

O **Silverjet** apresenta baixo custo aliado à sua alta tecnologia proporcionando um elevado empuxo e um baixo consumo de combustível se comparado aos turbojatos, além de ser multicomcombustível.

É possível acelerar um aeromodelo a mais de 200 Km/h utilizando-se o **Silverjet** como propulsor. Pode ser utilizado não só em aviões, mas em barcos e automóveis.

Princípio de Funcionamento

O Silverjet é um motor a jato que funciona utilizando um processo de combustão em pulsos, ou combustão ressonante. É o mesmo ciclo utilizado pelos mísseis alemães V-1 na Segunda Guerra Mundial.

O Silverjet trabalha numa frequência de combustão entre 220 a 240 hertz e um consumo de combustível (gasolina) de 1,2 Kg/h por Kgf de empuxo. Esta alta frequência de combustão proporciona um elevado rendimento.

O Silverjet fornece um empuxo estático de 3,5 a 3 Kgf , em vôo pode oferecer um empuxo dinâmico de 4,5 a 5 Kgf.

O ciclo de combustão inicia-se com a admissão de ar através do difusor frontal, aonde o ar mistura-se com o combustível , que é injetado ou aspirado do bico injetor. A mistura ar-combustível atravessa a válvula "margarida" penetra na câmara de combustão e em contato com a faísca elétrica da vela de ignição ou com as parede já aquecidas e entra em combustão. Devido a combustão ocorre o aumento de pressão na câmara, com isso a válvula "margarida" fecha impedindo a entrada de ar, os gases de combustão então são expelidos pelo tubo de escape, surgindo assim a força propulsora.

Combustível

O Silverjet é multicomcombustível, ele pode trabalhar com metanol, etanol, gasolina, querosene, gás natural, butano ou propano.

O maior rendimento é obtido com utilização de gasolina. O álcool proporciona baixo rendimento.

Aditivos com nitro metano influenciam muito pouco no rendimento do motor.

Componentes do Silverjet

1. Câmara de combustão;
2. Difusor;
3. Válvula "margarida";
4. Suporte da válvula;
5. Vela de ignição;
6. Injetor;

Tanque de Combustível

O tanque de combustível utilizado pode ser um tanque convencional de aerodelismo, sem pressurização, ou um tanque pressurizado.

Os seguintes cuidados devem ser observados em sistemas aspirados:

- Tubo de alimentação de combustível deve ter um diâmetro de 3/16";
- O tanque deve estar abaixo do injetor sendo que está distância deve ser de 1/2 " e não deve exceder 3/4";

Recomendamos testes para determinar a melhor localização do tanque, lembre-se, quanto mais próximo do injetor melhor.

Os seguintes cuidados devem ser observados em sistemas injetados:

- O tanque de combustível deve ser pressurizado com ar comprimido;
- Se utilizar uma bomba elétrica de injeção de combustível não existe a necessidade de pressurização do tanque;

Bomba Injetora de Combustível

Pode-se utilizar uma bomba elétrica para injeção do combustível, esta bomba deve ser compatível com a vazão requerida pelo motor, no caso uma bomba com uma vazão de 5 litros/h. Controlando-se a vazão da bomba de combustível podemos aumentar ou diminuir o empuxo do motor. Este procedimento deve ser experimentado e testado previamente antes do vôo.

O sistema aspirado é mais seguro, se o motor apagar em vôo, o combustível deve ser imediatamente cortado.

Equipamentos para Ignição

1. Fonte de ar comprimido: pode ser um compressor portátil ou bomba de ar para pneu de bicicleta, o compressor é mais eficiente;
2. Gerador de alta tensão para faíscas na vela de ignição, pode-se utilizar o sistema automotivo, com bobina e platinado, ou o sistema eletrônico recomendado ao Silverjet;
3. Tanque de combustível;

Ignitor Eletrônico

O ignitor eletrônico para o Silverjet, utiliza uma bateria alcalina de 9 volts, ele gera alta tensão (50000 a 200000 volts) numa frequência adequada para ignição do motor. Utilizar sempre bateria alcalina.

