

O USO DO PCD NA INDÚSTRIA DA MADEIRA

M.W. Cook, M.A. Fleming

De Beers Industrial Diamonds

Resumo

Este artigo descreve o PCD como um material para usinar madeira e produtos à base de madeira. As diferentes classes de PCD adequadas para ferramentas para madeira são revisadas e as propriedades físicas e mecânicas do PCD são discutidas. Isso então é relacionado com as recomendações para geometria das ferramentas. Finalmente, um número específico de exemplos é dado onde o PCD tem substituído ferramentas convencionais proporcionando ganhos significativos em termos de custos e outras vantagens. Um novo conceito de ferramentas para madeira também é descrito, o que expandirá o uso do PCD nessa área.

Palavras chaves: PCD SYNDITE, Madeira, Aglomerados de Madeira, Placa de MDF, Placa de HDF.

1 Introdução

Há 15 anos atrás, o uso de Diamante Policristalino PCD em ferramentas para usinagem de madeira era virtualmente desconhecido. Isso tem mudado de acordo com os rumos da economia, afastando-se de madeira natural em direção a compostos de madeira abrasiva que requer materiais para ferramentas de alto desempenho. Conseqüentemente, hoje é comum encontrar uma ampla linha de ferramentas de PCD, incluindo serras circulares, fresas e perfiladores utilizados na usinagem de compostos de madeira, como aglomerados de madeira, fibra de média densidade (MDF), e madeira natural.

Aplicado corretamente, o PCD substitui materiais de ferramentas de corte, antes utilizados como o carbeto de tungstênio cementado e aço rápido. O seu sucesso em muitas aplicações em madeira é devido a sua dureza superior e resistência à abrasão que, em combinação com a moderna e alta produção máquinas CNC de processar madeira, resulta na redução de custos de ferramentas por componente através da vida mais longa da ferramenta e tempo de parada mínimo. Uma vantagem a mais é a qualidade superior e consistente da peça que resulta do uso de uma aresta de corte afiada de diamante.

2 Diamante Policristalino

PCD é uma massa sintetizada, extremamente dura, de cristais de diamantes orientados ao acaso, e ligados a um substrato de metal duro. É produzido pela sinterização conjunta de partículas de microm de diamante em temperaturas e pressões altíssimas na presença de um metal solvente catalizador geralmente o cobalto. Portanto, o PCD pode ser considerado como um material composto que combina a dureza, resistência à abrasão e alta condutividade térmica de diamante com a possibilidade de soldar – se do metal duro. Ambos, camada do PCD, pela virtude do conteúdo de cobalto, e substrato de metal duro, são eletricamente condutivos. Isso permite a usinagem por EDM ou EDG. Isso é de uma importância crucial na fabricação e condicionamento de ferramentas de PCD, particularmente aquelas com perfis complexos ou insertos múltiplos, por exemplo, serras circulares, onde a retificação mecânica seria frequentemente difícil e consumiria muito tempo.

PCD, como o SYNDITE da De Beers , é produzido em uma variedade de formas e tamanhos e até discos com 70mm de diâmetro, que permite a fabricação de arestas de corte contínuas, retas e perfiladas com comprimento de 70mm.

