



QFN/MLP パッケージの個片化

ギデオン レビンソン[ADT-高度なダイシングテクノロジー]

QFN / MLP 基板は、マイクロエレクトロニクス業界で最もよく知られている材料とは振る舞いが大きく違っていることから、このダイシングプロセスへの課題を提示します。

この論文では基本的な基板の特性と、さまざまな個片化のトピックスについて次の様な内容を含めて説明します。基板の形状と材料の特性、基板設計と切断品質に影響を与えるパラメータ、業界が目指す品質仕様、テープおよびテープレス搭載でのダイシング、ダイシングプロセスの最適化、および切断品質を維持しながら時間当たりの生産量 (UPH) を増大するための絶え間ない要望。これらの要因は、ダイシングプロセスだけでなく、ブレードの設計においても実際の課題を生み出します。これらについても論じません。

基板の形状/材料特性

QFN (クワッドフラットリードなし) および MLP (マイクロリードフレームパッケージ) 基板は、1) PPF (Ni / Pd) またはスズ (Sn) メッキでコーティングされた銅リードフレーム、2) ポリマーモールドの 2 つの主要な材料で構成されています。これらの複合材料は、大量生産モードでは硬度と脆性の特性が異なります。最終的なダイサイズは 1x1mm から 12x12mm までさまざまです。

3x3mm より小さいダイサイズは、搭載の課題を生み出します。これについては後で説明します。図 1 は、一般的な QFN/MLP タイプの基板の形状を示しています。

ほとんどの場合、リードフレームは銅合金 C-194 または Eftec 64T で、硬度は約 135-145 HV (1/2 ハード) です。銅材料は比較的柔らかく、主に延性があり、ダイシング中にバリやスミアが発生します。ポリマー成形複合体は、シリカ粒子 (30~70 μm の範囲の Si_2O_3) で強化されています。成形複合材は、銅のリードフレームに比べて比較的脆く、成形部品の欠けはダイシング中のもう 1 つの問題です。同じダイシングプロセスでの延性材料と脆性材料の組み合わせは、大きな課題を生み出します。図 2 は、脆性材料と延性のある軟質材料 (この場合は銅) の違いを示しています。

ポリマー成形複合材のシリカ粒子は、歪力を最小限に抑え、基板の平坦度を制御するための安定剤として使用されます。

シリカ粒子のサイズはチップングサイズに影響します。シリカ粒子が大きいほど、成形品の欠けが大きくなります。シリカグリット張り出しは、ダイシング操作後にエッジの欠けを作るチップングを作成する小さなクレーターを生成します。

