



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNA
CURSO DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO DE AERONAVES

Projeto Aplicado

Construção do Estabilizador Horizontal por
soldagem Oxi-Gás “OAW”

Integrantes

ANDERSON FLAMAREON

DANIEL FILIPE

MACKSON BATISTA

VICTOR CALDEIRA

Belo Horizonte

2015

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 3 |
| OBJETIVOS..... | 4 |
| 1 MÉTODOS UTILIZADOS | 4 |
| 1.1 Solda a Gás | 4 |
| 1.2 Gás Utilizado..... | 5 |
| 1.3 Acetileno | 5 |
| 1.4 Cortando o material..... | 6 |
| 1.5 Posição e inclinação da solda | 8 |
| 1.6 Procedimentos de solda | 9 |
| 1.7 Considerações | 10 |
| 2 COMPOSIÇÃO DO EQUIPAMENTO DE SOLDAGEM OXIACETILÊNICA | 10 |
| 2.1 Cilindros | 11 |
| 2.2 Reguladores de pressão | 12 |
| 2.3 Válvulas..... | 13 |
| 2.4 Mangueiras | 14 |
| 2.5 Maçaricos..... | 15 |
| 3 EQUIPAMENTOS QUE AUXILIARAM NO PROCESSO DA SOLDAGEM | 16 |
| 3.1 Nível mecânico e prumo..... | 16 |
| 3.2 Esquadro..... | 17 |
| 3.3 Trena, lixadeira elétrica manual e martelo “tipo bola” | 17 |
| 3.4 Paquímetro..... | 18 |
| 3.5 Escovas de aço | 18 |
| 3.6 EPI’s - Máscara de solda, máscara de proteção facial, óculos de proteção e luvas de couro | 19 |
| 4 METAL UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO ESTABILIZADOR HORIZONTAL...20 | |
| 4.1 Aço Cromo-molibdênio SAE 4130..... | 20 |
| 4.2 Material de adição | 21 |
| 5 PESQUISA DE CAMPO..... | 23 |
| 5.1 Roteiro das pesquisas | 23 |
| 5.2 Primeira entrevista | 24 |
| 5.3 Segunda entrevista | 25 |
| 5.4 Percepções sobre as pesquisas..... | 26 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 27 |
| REFERÊNCIAS..... | 28 |
| APÊNDICES..... | 29 |

INTRODUÇÃO

A soldagem a gás foi introduzida industrialmente em 1903 e foi usada largamente por mais de cinco décadas. Esse tipo de solda é um dos métodos mais práticos na união de metais, pois oferece rigidez, simplicidade, baixo peso e alta resistência e por essa razão a soldagem foi adotada universalmente na fabricação e reparo de todos os tipos de aeronaves, sejam elas em partes estruturais e não estruturais.

Estima-se que hoje em dia estão sendo utilizados mais de 70 processos de soldagem a nível mundial, sendo este um número dinâmico, pois vários outros processos estão em desenvolvimento a nível de pesquisa e projetando para novas alterações no mercado da soldagem mundial.

Nesse trabalho em questão, será demonstrado pelo grupo uma excelente forma de soldagem a gás na construção tubular de uma superfície de comando primária de uma aeronave semelhante ao modelo conhecido como “Skybolt”, por atender as especificações de utilização desse tipo de aeronave, haja vista, sofrer altos esforços estruturais por ser empregada em grande parte nas acrobacias aéreas.

OBJETIVOS

Após a apresentação dos temas proposto em relação aos tipos de soldas, foi realizado um estudo no manual de fabricação de aeronaves (*Construction of Tubular Steel Fuselages*¹) que utilizam estrutura tubular e após reunião com os componentes do grupo chegamos ao consenso da viabilidade de utilização da solda a gás e em especial sua aplicação no estabilizador horizontal de uma aeronave, onde essa utilização atende tanto para a manutenção de pequenos reparos, como na construção de toda a parte do estabilizador horizontal, pois esse tipo de solda é capaz de suportar e garantir ótimos resultados finais. Sabe-se que usando esse gás em conjunto com oxigênio, o resultado será uma alta potência em sua chama, por sua vez, uma alta velocidade de inflamação, alto potencial energético na qual dará uma ótima eficiência na conclusão da soldagem do aço previsto no manual de fabricação. Ao final desse trabalho seremos capazes de mostrar que esse tipo de solda certamente possui um bom custo benefício em sua aplicação, sem falar na rapidez e qualidade garantida.

1 MÉTODOS UTILIZADOS

1.1 Solda a Gás

Solda feita por aquecimento das peças com chama obtida de gases oxí combustíveis é chamada de “Solda a gás”. Com o desenvolvimento de métodos mais sofisticados é agora largamente usado para unir componentes e reparo de metais ferrosos e não ferrosos, está sendo menos utilizado. Como processo não requer eletricidade algumas vezes seu uso é indispensável, principalmente onde não existe eletricidade. A intensidade do calor gerado na chama depende da mistura gás oxí combustível a uma determinada pressão dos gases. O oxigênio é utilizado para proporcionar combustão do gás, mas pode ser usado ar comprimido no lugar do oxigênio, mas isto proporciona uma baixa eficiência térmica e conseqüentemente redução na velocidade de soldagem, nisso a qualidade da solda também é afetada. A escolha do gás é importante, pois

¹ Published by: Aircraft Technical Book Company, 1st edition, 2nd printing, www.actechbooks.com

permite obter uma velocidade de soldagem e uma qualidade desejada no cordão de solda.

1.2 Gás Utilizado

O gás geralmente empregado é o acetileno, outros gases além do acetileno podem ser empregados embora os mesmos forneçam menos intensidade de calor e conseqüentemente uma menor temperatura. Estes gases podem utilizar tanto o oxigênio e o ar para manter a combustão.

Algumas vezes o gás de carvão, vapor de querosene e de petróleo são também usados como gás combustível, conforme tabela abaixo.

| Gás combustível | Temperatura de combustão | |
|--|--------------------------|--------|
| | Com oxigênio | Com ar |
| Acetileno - (C_2H_2) | 3480 | 2650 |
| Hidrogênio - (H_2) | 2980 | 2200 |
| Propano - (C_3H_8) | 2925 | 2090 |
| Butano - (C_4H_{10}) | 2980 | 2150 |
| MAPP(Methyl acetylene propadiene)-(C_3H_4) | 2925 | 1470 |
| Gás natural - (CH_4 e H_2) | 2775 | 2090 |

Figura 01: Temperatura de combustão dos gases. [Fonte: Apostila de processos de soldagem do Curso de Engenharia Mecânica da UFMG, ano 2000].

