

**Nome:** Vitor Manuel Martins Gonçalves  
**Departamento:** Engenharia Mecânica  
**Doutoramento em:** Engenharia Mecânica  
**Orientador:** Maria Luísa C.G.A. Quintino, Professora Associada  
**Provas Concluídas em:** 12 de Fevereiro de 1998  
**Título:** SOLDADURA LASER DE LIGAÇÕES DISSIMILARES

## ***RESUMO***

---

Têm sido realizados estudos no campo da “modelação matemática da soldadura laser”, nomeadamente em escoamento de calor, interacção do feixe laser com o material, mecanismo de formação do “keyhole”, absorção e reflexão da radiação laser no “keyhole” e no plasma, efeito inverso de “bremsstrahlung”, estudos estes que ajudaram a melhor compreender os mecanismos de interacção da radiação laser com os materiais e conseqüentemente a soldadura laser por “keyhole”. Apesar de todo o trabalho desenvolvido a selecção adequada dos parâmetros de soldadura laser, com particular incidência nas ligações dissimilares, continua a ser muito difícil e morosa, requerendo quase sempre uma prévia comprovação prática dos parâmetros escolhidos.

Tomando como base esta dificuldade, desenvolveu-se um modelo matemático da soldadura laser por “keyhole”, que permite através do balanço energético aplicado a um “cordão padrão”, calcular as diferentes parcelas energéticas e tempos operativos, envolvidas no processo de soldadura laser por “keyhole”, de modo que, a partir delas, seja possível calcular e optimizar os parâmetros de soldadura tais como: potência, velocidade de soldadura, tempo de arranque, período de pulsação e caudais dos gases de assistência e protecção.

Com base neste modelo foi desenvolvido um programa de cálculo o “Programa Laser”, que com a simples introdução das características termo-físicas dos materiais e respectivas espessuras permite calcular os parâmetros necessários à soldadura, como potência, velocidade da soldadura, período de pulsação, dando também informação sobre a possibilidade de ocorrência de eventuais problemas metalúrgicos.

Para validação do referido programa foram realizadas algumas dezenas de ligações similares e dissimilares em aço ao carbono manganês, aço inoxidável austenítico e ferrítico, aço galvanizado, cobre e latão, tendo sido utilizado para o efeito dois lasers de CO<sub>2</sub>, um de 3kw e outro de 8 kw

**Palavras Chave:** Soldadura Laser por “Keyhole”; Ligações Dissimilares; Modelação Matemática; Balanço Energético; Programa Laser

**Name:** Vitor Manuel Martins Gonçalves  
**Department:** Engenharia Mecânica  
**Ph.D. Degree:** Mechanical Engineering  
**Supervisor:** Associate Professor, Ph.D. Maria Luísa C.G.A. Quintino  
**Concluded in:** 12 of February 1998  
**Title:** DISSIMILAR LASER WELDING

## ***ABSTRACT***

---

In the last years many researchers have studied the “mathematical modeling of laser welding” embracing many subjects like heat flow, the interaction of laser radiation with the material, the keyhole formation, absorption and reflection of the laser radiation in the keyhole and plasma and the inverse “bremsstrahlung” effect. These studies are a valuable contribution to the understanding of the interaction mechanisms of laser radiation with the materials in the keyhole laser welding. However, in spite of all these studies, it is still difficult to select the laser welding parameters, especially when applied to dissimilar joints, and it almost always requires a previous practical verification of the chosen parameters.

Bearing in mind this problem, a mathematical model of keyhole laser welding was developed, to calculate, through the energy balance applied to a “standard weld”, the different energy terms and operative times involved in the process. From these energy terms and operative times it is possible to calculate and optimize the welding parameters like power, welding velocity, delay time, pulse period and the shielding and assist gas flow.

Based in this “model”, a computer programme was developed “the Laser Programme”. which uses the materials thermal and physical characteristics and plate thickness, to calculate the parameters needed for welding, as power, welding velocity, pulse period and also information about the possibility of ocurrence of metallurgical problems.

To validate this Programme, similar and dissimilar joints were welded, in carbon manganese steel galvanized steel, stainless steel, cooper and brass, using two CO<sub>2</sub> lasers, with powers of 3KW and 8KW respectively.

**Key words:** Keyhole Laser Welding, Dissimilar Joints, Matematic Modelation, Energy Balance, Laser Programme.