



A evolução dos materiais de impressão 3D para fabricação de placas dentárias

LuxaPrint Ortho Comfort

LuxaPrint Ortho Comfort e a evolução dos materiais de impressão 3D

A impressão 3D se consolidou firmemente no setor odontológico como uma tecnologia de fabricação digital. Além dos benefícios econômicos, a capacidade de fabricar modelos e aparelhos de forma rápida e eficiente é outro bom motivo para usar esse método na prática diária. Um ponto de venda exclusivo da manufatura aditiva em relação às tecnologias de manufatura clássica ou manufatura subtrativa com fresamento CAD/CAM é que ela cria apenas a geometria específica do componente (assim como todas as estruturas de suporte necessárias) que realmente será usada, tudo isso sem o uso de nenhuma outra ferramenta de modelagem. Isso é significativamente mais eficiente em termos de recursos e geralmente mais sustentável do que outros métodosⁱ. Como a impressão 3D se torna mais rentável quanto maior a complexidade dos componentes e menores as quantidades produzidas, o setor odontológico é um excelente candidato para o uso desta tecnologia e, com vendas anuais de aproximadamente 4 bilhões de dólares, ele é responsável por quase um terço de todo o mercado de manufatura aditivaⁱⁱ. Quase todas as peças fabricadas são únicas, e quase todas as superfícies têm um alto grau de complexidade. Após a fabricação de moldes dentários para várias indicações, a produção de placas é uma das principais indicações para a impressão 3D odontológica com materiais à base de polímerosⁱⁱⁱ.

Aumentando a eficiência com sistemas de impressão 3D

Para a impressão 3D de placas dentárias, geralmente são utilizados moldes da dentição dos pacientes para verificar ou adaptar ainda mais o ajuste das placas. Este método é uma relíquia da fabricação não digital e oferece ao dentista um alto grau de certeza em relação ao aparelho acabado. Essa abordagem está se tornando cada vez mais obsoleta devido ao desenvolvimento de sistemas de impressão

3D especializados para o setor odontológico e fluxos de trabalho validados que garantem precisão e reprodutibilidade quando se trata da fabricação de objetos impressos. O uso de scanners digitais e softwares de projeto especializados como o DentaMile connect, juntamente com a experiência relevante por parte do usuário, já está possibilitando a fabricação de placas dentárias com precisão, sem o auxílio de um molde impresso em 3D ou produzido convencionalmente. Isso significa que o tratamento completo do paciente, desde o escaneamento da dentição, o projeto e a fabricação da placa usando impressão 3D até o polimento e a inserção intraoral, pode ser concluído em pouco mais de uma hora. Esse uso da tecnologia economiza tempo e permite o tratamento em apenas uma sessão. Além de trazer mais praticidade de forma significativa para os pacientes, essa abordagem também oferece vantagens organizacionais e econômicas para as clínicas odontológicas.

Vantagens das resinas modernas de impressão 3D

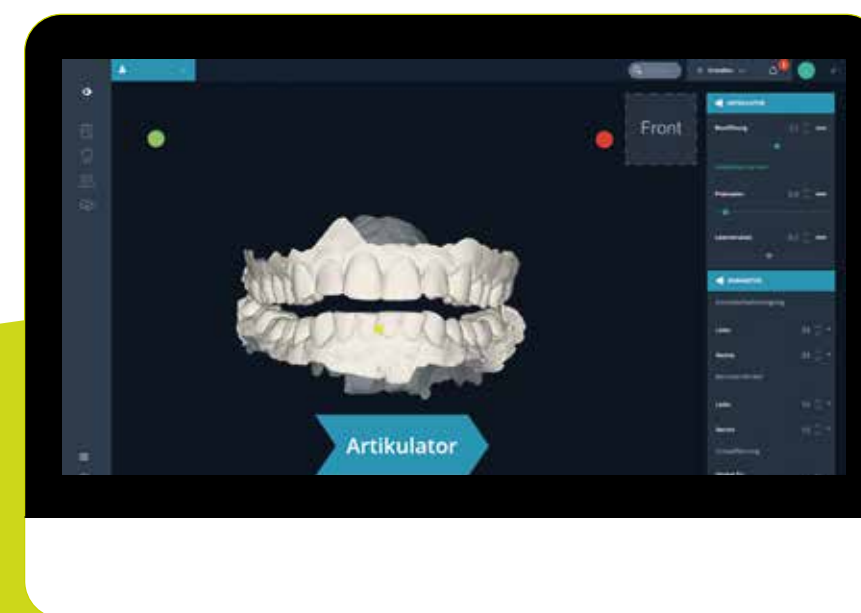
Resinas de impressão 3D para a fabricação de placas dentárias estão disponíveis há vários anos. A primeira geração desses materiais produziu placas de mordida rígidas e duras usadas para bruxismo (ranger de dentes) ou como retentores para uso após tratamentos ortodônticos. Embora sejam adequadas para várias indicações e atendam a todos os requisitos regulatórios e clínicos, as resinas são frágeis e, portanto, têm resistência limitada à quebra. Isso significa que elas podem se quebrar com impactos fortes, por exemplo, se caírem e baterem no chão duro ou na pia. A razão para isso é a microestrutura química dramaticamente distinta, que difere principalmente das placas fabricadas tradicionalmente ou das placas fresadas ou moldadas a vácuo a partir de materiais