1.3 Acetileno

O acetileno industrial é um gás incolor que tem um picante e nauseante odor semelhante ao alho de cozinha, devido à presença de impurezas. Ele é mais leve que o ar por um fator de 1:1 pode ser facilmente dissolve em líquidos. O gás acetileno a baixas pressões torna-se muito instável, apresenta perigo de explosão; quando comprimido a pressões entre 15 e 20 bar, pode detonar por uma simples centelha elétrica, ou uma abertura da chama ou quando aquecido à temperatura de 200 °C em uma alta velocidade, ele também se decompõe de maneira explosiva a uma temperatura abaixo de 530 °C. Com apenas pequenas quantidades de mistura de acetileno com oxigênio ou ar, esta mistura pode explodir a pressão atmosférica, isto demonstra o cuidado que se deve ter no manuseio do equipamento de soldagem ou corte por oxi-acetileno. Esse gás é produzido por uma reação de água e carboneto de cálcio (Figura 02), já esse carboneto de cálcio é formado pela fusão de carvão ou Antracite com pedra calcária em alta temperatura em um forno elétrico pela seguinte reação:

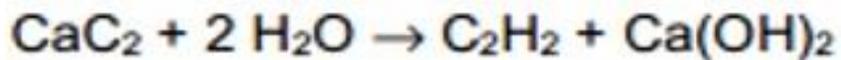


Figura 02: Formula de produção do acetileno. [Fonte: Apostila de processos de soldagem do Curso de Engenharia Mecânica da UFMG, ano 2000].

O carboneto de cálcio produzido será resfriado e comprimido em diferentes tipos de blocos e é reativado com água para produzir acetileno que então purificado pela lavagem com água para limpar dos restos de sulfeto e fósforo. O acetileno utilizado em solda pode ser acondicionado em cilindro ou gerado diretamente por carbonato de cálcio e água prontos para ser utilizados em soldagem em determinados equipamentos, **ele é auto explosivo a pressões abaixo de 2 bar**, portanto não podem ser comprimidos diretamente dentro de simples cilindros. Os cilindros utilizados para estocar acetileno, são além de tudo especialmente preparados para armazenar uma emulsão de carvão ou acetona, pedra pomes e terra infusória² ou alternativamente silicato de cálcio, ambos os materiais formam aglomerado altamente poroso sendo o último com 92% de porosidade, tal porosidade é feita para complementar o espaço restante do cilindro. Quando o acetileno é retirado do cilindro alguma acetona é também levada com ele e para minimizar a perda de acetona, o acetileno não deve ser escoado a uma velocidade maior do que 1700 litros/min. Sabe-se que deve deixar no cilindro vazio de acetileno com uma pressão positiva de 0,05 a 0,1 Mpa e a uma temperatura de 20 °C, enquanto que em uma temperatura de 35 °C a pressão deve ser de 0,3 Mpa. Quando em uso, o cilindro de acetileno deve sempre ficar na posição vertical, pois a quantidade excessiva de acetona que pode escapar com acetileno torna a chama com uma cor purpúrea e resulta em uma pobre qualidade de solda.

1.4 Cortando o material

Poderíamos encontrar dificuldades no corte do aço previsto na fabricação caso não fosse utilizado um fluido de corte, Dimetil (foto 01) para manter o aço SAE 4130 com suas propriedades somado ao bom afiamento das ferramentas de

² Esse material possui propriedades filtrantes dependendo do seu grau de pureza (sem substâncias solúveis e a base de ferro, deve ter pH neutro) para não contaminar os líquidos filtrados. Agente filtrante de açúcar, suco de frutas, bebidas alcoólicas ou não, ácidos, compostos de petróleo, vernizes, ceras, graxas, resinas, tintas, óleos vegetais, minerais, etc. É resultado da sua alta permeabilidade e a capacidade de retenção do material sólido entre suas partículas. [Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Diatomito>].

corte, como serras manuais (foto 02) e serras de bancadas (foto 03) em conjunto com equipamentos de EPI's.



Foto 01: Fluido de corte, Dimetil, autor Mackson Batista, ano 2015



Foto 02: Serra manual para corte de aço, autor Mackson Batista, ano 2105



Foto 03: Serra de bancada do tipo fita, autor Mackson Batista, ano 2015

1.5 Posição e inclinação da solda

No processo de soldagem, a chama oxiacetilênica foi posicionada de modo que as faces da junta ficassem de 2 a 6 mm do cone interno da chama que se encontrava dentro do penacho de acetileno. O cone interior foi adequado de modo em que não tocasse no metal base, bem como no metal de adição, se isso ocorresse poderia haver carburação da poça de solda além de haver aderência ou “pipocos” durante a soldagem. Já em relação a inclinação do maçarico de solda, foi usado pelo grupo durante esse processo de soldagem no estabilizador horizontal, uma inclinação variando entre 60° a 70° na soldagem

para frente e 40° a 50° na soldagem para trás; procedimento angular baseando na “*Apostila de processos de soldagem do Curso de Engenharia Mecânica da UFMG, ano 2000*”. Já o ângulo de trabalho da vareta, foi utilizado a angulação de 30° e 40° para ambas as técnicas de soldagem, como citado acima houve variações, pois foram várias partes soldadas no estabilizador possibilitando assim uma grande diferença entre um ponto de solda e outro. Vale salientar que durante todo o tempo de soldagem, foi mantido a ponta da vareta imersa na poça de solda para evitar o contato com o ar pela parte redutora da chama.

1.6 Procedimentos de solda

Ao iniciar o processo de soldagem no estabilizador foi obtido a chama somente com o acetileno aberto, posteriormente foi feito a regulagem para a chama neutra e iniciado o processo de soldagem utilizando as duas técnicas descritas no item anterior, dessa forma foram observadas algumas particularidades para que ao final a poça de solda fosse satisfatória, como:

-  Se houve penetração do cordão de solda assim como o ajuste correto da seleção da chama e se manejo e movimentos foram relacionados com as características da poça de solda.

-  Se a poça de solda teve uma aparência lisa e lustrosa como um ponto flutuante em torno de sua periferia externa.

-  Se o ponto aumentava de tamanho, isto é uma indicação do excesso de carbono, quando isto acontece a poça de solda torna-se suja e com fuligem com aparência carregada indicando que a chama é do tipo redutora.

