

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**ESTUDO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA
PRODUTIVIDADE EM DISPOSITIVOS DE ALIMENTAÇÃO
DE ARAME EM ARCO SUBMERSO**

Ana Teresa Sousa

Edenilson Machado Barros

Pindamonhangaba - SP 2023

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**ESTUDO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA
PRODUTIVIDADE EM DISPOSITIVOS DE ALIMENTAÇÃO
DE ARAME EM ARCO SUBMERSO**

Ana Teresa Sousa

Edenilson Machado Barros

Monografia apresentada à
Faculdade de Tecnologia de
Pindamonhangaba para graduação
no Curso de Tecnologia em
Manutenção Industrial.

Orientador: Me. Amir Rivaroli Junior

Pindamonhangaba - SP 2023

Ficha Catalográfica

S725e Sousa, Ana Teresa.
Estudo da Manutenção Preventiva na Produtividade em Dispositivos de Alimentação de Arame em Arco Submerso / Ana Teresa Sousa; Edenilson Machado Barros / FATEC Pindamonhangaba, 2023.
39f.; il.

Orientador: Professor Me. Amir Rivaroli Junior
Monografia (Graduação) – FATEC – Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. 2023

1. Manutenção Preventiva. 2. Produtividade. 3. Arco Submerso. 4. Soldagem. I. Sousa, Ana Teresa. II. Barros, Edenilson Machado. III. Rivaroli Junior, Amir. IV. Título.

CDD 621

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**“ESTUDO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA
PRODUTIVIDADE EM DISPOSITIVOS DE
ALIMENTAÇÃO DE ARAME EM ARCO
SUBMERSO”.**

**Ana Teresa de Sousa
Edenilson Machado Barros**

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba, para
graduação no Curso Superior de
Tecnologia em Manutenção Industrial.

Comissão Examinadora



Orientador – Prof. Me. Amir Rivaroli Junior



Membro – Prof. Me. Carlos Eduardo Figueiredo dos Santos



Membro – Prof. Me. Marcelo Bergamini de Carvalho

Pindamonhangaba, 23 de junho de 2023.

DEDICATÓRIA

Ana Teresa Sousa

Dedico esta conquista a toda minha família e a Deus por sempre estar ao meu lado me guiando e me ajudando a concluir mais essa jornada na minha vida.

Edenilson Machado Barros

Dedico este trabalho a Deus; sem ele eu não teria capacidade para desenvolver este trabalho. Aos meus pais, a quem agradeço as bases que deram para me tornar a pessoa que sou hoje. A minha esposa Paola Varella Gama Barros e filho Caio Varella Gama Barros, minhas fontes de esforço e ao meu orientador, sem o qual não teria conseguido concluir esta difícil tarefa.

AGRADECIMENTO

Ana Teresa Sousa

A Deus, pela minha vida e por me ajudar a superar todos os obstáculos ao longo do curso. Agradeço a minha família, amigos e a todas as pessoas que me ajudaram na realização deste curso. Sou imensamente grata pela paciência e incentivo. Agradeço ao meu orientador Amir, seu apoio, ideias e orientação foram fundamentais para realização desse trabalho.

Edenilson Machado Barros

Ao meu pai Valnei Machado Barros, a minha esposa Paola Varella Gama Barros, pelo apoio e incentivo, não medindo esforços para que eu realize meus sonhos, e por seu amor e carinho incondicionais. À escola de Fatec Pindamonhangaba, em especial aos professores e colegas que muito contribuíram para a minha formação acadêmica nesses anos de faculdade. Ao meu orientador Prof. Me. Amir Rivaroli Junior, pela oportunidade, apoio e suporte na elaboração deste trabalho.

EPIGRAFE

“O primeiro passo em direção ao sucesso é dado quando você se recusa a ser prisioneiro do ambiente no qual você inicialmente se encontra.”

Mark Caine

SOUSA, A. T.; BARROS, E. M. Estudo da manutenção preventiva na produtividade em dispositivos de alimentação de arame em arco submerso. 39p. Trabalho de Graduação (Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba, 2023.

RESUMO

A manutenção preventiva é um conjunto de medidas tomadas para evitar falhas no funcionamento dos equipamentos e reduzir o tempo de inatividade. Visa prevenir a ocorrência de falhas e problemas. Os equipamentos por exemplo utilizados no processo de soldagem por arco submerso são amplamente empregados na confecção de grandes estruturas e componentes metálicos, sendo a manutenção preventiva nesses equipamentos de extrema importância. O processo de soldagem por arco submerso é um método amplamente utilizado na indústria metalúrgica para realizar soldas em partes metálicas. O objetivo foi analisar através de levantamento de dados as partes que apresentaram maiores desgastes e sua criticidade no processo produtivo, para isso foi realizado o estudo de uma máquina utilizado na confecção de peças cilíndricas de alta complexidade. Foram levantados junto a manutenção num período de 6 meses a um ano quais componentes apresentaram maior desgaste ou substituição no conjunto de alimentação de arame de soldagem a arco submerso e quais influências tiveram na produtividade e na qualidade da solda. Foram estudados o condutor de passagem de corrente, roldanas guia, roldana recartilhada e motor alimentador. Pode -se perceber a importância da manutenção preventiva, vários defeitos podem ser evitados com uma manutenção preventiva, como parada de máquina, soldagem irregular, falta de estabilização do arame, falta de penetração, entre outros. A falta de manutenção pode causar diversas falhas, apesar de gerar um gasto, como as peças produzidas normalmente são extrema importância, uma economia a médio e longo prazo pode ser percebida, principalmente na parte de retrabalho e produtividade.