termoplásticos. Estas últimas também podem ser duras, mas permitem uma maior expansão e, portanto, são mais fortes e resistentes à quebra do que as equivalentes impressas em 3D usando o material de primeira geração.

A segunda geração de materiais para placas é caracterizada por materiais flexíveis e, em alguns casos, elásticos com diferentes graus de dureza. Dependendo do seu perfil característico, são utilizados como moldeiras para clareamento, placas para adesão indireta de braquetes ou ainda como protetores bucais esportivos. Os materiais são resistentes à quebra, mas muito macios e, em alguns casos, não resistentes o suficiente para serem usados como placas de mordida.

Já está disponível uma terceira geração de resinas de impressão 3D para a fabricação de placas dentárias. Essas resinas produzem placas duras, mas também levemente flexíveis e, portanto, resistentes a fraturas. Os materiais são resistentes e sua flexibilidade única os torna especialmente confortáveis para os pacientes e, portanto, ideais para uso como placa de mordida. Esta categoria de materiais também inclui o LuxaPrint Ortho Comfort desenvolvido recentemente pela DMG.

Este artigo esclarece os desafios enfrentados no desenvolvimento de materiais para placas e as vantagens do LuxaPrint Ortho Comfort em comparação com outros materiais de terceira geração para placas levemente flexíveis.



Exemplo de indicação do DentaMile connect

LuxaPrint Ortho Comfort

Após anos de pesquisa sobre resinas de impressão 3D odontológica, a DMG desenvolveu um material para placas de mordida que combina todas as vantagens dos materiais de placas disponíveis anteriormente. LuxaPrint Ortho Comfort pode ser usado para fabricar placas incolores e transparentes, levemente flexíveis, confortáveis e, acima de tudo, resistentes a fraturas. A formulação exclusiva do material é completamente livre de pigmentos coloridos e oferece excelente trabalhabilidade sem necessidade de agitação ou espera, tornando o processo de fabricação ainda mais rápido. Além disso, a DMG DentaMile garante

um fluxo de trabalho sem problemas e validado, desde o projeto da placa até o pós-processamento, permitindo que os pacientes recebam um aparelho preciso, biocompatível e confortável após cada processo de impressão 3D. O baixo teor de monômero de diluição¹ na resina líquida garante a máxima segurança e biocompatibilidade nos objetos impressos e oferece inúmeros outros benefícios, como excelentes forças de restauração e suscetibilidade mínima à temperatura, garantindo que a placa retenha sua elasticidade e ajuste ideais em cada inserção na boca.

¹ Monômeros de diluição são pequenas moléculas reativas que são adicionadas às resinas de impressão 3D, normalmente em doses muito pequenas, para dar a elas baixa viscosidade, de modo que possam ser usadas para impressão.

Transparência e cor

Da perspectiva do paciente, é muito importante que as placas dentárias sejam altamente transparentes e completamente incolores. O ideal é que essas propriedades tornem difícil ou impossível para as pessoas perceberem que estão usando um aparelho, mesmo de perto. Quanto mais discreto, melhor. No entanto, isso representa grandes desafios para os desenvolvedores de materiais.