Sabe-se também que para reiniciar a operação de solda após uma interrupção é necessário reaquecer o metal base aproximadamente 15 mm na frente do cordão ao longo do eixo axial, tão logo o metal torne-se lustroso pelo aquecimento e o ponto neutro possa ser visto, a chama é movimentada lentamente para trás para posição onde a solda deve ser recomeçada e se a velocidade normal é mantida isto resultará em um cordão mais largo.



Foto 04: Detalhe da poça de solda, autor Mackson Batista, ano 2015

1.7 Considerações

Como em aeronaves as soldas a gás são consideradas as mais eficientes, escolhemos e utilizamos a solda por oxi-acetileno por ser uma das mais recomendada sem aplicações de partes estruturais de uma aeronave como fuselagem, estabilizadores e outros, além de possuir características especiais de soldas que proporcionam maior segurança e fixação dos metais bases.

2 COMPOSIÇÃO DO EQUIPAMENTO DE SOLDAGEM OXIACETILÊNICA

O tipo de equipamento básico necessário para a solda a gás oxiacetileno como é mostrado no esquema a seguir, consiste de cilindros de oxigênio e de acetileno, cada um destes cilindros está conectado a uma válvula para regular a saída do gás a uma pressão de trabalho, mangueiras para condução do gás até a tocha de solda com vários tipos de bocais para obtenção de misturas de gases na quantidade e qualidade desejada da chama para solda. Cada unidade destas constitui de partes essenciais no controle e utilização de calor necessário para a solda.

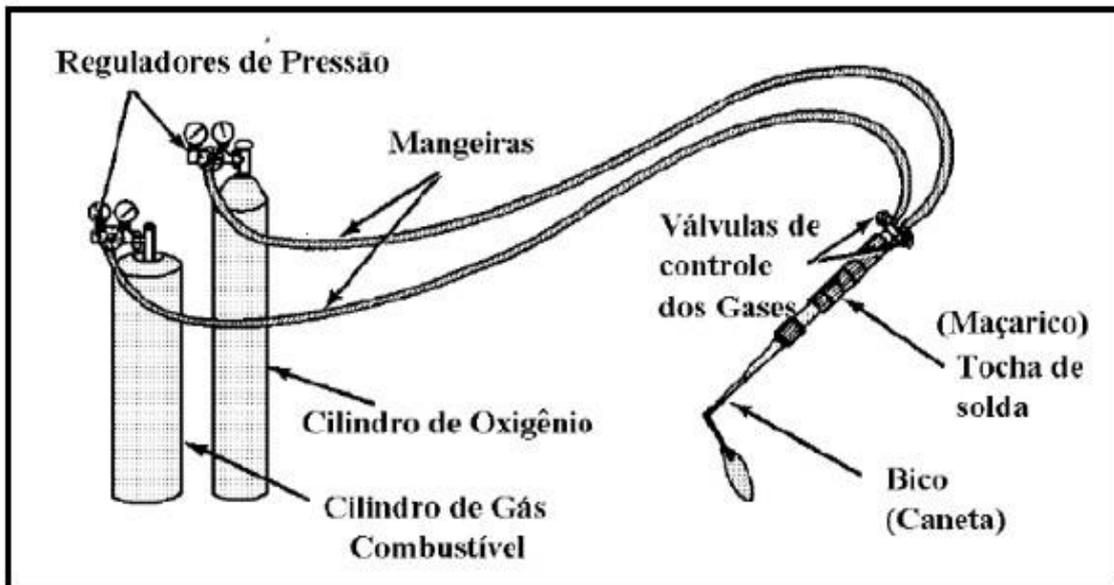


Figura 03: Esquema completo de soldagem a gás. [Fonte: www.mmborges.com/processos/Uniao/uniao%20termica%20-%20soldagem.htm].



Foto 05: Equipamento de Soldagem oxiacetilênica, autor Mackson Batista, ano 2015

2.1 Cilindros

O oxigênio é acondicionado em cilindros metálicos de alta pressão (200 bar), pintados na cor preta para uso industrial. O acetileno, que por ser um gás instável, vem dissolvido em acetona e é acondicionado em cilindros metálicos pintados na cor bordô ou vermelho. A pressão dos cilindros gira em torno de 15 bar. A parte superior do cilindro não é pintada para deixar em evidencia os dados que o fabricante marcou tal como o número de série, peso líquido, data de fabricação, data para próxima inspeção, operação e teste de pressão,

capacidade e inspetor. Por causa da alta pressão nos cilindros de aço e a possibilidade de deterioração das paredes do cilindro de gás comprimido é necessária que sejam testados em intervalos regulares de cinco anos. Cilindros de oxigênio necessitam ser testados periodicamente com pressão de água acima de 2.375 N/m². Vale ressaltar que durante utilização, para o transporte e armazenamento, deve-se sempre utilizar os capacetes de proteção sobre os registros dos cilindros.



Foto 06 e 07: Cilindros de acetileno, oxigênio e capacetes de proteção, autor Mackson Batista, ano 2015.

2.2 Reguladores de pressão

Reguladores de pressão de gases são necessários para reduzir a pressão do gás em um cilindro ou controlar a pressão usada na tocha de solda. O princípio de construção de reguladores para diferentes gases é o mesmo, isto se deve sempre por causa da pressão que eles são submetidos para controlar diferentes soldagens de gás a gás, além disso, eles são designados para manter respectivamente diferentes pressões. Isto ocorre porque um regulador de gás é usado apenas para o gás para o qual ele é designado, para evitar confusão e perigos, as conexões das válvulas de oxigênio e de acetileno são respectivamente diferentes de cores, tamanhos e posições. Os reguladores de pressão podem ser definidos de um ou de dois estágios.



Foto 08: Regulador de acetileno, autor Mackson Batista, ano 2015



Foto 09: Regulador de oxigênio, autor Mackson Batista, ano 2015

2.3 Válvulas

As válvulas de segurança devem ser utilizadas em todos os equipamentos de soldagem e corte oxiacetileno. São dispositivos importantes, pois podem minimizar, ou até evitar acidentes com esse tipo de equipamento. As válvulas de segurança são de dois tipos: válvula contra retrocesso de chama e válvula de contra-fluxo. A válvula contra retrocesso de chama deve evitar o contra-fluxo dos gases, extinguir o retrocesso da chama e cortar o suprimento do gás combustível após o retrocesso. A válvula de contra-fluxo evita a passagem do combustível do maçarico em direção ao cilindro; válvulas para cilindros de oxigênio são feitas

de latão que não é corroída quando exposta ao oxigênio; reguladores de pressão do oxigênio são conectados às válvulas dos cilindros; válvulas ajustadoras no cilindro de oxigênio devem ser mantidas limpas e livres de óleo ou graxa. Válvulas para cilindros de acetileno são feitas de aço porque ligas contendo mais de 70 % de cobre quando expostas ao acetileno por longo tempo reage com ele para formar acetileno de cobre e formando dentro um gel que pode dissociar violentamente ou explodir até quando for apenas ligeiramente lacrado ou tapado.