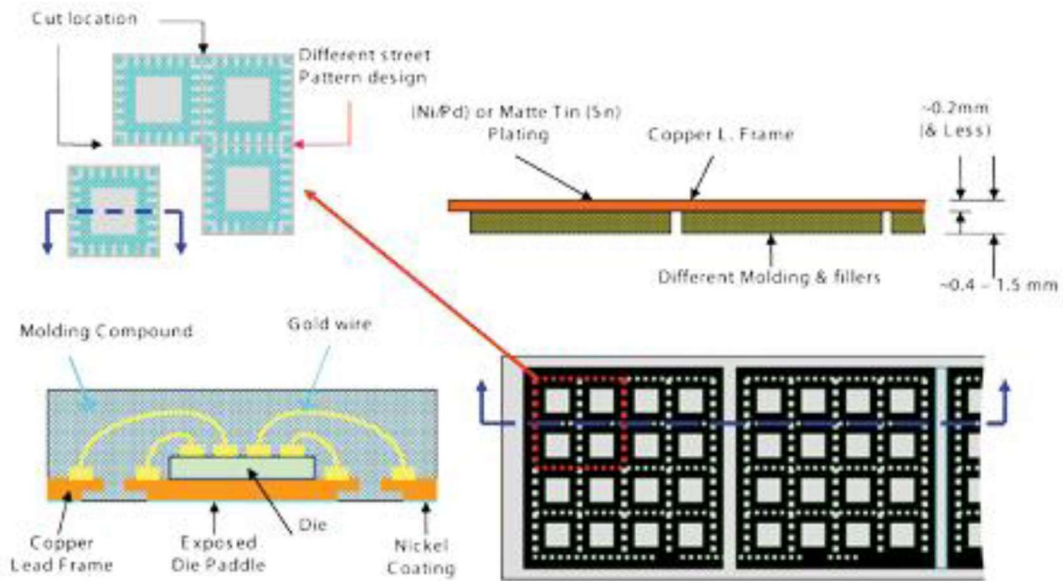


図 1：一般的な QFN/MLP タイプの基板

基板形状の設計が切削品質に影響を与える

銅のリードフレームの形状と基板の外側の形状の両方が、ブレードの負荷に大きなインパクトが生じ、切断品質に影響します。

一般に、リードを介してダイシングしている間、および基板の外縁でダイシングブレードが面する銅の量を最小限に抑えることは、基板設計で考慮すべき重要な要素です。

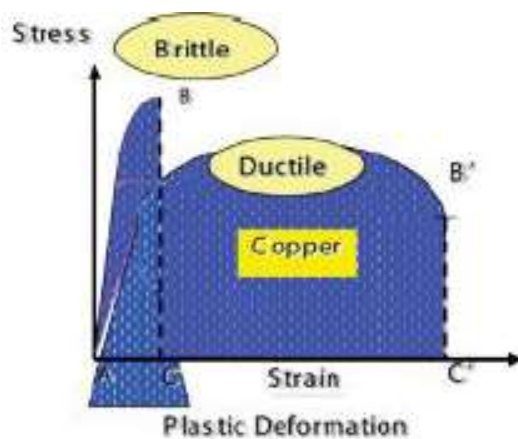


図 2：塑性変形

銅を最小限に抑えると、ダイシングブレードへの負荷が軽減され、その後、より高い送り速度（スループットの向上）とより良い切断品質（より高い歩留まり）が可能になります。銅の量と形状は、リードを通る導電率と電力によって決定されるため、設計では機能要件をより考慮します。ただし、生産に関連する問題も考慮する必要があります。図 3 は、QFN タイプの基板に含まれる主要な要素を示しています。ダイ



シングエリアのリード断面はできるだけ小さくする必要があります。

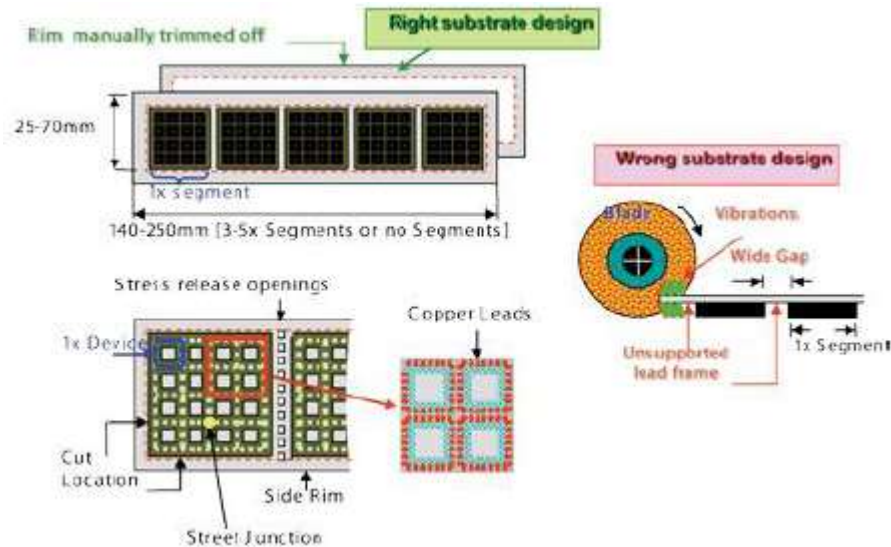


図3：QFN/MLP用語集

小さな正方形のリード断面は、他のどの不規則な形状よりも優れた設計です。リードの断面積が大きいと、リード間に銅のスミアが発生し、電氣的短絡が発生する可能性があります。