Procedimento para Ignição

1. Acionar sistema de alta tensão para gerar faíscas na vela de ignição;
2. Injetar ar comprimido pelo difusor, a vazão de ar deve ser suficiente para aspirar o combustível mas não deve ser muito alta;



3. Se utilizar um sistema injetado após iniciado a injeção de ar comprimido abrir a injeção de combustível;

Alguns estouros serão escutados até o motor aquecer e partir definitivamente, com um zumbido intermitente característico.

4. O sistema de alta tensão deve ser desligado após o motor entra em funcionamento;

Dificuldades de Ignição

- A mistura ar - combustível não está adequado, excesso de ar ou falta de ar;
- Bateria fraca;
- O motor novo é mais difícil de partir;
- O ar ambiente está frio, abaixo de 21 °C;
- O ar excessivo pode "bloquear " o difusor;

Lembre-se o motor deve partir com uma mistura rica mais combustível menos ar, por isso comece injetando menos ar, quanto mais frio menos ar. Em temperaturas abaixo de 17 °C a gasolina não consegue vaporizar o suficiente para ignição

Desligar o Motor

Para desligar o Silverjet, basta cortar o combustível ou bloquear a entrada de ar.

Aquecimento

O Silverjet para durante funcionamento aquece muito, as paredes externas da câmara de combustão podem ficar incandescentes, assim um fluxo de ar externo é necessário para a devida refrigeração do motor.

Não é recomendado que o motor funcione estaticamente, sem refrigeração, por mais de 30 a 60 segundos. Em vôo ou em deslocamento o fluxo de ar natural refrigerará o motor.

Notar que a coloração prata natural do motor, após o primeiro funcionamento tornar-se-á dourada ou marrom, isto é normal.

Se a câmara de combustão ficar incandescente por alguns minutos, esta poderá danificar-se.



Instalação do Silverjet

O Silverjet pode deve ser instalado à pelo menos 1" (1 polegada) de distância de superfícies, como madeira sem o devido isolamento térmico. A instalação seja interna ou externa deve garantir um fluxo de ar externo ao motor, garantindo assim sua longevidade e minimizando riscos de incêndio.

Como isolamento térmico pode-se utilizar sobre a madeira uma folha de alumínio de 0,5 mm de espessura.

Lembre-se nunca encoste o Silverjet em seu aeromodelo.



Aeromodelo "Estrela Vermelha"



Aeromodelo: Heinkel Salamander (avião alemão experimental 2ª Guerra)

Válvula "Margarida"

A válvula "margarida" é o único elemento que deve ser trocado, sua vida útil dependerá muito do tempo de funcionamento intermitente, uma válvula pode funcionar por 40 minutos à 01 hora antes de necessitar ser trocada. Um vôo típico com o Silverjet pode durar de 3 a 5 minutos, assim com uma válvula é possível voar dezenas de vezes. A válvula necessita ser trocada quando apresentar erosão nas lâminas, e permitir que saia fogo pelo difusor, frente do Silverjet.



Vela de Ignição

O Silverjet utiliza uma vela de ignição da NGK modelo CM-6 ou equivalente com alteração na distância dos eletrodos.



Características Técnicas do Silverjet

Dimâmetro máximo: 65 mm

Comprimento Total: 560 mm

Empuxo Estático: 2,5 a 3 Kgf (motor em bancada de teste)

Empuxo Dinâmico: 4,5 a 5 Kgf (motor em vôo a 200 Km/h)

Potência: 2 HP (motor em vôo à 200 Km/h)

Frequência: 200 Hz

Consumo de Combustível: 1 a 1,5 Kg/h (por Kg de empuxo, dependendo do combustível e do regime de vôo)

Combustível: Sistema Multicombustível (Gasolina, Metanol, Etanol, GLP, Diesel entre outros)

Sistema de Injeção de Combustível: Injetado ou aspirado

Peso: 700 gramas (pronto para vôo)

Número de Peças: 9 + vela de ignição (apenas uma peça móvel válvula)

Ignição: Eletrônica utilizando bateria comum de 9 Volts (a ignição é necessária somente para partida do motor)

