

ESTUDO DE CASO: REDUÇÃO DAS PERDAS NA FABRICAÇÃO DE PERFIS EXTRUDADOS A QUENTE EM ALUMÍNIO, UTILIZANDO O CICLO PDCA

Case study: reduction of losses in the manufacture of hot-extruded profiles in aluminum, using the PDCA cell.

Oliveira, R. C.¹ ; Jesus, A.C.N.²

1. Estudante de Engenharia de Produção, ENIAC, regiane_oliveira2003@hotmail.com,
2. /Mestre em Tecnologia Nuclear – Materiais, IPEN, ENIAC, antonio.jesus@eniac.edu.br

RESUMO

Dentre muitos metais, o alumínio é o terceiro mais abundante na crosta terrestre (ABAL, 2016), tem como característica uma densidade baixa, condutividade elétrica e térmica elevada e de boa resistência à corrosão. Por meio do processo de extrusão de alumínio se obtém diversos perfis, que são utilizados em vários setores da indústria como a naval, dentre outras. Em níveis de percentuais, aproximadamente 25% são utilizado no setor dos transportes, 25% são utilizados na fabricação de latas de bebidas e outras embalagens, 15% no setor da construção, 15% em aplicações elétricas e 20% em outras aplicações. (ASKELAND, 2008 pg. 422). Com o passar do tempo, a aplicação das ferramentas da qualidade melhorou. O objetivo desse trabalho foi utilizar o ciclo PDCA e as ferramentas da qualidade para auxílio de redução das perdas no processo de fabricação.

Palavras-Chave: Alumínio; Extrusão; PDCA

ABSTRACT

Among many metals, aluminum is the third most abundant metal in the earth's crust (ABAL, 2016). It has low density, high electrical and thermal conductivity and good corrosion resistance. Through the aluminum extrusion process it obtains several profiles, which are used in various industry sectors such as naval among others, and at percentage levels, approximately 25% are used in the transportation sector, 25% are used in the manufacture of cans Of beverages and other packaging, 15% are used in the construction sector, 15% in electrical applications, and 20% in other applications. (ASKELAND, 2008, p.

422). Over time, the application of quality tools has been improved. The objective of this work was to use the PDCA cycle, and quality tools to help reduce losses in the manufacturing process.

Key-words: Aluminum; Extrusion; PDCA

INTRODUÇÃO

O alumínio, apesar de ter as propriedades mecânicas inferiores, quando comparadas ao aço elas são excelentes, sendo utilizadas para aplicações estruturais. Além disso, é de fácil processamento, não é tóxico e totalmente reciclável, além de não agredir o meio ambiente. Suas propriedades físicas são de boa resistência à corrosão e de fácil tratamento térmico para endurecimento, que irá depender da composição química da sua liga. Esses materiais possuem densidade pequena (entre aproximadamente 2,5 a 2,6 g/cm³), tem excelentes propriedades de fadiga e tenacidade a baixas temperaturas, porém essas ligas são mais caras que as ligas convencionais do alumínio, pois exigem técnicas especiais de processamento como resultado da reatividade química do lítio. (CALISTER, 2008). De forma exploratória no processo de extrusão de perfis de alumínio verificou-se algumas

perdas nas quais não são inerentes somente ao processo, mas por falta de manutenção nos equipamentos, e também por deficiências no processo produtivo, essas perdas ocasionam baixa produtividade e menor eficiência se não forem tomadas as devidas atitudes no processo de fabricação, utilizando a aplicação do ciclo PDCA e as ferramentas da qualidade que são pertinentes nos permitirão atingir os objetivos e corrigir alguns procedimentos e processos.

OBJETIVO

Analisar todas as perdas, seguindo os padrões de qualidades exigidos pelos clientes e pelas normas da ABAL, com o objetivo de reduzir as principais perdas no processo de fabricação, utilizando o ciclo PDCA, bem como as ferramentas da qualidade, estabelecendo padrões.

