

ANÁLISE DA RECUPERAÇÃO DO CILINDRO DE SUSPENSÃO DIANTEIRA DO CAMINHÃO FORA DE ESTRADA PELO PROCESSO DE USINAGEM

OFF-ROAD TRUCK FRONT SUSPENSION CYLINDER RECOVERY ANALYSIS THROUGH THE MACHINING PROCESS

Matheus do Nascimento Alves¹
Illa Beghine Soncin²
Natália Fernandes Pinto³

RESUMO

As máquinas e equipamentos estão sempre unidas para exercer suas funções de maneira correta, evitando possíveis erros ou falhas, mas, ao longo de sua operação nas obras de mineração ocorrem desgastes em seus componentes. Logo, realizar a recuperação desses componentes é muito importante para o aumento da vida útil do equipamento e da máquina. O presente artigo apresenta a importância de se realizar a recuperação de componentes de um cilindro hidráulico de suspensão através da usinagem, baseado em um estudo de caso real feito em uma usina de mineração, com a finalidade de reduzir os custos com peças novas e aumentar o processo produtivo. O objetivo da pesquisa consiste em mostrar todas as etapas do processo de recuperação feito numa central de reforma, incluindo as técnicas e conhecimentos adquiridos do operador, bem como as máquinas e ferramentas adequadas para um estudo aprofundado e detalhado. O controle de tempo realizado durante todas as etapas de recuperação envolvendo a usinagem e a solda foi fundamental para uma boa gestão do processo, além disso, os resultados adquiridos serviram de base para obtenção dos valores reais dos componentes. Os resultados alcançados trouxeram lucro para a empresa, evitando gastos desnecessários e eliminando o tempo de espera adicional para obtenção do componente que, conseqüentemente, levaria um período de interrupção do funcionamento da máquina. Dessa forma, é possível observar a importância de se ter um processo de recuperação de peças nas empresas, que permita que as mesmas obtenham mais credibilidade e confiança em sua operação.

Palavras-chave: Recuperação; Mineração; Cilindro hidráulico; Tempo; Custos;

ABSTRACT

Machines and equipment are always interconnected to perform their functions correctly, avoiding potential errors or failures. However, over the course of their operation in mining works, there is wear and tear on their components. Therefore, carrying out the recovery of these components is crucial for extending the equipment and machine's lifespan. This research presents the importance of performing component recovery of a hydraulic suspension cylinder through machining, based on a real case study conducted at a mining plant, with the aim of reducing costs associated with new parts and increasing the production process. The research objective is to demonstrate all the stages of the recovery process carried out at a refurbishment center, including techniques and knowledge acquired by the operator, as well as suitable machines and tools for an in-depth and detailed study. Time control throughout all the recovery stages, involving machining and welding, was essential for efficient process management. Furthermore, the obtained results served as a basis for obtaining the actual values of the components. The achieved results brought profit to the company, avoiding unnecessary expenses and eliminating the additional waiting time to obtain the component, which would consequently lead to a machine downtime period. Thus, it is possible to observe the importance of having a parts recovery process in companies that allows them to have more credibility and confidence in their operation.

Keywords: Recovery; Mining; Hydraulic cylinder; Time; Costs.

¹Rede de ensino Doctum - Unidade de Juiz de Fora - MG - matheusna1@hotmail.com - Graduando em Engenharia de Produção.

²Rede de ensino Doctum - Unidade de Juiz de fora - MG - prof.illa.soncin@doctum.edu.br - Orientadora do trabalho.

³Rede de ensino Doctum - Unidade de Juiz de Fora - MG - prof.natalia.pinto@doctum.edu.br - Co-orientadora do trabalho.

1. Introdução

Com o crescente desenvolvimento do mercado atual, máquinas e equipamentos estão em constante evolução, a fim de suprir as necessidades do mesmo. Graças a isso, é crescente a demanda de peças destinadas para diversos setores industriais, cuja produção deve sempre buscar eficiência, segurança, sustentabilidade e, principalmente, qualidade nos produtos finais. Neste contexto, a usinagem tem como foco atender a todos esses requisitos e fornecer inúmeros produtos com as mais diversas aplicações para o mercado e para a sociedade como um todo.

Desde a pré-história o homem já utilizava materiais com o objetivo de dar forma e produzir outros tipos de produtos. Entretanto, foi somente no século XIX que o aço rápido foi desenvolvido e, junto dele, as primeiras máquinas direcionadas para a usinagem de materiais. Embora, naquele tempo, tal atividade fosse feita de modo braçal, o processo já havia evoluído e se tornado totalmente diferente de como era feito anteriormente. Usando uma máquina chamada de torno, as peças usinadas eram produzidas por rotação e delineadas de forma personalizada. Em 1906, o torno ganhou novos incrementos e passou a contar com um motor. Isso tornou o processo mais rápido e eficaz do que antes. Alguns anos mais tarde, em 1925, surgiu então o torno elétrico. Com a mesma velocidade com que vinha se desenvolvendo, em 1960, o torno ganhou novas tecnologias e passou a ser automático. A nova máquina realizava a usinagem de uma forma mais similar com a atual. (FERRAMENTAL, 2021).

“Nos dias atuais, a usinagem é amplamente estudada e conhecida de forma mais abrangente, como sendo: Operação que, ao conferir à peça, a forma, as dimensões, o acabamento, ou ainda a combinação destes itens, produzem cavacos” (IMPACTO CONSULTORIA, 2017).