Material Construtivo: Aço Inoxidável 304 e Alumínio 6061-T6



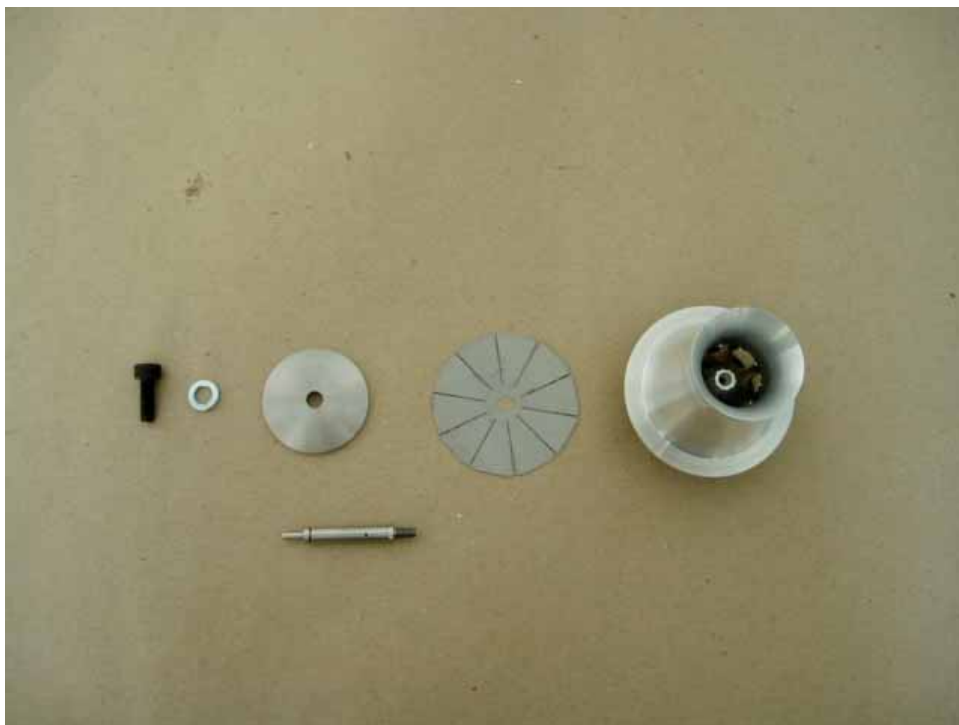
Montagem do Silverjet (65 mm x 560 mm)



Detalhe frontal do difusor, injetor de combustível e vela de ignição.



Detalhe do difusor desencaixado da câmara de combustão



Componentes: da esquerda para direita temos - parafuso de fixação da válvula, anel do parafuso, suporte da válvula, injetor de combustível (abaixo), válvula , difusor.



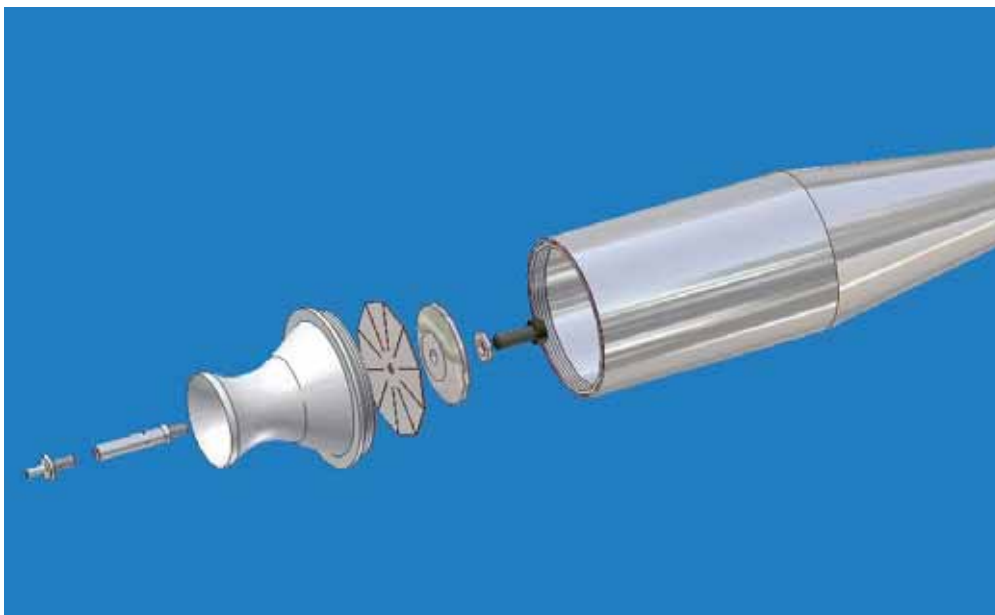
Difusor é uma peça única usinada em CNC em alumínio