Absorção e cor

No processo de impressão, a luz UV é irradiada na resina de impressão em comprimentos de onda de 385 nm ou 405 nm e absorvida pela resina, resultando na polimerização do material. Como 405 nm é luz visível e 385 nm está muito próximo da faixa visível, a luz aparece azul na impressora 3D. Isso também significa que a resina precisa absorver um pouco de luz visível para iniciar a reação de polimerização química, o que lhe confere uma cor levemente amarelada. Isso é particularmente impopular entre os usuários, porque distorce a cor natural dos dentes. Além disso, muitas das matérias-primas utilizadas na impressão 3D já contêm uma leve coloração amarelada. Isso pode aumentar ainda mais durante o tempo de uso da placa devido ao desgaste ou outros processos de envelhecimento.

Um método adotado frequentemente por muitos fabricantes é a adição de corantes ou pigmentos azuis, que mascaram a tonalidade levemente amarelada. O resultado é uma tonalidade azul que é mais bem aceita pelos pacientes do que o amarelo, que normalmente é visível, embora, na verdade, uma placa incolor seja preferível.

LuxaPrint Ortho Comfort – sem pigmentos e discreto

No entanto, os pigmentos coloridos têm desvantagens. Pigmentos são na verdade pequenas partículas. Quando são completamente misturados à resina, eles produzem uma tonalidade colorida e as partículas individuais não podem ser vistas. No entanto, durante o armazenamento, as partículas

afundam no fundo dos frascos de resina, especialmente durante períodos de armazenamento mais longos. Com isso em mente, materiais que contenham pigmentos devem ser bem misturados antes do uso. Na maioria dos casos, agitar é suficiente, mas para certas resinas, devem ser adquiridos equipamentos adicionais ou misturadores para garantir uma distribuição homogênea dos pigmentos de cor. De qualquer forma, essa abordagem é ineficiente e consome muito tempo. Agitar e misturar também introduzirá bolhas de ar na resina, e as placas precisam estar livres de bolhas durante o processo de impressão. Isso significa que os materiais geralmente precisam descansar por algum tempo após serem agitados antes de poderem ser processados na impressora 3D. Isso evita o uso sem tempo de preparação. Na prática, as placas não podem ser impressas espontaneamente e o tempo necessário para um fluxo de trabalho completo aumenta significativamente.

A composição sem pigmentos do LuxaPrint Ortho Comfort, por outro lado, não requer agitação ou qualquer outra preparação. A resina pode ser usada imediatamente a qualquer momento, permitindo impressão espontânea na clínica odontológica e produção de placas em apenas uma sessão. Graças ao uso de resinas e aditivos de alta qualidade, as placas de mordida produzidas são completamente incolores e transparentes, como mostrado na Figura 1, e, portanto, agradavelmente discretas quando usadas.



Imagem 1: comparação de cores entre duas placas. **Esquerda:** LuxaPrint Ortho Comfort, **à direita:** placa flexível produzida por outro fabricante

Resistência à fratura e teor de monômero

A evolução dos materiais para placas, desde as primeiras resinas quebradiças até os produtos resistentes à quebra e levemente flexíveis disponíveis hoje, é atribuída à intensa pesquisa por parte dos fabricantes de materiais, bem como ao suporte dos fornecedores de matérias-primas, que, com a crescente popularidade da tecnologia de impressão 3D, estão oferecendo cada vez mais novas matérias-primas com perfis de propriedades interessantes. As propriedades essenciais para obter placas resistentes à fratura são alta expansão e rigidez equilibrada dos materiais.

Alto teor de monômero para alta expansão: o caminho mais fácil

Uma maneira de obter alta expansão é usar monômeros de diluição específicos que tenham certa semelhança com materiais termoplásticos, como placas formadas a vácuo, após a polimerização. Uma desvantagem dessa classe de substâncias é que mesmo pequenas quantidades de moléculas que não reagiram podem causar cheiro e sabor desagradáveis nos aparelhos fabricados. No pior dos casos, eles podem causar alergias ou irritação, mas isso é muito improvável se as especificações de processamento forem seguidas rigorosamente. Este item mostra por

que a validação e a adesão aos processos de fabricação especificados são tão essenciais para dispositivos médicos seguros e confiáveis.

Para atingir o alto grau desejado de expansão e resistência à fratura, alguns materiais de placa contêm grandes quantidades desses monômeros de diluição. Isso torna as placas muito inadequadas para uso permanente. Outra característica do alto teor de monômeros é a alta suscetibilidade a flutuações de temperatura e, como resultado, materiais que apresentam boas propriedades em temperaturas de boca de 37 °C são frequentemente muito rígidos em temperatura ambiente. Portanto, muitas vezes recomenda-se que as placas sejam aquecidas antes do uso para permitir uma inserção confortável. Outros materiais também podem ser usados confortavelmente em temperatura ambiente, mas são muito macios na boca para desempenhar as funções desejadas. Um alto teor de certos monômeros de diluição também significa que, embora as placas sejam flexíveis e elásticas, elas não possuem as forças de restauração necessárias para recuperar sua forma original. Se forem inseridas várias vezes ou submetidas a outras forças, isso pode levar a um ajuste impreciso ou a placa pode cair.