METODOLOGIA

Utilizando as abordagens quantitativas e qualitativas, a metodologia aplicada no desenvolvimento do estudo de caso foi a utilização do ciclo PDCA, por meio da otimização das operações. Também é conhecido como ciclo de melhoria contínua, por ter como objetivo

identificar e organizar as atividades de um processo para solução do problema de uma forma que irá garantir de maneira eficaz o desenvolvimento da atividade que foi planejada. SEGUNDO (LOBO, 2010). A folha de verificação é uma planilha de dados sistematicamente coletados de forma ordenada e uniforme SEGUNDO (MIGUEL, 2012), utilizada para levantamento das perdas separadamente. Para o emprego da implantação foi utilizada a ferramenta de apoio Brainstorming com o objetivo de regular a participação das pessoas em uma reunião, apontar causa ou mesmo fazer o levantamento do problema, pautar os assuntos e terminar quando todos tiverem contribuído e não houver mais ideias. SEGUNDO (FILHO, 2010), foi utilizado o 6M'S do diagrama de causa e efeito como forma de organização da reunião. O Diagrama de Pareto foi utilizado para classificar os dados de um problema em ordem de importância para esclarecer as propriedades de uma ação corretiva. Sua elaboração deverá ser baseada nos dados coletados na folha de verificação "Paradas do Tear" SEGUNDO (LOBO, 2010), o diagrama de Pareto é a ferramenta que permitiu, dentro do projeto, identificar a maior perda que não é pertinente ao processo, e o plano de ação e metas foi analisado após 06

meses, no qual foi identificada a necessidade do treinamento aos líderes de como deverá ser a tomada de decisão frente a uma perda que não é pertinente ao processo, e também houve padronização com as equações 1, 2, 3 e 4. Aos colaboradores e operadores foram aplicados cursos de qualidade sobre defeitos de extrusão, quais as causas e como solucioná-las, e treinamento de processo sobre temperatura e velocidade, bem como limpezas e lubrificações. Deverá ser formatada com fonte Times New Roman, tamanho 12, espaçamento entre linhas de 1,5 e recuo para início de parágrafo em 1,25, justificado.

DESENVOLVIMENTO

A implantação do ciclo PDCA iniciou com a definição da meta de reduzir as perdas no processo e que não são pertinentes ao processo, iniciou-se pelo levantamento do problema. Com uma folha de verificação mencionada na tabela 01, onde as perdas que não são provenientes do processo representam 4,38%, e as perdas de processo representam 12,27%.

Utilizou-se o diagrama de causa e efeito para levantar as principais causas desse problema. Todos os dados levantados foram feitos através de um brainstorming, direcionado com os

tópicos dos 6Ms todos os dados importantes foram analisados e a partir disso as ações foram iniciadas.

O primeiro problema identificado foi a não padronização do processo de produção e a criação das equações de suma importância.

Outro ponto foi implantar um checklist dos equipamentos para prever as falhas, evitando as paradas por manutenções corretivas para que a perda não se torne insustentável. Manutenções preventivas semanais do alinhamento matriz x contenedor, alinhamento stem x contenedor, virada do disco fixo, manutenções quinzenais troca do disco fixo e do stem e troca da faca, manutenção bimestral, alinhamento do forno de tarugo e da tesoura hot-shear.

Processo limpeza da face do contêiner e da ferramenta para evitar sujeira, que ocasionará a perda do chapéu, que significa a vazão do alumínio pelas frestas e com a perda de massa ocasionará a perda de puxada.

Tabela 1: Folha de verificação de levantamento os tipos de perdas (diária).

Data: 04/08/2015 – Produção Diária (KG) 7.110,44

Tipo de Perdas	Quantidade (kg)	Perda (%)
Puxada	158,99	2,24%
Chapéu	52,55	0,74%
Bolha	58,41	0,82%
Arrancamento	21,26	0,30%
Riscos	20,02	0,28%
Talão	476,40	6,70%
Ponta	395,70	5,57%
Total de Perdas	1183,33	16,64%

Fonte: Regiane, 2015.

Verificou-se na análise dos dados que a maior perda de processo denomina-se

(talão) o refugo que é indesejável para o produto (perfil). (DIETER, 1981). Essa perda deverá ser reduzida em aproximadamente 2,4%, se for devidamente descartado de forma correta, fazendo alguns cálculos descritos nas equações 1 e ajustada se necessário na equação 2.