Mangueira de combustível conectada ao injetor



Motor fixo em bancada para teste de ignição, notar a conexão dos fios de ignição (vermelho e preto)



Montagem dos componentes do Silverjet (vela de ignição não é mostrada)

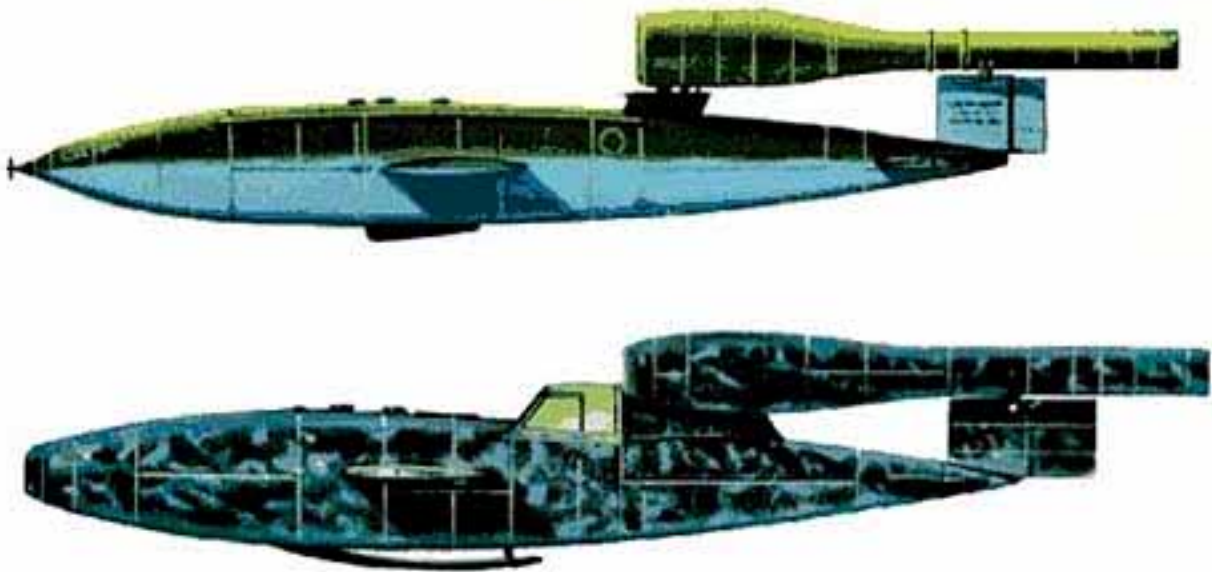
Observações e dicas importantes:

- O motor não necessita de nenhum tipo de lubrificação.
- O motor aspira automaticamente o combustível, não necessitando de pressurização no tanque (opcional).
- Tipicamente o motor consome 6 a 7 Oz de gasolina por minuto com máxima aceleração.

- Pode-se controlar a aceleração, bastando colocar uma válvula de controle de combustível.
- A gasolina oferece rendimento maior que o metanol .
- Na ignição precisamos de uma fonte de ar comprimido (bomba de pneu de bicicleta, compressor ou soprador de ar + circuito de ignição + combustível).
- A ignição ocorre em alguns segundos e a fonte de ar e o ignitor eletrônico podem ser desligados.
- O sistema de ignição eletrônico é opcional, pode-se utilizar um sistema automotivo com bobina de ignição.
- O pulsojato apresenta empuxo mesmo parado, ao contrário do estato jato, no caso do Silverjet obtemos empuxo estático de 3 Kgf utilizando gasolina comum.
- Para acelerar o pulsojato é necessário uma válvula de controle de fluxo de combustível.
- Os vôos típico com pulsojatos duram alguns minutos de 3 a 5 minutos, o aeromodelo retorna ao solo planando.
- Ao contrário do turbojatos o pulsojato é um motor muito seguro, pois não apresenta nenhuma peça rotativa e trabalha com pressões próximas a atmosférica.