SYNDITE é produzido em três classes padrões baseadas nos tamanhos dos grãos dos diamantes encontrados na camada de PCD. Essas três classes são designadas como CTB 002, CTB 010 e CTB 025, onde os números correspondem a média de dimensões em tamanhos microm. Geralmente, o uso da grade mais fina proporciona uma melhor aresta de corte e/ou um melhor acabamento de superfície, contanto que técnicas de fabricação apropriadas sejam utilizadas. Também, como regra geral, a grade mais grossa oferece uma maior resistência ao desgaste, que também está vinculada nas condições de usinagem. Adicionado às três classes referidas acima, vários produtos SYNDITE são disponíveis numa quarta classe, o SYNDITE CTC 002, que teve sua grade fina modificada para capacitar um excelente desempenho em um certo número de aplicações, mas primeiramente foi desenvolvido para a usinagem de compostos de madeira. Este material contém uma quantidade extra de cobalto na camada de diamante, para aumentar a capacidade de usinagem por eletroerosão e técnicas de retificação mecânica. O CTC 002 é também mais resistente a fraturas na aresta do que o CTB 010 e tende a se desgastar por arredondamento da aresta, mas é um pouco menos resistente à abrasão. Conseqüentemente, o CTC 002 é frequentemente usado em serras circulares, onde uma maior resistência a fraturas é considerada benéfica numa aplicação onde a ferramenta experimenta impactos repetidos, particularmente quando a peça não é homogênea , como aglomerado de madeira laminado.

Em ferramentas rotativas pequenas, por exemplo fresas, que são menos prováveis de sofrerem danos de impacto, o CTB 010 tende a ser o grau preferido. Todavia, essas são observações gerais e alguns fabricantes de ferramentas podem variar de opinião.

2.1 Características do PCD como Material de Ferramenta

As propriedades do PCD em comparação com metal duro são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1.

	Carbeto de Tungstênio (K10)	PCD (SYNDITE)	CTB
010)			
Resistência à Ruptura Transversal (Mpa)	1634	1256	
Resistência à Fratura (MPam ^{1/2})	10.48	8.81	
Dureza de Knoop (Gpa)	17	50	
Coeficiente de Desgaste	1.15	3.89	
Módulo de Young (Gpa)	593	776	
Expansão Térmica (10 ⁻⁶ K ⁻¹)	5.4	4.2	
Condutividade Térmica (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	100	540	

Propriedades Físicas de Materiais de Ferramentas de Corte

Quando usinamos madeira e produtos à base de madeira, a aresta de corte sofrerá um desgaste abrasivo assim como uma flexão e tensões de cisalhamento. A resistência à dureza e desgaste do PCD é muito superior a todos os outros materiais de ferramentas de corte. Todavia, a sua tenacidade, (veja Resistência à Ruptura Transversal na tabela 1), é um pouco menor do que a atingida com o metal duro. Isto pode ser compensado utilizando uma geometria da aresta de corte mais forte numa ferramenta de PCD - numa serra circular, por exemplo, aumentando o ângulo da cunha, dos 40 ou 50 graus típicos, quando utilizando metal duro ou HSS para 65 graus ou mais (Figura 1).

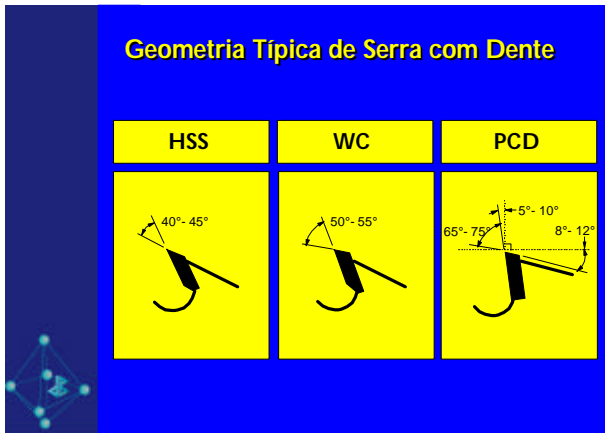


Figura 1. Propriedades da ferramenta influenciam a geometria da ferramenta para um corte eficiente. Geometria típica de um Serra com insertos PCD.

Testes de laboratórios e de campo indicam que a geometria otimizada da ferramenta de corte PCD para madeira é geralmente a seguinte (1):

Ângulo de incidência 5 - 10° positivo;

Ângulo de saída 8- 12°

Ângulo de ataque 10 - 30°.