2.4 Mangueiras

O acetileno e oxigênio são levados do cilindro para tocha de solda por meio de mangueiras feitas de borracha reforçada com as cores vermelha, preta ou verde, capaz de conduzir os gases em linhas com altas pressões a uma temperatura moderada. Mangueiras de cor verdes são destinadas para o oxigênio e as conexões são feitas com *Nipples* de rosca plana e a direita. Mangueiras vermelhas são usadas para levar gás combustível com porca diferenciada com rosca à esquerda para conectar na saída do regulador de pressão e na conexão com a tocha.



Foto 10: Mangueiras para uso em solda oxiacetileno, autor Mackson Batista, ano 2015

2.5 Maçaricos

O maçarico recebe o acetileno e oxigênio puros, mistura-os na proporção adequada e fornece esta mistura com uma velocidade e volume apropriados para a alimentação da chama, eles podem ser fabricados em diversos tamanhos para a realização de trabalhos leves, médios ou pesados. Existem dois tipos básicos de maçaricos:

- **Maçarico misturador** (de média pressão): utilizam acetileno e oxigênio na mesma pressão, são de construção simples e devem ser usados com acetileno de cilindros. São mais seguros no que diz respeito ao perigo de engolimento de chama pelo maçarico.
- **Maçarico injetor** (de baixa pressão): trabalham com baixa pressão de acetileno que é aspirado pelo oxigênio fornecido a uma pressão maior. São mais usados em sistemas com gerador de acetileno.

Para a operação de um maçarico, a pressão e a vazão dos gases utilizados devem ser compatíveis com o tipo e a capacidade do maçarico. O uso de uma pressão excessivamente baixa, a existência de dobras na mangueira, o superaquecimento do bico do maçarico, o toque do bico do maçarico na poça de fusão ou a obstrução deste bico por uma partícula de metal podem causar o “engolimento” da chama. Durante este, a chama passa a queimar dentro do maçarico e em casos extremos, pode atingir a fonte de acetileno. O problema é minimizado pela regulação correta da pressão dos gases e pelo uso do maçarico em boas condições. Um engolimento de chama pode causar queimaduras às pessoas, danos ao equipamento e em casos extremos, uma explosão, ele é composto de conexões das mangueiras de oxigênio e acetileno, válvulas de controle de vazão, misturador dos gases e o bico.

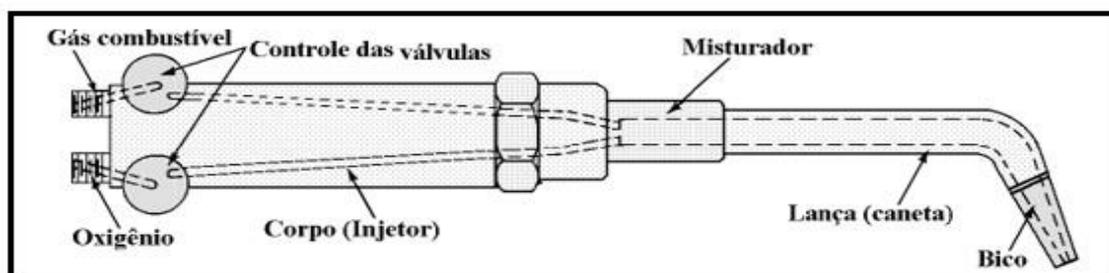


Figura 04: Esboço do maçarico de soldagem a gás. [Fonte: Apostila de processos de soldagem do Curso de Engenharia Mecânica da UFMG, ano 2000].



Fotos 11: Maçarico de solda oxiacetileno, autor Mackson Batista, ano 2015

3 EQUIPAMENTOS QUE AUXILIARAM NO PROCESSO DA SOLDAGEM

3.1 Nível mecânico e prumo

Para atingir o máximo de precisão, um nível mecânico, será usado para alinhar precisamente as peças na horizontal. A aplicação do prumo é simplesmente para checar o alinhamento vertical da soldagem.



Foto 12: Nível mecânico, autor Mackson Batista, ano 2015



Foto 13: Prumo, autor Mackson Batista, ano 2015

3.2 Esquadro

Utilizam-se esquadros comuns na conferência de partes soldadas em sua grande parte 90°.



Foto 14: Esquadro, autor Mackson Batista, ano 2015

3.3 Trena, lixadeira elétrica manual e martelo “tipo bola”

Trena comumente utilizado em medições onde não requer precisão, haja vista sua escala ser em centímetros ou polegadas. A aplicação da lixadeira entre outras se dá para acabamento em soldas e retirada de rebarbas em tubos após o corte. Já o martelo do tipo bola, tem sua aplicação quando requer algum tipo de impacto pois é fabricado de aço.



Foto 15: Trena, lixadeira e martelo “tipo bola”, autor Mackson Batista, ano 2015

3.4 Paquímetro

É útil para medições em milímetros ou polegadas em diâmetros (interno e externo), comprimentos e profundidade de peças e tubulações em gerais.



Foto 16: Paquímetro Digital, autor Mackson Batista, ano 2015

3.5 Escovas de aço

Foram utilizadas duas escovas de aço para a retirada da escoria, uma do tipo manual e outra do tipo pincel, que é conectado a uma furadeira. Essa escoria que se acumula durante o processo de soldagem é prejudicial no produto final, haja vista ser toda impureza proveniente do processo de fusão. Essas escovas são confeccionadas de fios de aço, dessa forma ela não agride a solda, retirando somente a escória depositada sobre o trabalho de soldagem.



Foto 17: Escova manual e do tipo pincel, autor Mackson Batista, ano 2015

3.6 EPI's - Máscara de solda, máscara de proteção facial, óculos de proteção e luvas de couro

As atividades de soldagem são um desafio constante aos profissionais de saúde e segurança do trabalho. Calor excessivo, movimentos repetitivos, projeções de partículas, fagulhas e respingos, eletricidade, fumos de soldagem, radiações ultra-violeta, infravermelha e luz visível intensa são riscos que acompanham os profissionais que exercem estas atividades. Dessa forma, a especificação de equipamentos de proteção individual para os soldadores deve ser extremamente criteriosa, para que os EPI's possam oferecer a proteção efetiva mais elevada possível, sem interferir no desempenho do profissional de soldagem durante a execução de seu trabalho.



