

PROJETO DE UM LASER DE CO₂ PARA PESQUISA EM PROCESSAMENTO DE MATERIAIS.

Marcelo Soares Amorim, José Antonio Perrella Balestieri, José Elias Tomazini, Nicolau André Silveira Rodrigues – Projetos de Máquinas – Engenharia Mecânica – Departamento de Energia – Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá.

A principal característica que torna o laser uma ferramenta adequada ao processamento de materiais é o fato de que ele consegue entregar grandes quantidades de energia em regiões muito pequenas da peça a ser trabalhada, como nenhuma outra fonte óptica, o que faz com que as propriedades do material sejam modificadas em uma região muito pequena.

Apesar de o efeito laser poder ser observado naturalmente e do fato de que o homem já tenha demonstrado uma gama enorme de tipos de lasers, apenas alguns são disponíveis comercialmente, e entre estes, apenas uns poucos são adequados ao processamento de materiais.

Um equipamento laser é sempre composto por três componentes imprescindíveis: o meio ativo (região onde ocorre o efeito laser), uma fonte de bombeamento (que fornece energia para que ocorra o efeito), e um ressonador ou cavidade ressonante óptica (que faz com que o efeito se amplie até a emissão do feixe laser). A denominação do equipamento laser vem do tipo de seu meio ativo.

Atualmente, os dois tipos de lasers mais comuns na indústria são o de dióxido de carbono (CO₂, gasoso), com feixe contínuo ou pulsado, e o de Nd:YAG (*Yttrium Aluminium Garnet*, em estado sólido), que também pode ser com feixe do tipo contínuo ou pulsado. Os equipamentos do tipo Nd:YAG tendem a ser mais compactos, mas para potências de saída de até 3 kW encontram-se equipamentos relativamente compactos para os lasers de CO₂.

O laser de CO₂ é um típico exemplo dos chamados lasers moleculares, nos quais os níveis de energia de importância se relacionam com as vibrações internas das moléculas, isto é, com o movimento relativo dos átomos constituintes [1].

O laser de CO₂ possui eficiência de trabalho em torno de 10%, considerada alta para um laser. Além de eficiente, esse laser pode emitir grande potência. Isso vem do fato da molécula de CO₂, após ser estimulada, perder a excitação por emissão e choque e retornar rapidamente ao seu estado fundamental, possibilitando a repetição rápida do processo de transição entre níveis mais baixos de energia, dentro da molécula.

Comercialmente, são disponíveis muitos tipos de equipamentos a laser de CO₂, sendo que alguns podem produzir múltiplos feixes, através de ópticas especiais, e assim serem utilizados por muitos elementos terminais diferentes, como por exemplo pontas de corte de materiais [2].

O objetivo do trabalho é desenvolver um laser de dióxido de carbono de feixe contínuo, com potência da ordem de 1 kW, para o desenvolvimento de pesquisa em processamento de materiais (corte e soldagem de metais). O laser deve ser confiável, de construção simples, e com um superdimensionamento mínimo de duas vezes, o que permitirá uma expansão posterior para potências maiores (ou seja, o equipamento deve ser também escalável).

Deve-se, durante o trabalho, desenvolver capacitação para o entendimento dos processos físicos envolvidos na geração do feixe laser, bem como a tecnologia da construção de um equipamento deste tipo.

O meio ativo neste caso é constituído por uma mistura de dióxido de carbono, N₂ e hélio. Cada um destes três elementos desempenha um papel fundamental. O bombeamento para este equipamento é feito por meio de descarga elétrica DC, do que resulta um feixe contínuo.

Foi escolhida, para a configuração do laser, a do tipo fluxo axial rápido, por ser de construção mais simples, e com alta potência de saída [3], além de permitir da melhor maneira a troca de configuração e o reescalonamento do equipamento. A alta taxa de renovação do gás neste tipo de configuração tem um efeito de resfriamento do meio, por convecção, o que permite um aporte de energia maior. Um esquema do equipamento proposto é apresentado na Figura 1.