O processo de usinagem mecânica é utilizado na fabricação de diversos tipos de maquinários no ramo da indústria e visa atender a alta demanda de equipamentos no mercado, sendo os principais: torno mecânico, furadeira, fresadora e mandrilhadora. Assim, para se ter uma peça acabada, a mesma deve passar por vários processos e operações, a fim de se obter o produto final desejado. O profissional que atua no ramo da usinagem deve ser capacitado através de cursos e treinamentos, ou seja, ter o conhecimento das máquinas e de suas determinadas funções para o manuseio correto das mesmas. Neste trabalho serão abordadas máquinas giratórias que utilizam a eletricidade para o seu funcionamento, logo, a atenção e a segurança são fundamentais para garantir a integridade física do operador.

Destinado a remoção e movimentação de grandes quantidades de materiais, o caminhão fora de estrada é uma máquina indispensável dentro do setor de mineração. A sua caçamba é projetada para carregar de 25 a 400 toneladas de material, o que o classifica como meio de transporte para cargas pesadas, logo, suas estruturas devem ser reforçadas para proporcionar durabilidade em seus ciclos de trabalho. Esses caminhões trabalham em pistas com curvas acentuadas e devem operar com baixas velocidades, para garantir que o processo seja seguro tanto para o operador quanto para a máquina (AECWEB - REVISTA DIGITAL, 2018).

O objetivo geral do presente estudo consiste em realizar uma análise de recuperação dos componentes do cilindro de suspensão dianteira do caminhão fora de estrada pelo método de usinagem, levando em consideração três etapas fundamentais para a realização desse processo, identificadas como os objetivos específicos que são citados a seguir:

1º etapa: analisar o desgaste na região dos componentes que serão recuperados.

2º etapa: analisar o processo de soldagem dos componentes de acordo com o tipo de material a ser trabalhado.

3º etapa: analisar a usinagem final dos componentes de acordo com as medidas especificadas em projeto, verificando ao longo do processo possíveis irregularidades.

O estudo apresentado teve como base um equipamento nomeado cilindro hidráulico de suspensão, que desempenha um papel muito importante nas máquinas de pequeno e grande porte de mineradoras em geral. Devido ao alto nível de solicitação de um cilindro de caminhão, que chega a atuar ininterruptamente por um período de até 24 horas por dia, seus componentes sofrem desgastes, podendo ocorrer danos em vedações, vazamentos, perdas de pressão e deformações no interior da camisa do cilindro (componente onde circula o óleo responsável por promover o deslizamento da haste do cilindro). Devido a grandes impactos que o caminhão sofre ao longo de sua operação nas minas, realizar a recuperação desses componentes através da usinagem e da solda aumenta a capacidade produtiva e evita gastos desnecessários com peças novas.

O presente estudo tem como classificação metodológica uma pesquisa de campo quali-quantitativa, com a finalidade de observar as ferramentas de usinagem, os arames de solda utilizados, o tempo gasto em cada etapa e os custos com a recuperação dos componentes do cilindro de suspensão dianteira.

A pesquisa foi realizada dentro de uma central de manutenção de equipamentos para mineradoras, através do acompanhamento dos processos de usinagem e da coleta de informações devidas, com o objetivo de propor uma alternativa para aumentar a produtividade, diminuir os custos gerais de operação e contribuir para a sustentabilidade de maneira geral.

2. Referencial Teórico

2.1 Conceito de usinagem mecânica

De acordo com Souza (2018), os processos de usinagem estão presentes em diversos segmentos da indústria, por exemplo, na transformação dos metais em produtos finais. No decorrer dos anos, a usinagem passou por mudanças, visando otimizar a produtividade, qualidade dos produtos e à segurança do trabalho. Por meio da usinagem as peças metálicas estão sujeitas a esforços de uma ferramenta de corte, que promove a modelagem do material constituinte da peça, com a função de dar forma, acabamento e possibilitar a obtenção de medidas e dimensões desejadas, como mostra a figura 1 a seguir.

O operador experiente no setor de usinagem tem habilidades de percepção de uma possível quebra de ferramenta. Dessa maneira, possíveis faíscas, alterações no cavaco, ruídos e acabamento indesejado são aspectos que o operador consegue identificar no decorrer do processo, através da visão, do tato e da audição.

Figura 1: Processo de usinagem mecânica



Fonte: Usinagem fênix (2022)

Nos dias atuais, a usinagem é conhecida mundialmente como processo de fabricação, sendo responsável pela produção de 10% de todas as peças metálicas disponíveis em escala global. A usinagem está presente nos objetos desde os mais

simples até os mais complexos, sendo responsável pela execução de serviços de criação e de recuperação de peças e componentes, fornecendo empregos para milhões de pessoas ao redor do mundo e com a tendência de se tornar um processo mais preciso e sofisticado no futuro.

2.1.1. Tipos de operações e máquinas

Segundo Souza (2004), a usinagem é composta por diversos tipos de operações que têm suas determinadas funções durante seus processos. A seguir são listadas as principais operações executadas ao longo do ciclo da usinagem:

2.1.1.1. Torneamento

O processo de torneamento é uma das operações mais aplicadas no cenário atual da indústria de maneira geral. Na sua execução, são utilizadas uma ou mais ferramentas monocortantes, ou seja, apresentam apenas uma aresta de corte em contato com a peça de geometria bem definida. O torneamento ocorre quando a peça exerce um movimento rotacional na máquina e a ferramenta de corte desenvolve um movimento linear em direção a ela. A máquina usada para esse processo é chamada de torno mecânico e é considerada extremamente versátil para o trabalho, além de ter grande importância para o ramo da usinagem nos dias atuais.

As operações de torneamento são classificadas em desbaste e acabamento. O processo de desbaste visa moldar a peça de acordo com o formato e as dimensões pré-estabelecidas, sendo a etapa que se retira maior quantidade de material. Já o acabamento é a etapa final em que se obtém uma superfície suave e uniforme, juntamente com as medidas finais de projeto.

