

AUTOMATIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE APLICAÇÃO DE TORQUE CONTROLADO EM ARONAVES

Daniel B. Passos¹, Landulfo Silveira Jr²

^{1,2}Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo – Universidade do Vale do Paraíba
Av. Shishima Hifumi, 2911, São José dos Campos - SP

¹dpassos_rj@yahoo.com.br, ²landulfo@univap.br

Palavras-chave: Torque controlado, automatização, controle, torqueadeira hidráulica.

Área do Conhecimento: III - Engenharias

Resumo – A indústria aeronáutica dos dias atuais utiliza-se de aplicações manuais para o que podemos chamar de aplicação de torque, seja ele controlado ou não-controlado, tendo este fator preponderante que depender somente do treinamento, capacitação, aperfeiçoamento e comprometimento de seus operadores. Neste artigo, procura-se demonstrar um conceito de automatização, visando melhorias, deste processo tão crítico e dispendioso para a indústria aeronáutica, propondo uma solução técnica a fim de minimizar o maior vilão de qualquer processo produtivo que é o ciclo de industrialização, além de uma melhoria de desempenho, ergonomia e confiabilidade no produto.

Introdução

Num contexto de grandes e rápidas mudanças, as organizações empresariais estão cada vez mais em busca de soluções que a façam adequarem-se as inovações tecnológicas.

Tais inovações são responsáveis por uma demanda crescente de profissionais e soluções técnicas capazes de superar obstáculos até então considerados intransponíveis. Esta adoção de novos modelos de trabalho é acompanhada pela adoção de tecnologias e sistemas de informação que permitam às organizações lidarem somente com o que é definido como sendo necessária, com qualidade e precisão (LOUSÁ, et al., 1999).

Empresas do ramo aeronáutico, assim como quaisquer empresas onde o resultado final é o principal foco, sentiram a crescente necessidade de diminuir seu ciclo no processo produtivo, pois as margens lucrativas baixavam cada ano mais e a necessidade de continuar sendo competitiva aumentava. A principal estratégia adotada foi à identificação e eliminação do que podemos chamar de gargalos. Um destes principais gargalos são as montagens que exigem uma alta repetibilidade de tarefas. E nosso objetivo de estudo é exatamente uma dessas tarefas: aplicação de torques controlados em locais de alta concentração de prendedores.

Materiais e Métodos

Força e Momento

Força é a capacidade de movimentar, deformar ou modificar o movimento de um determinado corpo, tendo como características principais um ponto de aplicação, um sentido, uma direção e uma intensidade, medida em Newton. A capacidade de uma força qualquer girar um objeto em um eixo pré-definido é denominada como sendo o momento de uma força, medida em Joule (KAMINSKI et al. 2000).

Torque

Torque é uma grandeza vetorial, cujas características são determinadas pelo valor da força aplicada em um determinado ponto e a distância entre a força e o ponto em torno do qual o corpo gira, considerando o ângulo de aplicação da força como fator preponderante (USP, internet site address, 19/07/2007).

$$T = F.R.\text{Sen } \alpha$$

Torque é freqüentemente chamado de momento da força e é caracterizado de três formas básicas:

- a. Pré-torque: Torque aplicado cuja função é garantir a extrusão do selante e/ou assentamento dos componentes.

- b. Torque de arrasto: Torque necessário para vencer a resistência de giro de porcas auto-frenantes.
- c. Torque de giro-livre: Todo o pino roscado de tração deve apresentar giro livre, para prevenir que uma eventual interferência entre o pino e o furo reduza a pré-carga de tração (EMBRAER, ap. Treinamento).

Cálculo do torque aplicado à um corpo

O cálculo do torque descrito nas operações acima é feito através da fórmula $T = F.R.\text{Sen } \alpha$ e pode ser exemplificado assim: A força (F) é o agente produzido pela bomba hidráulica, através da pressão, para movimentar o êmbolo. O braço de alavanca (R) é a distância entre o ponto de aplicação da força ao eixo que se quer girar e o seno do ângulo é a divisão do cateto oposto a este ângulo e a hipotenusa.