Foto 18: Máscara de solda, máscara de proteção facial, autor Mackson Batista, ano 2015



Foto 19: Óculos de proteção e luvas de couro, autor Mackson Batista, ano 2015

4 METAL UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO ESTABILIZADOR HORIZONTAL

4.1 Aço Cromo-molibdênio SAE 4130

A liga de aço SAE 4130 é um material com baixo teor de carbono (cerca de 0,3%), também possui cromo e molibdênio em sua estrutura para adquirir uma maior resistência em sua composição e aplicação. Essa liga de aço é muito utilizada em estruturas de aeronaves do tipo tubular, como por exemplo, no estabilizador horizontal por ter alta resistência aos esforços estruturais, ductilidade e resistência à corrosão. Ao contrário das outras ligas, as propriedades físicas do Aço Cromo-molibdênio não se alteram com o tempo, processo esse conhecido como envelhecimento. A ausência desse envelhecimento torna esse aço uma escolha natural para aplicações onde a segurança é essencial, como já ocorre na fabricação e manutenção de componentes de aeronaves. No projeto em questão, baseamos a escolha desse material conforme manual Skybolt News de fevereiro de 1977, pág 31 (ver apêndice “C”) e lista de materiais na construção Skybolt, pág P e Q (ver apêndice “D”). Assim, foram utilizados perfis cilíndricos e retangulares de aço SAE 4130 na construção do estabilizador horizontal.



Foto 20: Aço cromo-molibdênio, perfil retangular, autor Mackson Batista, ano 2015

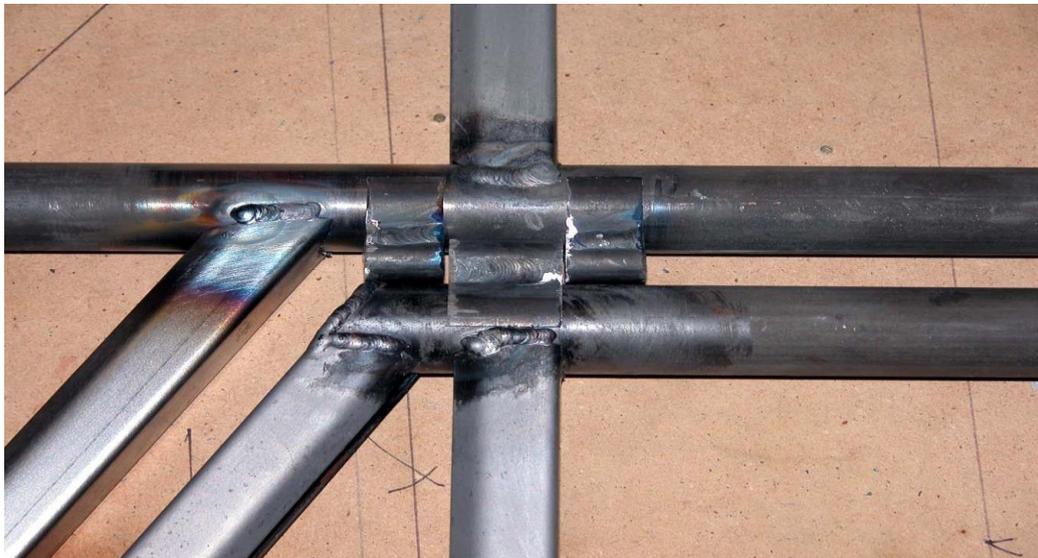


Foto 21: Aço cromo-molibdênio, perfil cilíndrico, autor Mackson Batista, ano 2015

4.2 Material de adição

Na seleção dos consumíveis, primeiramente deve-se ter conhecimento do processo de soldagem a ser utilizado, pois cada processo de soldagem define os materiais de adição que serão empregados, outro fator que deve ser analisado na seleção dos consumíveis é o metal base utilizado na soldagem. Como nesse Projeto Aplicado utilizamos o Aço Cromo-molibdênio que possui baixo teor de carbono, poderíamos ter selecionado facilmente o material de adição com a designação “AWS A5.2”, conforme tabela abaixo.

| Designação AWS / ASME II parte C | Especificação |
|----------------------------------|--|
| A5.1 – SFA 5.1 | Eletrodos de Aço Carbono para o Processo de Soldagem Eletrodo Revestido. |
| A5.2 – SFA 5.2 | Varetas de Aço Carbono e Baixa Liga para o Processo de Soldagem Oxi-Gás. |
| A5.4 – SFA 5.4 | Eletrodos de Aço Inoxidável para o Processo de Soldagem Eletrodo Revestido. |
| A5.5 – SFA 5.5 | Eletrodos de Aço tipo Baixa Liga para o Processo de Soldagem Eletrodo Revestido. |
| A5.9 – SFA 5.9 | Eletrodos Nus e Varetas de Aço Inoxidável para os Processos de Soldagem GMAW, PAW, GTAW e SAW. |
| A5.17 – SFA 5.17 | Fluxos e Eletrodos de Aço Carbono para ao Processo de Soldagem Arco Submerso. |
| A5.18 – SFA 5.18 | Eletrodos e Varetas de Aço Carbono para Processo de Soldagem com Proteção a Gasosa. |
| A5.20 – SFA 5.20 | Eletrodos de Aço Carbono para o Processo de Soldagem Arame Tubular (FCAW) |
| A5.22 – SFA 5.22 | Eletrodos de Aço Inoxidável para o Processo de Soldagem Arame Tubular (FCAW) |
| A5.29 – SFA 5.29 | Eletrodos de Aço tipo Baixa liga para o Processo de Soldagem Arame Tubular (FCAW) |
| A5.32 – SFA 5.32 | Gases de Proteção para os Processos de Soldagem GTAW, GMAW, FCAW e PAW. |

Figura 05: Tabela para especificação de materiais de adição AWS. [Fonte: Lincoln Electric do Brasil, www.elitemaquinas.com.br/pdfs/apostilas/soldagem_geral.pdf].