2.1.1.2. Furação

Consiste na técnica de realizar furos cilíndricos em uma peça através de uma ferramenta de corte chamada broca helicoidal. Essa operação foi desenvolvida em 1980 por Moses Twist Drill and Machine Company e até hoje é usada nos processos de usinagem (SILVA, 2018).

2.1.1.3. Fresamento

É um processo que consiste na remoção do excesso de metal do exterior de uma peça para que se obtenha formato e acabamento desejado. As vantagens desse tipo de operação são as altas taxas de remoção de material residual obtidas,

possibilitando o acabamento da superfície das peças com maior qualidade. Para a realização deste processo utiliza-se a máquina fresadora. Sua operação é bem parecida com o torno mecânico, tanto no processo de fabricação quanto no de recuperação de peças em geral (KRATOCHVIL, 2004).

2.1.1.4. Mandrilhamento

A operação de mandrilhamento é uma prática da usinagem amplamente utilizada que se baseia no uso de ferramentas de corte para ampliação de furos previamente executados, ou seja, o processo tem a função de aumentar o diâmetro dos furos previstos para as peças, através da utilização de uma ferramenta chamada barra de mandrilhar, a fim de atingir uma determinada dimensão de projeto, garantindo um aspecto final de qualidade para a peça (SANTOS, 2022).

2.1.2. Tipos de materiais para ferramentas de corte

As ferramentas de corte têm uma grande importância na usinagem, pois são elas que realizam todo processo de corte do material, logo as mesmas devem possuir uma boa resistência de contato com as peças e uma boa resistência às altas temperaturas, para que possuam uma boa durabilidade e uma vida útil elevada (MARTINS, 2018).

Sá (2010, *apud* Martins, 2018) apresenta que alguns dos requisitos fundamentais na fabricação das ferramentas de corte são a dureza e a resistência ao desgaste. As ferramentas mais usadas nos dias atuais são fabricadas com metal duro, e podem possuir diferentes formatos para cada tipo de operação na usinagem, a fim de permitir maiores velocidades de corte e ganhos na produção, conforme ilustra a figura 2.

Figura 2: Ferramentas de metal duro



Fonte: Taegutools (2022)

2.2. Processo de soldagem

2.2.1 Definição

Segundo a AWS (American Welding Society) a soldagem é considerada um processo de união entre os materiais identificados como metais e não metais, produzida pelo aquecimento dos mesmos até uma determinada temperatura para obtenção de uma única peça (CÉSAR, 2021).

2.2.2. Histórico da soldagem

Segundo Marquês, Modenesi e Bracarense (2009), o processo de soldagem foi utilizado na antiguidade e na Idade Média na fabricação de portes de armas e instrumentos de corte. O ferro, por ter uma dureza considerado baixa, com nível inferior a 0,1%, não passava pela aplicação da têmpera como tratamento térmico, pois as altas tensões tornavam o material quebradiço, diferente do aço, que, por ter uma dureza maior e um alto custo, era submetido a esse tratamento. Dessa forma, as ferramentas eram fabricadas com ferro e tiras de aço, aplicando solda nas áreas de corte e realizando têmpera para seu endurecimento. Esse processo era muito comum no Oriente Médio, onde as espadas eram fabricadas, e através da realização do mesmo era possível obter lâminas com regiões de baixo e alto teor de carbono.

A soldagem permaneceu por um longo período como processo de fabricação, mais precisamente até o século XIX, quando a tecnologia começou a ganhar incremento a partir de experiências de Sir Humphrey Davy (1801 – 1806), com o arco elétrico, com o descobrimento do acetileno para produção de corte em chapas, com a soldagem de metais, implementada por Edmundo Davy, por fim, com a criação de fontes produtoras de energia elétrica. Com o passar dos anos, os novos processos de união foram se desenvolvendo, ajudando na fabricação dos equipamentos e estruturas.

2.2.3. Descontinuidades comuns em solda

Segundo Luca (2014), a descontinuidade é uma interrupção ou violação da estrutura de uma junta soldada, ou seja, a falta de homogeneidade das propriedades físicas e mecânicas do material ou da solda. Dessa forma, uma junta soldada que aparentemente apresenta defeitos devido a descontinuidade, deve ser reparada ou

até substituída, dependendo da sua aplicação, mas o ideal é evitar a presença de defeitos, para que os custos adicionais sejam evitados.

A seguir são apresentadas três categorias de descontinuidade nos processos de soldagem.

2.2.3.1. Descontinuidade dimensional

De acordo com Marquês, Modenesi e Bracarense (2009), descontinuidades dimensionais são inconformidades nas dimensões ou nas formas nos cordões de solda. Sua gravidade varia de acordo com o tipo de aplicação a qual a peça será submetida. A detecção e correção desses problemas são fundamentais dentro das indústrias. São consideradas descontinuidades as distorções, as dimensões e os perfis incorretos de solda.

2.2.3.2. Descontinuidade estruturais

São as imperfeições que afetam diretamente na integridade, na resistência ou no desempenho do material geradas ao longo da aplicação do processo de soldagem. Elas podem ser detectadas e avaliadas por meio de inspeções visuais e técnicas com líquido penetrante. Os principais tipos são: porosidade, falta de fusão, falta de penetração e trincas (LUCA, 2014).

2.2.3.3. Propriedades inadequadas

Consiste no processo de solda que afeta as propriedades de uma peça ou de estruturas metálicas, levando a diminuição da resistência mecânica e à corrosão. Essas falhas nas propriedades são causadas por fatores como preparações inadequadas das peças, ajustes incorretos dos equipamentos e parâmetros de soldagem. Portanto, para garantir a qualidade da solda é importante seguir os procedimentos de soldagem e realizá-los de forma correta (LUCA, 2014).

