

多様なアプリケーションと向き合う レーザ樹脂溶着工法

井上 憲人

グローバル経済の中では、水平分業により、ものづくりを新興国にアウトソースする流れがメインストリームだが、日本企業の中ではまだ日本のものづくりへのこだわりを捨てていないところが多い。レーザを輸入販売する商社は、こうした企業を顧客に加えることはできるか。

輸入商社である伯東の齋藤剛氏は、「日本のレーザ業界は、欧州に益々水をあけられる」と問題提起をしている。

もちろんこれは、レーザ機器を輸入販売する商社の視点から見た「危機感」であって、ここに言う「レーザ業界」とはレトリック的には一種の誇張法でしかない。

加工用のレーザの販売は、まず加工装置メーカーに販売して、装置メーカーがエンドユーザーの仕様に合わせた装置を設計するというルートに乗せればよいように考えられる。ディスコなどの装置メーカーは、レーザを販売する商社と実際にレーザ加工装置を使用するエンドユーザーとの間に位置する。

レーザ輸入商社から見て問題は、エ

ンドユーザーになりそうな企業がたくさんあっても、その多様なアプリケーションの一つ一つをカバーする装置を設計してくれる装置メーカーが少ないことだ。言い換えると、加工用のレーザの輸入商社は、すでに確立している数少ないアプリケーション向けの販売しかできないことになる。海外のレーザ関連の展示会などで、レーザ加工のアプリケーションが多様化していることを知っている齋藤氏としては、隔靴搔痒の思いがすることだろう。

では、エンドユーザーに直接レーザを販売してレーザ加工装置を自社開発してもらうルートはないか。ここには二つの問題がある。一つは、日本企業が「リスクを取りにくい体質」だということ

だ。もっと正確に言えば、「企業内の担当者」がリスクを取りにくい状況が存在する。分かりやすく翻訳すると、これまで経験したことがない、レーザを使用する加工装置の開発が成功するかどうか、責任を持てないと言うことだ。もう一つは、レーザについての基本的な知識を習得してからの装置開発となるため、開発完了までに時間がかかりすぎることだ。このような市場環境では、「エンドユーザーへレーザを直接販売しようとして失敗する例が散見される」と齋藤氏は言う。

日本のものづくりは、「すり合わせ」によって高精度加工が実現できるところに特徴がある。その「すり合わせ」役割をスキップしたレーザ販売が成功

表1 他の接合工法との比較

	レーザ溶着	熱板溶着	振動溶着	超音波溶着	接着剤
強度	◎	◎	◎	○	△
ワーク内部影響	◎	△ (熱)	✗ (振動)	✗ (振動)	△ (揮発性)
意匠性	◎	△ (ぱり)	△ (ぱり)	△ (ぱり)	△ (変色)
設計自由度	○	△ (分割)	△ (分割)	✗ (寸法)	○ (反り)
生産性	◎	△ (溶着時間)	○	○	○ (キュア別)
装置金額(比率)	4	1	3	1	??
環境対策	◎	△	△	△	✗～△

しないのは、至極当然と言ってよい。「その役割を買って出よう」と言うのが伯東の新しいビジネスだ。

齋藤氏によると、すでにいくつかのプロジェクトは走っているが、ここではレーザ樹脂溶着加工の確立過程について見ることにする。

伯東はレーザ溶着加工に関して、ファインディバイスと協業して、ユーヤの工法確立に取組んでいる。

レーザ溶着工法の利点

樹脂溶着にレーザを採用することの利点は多い。齋藤氏は、次のように利点を挙げている。

- ・ **溶着部が綺麗である**: 最適条件加工によってバリが発生しない。
- ・ **瞬時の熱エネルギー付与で接合可能**なため、スピードは速い: レーザ走査方法、ビーム成形に拠って加工時間は速くなる。
- ・ **従来工法と同等の接合強度が得られる**: 素材側からも接合強度UP設定可能(つまりGF等が界面でリンクする)。
- ・ **熱影響層(HAZ)が局所的に収まる**ため、**熱歪み制御ができる**: 電子部品内包ワークの接合が可能。
- ・ **ファイバ伝送によりシステム側の自由度が増える**: 電動ステージ、多軸ロボット、ガルバノスキャナヘッドなどとの組合せ。
- ・ **従来工法に比べ、工程中のCO₂排出量を大幅に削減できる**。