QFN / MLP 基板の周囲の支援されていない銅を最小限に抑えることは、ブレードを簡単に破損して生産性に影響を与える可能性があるため、かなり重要です。最善の解決策はダイシングの前に手動で取り外すことができる「スナップオフ」形式で外側のリードフレームのリムを設計します。セグメント設計を適用する場合（図3）、セグメント間の領域を最小限に抑え、大きな応力解放開口部を含める必要があります。また、成形品はリードフレームの端にできるだけ近いことが望ましい。ハーフエッチングされたリードフレームの設計は、業界で一般的になっています。このような設計はダイシングに有利であり、ブレードの寿命だけでなく、切断品質の向上にも貢献します。

アイデアは、ブレードが基板から除去する必要のある銅の量を減らすことです。一般に、エッチングされた領域が大きいほど、ダイシングプロセス中にブレードにかかる負荷は小さくなります。ハーフエッチングされた基板は、より硬いブレードでダイシングできるため、良好な切断品質を維持しながら、ブレードの寿命を延ばすことができます。

切断品質に及ぼすリードコーティング/めっきの影響

マイクロエレクトロニクス業界は、環境に優しい「グリーン」製品とプロセスの実装に向けて推進されています。従来のQFNリードは、鉛/スズ (Pb / Sn) またはニッケル/パラジウム (Ni / Pd) でメッキされています。コストを削減し、環境基準に準拠するために、これらの材料は現在、つや消しスズ (Sn) メッキに徐々に置き換えられています。つや消しスズメッキを施した基板は、従来のメッキ基板の光沢仕上げに比べて見た目が鈍く見えます。これらのタイプの基板は、従来のダイシング中に損傷を受ける可能性もあります。つや消しスズの溶融温度が 232°C で従来の基板に使用されている材料と比較して低いため、



リードが溶融します (図4)。この問題を克服するには、ブレードとプロセスを最小負荷に最適化する必要があります。この最小化は、より柔らかいブレードで実現できます。15k~20krpm の範囲内のより低いスピンドル速度 (2 インチ外径ブレードの場合) を使用し、場合によっては水を約 12°C に冷却します。上記のパラメータはアプリケーションに応じて最適化する必要があります。



図4：鉛の溶融

品質基準と仕様

ほとんどのエンドユーザーは、かなり類似した品質基準を持っています。品質仕様は、QFN 基板の設計と最終製品の要件の関数です。多くのパラメータが、個片化プロセスの品質に影響を与えます。主なパラメータは次のとおりです。1) 基板の形状 (総厚、銅の厚さ、デバイスサイズ、つまり、搭載される力が軽減されるため、ダイシング中に小さいデバイスがシフトする可能性があります)。2) 外側の基板リムの設計、サポートされていないか、またはトリムの設計 (図3)。3) リードの数。4) リード線のコーティングタイプ。5) リード線断面形状。6) 搭載のタイプ。7) UPH 要件/送り速度。および8) ブレードタイプ。

図5は、さまざまな品質基準を示しています。一般的な品質仕様は次のとおりです。1) Yバリ：0.050mm。2) Zバリ：0.050mm。3) Xバリ：0.050mm。4) リードスミアリング：リードピッチの最大25% (ユーザーによって異なる場合があります)。5) リードの層間剥離がない。6) リード線コーティングが溶けない。さらに、多くのユーザーはX、Y、およびZのバリの寸法に0.020~0.030mmを必要とします。

上記の品質仕様は、主に厚さ0.9mmから1.2mmのQFN製品に使用されます。薄いQFN (通常は0.4mm~0.6mmの厚さ) には、より厳しい品質仕様が必要です。「POWERQFN」などの他のQFN製品は、はるかに厚く最大4.0mmです。0.500mmを超えるはるかに厚い銅リードフレームで作られた厚いQFN基板は、個片化の問題を引き起こします。アプリケーションごとに異なる品質要件が必要です。ただし、POWERQFNのニッチ市場は標準のQFN市場に比べて小さいです。