2.2.4. Importância do processo de soldagem

Alusolda (2021) explica que a soldagem está amplamente inserida em uma gama de segmentos industriais em geral, desde componentes mais simples, até máquinas e equipamentos de grande porte que necessitam de uma atenção maior.

Com o crescente avanço tecnológico, novos modelos de máquinas de solda com multifunções estão desempenhando um excelente papel nas indústrias. Por isso, o mercado busca profissionais com conhecimentos e habilidades para atuação no

processo de solda, capazes de desenvolver de maneira correta as análises e aplicação dos processos, a fim de garantir qualidade no produto final.

2.2.5. Tipos de soldagem

De acordo com Alusolda (2021), quando se fala em solda, os três tipos mais conhecidos são os citados a seguir:

- Eletrodo revestido: considerado um processo manual que utiliza um arco elétrico formado pelo contato de um eletrodo metálico com a peça de trabalho, unindo ambos ao mesmo tempo.
- Solda TIG (Tungsten Inert Gas): é um processo de soldagem que utiliza um eletrodo de tungstênio e uma vareta de adição para formar o arco elétrico. É realizado para atividades que necessitam de uma solda de melhor qualidade, com excelente acabamento.
- Solda MIG (Metal Inert Gas): é considerado um processo de soldagem por arco elétrico que utiliza um arame metálico e um gás de proteção para criar uma atmosfera inerte ao redor da poça de fusão. É extremamente versátil e pode ser utilizado para soldar uma grande variedade de metais. A figura 3 mostra a máquina usada para esse tipo de processo.

Figura 3: Máquina de solda inversora da ESAB



Fonte: Alusolda (2022)

2.3 Cilindro Hidráulico

2.3.1. Funcionamento

O cilindro hidráulico é considerado uma parte do sistema hidráulico da máquina, também conhecido pelo nome de atuador mecânico linear, ou seja, que sofre aplicação de uma força realizando movimentos conforme a entrada e saída de fluido (ALUGASOLDA, 2020).

Segundo a empresa Hidrocromo, os cilindros hidráulicos fazem uso de um óleo hidráulico pressurizado, que recebe pressão para exercer movimento de impulso. Durante todo seu funcionamento, ele exerce a mesma força do início ao fim do ciclo de forma contínua. A sua velocidade varia de acordo com o tipo de trabalho realizado, podendo atuar sob compressão ou tração. O cilindro hidráulico é composto por haste, camisa, cabeçotes, êmbolo, vedações, olhais e buchas de guia.

2.3.2. Aplicações

Por ser um equipamento de grande importância nas indústrias, o cilindro hidráulico está inserido em diversas máquinas, como escavadeiras, betoneiras, guindastes e caminhões fora de estrada. O cilindro conta com a aplicação de uma força linear, que permite que o mesmo execute movimentos de elevação, direção ou suspensão da máquina. Devido ao fato de seu sistema hidráulico beneficiar as máquinas móveis, o cilindro tem o potencial de atingir grande escala de aplicação nas próximas décadas (ALUGASOLDA, 2020).

2.4. Recuperação de peças industriais

Segundo a empresa RV Metalúrgica (2019), investir na recuperação de peças industriais é mais vantajoso se comparado com a compra de peças novas. Por meio do processo de recuperação, é possível reaproveitar as peças, obtendo uma nova vida útil e garantindo um desempenho com grande qualidade e resultados satisfatórios dentro da empresa, possibilitando que a mesma ganhe destaque na produção e no mercado de trabalho.

É fundamental estar com a manutenção dos equipamentos em dia, uma vez que, com o alto nível de esforços a que são submetidos, as peças têm a tendência de apresentar desgastes e defeitos ao longo do tempo. Dessa maneira, o serviço de recuperação deve ser realizado. O processo requer uma limpeza e uma avaliação das peças e das máquinas já existentes, com o propósito de se ter uma nova vida útil,

evitando que essas peças sejam descartadas e inutilizadas. Além disso, é preciso ter um time de profissionais habilitados e capacitados para operar as máquinas nos diversos serviços.

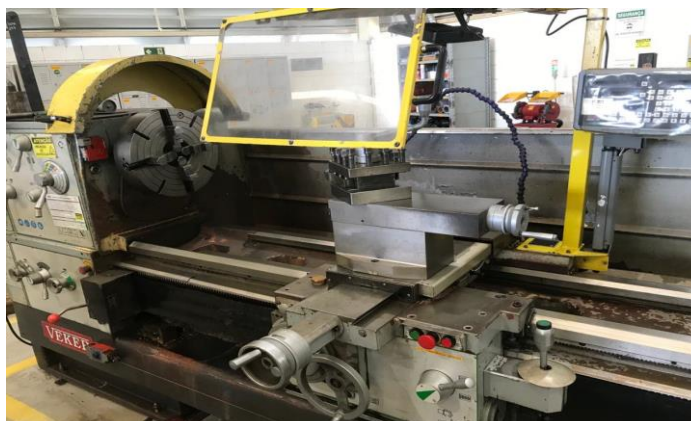
3. Metodologia

O presente trabalho é classificado como uma pesquisa de campo quali-quantitativa, cuja base é o estudo aplicado em uma empresa de grande porte, situada em Matias Barbosa (MG), que atua no mercado de mineração, nos serviços de terraplanagem, na operação e na implantação de minas e transporte de materiais. Atualmente a empresa (manutenção central) possui aproximadamente duzentos funcionários. A área selecionada para o desenvolvimento do estudo possui treze funcionários da usinagem e dois funcionários da solda e conta com uma quantia de quinze maquinários para realização das atividades.