Porém a vareta de adição mais indicada pela FAA nas aeronaves que utilizam aço SAE 4130 é de designação “**AWS A5.18**” (figura 06) e classificação “**ER70S-2**” (figura 07), haja vista essa vareta de adição ser muito comum e podendo ser usada tanto com solda TIG, como na solda Oxiacetileno. Essa classificação AWS permite uma simples e rápida identificação, ou seja, fornece informações sobre as suas propriedades mecânicas, sua composição química, seu tipo de revestimento e as suas características operacionais.

| Welding Rod # | AMS Spec. | AWS Spec. | Welds these Metals |
|---------------|-----------|-----------|------------------------|
| 4130 | AMS 6457 | AWS A5.18 | Mild Steel, 4130 steel |
| 4140 | AMS 6452 | AWS A5.28 | 4140 Steel |
| 4043 | AMS 4190 | AWS A5.10 | Most weldable Aluminum |
| 308L | AMS 5692 | AWS A5.9 | 304 Stainless steel |
| 316L | AMS 5692 | AWS A5.9 | 316 Stainless steel |
| AZ61A | AMS 4350 | AWS A5.19 | AZ61A Magnesium |
| ERTi-5 | AMS 4954 | AWS A5-16 | Titanium |

Figura 06: Advisory Circular 43.13-1B. Chapter 04, Metal structure, welding, and brazing, page 4-166, september 1998.

O sistema de classificação obrigatório é:

ER XX Y – X

ER – designa eletrodo na forma de arame ou vareta.

XX – designa o limite de ruptura no ensaio de tração em Ksi.

Y - este dígito pode ser **S** – designa eletrodo **sólido** ou **C** – designa eletrodo **composto**.

X – designa a faixa de composição química.

Figura 07: Método de classificação do material de adição. [Fonte: Lincoln Electric do Brasil, www.elitemaquinas.com.br/pdfs/apostilas/soldagem_geral.pdf].



Foto 22: Material de adição, autor Mackson Batista, ano 2015

5 PESQUISA DE CAMPO

5.1 Roteiro das pesquisas

Foram elaboradas seis perguntas na tentativa de ajudar ainda mais a chegarmos a uma conclusão aceitável na aplicação da solda que estamos estudando nesse trabalho, com isso foram realizadas duas entrevistas, sendo uma pessoalmente e outra por e-mail referente ao assunto estudado neste trabalho, ambos os entrevistados atuam diretamente na aviação militar e civil.

A primeira entrevista foi realizada pessoalmente no dia 07/10/2015 com o Sr. Rafael Malvar da Silva Dutra, Terceiro Sargento mecânico de aeronaves do Parque de Material Aeronáutico de Lagoa Santa em MG (PAMA-LS).

A segunda entrevista foi realizada por e-mail no dia 08/10/2015, com o Sr. Rodrigo Batista de Souza, mecânico de célula da empresa Gol Linhas Aéreas, localizado em Confins/MG.

5.2 Primeira entrevista

- 1 Qual os benefícios do emprego da solda a gás na aviação?
R. Fácil transporte, praticidade por não utilizar energia elétrica.
- 2 Qual o motivo de ter optado pela utilização da solda a gás?
R. Quando usamos é devido a praticidade.
- 3 Em qual área da aeronave (aeromodelo) será usada, ou normalmente e usada a solda a gás?
R. É utilizada no tratamento de peças, tempera de materiais ou em apoio a aeronaves com pane em locais com pouco recurso.
- 4 A solda a gás e largamente utilizada na aviação, ou as grandes montadoras e fabricantes optam ou utilizam outro tipo de solda?
R. Quando o processo não é automatizado, outros tipos de solda são utilizados como, soldas TIG, MIG e até mesmo a solda a gás.
- 5 O custo da solda a gás e viável ou inviável na utilização em aeronaves?
R. No caso da Força Aérea o processo se torna mais caro, devido ao custo do gás, porém e bastante utilizado na aviação experimental.
- 6 Qual o fator de durabilidade da solda a gás?
R. O tempo de duração da solda a gás é indeterminado, depende de vários fatores como revestimento da aeronave e controle de corrosão.

Rafael Malvar da Silva Dutra



Foto 23: Realizando entrevista, autor Victor Caldeira, ano 2015

5.3 Segunda entrevista

- 1 Qual os benefícios do emprego da solda a gás na aviação?
R. Mais pratica, pois não utiliza energia, equipamentos mais baratos que as elétricas, mais fácil para aplicação.

- 2 Qual o motivo de ter optado pela utilização da solda a gás?
R. Porque foi o tipo que mais me identifiquei, nos estudos feitos durante o aprendizado sobre soldagem, também pelo fato de eu ter construído toda a fuselagem, processo em que se utiliza a solda a gás pois é soldado tubulações e conexões.

- 3 Em qual área da aeronave será usada, ou normalmente e usada a solda a gás?
R. Geralmente e usada mais na fuselagem da aeronave como nas conexões e encaixes de tubos, geralmente mais utilizada em aeronaves de fabricação artesanal, não em aeronaves comerciais onde seu uso e bem reduzido.

- 4 A solda a gás e largamente utilizada na aviação, ou as grandes montadoras e fabricantes optam ou utilizam outro tipo de solda?

R. Geralmente e uma solda utilizado em aeronaves de pequeno porte e fabricação caseira (experimentais), nas grandes empresas como na Gol onde trabalho e utilizado mais o processo TIG e MIG, pelo fato de o custo de material de adição ser mais barato.

- 5 O custo da solda a gás e viável ou inviável na utilização em aeronaves?

R. Como citado nas perguntas anteriores, em aeronaves de pequeno porte (experimentais) e mais utilizada já em aeronaves de médio e grande porte ela e menos usada.

- 6 Qual o fator de durabilidade da solda a gás?

R. É um processo normal como todos os outros e tem durabilidade indefinida.

Rodrigo Batista de Souza

5.4 Percepções sobre as pesquisas

Durante as pesquisas foram tomadas medidas visando um aprofundamento no tema proposto para melhor abordagem do assunto no processo de soldagem na aviação. Não houve discussão em relação a escolha do tema proposto, pois aproveitamos o conhecimento de pessoas que trabalham na aviação e que eventualmente utilizam equipamentos de solda, por esse motivo optamos em falar da solda oxi-acetileno. Sabemos que a solda e seus processos são uma importante parte da aeronave, então entrevistamos duas pessoas que estão diretamente ligadas a aviação e que contribuíram muito para construção dessa pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a conclusão do trabalho de construção do estabilizador horizontal com utilização da solda Oxi-acetilênica, podemos concluir como viável esse método de solda devido suas características peculiares como a simplicidade de operação, alta resistência e baixo peso, valendo ressaltar seu leque de aplicações em diversas atividades industriais tais como, por exemplo, operações de pré-aquecimento, pós-aquecimento, brasagem, soldabrasagem, corte e chanfro de aços carbono e aços ligas, sem falar na versatilidade de deslocamento por ser independente de energia elétrica o que pode favorecer um atendimento de emergência à aeronaves em locais isolados e de poucos recursos.