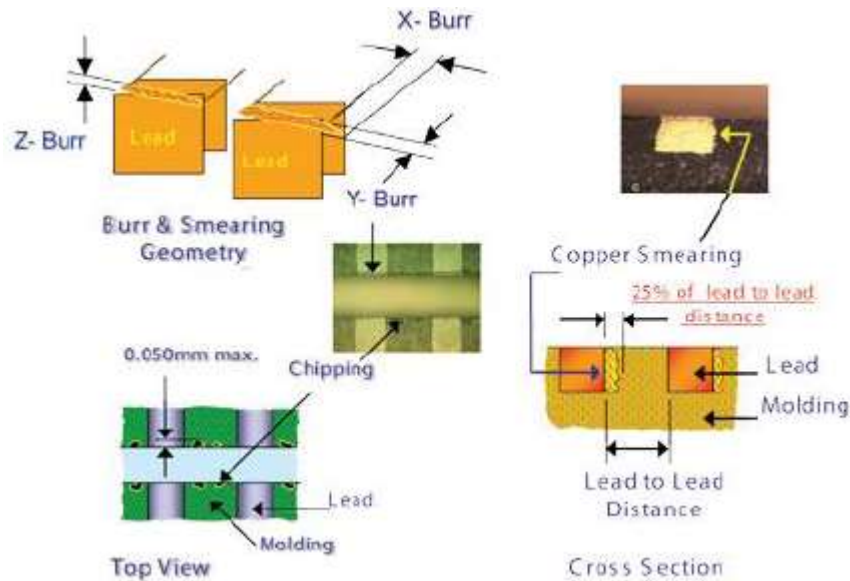


図 5：QFN 品質基準

テープでの搭載とテープなしの搭載によるダイシング

QFN 個片化で使用される搭載方法には、テープによる搭載とテープなしの搭載の 2 つがあります。一般に、QFN/MLP 基板は他のマイクロエレクトロニクス基板ほど平坦ではありません。多くの場合、この不均一な平坦性は、個片化プロセスを複雑にします。今日の個片化ラインでは、エンドユーザーは通常、最大 100mm /秒の比較的高い送り速度を望んでいます。これにより一貫した搭載に関連する問題がさらに大きくなります。

テープ搭載

ほとんどのエンドユーザーは、さまざまな厚さと接着力の UV タイプを必要としています。通常の厚さは、用途に応じて 0.100mm から 0.200mm まで変化します。

UV テープには強力な接着剤が付いているため、ダイシング中にずれたり、飛び散ったりする傾向のあるデバイスを失うことなく、問題のある小さなデバイス (3x3mm 未満のデバイス) をダイシングするのに役立ちます。テープからさいの目に切ったユニットを解放するには、十分なエネルギー密度を蓄積するためにテープを一定時間 UV 光にさらして、付着力を軽減する必要があります。搭載方法は比較的よく知られており簡単です。取り外しも同様です。どちらの方法も、業界ではさまざまなアプリケーションで広く使用されています。

テープ搭載の利点には、1) 実証済みのダイシングおよび処理プロセス。2) 任意のダイサイズをダイシングできる。3) 複数のパネルのダイシングが可能。4) 柔軟性がある、つまり同じのこぎりで他のアプリケーションに適用できることが含まれます。

テープ搭載の欠点は、1) ウェーハマウンターと UV ステーションが必要。2) UV テープが高価。3) UV 保管寿命が限られており、監視が必要。4) テープがブレードに適していない。5) ピックアンドプレースマシン (つまり、完全に自動化されたシステム) と統合することはできません。