Informações Históricas

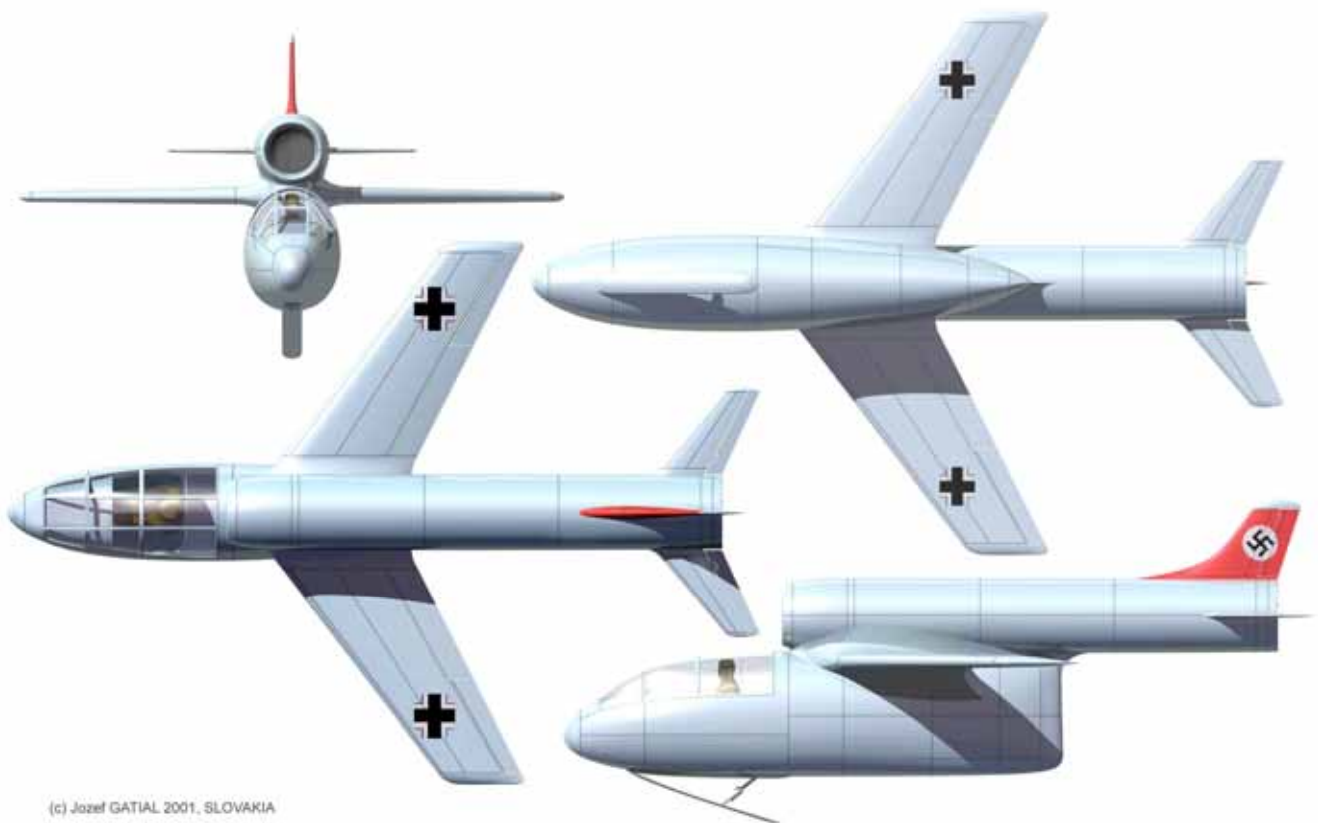
Os alemães na Segunda guerra mundial utilizavam estes motores para propulsionar os mísseis V-1, foram construídos aos milhares para bombardear Londres. Foram construídos vários aviões experimentais com pulsojato, atualmente existem aviões sem piloto "Drones" ou UAV que utilizam pulsojato.



Acima temos o míssil V-1, abaixo sua versão pilotada, ambos com pulsojato.



Foto real de um míssil V-1 em vôo.



(c) Jozef GATIAL 2001, SLOVAKIA

Projeto de avião alemão utilizando pulsojato (Me P1079)



Atualmente se utiliza o pulsojato em Drones, a exemplo do modelo acima (Russo)



Spaceteck

www.foguete.org

miragli@terra.com.br

Eng. José Miraglia (junho 2004)