O resultado de alta dureza e resistência ao desgaste do PCD é de longe uma vida da ferramenta excessiva se comparado aos obtidos com materiais de ferramenta convencionais. A Tabela 2 nos dá uma comparação entre a vida de ferramentas com PCD e com metal duro, compilada por um fabricante de ferramentas europeu (2), que mostra que as ferramentas de PCD duram 160 vezes a mais. Esses valores são baseados na média de resultados de uma linha de produtos de madeira, incluindo MDF, madeiras naturais resistentes e aglomerados laminados e brutos. Típicos parâmetros de usinagem ficam entre uma velocidade de corte de 40 e 100 m/s com um avanço por dente de aproximadamente 1mm.

Tabela 2.

Material de Ferramenta	Metal Duro (m)	PCD (m)	Proporção Vida da Ferramenta com PCD em relação ao metal duro
Serra	2,500	400,000	160: 1
Fresa	3,000	50,000	17: 1
Fresa de perfil	2,500	40,000	16: 1
Desintegrador	25,000	400,000	16: 1
Fresa para encaixe	6,000	350,000	58: 1
Riscador	20,000	1,300,000	65: 1

Comparação da média da vida de ferramentas com PCD com as de metal duro

(Valores em metros lineares referentes ao corte de material a base de madeira).

A exclusividade do PCD se estende também as suas propriedades térmicas sendo sua condutividade térmica de cinco vezes mais alta que o metal duro K10 , por exemplo. Isso é particularmente benéfico na usinagem de materiais sensíveis ao calor, como materiais compostos que contém resinas, uma vez que o calor é rapidamente conduzido para fora da aresta de corte, reduzindo assim a temperatura nesta área ao mínimo.

2.2 Aplicações Típicas

Serras Circulares

(i) Um dos maiores produtores no ramo de corte de painéis de madeira sob-medida do Reino Unido testou serras com PCD pela primeira vez (3). Duas serras de painéis com 600mm de diâmetro e 60 insertos foram instaladas numa Schwabedisson 51001 (Figura 2).

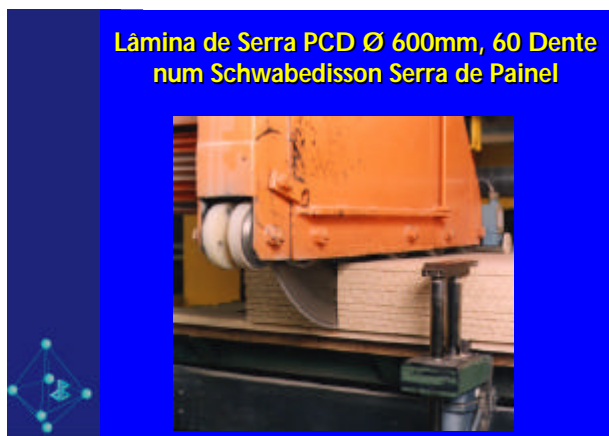


Figura 2. Serra de painéis de 600mm de diâmetro e 60 insertos de PCD montada numa Schwabedisson 51001.

Cada serra corta mais que 750,000 metros lineares de aglomerados de 12.7mm empilhados em 10 - 150 vezes mais que seu equivalente metal duro. A Tabela 3 mostra a comparação do desempenho antes da re-afiação. O fabricante da ferramenta estima que são possíveis até 20 re-afiações no PCD.

Tabela 3

Vida da Ferramenta em:	Peça	Serra com metal duro	Serra com PCD
Tempo	aglomerado	2 - 3 dias	6 meses
Metros lineares	aglomerado	14,000	865,000

Comparação da vida da serra circular.

O custo da re-afiação de dois insertos de PCD duas vezes ao ano é aproximadamente a metade do custo por mês de re-afiar as numerosas serras com metal duro usadas antigamente. Isso equivale a uma redução de 96% no custo anual de re-afiações, que é mais alto que o preço inicial da compra de

serras com PCD. As vantagens do PCD podem ser resumidas como aumento da vida de ferramenta, menos tempo de máquina parada para a troca de ferramenta, custos mais baixos para re-afiações.