これらから、レーザ溶着工法を採用する理由としては、生産性向上(タクト減)、接合部形状自由度拡大、部品点数

削減、コストダウン、意匠性向上、微細部接合の可能性、環境対策などが考えられ、自動車部品、医療部品、電子部品などの加工に採用されている(表1)。

ただし、レーザ工法を採用しているのは自社でレーザ工法を開発できる数少ない部品メーカーに限られる。レーザさえ供給されれば誰でも、従来の溶着からレーザ溶着に簡単に移行できるかというと、ハードルは極めて高いというのが現状だ。言うまでもないことが、齋藤氏によると、この分野では海外の出来合のレーザ加工装置をそのまま輸入販売することは選択肢にはない。日本的なものづくりに適合しきれないからだ。また、国内の装置メーカーが多様なアプリケーション向けに装置を製品化することも考えにくい。なぜなら、上に触れたように、日本的なものづくりは「すり合わせ」をベースにして確立されているからだ。言い換えると、部品の材料も形状も工法も業界標準は存在しない。各企業の個々のアプリケーション毎に材料、形状が違うとすれば、加工装置は各社のアプリケーションの数だけ開発する必要がある。1社の特定のアプリケーションにしか使えない装置を製品化する装置メーカーがあるとすれば、当の部品メーカーの子会社で装置開発を担当する企業くらいなものだろう。他の業界では、例えば通信業界では、形状やピンアウトなどが標準仕様でないような光トランシーバなど誰も買わないものだが、クローズドな日本的なものづくりの世界には標準などは存在しない。むしろ標準

が存在しないことが差別化ポイントになっていたりする。

では、加工装置のエンジンとなるレーザをカスタマイズすることで、どの部品メーカーでも使える加工装置ができるか。この考えには、齋藤氏は否定的だ。レーザのカスタマイズとは、波長、出力、ビーム径、パルス幅などのカスタマイズだが、これだけではどうにもならないのが日本的なものづくりだ。研究者が論文を書くために一例を作製すればよいという条件と、限りなく100%に近い歩留まりで月産何十万、何百万個を生産しなければならない部品メーカーの量産プロセスの条件とは同じではない。

輸入商社がレーザを輸入販売するには、レーザの知識だけでは足りないと齋藤氏は考える。日本的なものづくりに対応するだけの知識と経験とネットワークが必要だ。それだけの知識とネットワークを持つことで、単にレーザを輸入販売するだけの商社とは違うビジネスができると齋藤氏は考えている。装置メーカーが相手にしないようなアプリケーションでも、上に挙げたメリットが得られ、効率とコストダウンが期待できる分野では装置開発を強力にサポートしていく。

材料設計の難しさ

レーザ樹脂溶接を確立するためのプロセスとして伯東は、材料設計、成形条件設定、溶着条件設定(試作／評価)、システム化の4段階を考えている。

材料設計は、材料の開発と考えてよ

表2 相溶マトリクス

樹脂名	非晶性樹脂						結晶性樹脂											
	ABS	PBS	PMMA(アクリル)	PBS	PC	PS	PVC	AS/SAN	EVA	POM	PFA	LCP	PA	PET	PBT	PEEK	PE	TPX
ABS	◎	○		○		○	○											
PMMA(アクリル)	○	◎		○				○										
PBS			◎		○													
PC	○	○		○														
PS			○		○		○											
PVC	○					○												
AS/SAN	○	○			○		○											
EVA							○											
結晶性樹脂	POM								○									
	PFA									○								
	LCP										○							
	PA										○							
	PET											○						
	PBT												○					
	PEEK												○					
	PE													○				
	TPX														○			
	PP															○		

い。接合する樹脂について斎藤氏は、「レーザ溶着に適した透過特性、吸収特性が必要になる。相溶性を持たせつつ、ユーザのワークへの訴求条件に沿った設計(溶着強度、機密性など)が求められる」⁽¹⁾としている。ここには、樹

脂溶着工法を確立するには材料一つとっても多くの課題があることが示唆されている。

溶着は、溶融から再結晶化のプロセスをとるため、溶ける材料、PMMA(アクリル)、PC、AS(SAN)、PP、PA(ナイ

ロン)、PETなどの熱可塑性樹脂でなければならぬ(表2)。また、溶ける材料でも、同じ材料であってもメーカーによって組成が違うことがある。このような場合、接合可能かどうかは材料名だけでは分からぬ。材料メーカーの力を借りることになる。

「問題点として、例えば、異メーカーの組成が違う樹脂をつけなくてはならない場合もある。これは伯東が、メーカー間の調整をすることになる。」

これは同じ材料同士で組成が違う場合であるが、異材同士を接合しなければならないこともある。このような場合は、熱可塑性エラストマのようなインサート材を用いる⁽²⁾。

透過率という視点で見ると、20%以上の透過率がないと接合できないと言い切る人が散見されるが、斎藤氏は「透過率10%でも接合している場合もある」としている。「レーザの操作条件、治具の作り込みに差が出るところだ。20%以上でなければ接合できないワークもあるが、透過率20%以上でないと、最初からギブアップするのではなく、レーザ操作や治具の工夫で追い込むところまで追い込む」のが伯東のアプローチだ。