A usinagem é considerada muito importante dentro da empresa de manutenção central e atua nos serviços de fabricação e recuperação de componentes e máquinas para a mineradora, ajudando no seu desenvolvimento e qualidade, se preocupando com o meio ambiente e principalmente buscando trazer segurança aos funcionários. Por ser uma área que está crescendo no mercado, a empresa está sempre buscando melhorias em seus processos.

O estudo foi realizado utilizando como referência um torno convencional Veker (TVK – 32120ECO) de seis metros de comprimento, conforme a figura 4 a seguir. Essa máquina possui proteções para que o operador realize as atividades com segurança, seguindo a Norma Regulamentadora NR12 – Proteções de máquinas e equipamentos.

Figura 4: Torno mecânico Veker



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para o processo de solda, foi utilizada uma máquina de solda inversora da ESAB, juntamente com um alimentador de arames e cabos de engate rápido, proporcionando baixo consumo de energia e mais praticidade nas atividades com solda. No processo de usinagem, foram utilizadas três ferramentas para recuperação do cabeçote traseiro: um inserto de metal duro TNMG 160408 para o desbaste na região do componente, um inserto TNMG 160404 para o acabamento e outro inserto de metal duro ZCC RT 16.01W para realização da rosca externa do componente. No êmbolo, foram usadas três ferramentas de metal duro para usinagem completa, são elas: um inserto de metal duro TNMG 160408 para o desbaste no componente, outro inserto TNMG 160404 para o acabamento e, por último, um inserto RDMX 1003 para realização dos canais de lubrificação, facilitando a retirada de material com a ferramenta de corte e obtendo uma usinagem com melhor qualidade. A figura 5 mostra todas as ferramentas usadas durante o processo de recuperação dos componentes do cilindro hidráulico de suspensão.

Figura 5: Ferramentas de corte em estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os componentes em estudo limitam a capacidade do operador, sendo assim, durante toda movimentação dessas, foram utilizados sistemas de fixação, cintas e talhas para içamento, proporcionando segurança para os funcionários da empresa.

4. Análise dos resultados

4.1. CMR (Controle de Manutenção e Reparo) do cilindro de suspensão

O cilindro de suspensão atua na função de amortecimento do caminhão fora de estrada. Por ser uma máquina considerada robusta que realiza percursos na mineração com baixas velocidades, ela sofre desgaste ao longo de sua operação, com isso, a parada periódica da máquina é obrigatória para não comprometer todo seu funcionamento, evitando danos maiores a sua estrutura. É muito importante que todos os componentes do caminhão estejam em perfeitas condições para que seja possível garantir qualidade e eficiência durante a operação, além de garantir a segurança dos trabalhadores.

Quando ocorre alguma irregularidade no cilindro de suspensão do caminhão, esse passa por um processo de recuperação, que consiste nas etapas descritas a seguir: desmontagem do equipamento (no próprio local das obras de mineradora); transporte do componente até a central de manutenção; avaliação de todas as peças do componente do cilindro; identificação do código do componente e descrição das atividades a serem realizadas através do setor de programação; e, por fim, realizado o envio dessas atividades para os profissionais dos setores de cilindro hidráulico, usinagem e solda. Todo esse sistema é denominado de Controle de Manutenção e Reparo (CMR), que tem o intuito de atribuir as ordens de serviço para todas as áreas da central de manutenção, com objetivo de monitorar e controlar o tempo de reforma dos componentes e das máquinas. Nesse sistema, utiliza-se um tablet em que consta o nome do equipamento, a descrição da atividade a ser realizada, o código do equipamento, a data de envio das ordens de serviço e, por fim, quatro funções de extrema importância que controlam a execução do processo como um todo, quais sejam:

- Botão iniciar: permite que o funcionário inicie a atividade.
- Botão parcial: permite interromper o processo, que pode ser retomado a qualquer momento. O tempo de execução permanece exposto no canto superior do tablet.
- Botão finalizar: tem a função de finalizar a atividade que está sendo realizada, além de contabilizar o tempo total de operação.

- **Movimentação:** permite realizar a transferência de atividades de um setor para o outro. Nesta interface, é inserida a descrição da atividade e para qual área essa deve ser destinada.

4.2. Etapas do processo de recuperação do cilindro de suspensão dianteira

Durante a operação e funcionamento do caminhão fora de estrada 730E, os componentes do cilindro de suspensão dianteira que estão mais sujeitas ao desgaste e danificação são: cabeçote traseiro e êmbolo, cujos procedimentos de recuperação encontram-se descritos a seguir:

4.2.1. Cabeçote traseiro

O cabeçote traseiro é um componente que tem a função de fechar a camisa do cilindro e também de limitar o movimento do êmbolo, atuando como um fim de curso do cilindro. É nele que se encontra o sistema de alimentação da suspensão, ou seja, toda entrada e saída de fluido hidráulico que é controlada.

4.2.1.1. Processo de Desbaste

O diâmetro externo do cabeçote sofre desgaste na ponteira da rosca, conforme indicado pela seta da figura 6. Dessa forma, a sua recuperação é realizada. A etapa consiste no desbaste de quatro milímetros do diâmetro externo da rosca, realizado com uma ferramenta de corte. Além disso, é feito o teste de trinca através do líquido penetrante na região demarcada, evidenciado no círculo da figura 6. Caso haja aparecimento de trincas, é realizado a retirada da solda e feito um novo enchimento de solda na região. Caso não haja trincas, o processo de recuperação segue normalmente. Vale destacar ainda que todo o processo é feito no torno mecânico por um profissional da área, utilizando talha, cintas e sistema de fixação.