(ii) Um grupo líder de montagem de lojas e fabricação de divisórias comerciais instalou uma serra com PCD em sua fábrica na Escócia (4). Uma serra de painéis com 450mm de diâmetro e 72 insertos foi montada numa Holzma EL70/5/4300 (Figura 3) usada para dimensionar o tamanho de cada prancha que passa pela fábrica, incluindo o MDF, compensados e os dois aglomerados de madeira: simples e laminado. A serra teve seu desempenho 300 vezes maior do que seu equivalente metal duro.



Figura 3. Serra de painéis com 450mm diâmetro, com 72 insertos de PCD montada num Holzma EL70/5/4300

Outras vantagens incluem tempo de parada reduzido na troca de ferramenta e qualidade de aresta mais consistente, particularmente para o aglomerado de madeira laminado.

Fresas

(i) Placa de fibra de madeira de alta densidade (HDF) é menos conhecida do que o MDF. Ambas são feitas de forma similar, a diferença é que a espessura de 50mm da placa de fibra é prensada atingindo uma espessura final de 30mm para produzir MDF, mas para produzir o HDF a chapa é prensada até uma espessura final de 17.5mm.

O resultado é um composto de madeira muito mais denso e compactado e bem mais difícil de usar.

Um especialista na montagem de quartos usa HDF na fabricação das portas (5). Para satisfazer a todas as variedades de móveis disponíveis, uma média de 24 fresas com insertos PCD são utilizadas nos estágios finais de fabricação - arestas perfiladas e fresas de painéis em uma das cinco máquinas CNC.

Descobriram que a fresa com PCD tem uma vida total de 3,200 horas comparada com 60 horas com ferramentas metal duro - um aumento de 50:1. Isso representa ganhos de 50% em custos de unidades de ferramenta e não inclui as grandes economias em tempo de parada de máquina para a troca de ferramenta, uma vez que as ferramentas de PCD são trocadas mensalmente e não diariamente, como acontecia antigamente com metal duro. Outra vantagem importante é que a afiação da aresta e perfil são mantidos por um período muito mais longo durante a vida de uma ferramenta com PCD, representando um benefício significativo em termos de controle de qualidade do acabamento do produto.

(ii) A introdução de fresas com insertos SYNDITE para uso em gabinetes num fabricante de máquinas de jogos para a indústria de entretenimento tem reduzido os custos anuais de ferramentas em mais de 70% (6). Modernas fresas CNC são agora utilizadas para usinar os painéis frontais, traseiros e laterais, que são feitos de aglomerado de madeira ou MDF.

As fresas com PCD são montadas numa máquina CNC Reichenbacher 350A (Figura 4). Quando essa máquina foi introduzida, as ferramentas convencionais de metal duro estavam em uso, mas logo tornou-se aparente que o gasto com ferramentas novas e manutenção era excessivo e, adicionalmente, o tempo de parada para troca das ferramentas estava sendo desperdiçado.



Figura 4. Fresa CNC Reichenbacher 350A equipada com ferramentas PCD

Embora o preço básico da fresa com PCD foi mais alto do que a de metal duro, as ferramentas de metal duro tinham que ser compradas 100 vezes mais a cada ano. Igualmente, o custo da retificação de ferramentas de PCD foi só um terço do que as de metal duro simplesmente devido ao grande número de retificações exigidas.

2.3 Fresa para Painel Suspenso

Um fabricante líder de produtos a base de madeira para uso no lar recentemente trocou suas operações de corte para PCD de um painéis suspensos (Figura 5) em portas internas de madeira dura, que exhibe painéis elevados em MDF (7). Os painéis de MDF variam em tamanho, mais um painel típico mede 259 x 533mm x 18mm de espessura. Eles são usinados em pares, com dois passes requeridos para cada um dos quatro lados, o primeiro sendo um corte de alívio, e o segundo um corte de acabamento. A máquina usada é uma Wadkin específica para a aplicação.