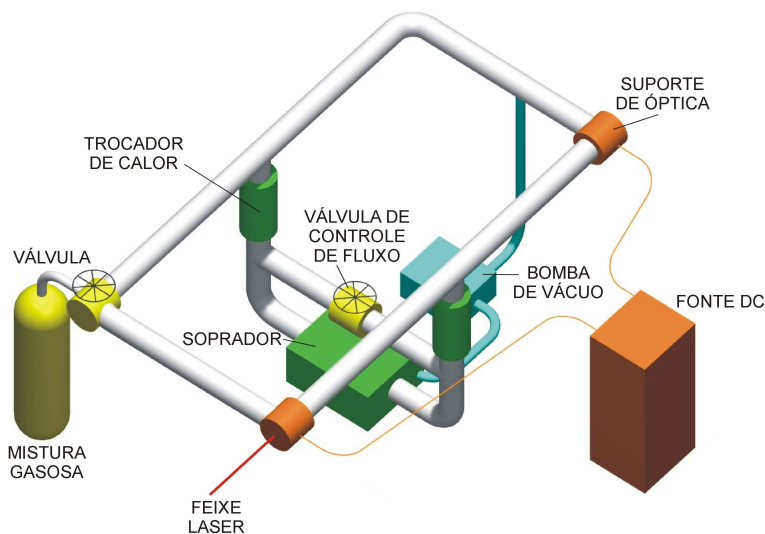


Figura 1 - Principais componentes do sistema laser proposto

A descarga elétrica será nos suportes de óptica. Nesta configuração, a mistura gasosa é impelida por um soprador adequado, o que causa um aquecimento. O gás é então resfriado num trocador de calor, indo para a região de descarga, onde ocorre a excitação das moléculas por uma descarga elétrica apropriada. Nesta região ocorre o efeito laser. Os gases, muito aquecidos, vão então para um segundo trocador de calor, onde são resfriados e voltam ao soprador, reiniciando o ciclo. Como se espera o uso com gases aquecidos e circulação de água para refrigeração, o laser deve ser construído em aço inoxidável.

O projeto do equipamento procurou torná-lo o mais modular possível, para que diferentes configurações pudessem ser tentadas. Assim, optou-se por usar tubulações ligadas por flanges e vedações do tipo KF (Klein flange), utilizadas universalmente para baixo vácuo, que é o regime esperado para a operação do laser. Neste tipo de vedação, são usados anéis *o'ring* de borracha e centros (suportes) para estes anéis, acoplados por presilhas de rápida troca.

Os tubos do meio ativo são feitos de quartzo, para isolar a descarga elétrica. Para conectar as partes tubulares de aço e de quartzo foram projetadas terminações mecânicas, devidamente vedadas por anéis *o'ring*, conforme mostrado na Figura 2.

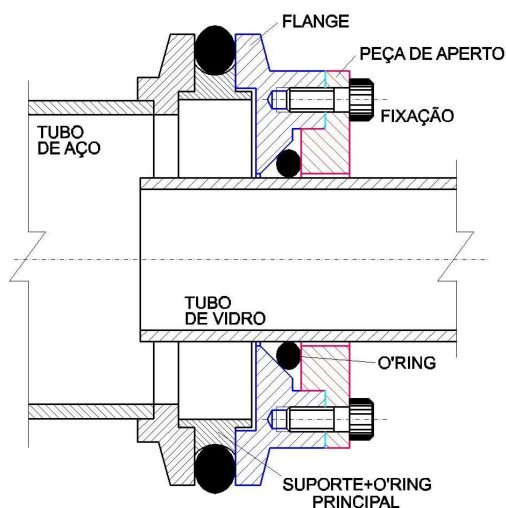


Figura 2 – Conexão tubos de quartzo – tubos de aço

Os suportes de óptica das extremidades devem ser móveis para que se consiga uma focalização adequada do feixe laser, então projetou-se uma regulagem no lado oposto ao feixe (para evitar acidentes). A configuração dos suportes de óptica é apresentada na Figura 3.