テープなし搭載

テープレスマウントは、大量生産のための一般的なソリューションになっています。統合システムでは、QFN 基板は入力マガジンからゴム（入れ子）で覆われた金属ジグに自動的にロードされ、従来のダイシングチャックに取って代わります。ジグには、ダイシング前および個々の部品のダイシング後に基板を保持するための真空が供給される穴が開けられています。この個片化方式は、今日使用されている最も一般的なテクノロジーです。このシステムの主なアイデアは、個片化プロセス後に単一のデバイスに真空クランプを提供できる独自の真空チャック設計を使用することです。次に、個片化されたデバイスの視覚的品質基準の検査が行われ、その後自動ハンドラーピックアンドプレースアームが良好な部品をワッフルトレイに配置します。ダイシングシステムのブレードは、基板の下約 0.020 インチ（0.5mm）で、真空によってダイシングされたデバイスを押さえるゴム製の入れ子の溝にダイシングしています（図 6）。

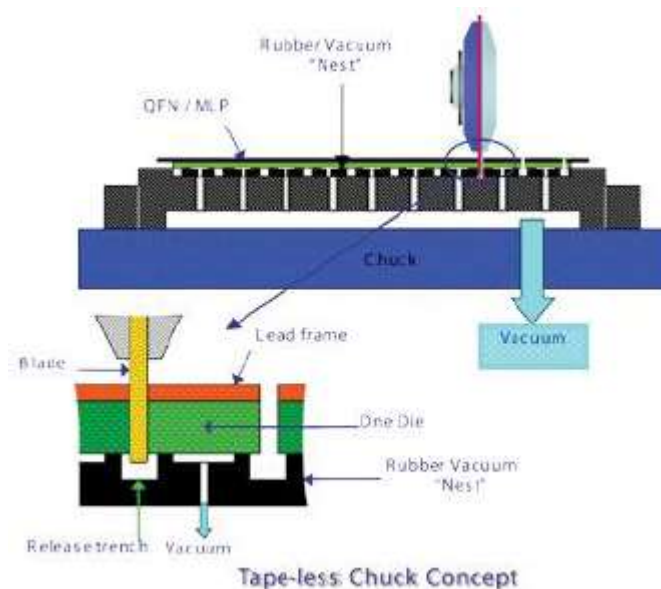


図 6：テープレスチャックの概念

テープレスジグは主に 3x3mm 未満のデバイスの保持能力に制限があることです。この制限の理由は、真空の力だけでジグに保持するには各デバイスの表面が不十分であるためです。そのような場合、テープによる搭載が唯一の実用的な代替手段です。それでもテープレスマウントシステムには利点があります。1) 処理時間の短縮。2) コスト削減-高価な UV テープの必要なし。3) テープマウントとは対照的に、切り込みの深さはそれほど重要ではない。4) テープマウンターと UV ステーションは必要ない。5) サイド/リムの銅エッジの機械的サポートを設計できる。6) 完全に自動化された生産ラインで使用できる。7) スループットがはるかに高くなる。

テープレスシステムの欠点には、1) 柔軟性が低い-デバイスサイズごとに特別なジグが必要。2) 3x3mm までのデバイスしか処理できない。3) ダイの飛び散りなどの真空関連の障害に対する耐久性が低い。および 4) スタンドアロンのダイシングシステムと比較して、高価で複雑な機器が必要なことです。



ダイシングプロセスの最適化

ダイシングプロセスの最適化には、ダイシングソーのプロセスパラメータを詳しく調べ、並行してダイシングブレードを最適化する必要があります。QFN / MLP アプリケーションは、ユーザーごとに異なります。ほとんどのユーザーは、さまざまな形状、レイアウトの厚さ、デバイスサイズ、銅リードの数、リードデザインなど、さまざまなQFN基板を使用しています。これらの属性の大部分は、製品の機能に由来します。後で説明するブレードの選択以外に、最適化する主なダイシングパラメータを以下に示します。

搭載に関し。テープの場合：テープの厚さ、硬度、UV接着粘着性、接着力、接着緩和、およびコスト。テープレスの場合：デバイスのサイズに合わせたジグの設計、デバイスを処理するための適切な真空条件。