Figura 5. Fresa para painéis suspensos com insertos de PCD para usinagem de portas de madeira dura.

Inicialmente, uma serra de painel suspenso com insertos PCD foi testado para o corte de acabamento. Antes, as serras de metal duro cortavam aproximadamente 5,000 painéis. Até agora, os insertos de PCD estão ainda em operação após um ano completo de serviço sem problemas. Eles cortaram aproximadamente 250,000 painéis nesse tempo, e ainda não foram re-afiados - um aumento na vida da ferramenta de 50:1 sobre ferramentas de metal duro. Serras de painéis elevados com PCD foram então instaladas para o corte de alívio, e melhorias similares no desempenho são esperadas.

3. Um Novo Conceito de Ferramentas de PCD para Madeira

A De Beers Industrial Diamonds está recentemente envolvida no desenvolvimento de um novo conceito de ferramenta usando o de produtos padrão de SYNDITE PCD, almejado primariamente para a indústria da madeira (10). É essencialmente um meio alternativo no qual as pastilhas de PCD podem ser cortadas de forma a fornecer insertos econômicos e eficientes para soldagem ou fixação mecânica numa grande variedade de ferramentas de madeira. Ferramentas fabricadas de acordo com esse novo conceito, particularmente aquelas que utilizam facas, como cortadores de blocos, múltiplos insertos, e serras circulares, podem ser produzidas a um custo menor.

Com ferramentas de PCD convencionais somente uma proporção relativamente pequena de material PCD num determinado inserto, essencialmente a aresta, é empregada nas atuais operações de usinagem. Com o desgaste da aresta, a sobra de PCD permite que a aresta de corte seja retificada novamente, ou reafiada várias vezes. Oito ou 10 retificações são possíveis mecanicamente ou por técnicas de eletroerosão, aumentando significativamente a vida da ferramenta e, apesar do custo inerente da retificação, obtém-se uma economia total de seu uso. No novo conceito de design, o corte com PCD é verticalmente orientado, num ângulo agudo da camada do PCD. Isso é ilustrado na Figura 6 que mostra como um disco de PCD pode ser fatiado por eletroerosão.

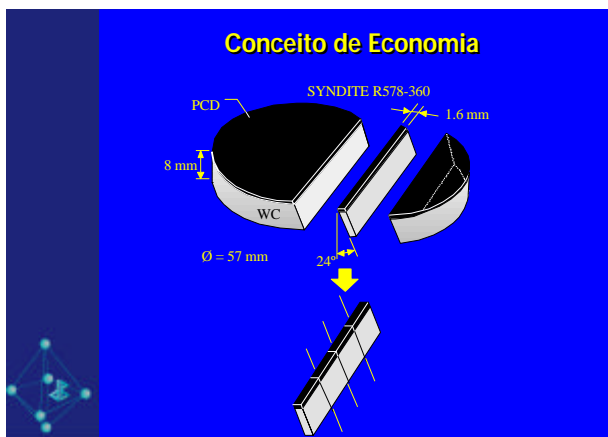


Figura 6. Exemplo de como uma pastilha pode ser cortada oferecendo insertos de PCD para o novo conceito de ferramenta.

Nesse exemplo, o disco de PCD é um SYNDITE R578 - 36005 standard (57mm de diâmetro, 8mm de espessura, com uma camada de 0.5mm de PCD) cortado em fatias, com 1.6mm de largura num ângulo de 24° em relação à vertical. Cada fatia produzida pode subseqüentemente ser cortada em insertos individuais no comprimento desejado. Claro que a espessura das fatias e o ângulo no qual elas são cortadas podem ser alteradas para atender a uma aplicação particular.