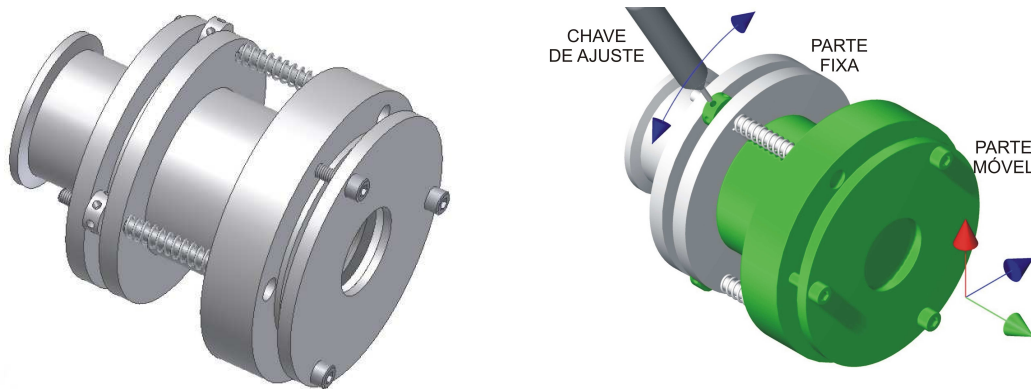


Figura 3 – Projeto dos suportes de óptica e seu mecanismo de regulagem

A princípio, pensou-se em construir um trocador de calor do tipo compacto, usando-se um tubo externo (casco) com uma superfície interna aletada, de grande condutividade térmica. Isto porque este tipo de construção é mais simples, e de manutenção simplificada, para escoamento de gás. Um trocador compacto tem as seguintes vantagens (limitadas apenas pelas temperaturas dos fluidos e pressão de trabalho): grande área de troca térmica por unidade de volume, alta efetividade térmica, baixo peso por volume e possibilidade de troca térmica entre vários tipos de fluxos de processos [4]. Assim, após determinar-se uma geometria inicial para a superfície aletada, procedeu-se a cálculos térmicos para que se determinasse a quantidade de aletas distribuídas pela região.

Decidiu-se posteriormente incorporar a esta concepção uma camisa externa de água, pois isso permite isolar a parte aquecida do trocador de calor do meio, por motivos de segurança dos usuários do equipamento. Além disso, projetou-se uma entrada de água fria para a parte central (aletada) do trocador, para também auxiliar na troca térmica. A configuração final do trocador de calor está apresentada na figura 4.

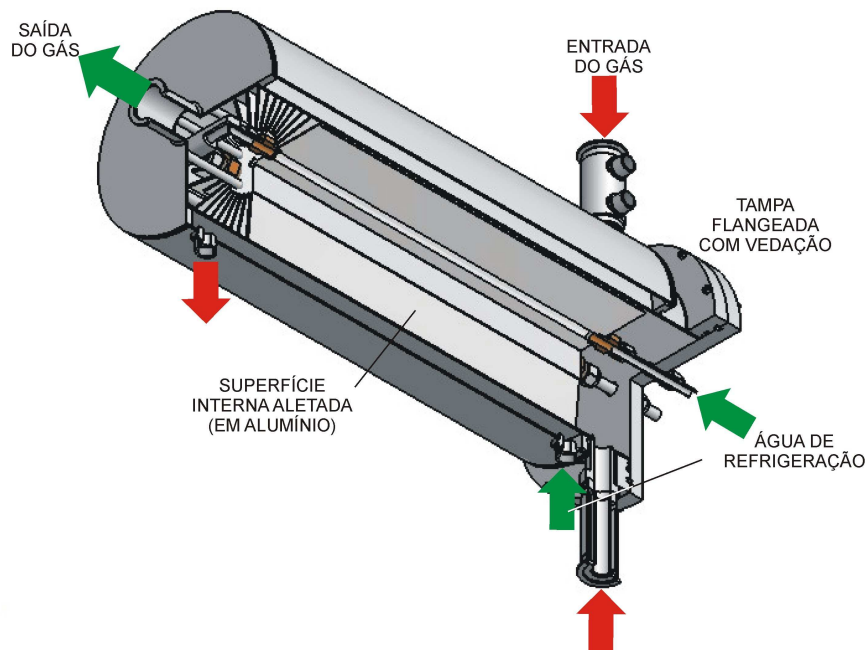


Figura 4 – Configuração do trocador de calor do equipamento

Para o projeto, foram adquiridos a bomba mecânica de vácuo, o soprador do tipo Roots, e conexões em inox. A fonte elétrica, com capacidade de até 25 kV, já estava disponível. A Figura 5 mostra a configuração final do projeto, sem mostrar a estrutura (mesa), a bomba de vácuo, e a fonte elétrica.