冷却に関し。タイプ（通常の水、純水、添加剤）、温度、冷却ノズル設計/冷却剤の圧力と流量。

ブレードドレッシングとオーバーライドに関し。送り速度の立ち上げた諸条件の使用。

スピンドルRPMと送り速度に関し。カットの深さ（テープとテープレスの両方に関連）。ダイシングシーケンス（カットマップ）-通常、短いカット長が最初にダイシングされます。アラインメント、カーフチェック、およびカーフ位置補正。

ブレードの最適化

ダイシング装置に加えて、ブレードはおそらく個片化プロセスに関与する最も重要な部分です。QFN材料の複合要件は、ブレードに競合する機能を持たせることを要求します。これは、単一のブレードタイプにブレンドすることは事実上不可能です。このようなブレードは、非常に延性のある材料と非常に脆い材料に同時に適していると予想されます。

この矛盾は、品質、ブレードの寿命、コストなどのさまざまな要件を比較検討するトレードオフ分析によってのみ対処できます。

QFN / MLP が業界に導入されたとき、初期送り速度は約 5mm/秒でした。今日、市場の大部分は 70-80mm.sec を使用しており、一部のユーザーは 100mm/秒で実行しています。

この高い送り速度は、QFN / MLP 基板の形状が改善された結果（ハーフェッチングされたリードフレームを使用）に部分的に可能になりましたが、主にダイシングブレードマトリックスが最適化されたためです。QFN 個片化に現在使用されている最も一般的なブレードは、フェノール樹脂マトリックスです。

金属焼結ブレードも使用されますが、その程度ははるかに少なくなります。ユーザーは、送り速度と刃の寿命を維持しながら、より速い送り速度、より長い刃の寿命および切削品質を要求し続けています。これらの考慮事項に加えてユーザーは低コストも目指しています。

個片化 QFN 基板に使用されるブレードの主な目標は、切り口のサイズを維持しながら長いブレード寿命を維持できることです。この属性は最終的なデバイス/パッケージサイズが受ける厳しい許容誤差に不可欠です。ブレードの側面摩耗は、最終的にデバイスのサイズに影響します。ただし、ユーザーは、ブレードの寿命を達成するために、送り速度や品質を妥協することあまり熱心ではありません。樹脂タイプのブレードはラジアル摩耗が大きいいため、良好なカーフプロファイルを維持すると同時に、適切なデバイスサイズを維持できます。金属焼結ブレードはラジアル摩耗が少ないですが、時間の経過とともに側面摩耗が発生しやすくなります。このような摩耗は図7に示すように、最終的にはデバイスのサイズに反映されます。金属焼結ブレードはより硬くバリが大きくなる傾向があります。



ブレードマトリックスを品質またはスループットのいずれかで最適化するには、1) 基板構造。2) 現場で維持されるダイシングプロセスの包括的な知識。および3) ブレードの配合と製造技術を十分に理解する必要があります。

ほとんどのブレードパラメータは、基板の形状構造と品質要件に応じて、ユーザーごとに異なります。表1と表2に、QFN市場で使用されるいくつかの一般的なブレードパラメータを示します。

カット品質を維持しながら UPH を向上

QFNアプリケーションは約10年半にわたって市場に出回っており、両方の品質を改善するための継続的な必要がありますが主にはUPHです。初期生産送り速度は約5mm/sで寿命は約200~300mでした。