Insertos de PCD produzidos dessa maneira possuem relativamente uma pequena aresta de corte com um ângulo de incidência e com substancial conteúdo de substrato de metal duro, que pode ser prontamente soldados ou fixado por grampo ao corpo da ferramenta desejada. Um inserto assim contém aproximadamente um terço da quantidade de PCD em comparação com um inserto padrão, e o ângulo de incidência significa que retificação mínima da aresta de PCD que é requerida durante a fabricação da ferramenta. Naturalmente, menos retificações são possíveis do que com o inserto de PCD padrão, embora isso irá depender da espessura do inserto com novo conceito. Numa serra de dentes com 1.6mm de espessura, foi notado que 3 a 4 retificações eram possíveis na prática numa aplicação de corte de aglomerado de madeira laminado no qual uma serra convencional com PCD poderia normalmente ser retificada 8 vezes. A vida entre re-afiações foi a mesma para as duas serras. Figura 7 mostram os insertos do novo conceito utilizados numa serra circular (soldada) e, em forma de facas indicadoras, num cortador de blocos (fixado por grampo).

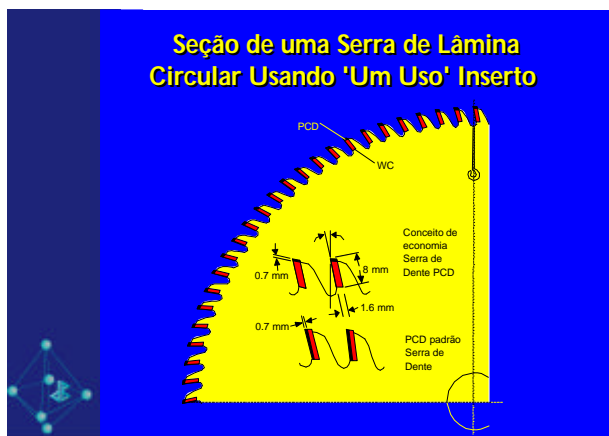


Figura 7. Segmento de serra circular utilizando os insertos com o novo conceito.

4. Resumo e Conclusões

É esperado que ferramentas com insertos cortados de acordo com o novo conceito venham a complementar as ferramentas de PCD convencionais, dando ainda maior flexibilidade e escolha ao usuário de ferramentas de PCD. O novo conceito oferece uma abertura mais econômica para usuários finais que contemplam o uso de ferramentas diamantas pela primeira vez. Apresenta também a possibilidade de economia com facas com insertos PCD e, também o uso de ferramentas descartáveis ou um tipo econômico de ferramentas de PCD. As vantagens do novo conceito para o fabricante de ferramentas e para o usuário final das mesmas podem ser resumidas da seguinte maneira:

- I. Utilização de Pastilhas de PCD padrão;
- II. Um custo inicial mais baixo - quantia mínima de PCD é usada (embora menos retificações são possíveis);
- III. Baixo índice de retificações/ custos de processamento, devido ao ângulo de incidência;
- IV. Facas intercambiáveis de PCD podem ser produzidas com economia;
- V. Flexibilidade - o conceito pode ser adaptado a quase todos tipos de ferramentas para madeira, soldado, ou fixado por grampo, com exceção de ferramentas com perfil complexo;
- VI. Técnicas de fabricação de ferramentas existentes e o desenho das ferramentas permanecem essencialmente os mesmos.

5. O Futuro

As três maiores vantagens das ferramentas de corte de PCD em produção de massa na indústria de madeira parecem ser:

- (i) aumento da vida da ferramenta;
- (ii) tempo de parada de máquina reduzido;
- (iii) melhor acabamento.

Todas essas vantagens oferecem aumento na produtividade e redução nos custos. Elas resultam num crescimento rápido e contínuo no uso da ferramenta de PCD na indústria da madeira e são provavelmente fatores chaves em atingir os objetivos econômicos do futuro.