Conforme demonstra o cálculo abaixo, há a necessidade da exatidão do tamanho do tarugo no processo para diminuição da perda de processo talão.

Cálculo de Talão:

Diâmetro do Tarugo de 4" = 101,6mm

Camada de refusão = 1,1 mm

Tamanho do Billet = 500mm

Peso Tarugo – $P_t = 21,8$ (Kg/m)

Peso Billet – $P_b = 10,9$ (kg/m)

Diâmetro $D_1 = 101,6\text{mm} / R = 50,8$ mm

Diâmetro $D_2 = 99,4\text{mm} / r = 49,7$ mm

Área Total do Tarugo (A_{tt}) = $\pi \cdot (R^2) =$
8.107,3197 mm

Área da camada da refusão (A_{cr}) =
 $\pi \cdot (R^2 - r^2) = 347,30$ mm

$\%T = ((A_{cr} \cdot 100)/A_{tt}) \cdot 100 = 4,284\%$ [I]

Descarte do talão = 0,467 Kg

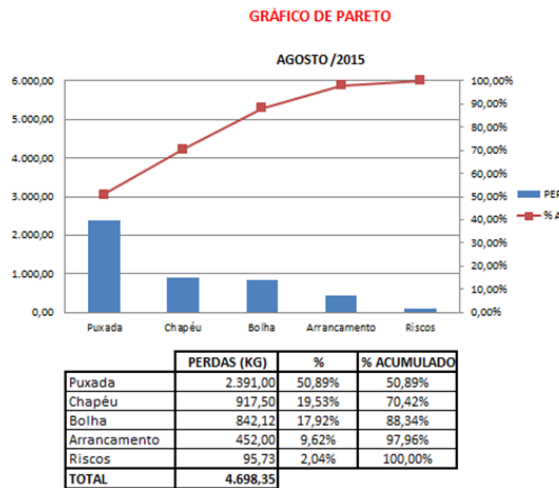
Para o cálculo de área da camada de refusão são necessários os dados do fornecedor, pois existe uma variação de 3 mm a valores inferiores a 1 mm.

Denomina-se ponta as perdas provenientes do processo de retidão, pois a garra da esticadeira irá deformar as extremidades dos perfis e a emenda de um tarugo para o outro. Esses valores deverão ser adicionados ao cálculo da puxada, que varia dependendo da estrutura de cada perfil de 400 mm a 1.000 mm.

O cálculo correto da puxada permite definir o tamanho ideal para o tarugo e o descarte correto do talão. Esse percentual de descarte não pode ser menor para que não entre óxido na ferramenta e, conseqüentemente no perfil, o que resultará em problemas nos tratamentos superficiais como a anodização.

A partir das coletas diárias com a folha de verificação foram elaborados mensalmente no gráfico de Pareto, descrito na figura 01, para a visão geral de todas as perdas e para que fossem priorizadas as ações, que nesse caso é representada com maior percentual a Puxada com 50,89% das perdas totais.

Figura 1: Gráfico de Pareto das perdas de produção mês Agosto/



Fonte: Gustavo, 2015.

Denomina-se puxada o comprimento do perfil após o billet ser extrudado na ferramenta, e ocasiona a perda quando o tamanho programado não é atingido por algum erro de cálculo ou por problemas mecânicos e de processos.

Se for a primeira produção da ferramenta, deverá ser retirado um pedaço do perfil na hora do teste da ferramenta nova para que seja encontrado o peso linear do perfil por metro. Se a ferramenta tem mais de 01 furo devem ser tiradas amostras de todos os furos e fazer uma média conforme demonstrado na equação 02.

Cálculo do peso do perfil:

$$Q_f = \text{Quantidade de furos} = 3$$

$$P_p = \text{Peso do perfil (kg/m)}$$

$$L = \text{Comprimento do perfil}$$

$$A = \text{Amostra do perfil}$$

$$A_1 = \frac{P_1}{L_1}$$

$$A_2 = \frac{P_2}{L_2}$$

$$A_3 = \frac{P_3}{L_3}$$

$$P_p = \frac{(A_1 + A_2 + A_3)}{Q_f} \quad [II]$$

O tamanho máximo da puxada depende do tamanho da mesa de saída e do billet. No caso da prensa estudada o maior billet é de 510 mm com disco fixo.