Empresas de desenvolvimento e construção de aeronaves, vem cada dia procurando aprimorar suas tecnologias para favorecer o melhor desempenho dessas aeronaves, isso faz com que seus clientes façam a melhor opção de escolha e conseqüentemente de compra daquelas que melhor atendam suas necessidades, certamente priorizando o menor gasto possível de combustível e em manutenções, sejam elas preventivas ou corretivas.

REFERÊNCIAS

- ✚ Aerodinâmica e teoria de voo, noções básicas, Jorge M. Homa, 20ª edição, 1999.
- ✚ Aeronaves e motores, conhecimentos técnicos, Jorge M. Homa, 30ª edição, 2010.
- ✚ Apostila de Mecânico de Manutenção Aeronáutica, IAC, edição revisada de 23/10/2002, cap. 06 – Soldagem.
- ✚ ADVISORY CIRCULAR nº 43.13-1B Acceptable, methods, techniques and practices - Aircraft inspection and repair, september 1998.
- ✚ Welding Handbook, Ninth Edition, Volume 1, Cynthia L. Jenney and Annette O'Brien, year 2001.
- ✚ Apostila de processos de soldagem do Curso de Engenharia Mecânica da UFMG, ano 2000.
- ✚ Aircraft Technical Book Company, 1st edition, 2nd printing
- ✚ <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAzikAF/apostila-solda>
- ✚ <https://pt.wikipedia.org/wiki/Diatomito>
- ✚ www.laudarames.com.br/classificacao_sae.html
- ✚ www.elitemaquinas.com.br/pdfs/apostilas/soldagem_geral.pdf

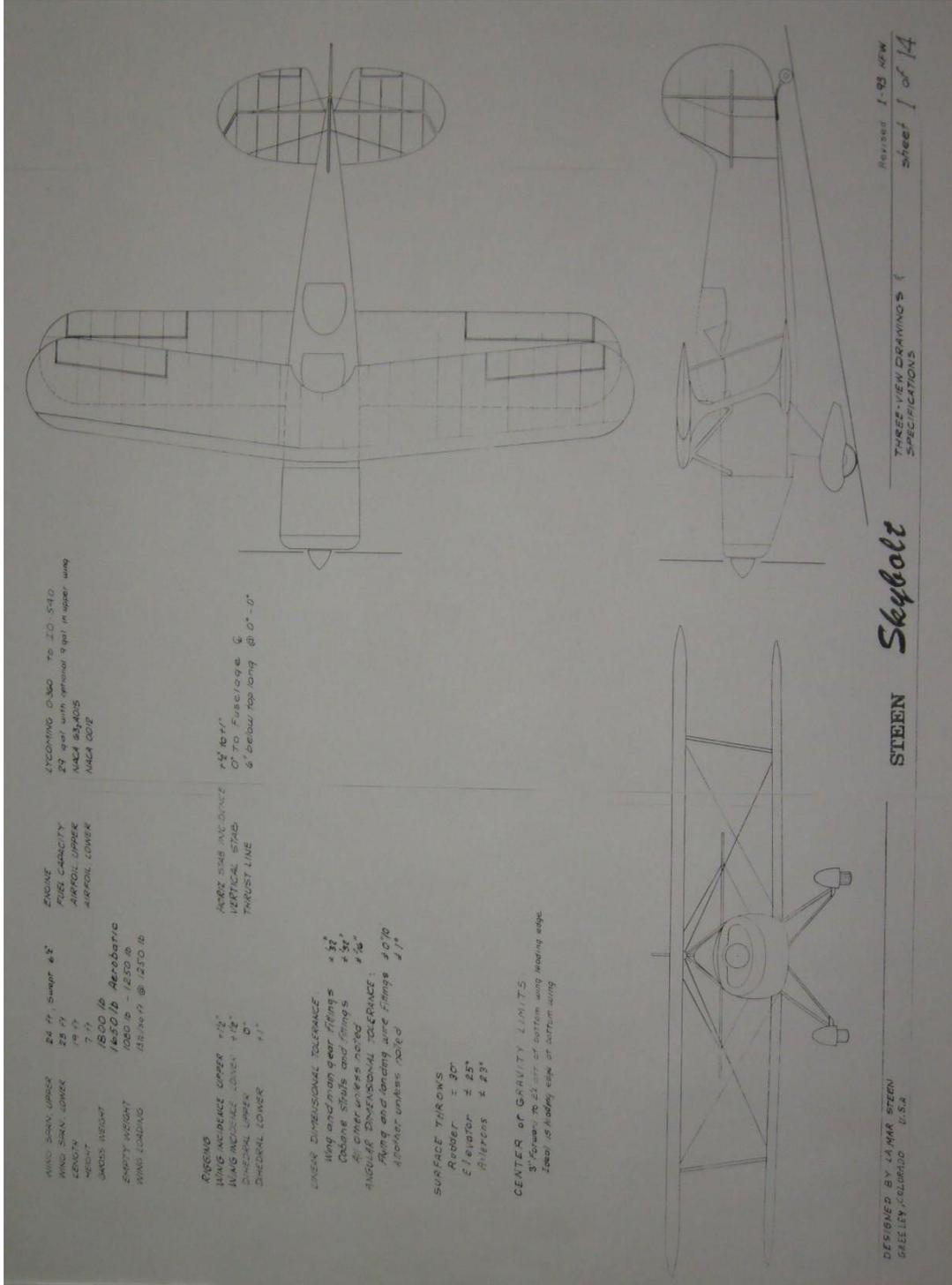
APÊNDICES

- a) Estabilizador horizontal finalizado. Encontra-se disponível para visitas na Rua Santa Clara, nº 85 - Comercíários em Belo Horizonte/MG.



Foto 24: Estabilizador horizontal, autor Mackson Batista, ano 2015

b) Desenhos esquemáticos do projeto de construção da aeronave Skybolt.