Em combinação com novos desenvolvimentos assim como o novo conceito novo de ferramenta descrito neste artigo, o uso de PCD pode eventualmente se estender em partes substanciais da indústria da madeira primária e de ferramentas que utilizam facas e ferramentas descartáveis. Materiais novos de ferramentas de PCD, desenhados para serem mais resistentes e evitar as lascas, não pode ser excluídos, e tampouco o desenvolvimento de novas técnicas, como

o corte de madeira a alta velocidade. Testes de fresamento periférico e de face em aglomerados e MDF já confirmaram que o PCD é capaz de cortar a uma velocidade de até 160m/s (9), abrindo assim novas oportunidades para aumentar a produtividade, particularmente em aplicações automatizadas. O desenvolvimento de novos produtos a base de madeira também têm aumentado a demanda de ferramentas de PCD. Um exemplo disso tem sido o crescimento rápido na década de 1990 de piso laminado de alta prensagem (HPL). Esse material é leve, duro e muito resistente ao desgaste e tem que ser fabricado em grande volume com tolerâncias extremamente altas - esse material é quase exclusivamente usinado com PCD (10).

Fica claro que com os fatores acima mencionados que o PCD está crescendo em importância e tem um futuro muito positivo em aplicações de madeira.

Referencias

1. PRAKASH, L.,HEIMBRAND, E. Comparação de Policristalino e Ferramentas de Carbetto Aglutinado em Madeira Proc. SUPERABRASIVES '91 Junho 11 -13, 1991, Chicago, USA
2. FARRARONS LOSSE, P. Preziss - Líder na Espanha de Ferramentas de PCD, Revisão do Diamante Industrial 52 (No. 6/92
3. JENNINGS, M.P. Desempenho Supremo de SYNDITE CTC002. Revisão do Diamante Industrial 50 (No. 3/90)
4. JENNINGS M. P. SYNDITE - Uma pechincha na Rua Principal, Revisão do Diamante Industrial 52 (No. 5/92
5. JENNINGS M. P. Picos Gemeos para Ferramentas de PCD, Revisão do Diamante Industrial 51 (No. 3/91)
6. JENNINGS, M. P. SYNDITE Paga Dividendos em Bell Fruit, Revisão do Diamante Industrial 53 (No. 2/93).
7. JENNINGS, M. P. Painéis Elevados de PCD, Revisão do Diamante Industrial 5/93
8. CLARK, I. E. Ferramentas de Madeira de PCD - U Conceito Novo de Desenho, Revisão do Diamante Industrial 53 (No. 2/93)
9. ESTKÄMPER, E., FUSS, M. Hochgeschwindigkeitsfräsen von Holzwerkstoffen mit PKD. Industrie Diamanten Rundschau 4/92
10. COOK, M. W., SEN, P.K., ACHILLES, R.D. Vários Materiais para Ferramentas de Corte de Diamante para Usinagem de Piso de HPL. Proc. Conferencia Técnica de Materiais Ultra Duros, Windsor, Ontário, Canadá 28 - 30 Maio 1998

SYNDITE e o nome De Beers são Marcas Registradas da Divisão de Diamantes Industriais da De Beers.

Figuras _

Figura 1. Propriedades da ferramenta influenciam a geometria da ferramenta para um corte eficiente. Geometria típica de um Serra com insertos PCD

Figura 2. Serra de painéis de 600mm de diâmetro e 60 insertos de PCD montada numa Schwabedisson 51001.

Figura 3. Serra de painéis com 450mm diâmetro, com 72 insertos de PCD montada num Holzma EL70/5/4300

Figura 4. Fresadora CNC Reichenbacher 350A equipada com ferramentas PCD

Figura 5. Serras de painéis suspensos com insertos de PCD para usinagem de portas de madeira dura.

Figura 6. Exemplo de como uma pastilha pode ser cortada oferecendo insertos de PCD para o novo conceito de ferramenta.

Figura 7. Segmento de serra circular utilizando os insertos do novo conceito.