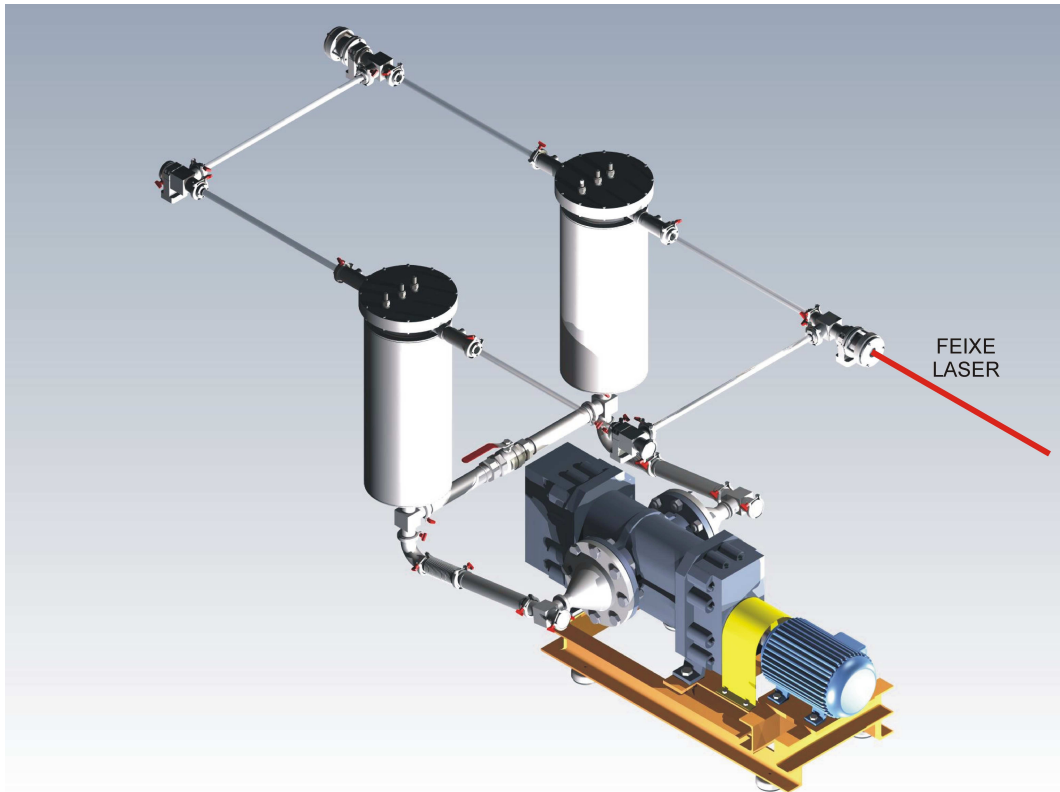


Figura 5 – Configuração final do laser

Para o desenvolvimento do projeto, foi utilizado o *software* Autodesk Inventor. O uso de um sistema CAD/CAE deste tipo foi fundamental, pois otimizou o tempo de desenvolvimento, na medida em que se integram de maneira simples o modelamento, a montagem e a simulação dos diversos componentes de um conjunto. Também a memória de projeto fica melhorada, pois a alteração no mais simples componente é remetida automaticamente para o conjunto como um todo, evitando problemas comuns em projetos complexos, como por exemplo o caso em que se tem um modelo sólido projetado de uma maneira diferente da que aparece em seu desenho de fabricação.

Outra função que melhora o sistema de projetos via CAD é a possibilidade de se colocar o projeto em um “cofre”, que possibilita aos gerentes de projeto dar permissões específicas para cada membro da equipe, e também manter um sistema único de arquivos referentes a um dado projeto: assim, se um projetista estiver alterando um modelo, outra pessoa não poderá fazer alterações antes de sua liberação. Também há a possibilidade de se colocar anotações acerca das alterações feitas em cada modelo, o que é muito importante para se rastrear o desenvolvimento do projeto. Pode-se também fazer, com este *software*, simulações simples através do Método de Elementos Finitos.

Referências Bibliográficas

- 1 - ORAZIO SVELTO. **Principles of lasers**. 4ª, Ed., Springer, New York, 2004
- 2 - LIA **handbook of laser materials processing**, Magnolia Pub., New York, 2001
- 3 - DEMARIA A.J., **Review of CW high-power CO₂ Lasers**. Proc. of the IEEE, vol 61, nº 6, junho, 1973
- 4 - PICON-NUNES M., POLLEY G.T., TORRES-REYES E., GALLEGOS-MUÑOZ A. **Surface selection and design of plate-fin heat exchangers**. Applied Thermal Engineering 19, 917-931, 1999