O LuxaPrint Ortho Comfort da DMG usa quantidades muito baixas de monômero na resina líquida e tem bom desempenho quando se trata dos problemas descritos acima. Testes biológicos e químicos extensivos garantem que todos os processos de impressão validados pela DMG forneçam placas biocompatíveis e seguras, inodoras e insípidas, além de apresentarem excelentes forças de restauração, o que significa que as placas mantêm seu formato original e, portanto, um ajuste ideal, mesmo após inserções frequentes ou alto impacto, como flexão ou queda.

A Figura 2 mostra a elasticidade (módulo de elasticidade) do LuxaPrint Ortho Comfort e outros materiais de placa ligeiramente flexíveis disponíveis no mercado em temperatura ambiente (esquerda) e temperatura da boca (direita). É aqui que a vantagem da baixa suscetibilidade à temperatura do LuxaPrint Ortho Comfort se torna mais clara.

Embora o material 2 apresente um alto grau de rigidez à temperatura ambiente e, portanto, deva ser aquecido antes do uso, o LuxaPrint Ortho Comfort já é suficientemente flexível para permitir uma inserção confortável. Uma vez na boca, ele atinge a

elasticidade ideal, semelhante ao material 2. O material 3 já é flexível à temperatura ambiente, mas fica tão macio na boca que não atinge as propriedades necessárias para uma placa de mordida.

Devido ao seu baixo teor de monômero, o LuxaPrint Ortho Comfort não só garante um nível muito alto de segurança, como também é inodoro e insípido, além de fornecer forças de restauração ideais e rigidez equilibrada para inserção e remoção frequentes e confortáveis da placa sem prejudicar o ajuste.



Comparação do módulo elástico (elasticidade)

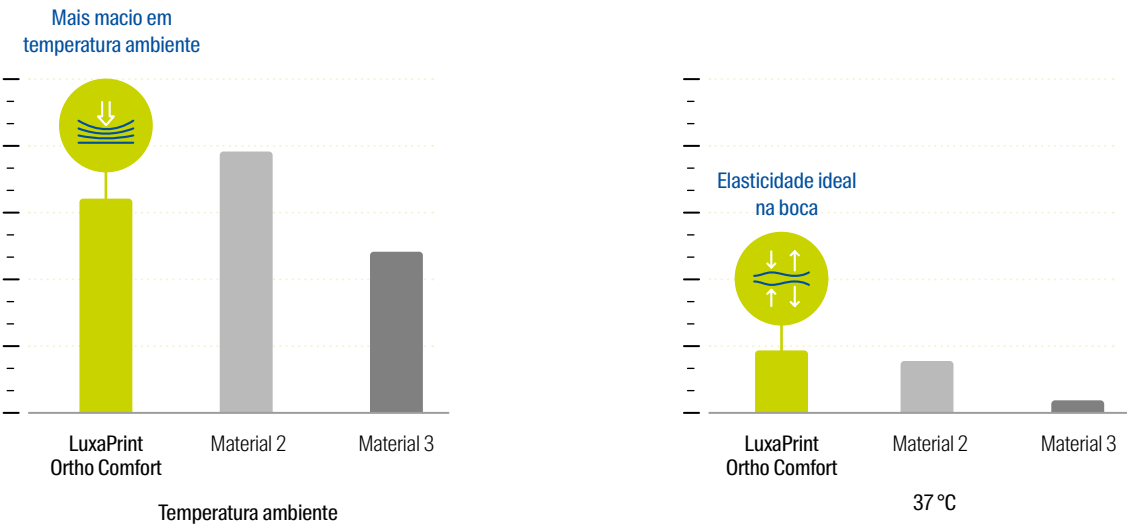


Imagem 2: Módulo E (elasticidade) do Luxaprint Ortho Comfort em comparação com outros materiais de placa flexíveis em temperatura ambiente (esquerda) e 37 °C (direita)