Figura 6: Cabeçote com a ponteira da rosca danificada



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.2.1.2. Processo de solda

O cabeçote é destinado para o setor de solda com a finalidade de realizar a aplicação de três camadas de solda MIG com arame cobreado na região cilíndrica da peça, de forma contínua e no sentido horizontal, conforme figura 7. Para esse processo de solda a região deve estar limpa e seca, a fim de evitar qualquer tipo de contaminação na peça, se necessário, fazer o uso de um removedor de óleo e graxa. Toda essa movimentação de peças é controlada através dos programadores da oficina, que disponibilizam no tablet o serviço que será realizado.

Figura 7: Aplicação da solda



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.2.1.3. Processo de acabamento

O processo de acabamento consiste na usinagem final da ponteira do cabeçote de acordo com as medidas de projeto. Essa recuperação possui um processo de rosqueamento que é ajustado através da porca de calibração. Outra atividade que é realizada no cabeçote é o furo com uma broca para o travamento da porca, conforme a figura 8. Finalizado o processo, o componente é destinado para o setor de avaliação com a finalidade de conferência das medidas.

Figura 8: Usinagem de acabamento da ponteira do cabeçote



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.2.2. Êmbolo

O êmbolo tem a função de guia da haste para o deslizamento na camisa do cilindro. Ele deve ser fabricado ou recuperado com material de bronze, pois este material possui boa resistência mecânica, evitando danos ou imperfeições no diâmetro interno da camisa do cilindro e, conseqüentemente, a ocorrência de vazamentos.

4.2.2.1. Processo de desbaste

Primeiramente, o êmbolo é fixado no torno mecânico através de uma cinta e talha, toda etapa requer bastante segurança e atenção do profissional. O processo ocorre com a retirada de dois milímetros de material do seu diâmetro externo com uma ferramenta de corte, conforme figura 9.

Figura 9: Usinagem do êmbolo para preenchimento de solda



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.2.2.2. Processo de solda

O processo de solda é o processo em que é aplicado a solda MIG com arame de bronze no sentido horizontal da peça, como mostra a figura 10. Essa etapa é realizada no setor de solda apropriado, que deve ser isento de ventilação, mantendo a região limpa e seca, para evitar possível contaminação.

O preenchimento é realizado com três camadas de solda na região cilíndrica da peça, evitando possíveis falhas no momento da usinagem e retrabalho. É um processo manual que requer bastante habilidade do funcionário.

Figura 10: Aplicação da solda de bronze



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.2.2.3. Processo de acabamento

Na última etapa, é realizada a usinagem final de acabamento, juntamente com a execução dos canais de lubrificação conforme as medidas especificadas pelo projeto, de acordo com a figura 11. Por ser macio, a usinagem realizada no material de bronze possui uma melhor capacidade de acabamento com a ferramenta de corte, facilitando o deslizamento do material na camisa do cilindro.

Figura 11: Usinagem final do êmbolo



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.2.3. Processo de montagem dos componentes do cilindro

Os componentes do cilindro de suspensão dianteira, depois de recuperados, são destinados para o setor de montagem, onde é feita toda análise e conferência das

medidas. Em seguida, ocorre a montagem de suas vedações, de seus componentes e realização do teste sem carga. Todo esse processo de teste é realizado na máquina de cilindro que possui proteções ao redor, com intuito de proteger o operador e os demais funcionários que circulam pela área. Estando todos os itens em perfeitas condições, o cilindro de suspensão dianteira é designado para o setor da pintura, proporcionando um excelente aspecto e uma boa imagem do equipamento, como mostra a figura 12.

A montagem do cilindro de suspensão dianteira ocorre nas obras de mineradora por profissionais utilizando sistemas de içamento de cargas.

Figura 12: Cilindro de suspensão dianteira 730E montado



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.3. Vantagens do processo de recuperação do cilindro de suspensão dianteira

A seguir são listadas algumas vantagens importantes do processo de recuperação do cilindro pelo método de usinagem:

- Uma nova vida útil é adquirida para o componente;
- Reduz custos comparado com a compra de novos componentes;
- Promove eficiência na sua produção;
- É um processo que atende diversos tipos de peças;
- É um ótimo investimento;

- Permite menor tempo de entrega, evitando custos adicionais;
- Proporciona um ganho de conhecimento para os profissionais responsáveis pelo processo de recuperação de peças;

Os tópicos a seguir apresentam o tempo médio gasto e os custos de recuperação do cilindro de suspensão.

4.3.1. Tempo médio gasto

A tabela 1 a seguir apresenta o tempo médio gasto para a execução de cada etapa do processo de recuperação do cilindro de suspensão dianteira do caminhão fora de estrada modelo 730E, incluindo as atividades realizadas nos setores de usinagem e solda. As três etapas são citadas a seguir:

- Usinagem de desbaste;
- Aplicação da camada de solda;
- Usinagem de acabamento acompanhando as medidas de projeto;

Tabela 1: Tempo médio para as etapas de recuperação do Cilindro de suspensão dianteira 730E

Componentes	Usinagem de desbaste (horas:min)	Aplicação da solda (horas:min)	Usinagem de acabamento (horas:min)	Tempo total de reforma (horas:min)
Cabeçote traseiro	03:30	05:00	04:30	13:00
Êmbolo	05:00	20:30	06:30	32:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os dados da tabela 1 foram coletados através do sistema de CMR (Controle de Manutenção e Reparo), com o qual foi contabilizado o tempo de início até o término das atividades realizadas nos componentes.

No período de janeiro até dezembro do ano de 2022, foram recuperados 9 cilindros de suspensão dianteira 730E, ou seja, 18 componentes de cabeçote e êmbolo que foram destinados para os setores de usinagem e solda, com o objetivo de recuperar os componentes danificados e ao mesmo tempo controlar o tempo para cada etapa de recuperação.