Digamos que a pressão que é pré-regulada na bomba hidráulica seja $P = 10.000$ PSI e a área da cabeça do êmbolo de uma determinada máquina seja $A = 984 \text{ mm}^2$. Se a pressão (P) é igual a força (F) sobre a área (A), logo a força será $F = 67.866,48 \text{ N}$

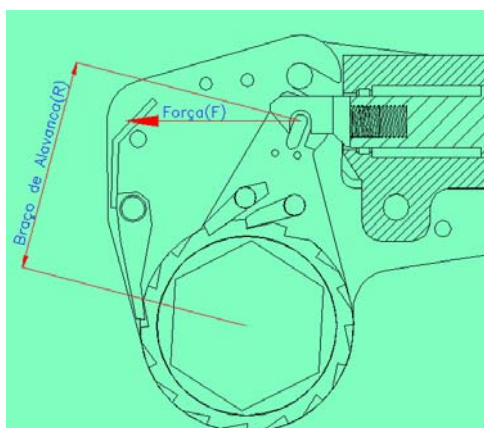


Figura 1 – Braço de alavanca (R).

Assim, suponhamos que o braço de alavanca seja 104 mm e que o braço do ângulo formado entre a força e o braço de alavanca seja 75°.

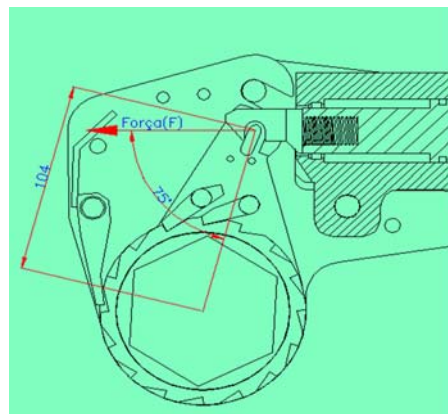


Figura 2 – Ângulo entre (R) e (F).

Resolvendo a fórmula temos o valor de torque como sendo $T = 6.846,37 \text{ N.m}$.

Procedimento de aplicação de torque - Usual

1. Os prendedores são posicionados e os operadores medem o arrasto de todas as porcas fixadoras dos prendedores;
2. Após a medição, os prendedores e suas respectivas porcas, são armazenados em uma caixa que possui uma posição reservada para cada um dos prendedores que serão fixados;
3. O operador registra o torque de arrasto manualmente em uma tabela de torques impressa e disponível na área de produção;
4. O operador passa os valores medidos para uma tabela eletrônica, para obter o valor de torque de produção a ser aplicado em cada um dos pinos. Os cálculos dos valores de torque são realizados utilizando planilhas eletrônicas ou uma tabela manual;
5. O operador registra manualmente todos os valores de giro livre obtidos em uma tabela;
6. É aplicado o torque de produção pela cabeça dos prendedores.

Procedimento de aplicação de torque – Proposto

1. O operador posiciona os prendedores um a um e aplica o pré-torque, torque de arrasto, giro livre e torque final utilizando a torqueadeira, conforme Tabela 1 e 2. A torqueadeira busca o programa desenvolvido em base SAP 4.7 onde estão armazenados todos os valores dos torques (arrasto, giro livre e produção);

Tabela 1 – Pré-torque e torque de Arrasto

FURO / DIAMETRO (in)	TORQUE ARRASTO (lbf.in)			PRÉ-TORQUE TOTAL (lbf.in)
	MEDIDO	MÍN	MÁX	
A-53 (3/4")	400	50	400	1150
A-54 (3/4")	50	50	400	800
A-35 (9/16")	200	24	200	500

Tabela 2 – Torque de giro-livre e torque final.

FURO / DIAMETRO (in)	TORQUE ARRASTO (lbf.in)	GIRO-LIVRE ENCONTRADO (lbf.in)	TORQUE FINAL TOTAL (lbf.in)
A-53 (3/4")	400	50	3662
A-54 (3/4")	50	50	3800
A-35 (9/16")	200	24	1600

2. O operador posiciona a torqueadeira nas respectivas porcas seguindo a seqüência correta de aperto dos pinos conforme roteiro de instalação;
3. A torqueadeira executa a aplicação dos torques em todos os prendedores, sem a identificação do montador e registra todos os valores de torques aplicados em uma tabela em base SAP 4.7, já no documento oficial de produção.

O sistema proposto é composto basicamente de 4 componentes principais.

- i. Bomba hidráulica (compressor hidráulico);
- ii. Microcomputador;
- iii. Controlador;
- iv. Ferramenta de torque (torqueadeira).

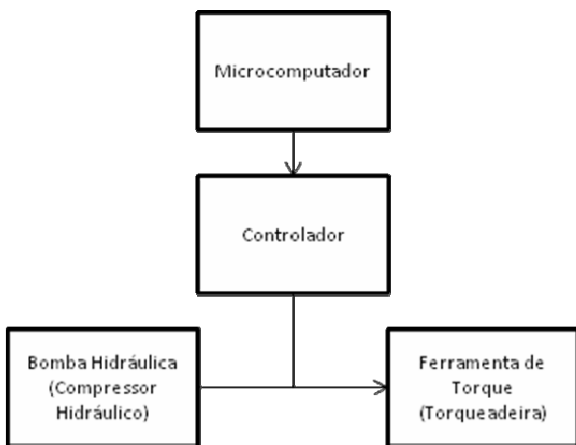


Figura 3 – Diagrama de bloco do sistema.