Após calcular o peso do perfil e informações pertinentes do pedido de venda como, por exemplo, o corte final da barra 6.000 mm, pode ser feita uma puxada de até 25 metros, o tamanho máximo da mesa de saída, considerando uma perda de 1.000 mm da ponta.

Se o resultado da puxada não for múltiplo de 6 metros, conforme solicitado no pedido, deverá ser ajustado o tamanho do billet com relação à puxada ideal para evitar perdas. Após o resultado da equação acima, mostrou-se que a puxada múltipla de 6 metros de melhor aproveitamento é de 19 metros, portanto deverá ser calculado o tamanho do billet (T_{mb}) ajustado conforme equação abaixo:

Cálculo da puxada:

$P_{ux} = P_{uxada}$

P_p	Peso do Perfil (m)
N_f	N de furos da matriz
$\%T$	% Descarte de talão
P_t	Peso do Tarugo (Kg/m)
T_{mb}	Tam. máximo do billet (m)

$$P_{ux} = \left[\left(\frac{T_{mb}}{P_p \cdot N_f} \right) - \%T \right] \cdot P_t \quad \text{[III]}$$

Total da puxada = 22,82 m

P_p	Peso do Perfil (m)
N_f	N de furos da matriz
K	Constante de descarte
P_t	Peso do Tarugo (Kg/m)
T_{mb}	Tam. máximo do billet (m)
P_{ux}	Puxada (m)

$$T_{mb} = \frac{((P_p \cdot N_f \cdot P_{ux}) + k)}{P_t} \quad \text{[IV]}$$

$T_{mb} = 0,431 \text{ m}$

Teste realizado para comprovar a eficiência das equações, foi instruído a cortar 50 Billets para duas ferramentas na qual coincidia o tamanho, e após treinamento foi cobrado do operador o processo de lubrificação do contenedor e da ferramenta a cada 10 prensadas

para evitar a perda denominada chapéu que também resulta em perda puxada, após extrudar os 50 billets foi analisado de perto e o resultado na mesa e na serra, e o resultado foi talão de 4,28% a ponta foi reduzida para 21,8 mm e não houve nenhuma perda fora do processo (talão e ponta). Testes realizados em outras ferramentas em dias subsequentes obtiveram o resultado calculado.

Equação 3

RESULTADOS

Após todos os testes realizados e a implantação do checklist de manutenção, a aplicação da manutenção preditiva e a preventiva, treinamento de qualidade e de processos, houve uma melhora no decorrer dos seis meses de trabalho e de implantação das ferramentas da qualidade, com a aplicação das equações corretas de descarte do talão, houve diminuição de perda de 6,7% para 4,52%, conforme apresentados na tabela 2.

Equação 4

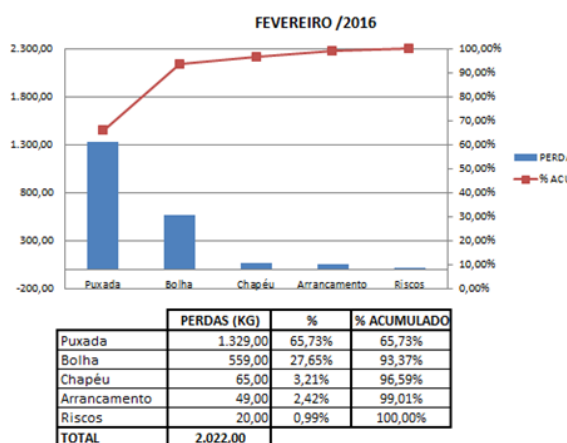
Tabela 2: Folha de verificação de levantamento dos tipos de perdas (Diária)

Data: 08/02/2016 – Produção Diária (kg) 7.640,98

Tipo de Perdas	Qtde (kg)	Perda (%)
Puxada	78,3	1,02%
Chapéu	5,45	0,07%
Bolha	164,58	2,15%
Arrancamento	21,26	0,28%
Riscos	5,02	0,07%
Talão	345,37	4,52%
Ponta	425,60	5,57%
Total de Perdas	1.045,58	13,68%

Fonte: Regiane, 2016.