4.3.2. Custos

Os custos de reforma dos componentes são apresentados a seguir de acordo com a tabela 2, que consta as informações de valores do HHT (Homem Hora trabalhada), dos arames para o processo de solda e das ferramentas utilizadas durante a usinagem.

Tabela 2: Custo médio de reforma dos componentes do cilindro de suspensão dianteira 730E

Componentes	Homem Hora Trabalhada (HHT)	Custo dos arames	Custo das ferramentas	Custo do componente recuperado	Custo do componente novo	Porcentagem do componente recuperado em relação ao novo
Cabeçote traseiro	R\$236,00	R\$3855,00	R\$900,00	R\$4991,00	R\$20000,00	24,95%
Êmbolo	R\$582,00	R\$5495,00	R\$1700,00	R\$7777,00	R\$15000,00	51,84%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

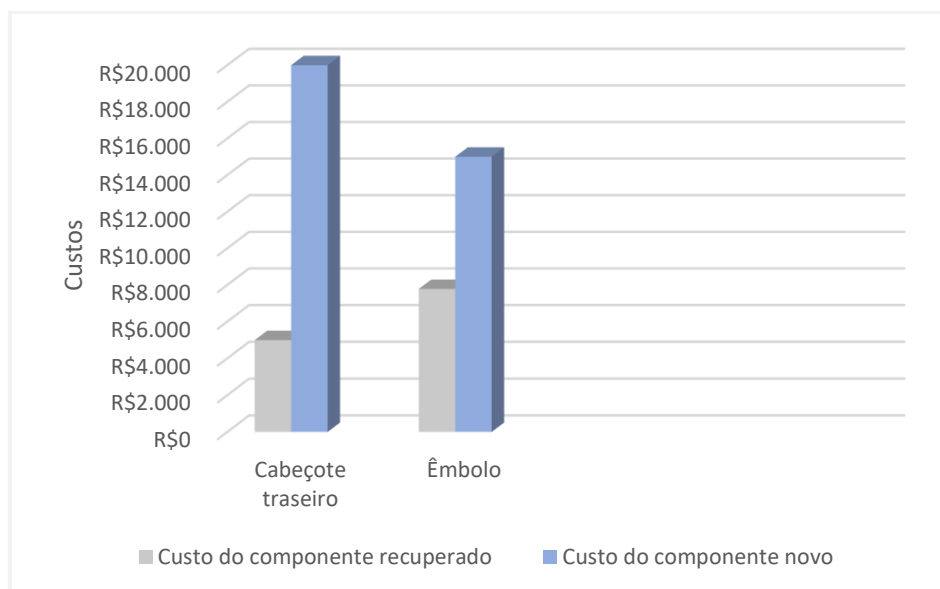
De acordo com a tabela 2, os valores informados seguiram as seguintes etapas:

- Homem Hora Trabalhada (HHT): o cálculo realizado teve como referência o salário médio de um profissional da área da tornearia e um soldador.
Salário médio / 220 (quantidade de horas mensais trabalhadas) = HHT x tempo total de reforma do componente.
- Custo dos arames: consiste na utilização de ½ carretel de arame cobreado (AWS ER70S-6) para o enchimento do cabeçote traseiro e dois carretéis de arame de bronze (Steel A92) para o enchimento do êmbolo, conforme descrito na tabela. A compra desses materiais é feita com fornecedores da empresa em estudo.
- Custo das ferramentas: os valores das ferramentas variam entre os fornecedores, logo, para a recuperação do cabeçote traseiro e do êmbolo fez-se uso de suportes adequado para a máquina, com insertos de metal duro.

Diante de todos os valores apresentados na tabela, foi realizado o somatório dos itens, que permitiu a obtenção do custo médio para os componentes recuperados.

A figura 13 a seguir mostra um gráfico comparativo das reformas feitas nos componentes do cilindro de suspensão dianteira 730E do caminhão fora de estrada. Os dados foram extraídos da empresa em estudo.

Figura 13: Comparativo de custos dos componentes do cilindro de suspensão 730E



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Através da análise dos dados, foi possível observar que os custos totais obtidos com a recuperação dos componentes são extremamente reduzidos quando comparado com os custos dos componentes novos. Esses resultados positivos foram alcançados graças a uma boa gestão de reparos de equipamentos fornecida pela central de manutenção, aliada a realização periódica de controle de operação e gastos com a execução do processo de recuperação.

As compras realizadas para componentes novos se dão por meio de importações da Komatsu, empresa de origem japonesa que trabalha na fabricação e distribuição mundial de máquinas e componentes de grande porte. Dessa forma, obter um componente novo dessa empresa demora em média 100 dias, o que pode gerar atrasos e prejuízos para a central de manutenção e conseqüentemente para as obras de mineração.

Todo cilindro de suspensão montado na máquina tem que funcionar no mínimo oito mil horas, abaixo disso, o cilindro entra no processo de AFA (Análise de Falhas), em que é feita uma investigação, que necessita de uma perfeita comunicação entre as partes envolvidas para identificar o real motivo da quebra ou falha do cilindro e

quais ações serão tomadas para solucionar o problema. Essa etapa é muito importante e deve ser analisada e discutida com bastante atenção, evitando possíveis próximas intervenções e garantindo que o componente esteja adequado para a máquina de forma segura.

5. Considerações finais

Através da pesquisa realizada, foi possível notar que um bom acompanhamento dos processos de recuperação dos componentes do caminhão fora de estrada é de grande importância, pois permite melhorar a produtividade e reduzir os custos de operação associados a esta atividade. Os componentes de um cilindro hidráulico de suspensão são de extrema importância para as máquinas de mineração, sendo responsáveis pela absorção dos impactos dos pneus no pavimento irregular das obras, logo, eles devem estar em perfeitas condições para realização de trabalho de forma adequada e segura.