Fluxo de trabalho

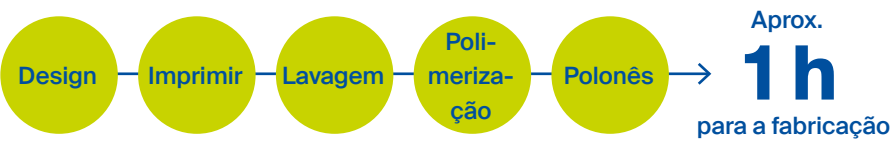
Assim como as instruções para materiais odontológicos convencionais, o fluxo de trabalho para resinas de impressão 3D é significativamente influenciado pelas propriedades do material. Somente considerando isso durante o desenvolvimento é que se pode criar um material bem-sucedido, com um fluxo de trabalho contínuo e orientado a indicações. Para resinas de impressão 3D, o fluxo de trabalho consiste em todo o processo de fabricação, ou seja, preparação da impressão, impressão 3D, limpeza e pós-polimerização, bem como todas as etapas de processo necessárias que, em última análise, levam a um objeto seguro, estável, ajustado com precisão e validado. Se os materiais forem otimizados exclusivamente em relação ao seu perfil de propriedade, pode ser inevitável adicionar mais etapas de processo ou tempos de espera ao fluxo de trabalho quando se trata de garantir a qualidade ideal do componente. Isso pode incluir, por exemplo, agitar, misturar ou aquecer os materiais, períodos de descanso antes do início da impressão, tempos de espera após a lavagem ou secagem dos objetos impressos



ou outras etapas do processo após a pós-polimerização. Inicialmente, isso não parece ser um grande obstáculo para a produção de um aparelho odontológico de alta qualidade, mas quando se trata de custo-benefício ou produção eficiente, esses itens podem ser um fator decisivo.

O LuxaPrint Ortho Comfort foi projetado não apenas para obter as melhores propriedades do material, mas também para garantir um fluxo de trabalho rápido e fácil de usar, eliminando os tempos de espera ou etapas adicionais do processo. A produção de uma placa, desde o escaneamento intraoral até a inserção na boca, leva pouco mais de uma hora.

LuxaPrint Ortho Comfort:



Outros fabricantes:



Imagem 3: comparação do fluxo de trabalho do LuxaPrint Ortho Comfort e outros materiais comparáveis

Conclusão

A impressão 3D de placas de mordida já se estabeleceu como um processo de fabricação confiável na clínica odontológica. A última geração de materiais para placas fornece placas levemente flexíveis e resistentes a fraturas, oferecendo vantagens em termos de conforto e manuseio em comparação aos materiais rígidos anteriores. Com sua formulação inovadora, o LuxaPrint Ortho

Comfort da DMG está elevando o padrão dentro desta classe de materiais. Além de alta transparência, excelente estabilidade de fratura e flexibilidade equilibrada, este material foi projetado com um processo de fabricação contínuo, rápido e validado em mente. Esta é a única maneira de explorar todo o potencial da impressão 3D de placas dentárias de forma eficiente e econômica.

Sobre os autores:

Kai Billerbeck

Kai Billerbeck estudou química na Universidade de Hamburgo e passou mais de oito anos na divisão de Pesquisa e Desenvolvimento da DMG. Ele tem vários anos de experiência no desenvolvimento de resinas para impressão 3D. Pesquisador no Centro de Aplicação Digital (DAC), ele é especialista em pesquisa e desenvolvimento de processos para fluxos de trabalho de impressão 3D.

Madlen Cordts

Madlen Cordts é técnica em prótese dentária na DMG e traz vários anos de experiência em laboratório odontológico para o Centro de Aplicação Digital. Ela é especialista interna em todas as questões odontológicas e específicas de indicações e responsável por projetos de inteligência de mercado.

i Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, Lu X, Shi H, Lee ES, Jiang HB. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. Digitalização 2021 Jul 17;2021:9950131. doi: 10.1155 / 2021 / 9950131. PMID: 34367410; PMCID: PMC8313360.
ii <https://additivemanufacturingresearch.com/reports/3d-printing-in-dentistry-2023/>
iii Caussin E, Moussally C, Le Goff S, Fasham T, Troizier-Cheyne M, Tapie L, Dursun E, Attal JP, François P. Vat Photopolymerization 3D Printing in Dentistry: A Comprehensive Review of Actual Popular Technologies. Materials (Basel). 2024 19 Feb;17(4):950. 10.3390/ma17040950. PMID: 38399200; PMCID: PMC10890271.