透明体同士の溶着では樹脂間に吸収剤を塗れば接合可能となる。レーザメーカーの教えるところはここまでだ。実際の材料設計は、樹脂メーカーとの交渉、パテントのチェック、部品の設計変更なども絡んでくるため、レーザメーカーが言うほど単純ではない。

「片方を不透明材料に換えられるか

どうかは材料技術の専門家に聞く必要がある。例えば、色違いであっても可能かどうかなどはレーザ工法開発の専門家に聞いたところで解答は得られないからだ。光を吸収させるために吸収側に顔料を入れる。例えばごく少量の顔料を入れれば色がつき、吸収してくれる。これはコストアップが無視できる範囲のものもある。逆に物量が増えればボリュームディスカウントで材料コストが変わらなくなり、加工にはむしろよい影響が出る。材料技術の専門家には、レーザをこのように使うとこれだけのメリットがあるが、これができるかどうかを問うことになる。」

これらの全てのことは、様々な業界にネットワークを持ち、ものづくりの知見を蓄積した商社に存在意義が出てくると斎藤氏は考えている。

成形条件と治具

上に見たように、樹脂成形部品の形状も標準があるわけではない。

「材料も形状もバラバラな中に、レーザが新たに加わることで変動ファクタが一つ増えることになる。これまで、レーザメーカーは、樹脂溶着にレーザが使えると言うことで売りに行っていた。しかし、実際には使えていない例がある。レーザは正常に動作している。製品がレーザ溶着工法に適していない、と指摘するだけで終わっている例が散見される。」

斎藤氏は、国内レーザ溶着市場の現状をこのように表現している。ここで終わったのでは加工用レーザの売り先

がなくなってしまう。逆に、潜在的なエンドユーザから見れば、レーザを採用することによって得られるはずの効率性、競争優位性、コストダウン、OPEX削減などのすべてが画餅と化してしまう。

ここで必要なことは、「レーザを使わない現状をベースにするのではなく、レーザ加工のアプローチの仕方で新たに詰めていくことだ」と斎藤氏は言う。従来の加工法に最適化されたワークが、レーザというファクタが入ることでそのままでは使えないことがある。

「部品の特性もデザインも、これまで特性を前提にしていたが、レーザというファクタが入った時にどうするか。ワークそのものは同じだが、材料、形状を少し変えるだけで効率が何十倍にも上がる。形状を変えても部品としてのパフォーマンスはおちるどころが、逆に上がっている。これは、レーザの樹脂溶着工法で詰めた結果だ。」

ワークの形状では、それを量産するための金型が問題になる。金型は顧客側のテリトリーだが、伯東はレーザ工法の視点から、金型の抜き角など、設計変更が可能かどうかまで踏み込んで提案すると言う。こうしてレーザ工法に最適化された形状のワークができるとして、これで終わりではない。次のキーポイントは治具の作製だ。

「レーザ溶着には、界面がぴったり

合っている方がよいが、例えば円形のワークは成形ではヒケが発生する。ヒケにあって界面に隙間が空く。レーザメーカーは、隙間が空いていればつかないのは当然という一言で済ますのかもしれないが、そうではない。クランプの仕方、レーザ照射の工夫で接合ができる。クランプして、界面同士を押しつけ、レーザを照射する。レーザだけではできない。ほぼ100%、このような治具が必要だ。」

治具の作製はレーザメーカーのテリトリーではないが、伯東は「成形とは、ばらつきがあるものであり、反るものであり、個体差があるものだ」との経験知にしたがって、治具の作製にまで踏み込む。

以上、伯東が考える「レーザ樹脂溶接を確立するためのプロセス」のうち、材料設計、成形条件設定まで簡単に見たが、これだけでも伯東が従来のレーザ販売とは全く異なる新たなアプローチでビジネスを開拓していることが分かる。レーザが使えるアプリケーションはたくさんある。レーザ工法は、それぞれのアプリケーションで、効率とコストダウンを追求するための契機となりうる。それをトータルでサポートし、コーディネートするのが伯東の新しいビジネススタイルであると斎藤氏は考えているようだ。

参考文献

(1) (株)技術情報協会発行 レーザー樹脂溶着技術 ノウハウ集 2009/7

(2) レーザ加工学会誌 第16巻第2号 2009/6

水戸岡豊 日野実 浦上和人 高田潤
エラストマーシートを用いた異種プラスチックのレーザ接合