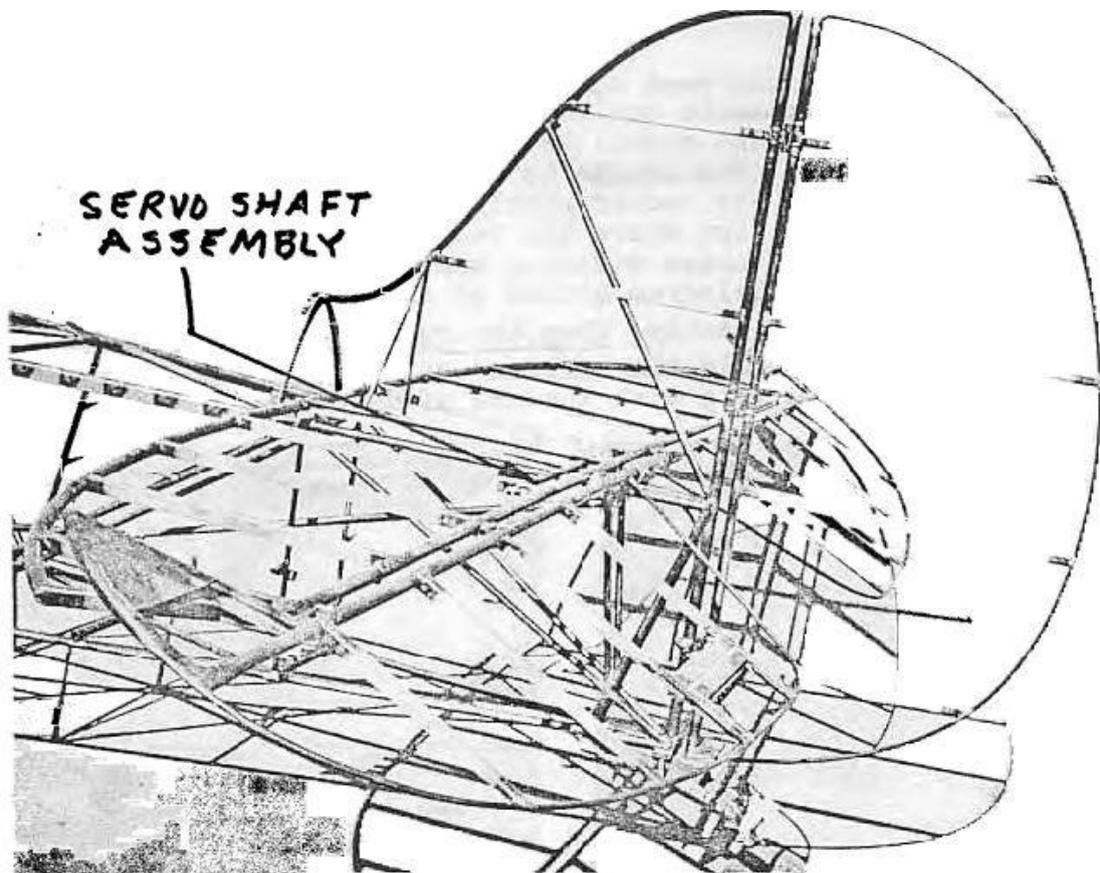


FIG. 7

FIG. 7 above shows us the complete tail group assembly as mounted on the fuselage. The two vertical tubes ($3/8$ O.D. x .035 4130) that support the vertical fin just to the aft side of the rear turtledeck former, were later heated and pulled in towards the center of the fuselage to curve them out of the fabric line. At a point 4" down from where they weld to the leading edge of the vertical fin we insert a cross tube of the same material so that they now form an " A " frame. Notice the Servo Shaft Assembly installed just ahead of the rear stab. spar. There is no connecting link yet installed in the above assembly to connect the lever on the servo shaft and the lever on the trim tab. See the next article for the details (Page 8). The curved " A " frame tubes mentioned above are shown partially in FIG. 8 The main subject of FIG.8 is the mounting bosses for the front stab. connector tube. These are made out of triangular sections cut out of $3/4$ " x $1\ 1/2$ " x .049 4130 rectangular tubing. They are easy to make and produce a far superior mounting to which to bolt the horizontal stabilizer. We install these front mounting brackets before the rear connector

d) Lista de materiais para construção do Skybolt

Page P
Rev #

SKYBOLT BILL OF MATERIALS

4130 tubing:

20' of 3/16" 4130 rod
12' of 1/4"x.035 tube
8'8" of 1/4" 4130 rod
18" of 5/16"x.035 tube
49' of 3/8"x.035 tube

27" of 3/8"x.058

6'8" of 3/8"x.065 bushing stock

6'8" of 1/2"x.035 tube

2' of 1/2"x.058 tube

20" of 1/2"x.065 tube
6" of 9/16"x.065 tube
2' of 9/16"x.120 bushing stock
45' of 5/8"x.035 tube
8' of 5/8"x.058 tube
54" of 5/8"x5/8"x.058 square

3" of 5/8"x.065 tube
146' of 3/4"x.035 tube

20' of 3/4"x.049 tube
4" of 3/4"x1-1/2"x.049 rectangular
9' of 3/4"x.058 tube
7" of 3/4"x3/4"x.065 square
4" of 3/4"x.065 bushing stock
84' of 7/8"x.035 tube

6" of 7/8"x1-1/4"x.065 rectangular
16" of 7/8"x.188 tube
8'4" of 1"x.049 tube
52" of 1"x.058 tube
8'8" of 1"x1"x.065 square
9'8" of 1-1/8"x.049 tube

Brake pedal pins
Stringer supports
Brake rods
Aileron hinges
Tail surface fin and elevator braces
Fuselage formers
Tank supports, Idler-bell crank bushings, tail surface bushings
Tail hinges, stab. mount, tail spring, torque tube, sticks, stick-to-stick tube, elevator stops, servo shafts
Rudder pedals, aileron push rods, aileron hinges
Cabane bushings, reverser pivot, slave struts
Aileron bell crank and idler, servo shaft
Front gear bushing
Cabane brace tube
Fuselage members and vert. fin
Slave struts
Stick to stick pushrod, walking beam, idler arms
Servo shaft bearings
Rear longerons, fuselage members, elev. tie rod, rudder pedals, walking beam axel
Elevator and aileron push tubes
Tail spring mount
Stab. mount, "I" strut
Reverser pivot
Slave strut brackets
Longerons, fuselage members, Stab. and rudder spars, pedals and cable bushings
Rear flying wire fitting
Flying wire pins
Sticks, fuselage members
Tail post, hinges, wire pins
"I" struts
Landing gear truss

Page Q
Rev #

20' of 1-1/8"x.058 tube
6'8" of 1-1/4"x.065 tube
8' of 1-1/4"x.095 tube
20' of 1-1/2"x.125 tube
3' of 1-5/8"x.049 tube
6" of 1-3/4"x.058
21' of 2.02x.857x.049 Streamline
8' of 3.37x1.43x.049 Streamline

Stick sockets
Landing gear
Landing gear
Axels
Torque tube
Torque tube bearings
Landing gear, cabane
"I" struts