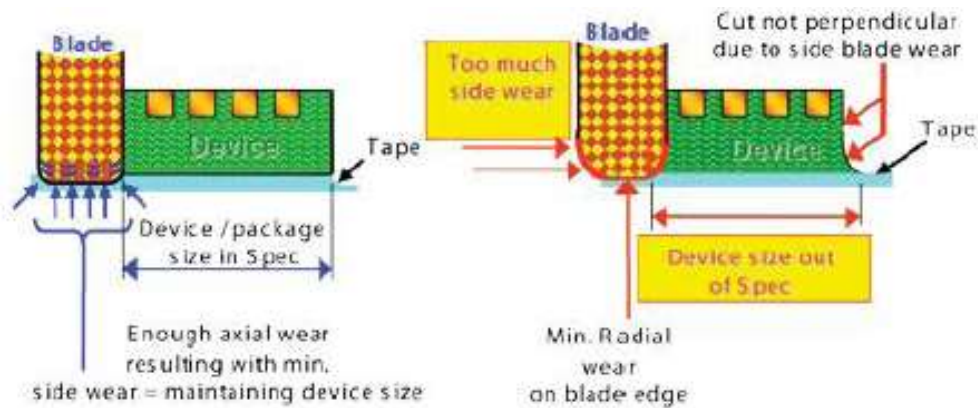


図7：サイド摩耗が多すぎる場合の影響

Substrate thickness (mm)	Device size (mm)	Mounting	Blade Matrix	Blade thickness	Diamond grit size (μm)
0.8 - 1.2	1 x 1 up to 12x12	Tape	Resin	.008"-.020" 0.200-0.508mm	45 - 88
0.8 - 1.2	3 x 3 up to 12x12	Tape-less	Resin & Sintered	.008"-.020" 0.200-0.508mm	45 - 88 - Resin 40 - 53 - Sintered

表1：標準 QFN パッケージの一般的なブレードパラメータ

Substrate thickness (mm)	Device size (mm)	Mounting	Blade Matrix	Blade thickness	Diamond grit size (μm)
0.4 - 0.6	1x0.6, 1x1 up to 4x4 Tape	Tape	Resin	.008" - .012"	45 - 53
0.4 - 0.6	1x0.6, 1x1 up to 4x4 Metal	Tape	Resin & Sintered	.008" - .012"	35 - 45

表2：薄い QFN パッケージの一般的なブレードパラメータ

今日、エンドユーザーは標準の QFN 生産を最大 100mm/S でダイシングし、寿命は約 2,000m です。UPH をさらに高めるといふ業界からの容赦ない圧力があります。競争力を維持するためにより高い UPH を追求するために、ブレードメーカーは厳しい要件を満たすために新しいブレードマトリックス、つまり新しい樹



脂配合、ダイヤモンドタイプ、フィラーの開発を目的とした研究開発プログラムに継続的に投資しています。

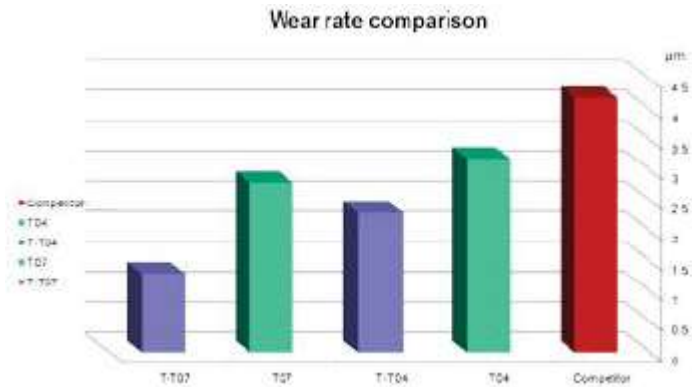


図 8：摩耗の比較

最近、現在入手可能なものよりも優れた性能を備えた新しい樹脂配合（T-T07 と呼ばれる）を開発しました。図 8 は新しいマトリックスブレードの摩耗を以前のマトリックスや他のブレードと比較しています。このフェノール樹脂マトリックスは長寿命を維持しながら品質要件に準拠することが示されています。

経歴

ギデオンレビンソンは、テクニオン-イスラエル工科大学、およびフィラデルフィアのテンブル大学で学んだ実用的な機械エンジニア兼グラフィックデザイナーです。

彼は、ADT-Advanced Dicing Technologies のシニア R&D スペシャリストであり、消耗品のダイシング担当です。 Email : glevinson@adt-co.com