Bomba Hidráulica (compressor hidráulico) e Controlador

A bomba hidráulica ou compressor hidráulico utilizado é fornecida pela empresa Brastorc e é considerada uma máquina de alto rendimento e velocidade, que permite um regulagem externa através da atuação de um regulador onde é atuado por um sistema baseado na diferença de pressões medidas interna e externamente a máquina. Possui também, uma válvula interna de alívio para proteção da ferramenta e de quem a estiver operando e um controle manual para ajustes remotos, quando operada a longa distância.

Esta bomba hidráulica é capaz de fornecer uma pressão de 0 a 10000 lbs.pol, o que é perfeitamente necessário, uma vez que a área da aeronave proposta para automatização utilizará no máximo 2500 lbs.pol. O limitador de pressão utilizado é uma válvula controladora de fluxo, fornecida pela própria Brastorc.



Figura 4 – Bomba hidráulica.



Figura 5 – Válvula controladora.

Ferramenta de toque (Torqueadeira)

A torqueadeira utilizada foi a BTS-1 também da marca Brastorc.

Esta é uma máquina que opera em duas velocidades. Cumpre com o requisito de ser um dispositivo com folga limitada e controle de passo. Seu dispositivo de engate rápido proporciona a agilidade necessária para aplicações no dia-a-dia de uma indústria de alta cadência, além de ser compacta e muito leve.



Figura 6 – Torqueadeira.

Resultados

Foram aplicados torques de no máximo 600 libra-força x polegadas, usando o processo padrão para estes tipos de aplicações. Foram criados algoritmos de controle da aplicação do torque conforme nossa especificação descrita no momento do teste.

Utilizamos um microcomputador portátil interagindo com um controlador fornecido pelo fornecedor da bomba hidráulica, e este demonstrou uma perfeita interatividade onde se pôde monitorar todos os parâmetros necessários para as conclusões que seriam tomadas. A linguagem de programação utilizada, através do software Labview, é simples e direta, não exigindo treinamento profundo e especializado para operadores iniciantes.

Falhas foram detectadas, em alguns momentos, no equipamento fornecido quando algum tipo de interação com a ferramenta de aplicação de torque fazia-se necessária devido a um atraso no reconhecimento da ferramenta no sistema.

Os técnicos do fornecedor informaram que faltavam alguns drivers na CPU do controlador para que a torqueadeira funcionasse de maneira adequada, causando assim algumas limitações nos testes propostos.

Após alguns ajustes necessários, foram realizados outros ensaios e o resultado foi satisfatório, tendo sido sanado o problema de comunicação.

Discussão

Os testes realizados com a torqueadeira automática não foram conclusivos, pois a ferramenta testada não tinha capacidade para os valores de torques necessários para a operação proposta no ensaio, relativa a junção asa-fuselagem da aeronave.

Os requisitos operacionais para uso da torqueadeira precisam ser mais bem detalhados, para que após este estudo possamos especificar um ensaio completo com as ferramentas que serão selecionadas. Entretanto, o ensaio demonstrou que o fornecedor tem capacidade técnica para atender a demanda.

O processo de leitura do torque de arrasto foi executado com exatidão, pois foram criados algoritmos com o software que acompanha a CPU utilizada no sistema.

Conclusão

As peças e equipamentos definidos para este projeto, são ferramentas leves e de tamanho reduzido, trazendo assim uma enorme melhora no quesito ergonomia, mas o principal objetivo ainda está em desenvolvimento, a redução significativa de ciclo das montagens.

Referências

- EMBRAER, Empresa Brasileira de Aeronáutica, apostila Torque, Lacre e Freno.
- KAMINSKI, P.C. Mecânica geral para engenheiros. 1ª edição – 2000.
- LOUSÃ, MÁRIO – Sistema de automatização de processos e negócios 1999 *Actas do Portland International Conference on Management, Engineering and Technology (PICMET'99)*, Portland, Oregon, EUA.
- USP, internet site address disponível em: paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mi/mef2006b/_mef2006b_4906-08.doc, acessado em 19/07/2007.
- XI INIC, VII EPG, I INIC Júnior UNIVAP, instruções para a preparação de artigos, Internet site address disponível em: www.inicepg.univap.br/2007/docs/modelo_trabalho_2007_final.pdf acessado em 07/08/2007.