**Figura 3: Gráfico de Pareto das perdas de produção
Fevereiro/2016**



Manutenções preditivas e preventivas diminuíram a parada de máquina com ações corretivas, e o resultado foi o aumento da produção diária e consecutivamente mensal e também da eficiência, no processo total, diminuiu em 55,58% a perda por puxada; 60,93% de perda por chapéu; 10,84% de perda por arrancamento, defeito que está relacionado a má homogeneização do tarugo, e também ao processo de fabricação como temperatura do tarugo muito alta x velocidade de extrusão alta, ferramenta com trincas no talão, que pode ocorrer por desgaste de produção ou falta de controle de nitretação. Houve redução das perdas de 20,89% de riscos; e 7,71% de bolha. Com o treinamento dos líderes aumentou a agilidade na tomada de decisão nas paradas de ferramentas logo que a perda começa a ocorrer com um maior controle e participação do líder na boca da prensa, se caso a perda for por

arrancamento e não for relativa ao processo retira-se a ferramenta e esta deve ser mandada para correção. Se o motivo for matéria prima, o problema pode ser minimizado se forem alteradas as variáveis de processo como temperatura x velocidade e realizados testes em que o é cortado o tarugo de outro fornecedor e extrudado na mesma velocidade e temperatura, enviada uma bolacha do tarugo para análise no espectrômetro. Se comprovar que é a liga, ela é retirada e devolvida para o fornecedor para que seja efetuada a troca.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A padronização do processo, está relacionada à eficiência do tratamento térmico de solubilização que consiste em endurecimento por precipitação. O tratamento consiste em aquecer a liga até a temperatura dentro da fase α , a uma temperatura T_0 e aguardar a fase β para que seja dissolvida. Nesse ponto a liga consiste em uma fase α . Esse tratamento deverá ser resfriado rapidamente até a temperatura T_1 , no qual para muitas ligas é a temperatura ambiente. O tratamento térmico de solubilização é extremamente importante para o segundo tratamento térmico, o de precipitação no forno de

envelhecimento. Ambos os tratamentos térmicos consistem no endurecimento por precipitação. (CALLISTER, 2006)

Após a conclusão do trabalho, feitas as análises e verificações sobre o processo, foram reunidas as equipes formadas pelos líderes de extrusão, ferramentaria, manutenção, supervisor e gerente industrial, para que o processo fosse documentado, e também aprimorados alguns processos. Com as ações e aplicações do que foi proposto, comprovou-se eficiência, porém algumas modificações mecânicas foram discutidas e analisadas para futuros projetos nos quais o processo de fabricação poderá ser aprimorado. Projetos futuros não foram levados em consideração nessa fase, pois a empresa objeto de estudo atualmente investe na instalação de uma pintura eletrostática e, portanto, não há recursos para novos investimentos neste momento. Mas foi provado que, mesmo sem nenhum custo adicional na implantação do ciclo PDCA, houve um acréscimo de produção de 530,54 kg/dia, representando aumento de 11.671,88 kg/mês. A eficiência da produção cresceu 86,32%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAL. Disponível em <http://www.abal.org.br/aluminio/historia-do-aluminio/>. Acesso em: 05 de Abril 2016.

ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep P. Ciência e Engenharia dos Materiais. 1 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p 422.

CALLISTER JR, William D. Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. p 338.

CALLISTER JR, William D. Ciência e engenharia de materiais uma introdução: 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. p 272.

DIETER, George E. Metalurgia mecânica: 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. p 548.

FILHO, Geraldo Vieira. Gestão da Qualidade total uma abordagem prática: 3 ed. Campinas: Alínea, 2010. p 49, 50.

LOBO, Renato Nogueiro. Gestão da qualidade: 1 ed. São Paulo: Érica, 2014. p 43.

MIGUEL, Paulo A. Cauchick. Qualidade: enfoques e ferramentas: 2 ed. São Paulo: Artliber, 2012. p 147. Devera ser formatada com fonte Times New Roman, tamanho 12, espaçamento simples entre linhas, sem recuo para início de parágrafo, justificado.