A metodologia utilizada no presente estudo abordou técnicas importantes para o processo de recuperação dos componentes, mostrando que usinagem e solda podem estar unidas para a realização das atividades de maneira consistente, permitindo obter peças de qualidade com o devido acompanhamento do processo de execução para controle de todo ciclo de recuperação.

O tempo requerido no processo de recuperação dos componentes do cilindro é relativamente baixo, logo, torna o processo ágil e eficiente, levando a resultados satisfatórios, tanto na etapa de desbaste quanto na etapa de solda e usinagem de acabamento dos componentes. A partir do tempo total de execução dos processos, foi possível determinar os valores de recuperação para os dois componentes do cilindro de suspensão, que consistiram em custos baixos quando comparados aos custos associados à compra de novos componentes direto da fábrica.

Dessa forma, a recuperação dos componentes através da usinagem e da solda está sendo aplicada em diversas indústrias de manutenção e reforma, com o objetivo de dar uma nova vida útil para as peças em geral. Portanto, todo processo de recuperação realizado na empresa é considerado marcante e, com o avanço da tecnologia, a tendência é realizar o aprimoramento a cada dia das máquinas, ferramentas e das operações, garantindo qualidade, segurança, confiança e bom desempenho das peças e, conseqüentemente, da máquina.

Referências

AECWEB - REVISTA DIGITAL, 2018. *Caminhão fora de estrada: transporte de carga pesada com bom custo*. Disponível em:

<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/caminhao-fora-de-estrada-transporte-de-carga-pesada-com-bom-custo/17143>. Acesso em: 06 de março de 2023.

ALUGASOLDA, 2020. *Você sabe como funciona um cilindro hidráulico?* Disponível em: <https://www.alugaasolda.com.br/voce-sabe-como-funciona-um-cilindro-hidraulico/>. Acesso em: 07 de novembro de 2022.

ALUSOLDA, 2021. *O que é soldagem: Entenda agora!* Disponível em: <https://alusolda.com.br/o-que-e-soldagem/>. Acesso em: 04 de novembro de 2022.

EQUILOC - MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2020. *NR12: Entenda o que é, para que serve e qual a importância*. Disponível em :

<https://locadoraequiloc.com.br/blog/nr12/>. Acesso em: 23 de junho 2023.

FERRAMENTAL, 2021. *Usinagem: O que é e qual a importância desse processo?* Disponível em: <https://www.revistaferramental.com.br/artigo/usinagem-o-que-e-qual-a-importancia-desse-processo/>. Acesso em: 11 de setembro de 2022.

HIDROCROMO - HIDRÁULICA E PNEUMÁTICA LTDA. *Cilindro hidráulico: Entenda o que são e quais suas funções*. Disponível em:

<https://www.hidrocromo.com.br/cilindros-hidraulicos-entenda-o-que-sao-e-quais-suas-funcoes/>. Acesso em: 06 de abril de 2023.

IMPACTO CONSULTORIA, 2017. *A arte da usinagem*. Disponível em: <https://impactojr.com/2017/03/26/a-arte-da-usinagem/>. Acesso em: 11 de setembro de 2022.

KRATOCHVIL, F. *Fresamento de acabamento em altas velocidades de corte para eletrodos de grafita industrial*. 2004. 119 f. Dissertação submetida a Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de mestre em Engenharia mecânica, Florianópolis, 2004. Acesso em: 17 de outubro de 2022.

MARQUES, Paulo; MODENESI, Paulo; BRACARENSE, Alexandre. *Soldagem: Fundamentos e tecnologia*. Belo Horizonte: Didática, 2009.

MARTINS, T. *Materiais para Ferramenta de corte – Processos de usinagem*. LinkedIn. 2018. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/materiais-para-ferramenta-de-corte-processos-usinagem-tulio-martins>. Acesso em: 02 de novembro de 2022.

MITSUBISHI. *Catálogo de Ferramentas de Corte 2023-2024*. Tóquio: Mitsubishi Corporation, 2023. Disponível em: <https://www.mmc-carbide.com/br/download/catalog-1>. Acesso em: 31 de maio de 2023.

MITSUBISHI. Catálogo Geral C008Z: Fresas de Topo Inteiriças 2018-2019. Tóquio: Mitsubishi Corporation, 2018. Disponível em: http://www.mitsubishicarbide.com/application/files/1315/1675/4126/catalog_c008z_solid_end_mills.pdf. Acesso em: 31 de maio de 2023.

RV METALÚRGICA, 2019. *Recuperação de peças*. Disponível em: <https://www.rvmetalurgica.com.br/recuperacao-de-pecas-e-dispositivos-industriais/>. Acesso em: 10 de abril de 2023.

SANTOS, A. *Mandrilhamento: O que é e quem utiliza?* JM1: Jornal das Montanhas. 2022. Disponível em: <https://www.jm1.com.br/geral/mandrilamento-o-que-e-e-quem-utiliza.html>. Acesso em: 17 de outubro de 2022.

SILVA, I. *Influência da concentração de nióbio em aços para aplicação com ligante em metal duro*. 2019. 55 f. Monografia (graduação) – Universidade Federal do Rio grande do Norte, Centro de Tecnologia, curso de Engenharia de Materiais. Natal, RN, 2019. Acesso em: 02 de novembro de 2022.

SOUZA, A. *Aplicação de Multisensores no Prognóstico da Vida da Ferramenta de Corte em Torneamento*. 2004. 226 f. Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Mecânica. Florianópolis, 2004. Acesso em: 07 de outubro de 2022.

SOUZA, A. *Estudo da recuperação de peças de ferro fundido nodular por processo de soldagem*. 2018. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Campus Geraldo Werninghaus. Jaraguá Sul, SC, 2018. Acesso em: 08 de setembro de 2022.