られることで、更に優位性が増えたわけです。

あと残るのはフルボディーカット/完全切断の高速化です。これは、ガラス自体の内部応力の成長速度を極端に上げる必要があるため、装置側の改良だけではなかなか簡単にいきません。現在はやはり、イメージとして速くても 20 ~ 30 mm/sec 程度です。スピードアップの最大のポイントは全く新しい冷却方式もしくは冷却媒体の開発です。Schott 社では 1 年後を 1 つのターゲットとして日夜、開発を進めており、更なる革新技術の誕生が期待されます。