

# Sistemas de ignição

Contribuição de Bruno Ferreira Porto  
03 de December de 2007

Os ignitores são dispositivos pirotécnicos ativados por corrente elétrica. Funcionam pelo aquecimento de uma pequena resistência coberta por materiais pirotécnicos. O material da resistência deve suportar temperaturas altas, suficientes para se iniciar o processo de combustão em sua volta, sem que entre em fusão. A geração de calor por meio de corrente elétrica se dá pela resistência do material a passagem dos elétrons, essa resistência faz com que elétrons se colidam liberando energia na forma de calor.

Os ignitores podem ser divididos em dois grupos, de acordo com sua aplicação: Os de baixa corrente para dispositivos de ejeção ou outros mecanismos pirotécnicos e os de alta corrente, para ignição de motores.

Os ignitores são parte do sistema de ignição do motor. Para se evitar as perdas em função do propelente consumido na fase de pressurização o ignitor é responsável pela combustão de uma carga pirotécnica, que além de gerar gases quentes durante tempo suficiente para a ignição completa do grão, levam o motor a pressão projetada de regime permanente sem o consumo de propelente, NASA (26).

No ignitor a resistência, também chamada de fusível nessa aplicação, é um fio de um material com alto ponto de fusão, sendo o material mais comum a liga de níquel cromo. Estes fios são usados na indústria de resistências elétricas para aquecimento, portanto dados sobre a relação entre a corrente elétrica aplicada e a temperatura na superfície do fio são prontamente encontradas. A Tabela 7 é uma adaptação de uma figura do site da empresa WireTronic Inc, fabricante de fios de níquel cromo.

Tabela 7 - Relação entre diâmetro de fio, corrente e temperatura para fios de níquel cromo.

Fio NiCr

Temperatura da superfície do fio [°C]

205

315

427

538

649

760

871

982

1093

AWG

[mm]

Corrente [A]

27

0,36

1,44

1,84

2,25

2,73

3,30

3,90

4,60

5,30

6,00

28

0,32

1,24

1,61

1,95

2,38

2,85

3,40

3,90

4,50

5,10

29

0,29

1,08

1,41

1,73

2,10

2,51

2,95

3,40

3,90

4,40

30

0,25

0,92

1,19

1,47

1,78

2,14

2,52

2,90

3,30

3,70

31

0,23

0,77

1,03

1,28

1,54

1,84

2,17

2,52

2,85

3,20

32

0,20

0,68

0,90

1,13

1,36

1,62

1,89

2,18

2,46

2,76

33

0,18

0,59

0,79

0,97

1,17

1,40

1,62

1,86

2,12

2,35

34

0,16

0,50

0,68

0,83

1,00

1,20

1,41

1,60

1,80

1,99

35

0,14

0,43

0,57

0,72

0,87

1,03

1,21

1,38

1,54

1,71

36

0,13

0,38

0,52

0,63

0,77

0,89

1,04

1,16

1,33

1,48

37

0,11

0,35

0,46

0,57

0,68

0,78

0,90

1,03

1,16

1,29

38

0,10

0,30

0,41

0,50

0,59

0,68

0,78

0,88

0,98

1,09

39

0,09

0,27

0,36

0,42

0,49

0,58

0,66

0,75

0,84

0,92

40

0,08

0,24

0,31

0,36

0,43

0,50

0,57

0,64

0,72

0,79

Fonte: Web site da WireTronic Inc., acesso 27 de junho de 2007.

Os ignitores usados em foguetes experimentais, em geral, consistem em um chicote elétrico com um fusível de níquel cromo embebido em um compósito pirotécnico em uma das extremidades, como na , onde duas formas construtivas são exemplificadas. A taxa de combustão em geral é alta e é desejável que a sua combustão libere partículas sólidas em alta temperatura, fagulhas, que se espalham pela área exposta do grão iniciando a sua combustão, além de fornecer gás a alta temperatura suficiente para se atingir a pressão projetada.

Figura 40 - Duas formas construtivas de ignitores e fotos de ignitores antes e após a aplicação do compósito pirotécnico.  
Fotos: David Sparks

Considerando os produtos da combustão da carga de ignição como um gás ideal a pressão na câmara pode ser expressa por:

Equação 89

Onde  $m_0$  é a massa inicial da carga,  $V_c$  é o volume da câmara de combustão e  $V_i$  é o volume inicial do ignitor. Considerando que a pressão inicial da câmara é a pressão ambiente:

## Equação 90

Onde  $R$ ,  $T_c$  e  $M$  são respectivamente a constante do gás ideal, temperatura de chama adiabática da composição e massa molar dos produtos da combustão. Estas propriedades podem ser obtidas por softwares de equilíbrio químico que serão discutidos na subseção 3.3. A relação destas propriedades é chamada por Nakka, (2), de "força efetiva" e é dada por:

## Equação 91

Substituindo a Equação 91 na Equação 90 se obtém:

## Equação 92

Que pode ser rearranjada como:

Equação 93

A relação entre a massa da carga e o volume da câmara é a fração de carga de carga volumétrica da ignição, :

Equação 94

Substituindo na Equação 93:

Equação 95

Multiplicando a fração pela relação unitária da densidade da carga, :

Equação 96

Considerando que a massa inicial da carga é igual ao produto de sua densidade e volume chega-se à:

Equação 97

A Equação 97 determina qual a massa necessária de determinada composição de carga pirotécnica para se atingir a pressão de projeto ainda na fase de ignição, eliminando a perda de propelente durante a fase de pressurização.