Palavras chaves: manutenção preventiva, produtividade, arco submerso, soldagem.

BARROS, E. M; SOUSA, A. T. Study of preventive maintenance in productivity in submerged arc wire feeding devices. 39p. Graduation Project (Technology Course in Industrial Maintenance). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba, 2023.

ABSTRACT

Preventive maintenance is a set of measures taken to avoid equipment malfunctions and reduce downtime. It aims to prevent the occurrence of failures and problems. The equipment for example used in the process of welding by submerged arc are widely used in the manufacture of large structures and metal components, being the preventive maintenance in these equipment of extreme importance, The process of welding by submerged arc is a method widely used in the metallurgical industry to perform welds on metal parts. The objective was to analyze through data collection the parts that presented greater wear and their criticality in the production process, for this was carried out the study of a machine used in the manufacture of cylindrical parts of high complexity. It was surveyed along with the maintenance in a period of 6 months to a year which components presented greater wear or replacement in the submerged arc welding wire feed assembly and which influences had on the productivity and quality of the weld. The conductor of chain passage, guide pulleys, reprimed pulley and feeder motor were studied. One can realize the importance of preventive maintenance, several defects can be avoided with preventive maintenance, such as machine stoppage, irregular welding, lack of wire stabilization, lack of penetration, among others. The lack of maintenance can cause several failures, although it generates an expense, as the parts produced are usually extremely important, a saving in the medium and long term can be perceived, especially in the part of rework and productivity.

Keywords: preventive, maintenance, productivity, submerged arc, welding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Solda MIG e solda TIG.....	22
Figura 2: Sistema de soldagem a arco submerso..	23
Figura 3: Máquina de soldagem a arco submerso em operação	24
Figura 4: Sistemas de classificação de arame fluxo	25
Figura 5: Condutor de passagem de arame.....	27
Figura 6: Roldania Guia	27
Figura 7: Roldana Recartilhada.....	28
Figura 8: Motor alimentador de Arame.....	28
Figura 9: Motor Alimentador de Arame.....	30
Figura 10: Motor Alimentador de Arame.....	30
Figura 11: Condutor Novo.....	32
Figura 12: Condutor Usado.....	32
Figura 13: Roldana Guia Nova.....	33
Figura 14: Roldana Guia danificada.....	33
Figura 15: Recartilhada Nova	35
Figura 16: Recartilhada Desgastada	35

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Resumo dos problemas apresentados e soluções propostas.....	36
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. PROBLEMA	14
1.1. OBJETIVOS	14
1.1.1. Objetivo geral	14
1.1.2. Objetivos específicos	14
1.2. JUSTIFICATIVA	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. TIPOS DE MANUTENÇÃO	15
2.1.1. Manutenção Preventiva	15
2.1.2. Manutenção corretiva	17
2.1.3. Manutenção preditiva	19
2.2. Processos de soldagem convencional	21
2.2.1. Soldagem por Arco Submerso	22
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Motor alimentador do arame	3030
4.2. Condutor de Passagem de Arame	31
4.3. Roldanas Guia	33
4.4. Roldanas Recartilhadas	34
5. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

A manutenção preventiva é um conjunto de medidas tomadas para evitar falhas no funcionamento dos equipamentos e, conseqüentemente, reduzir o tempo de inatividade. Através dela, é possível identificar e corrigir possíveis problemas antes que causem grandes danos, gerando benefícios tanto para o equipamento quanto para a empresa.

A manutenção preventiva é uma estratégia de manutenção que visa prevenir a ocorrência de falhas e problemas em equipamentos e máquinas, por meio da realização de atividades de inspeção, lubrificação, ajustes e reparos preventivos programados. Essas atividades são realizadas de forma periódica e com base em um plano de manutenção, para garantir que os equipamentos estejam sempre operando em condições ideais (BANZATTO, 2016).

Dentre os principais efeitos da manutenção preventiva, destaca-se a melhoria da produtividade. Isso acontece porque, ao minimizar as paradas para manutenção corretiva, é possível aumentar a disponibilidade dos equipamentos, evitando a interrupção do processo produtivo e otimizando o tempo de produção.

Além disso, a manutenção preventiva ajuda a prolongar a vida útil dos equipamentos, reduzindo o custo de reposição e manutenção corretiva. Também pode prevenir acidentes e riscos à saúde e segurança dos trabalhadores, o que favorece as condições de trabalho e a redução de custos com indenizações.

O processo de soldagem por arco submerso é um método amplamente utilizado na indústria metalúrgica para realizar soldas em partes metálicas. Ele consiste em criar um arco elétrico entre um consumível de arco submerso (geralmente um fio contínuo) e a peça a ser soldada.

Os equipamentos por exemplo utilizados no processo de soldagem por arco submerso são amplamente empregados na confecção de grandes estruturas e componentes metálicos e por ser facilmente automatizado a manutenção preventiva nesses equipamentos são de extrema importância, principalmente para se garantir alta produtividade, excelência no processo de soldagem e confiabilidade nos conjuntos. Os dispositivos de alimentação do arame nesse processo é um dos parâmetros que ajudam a manter a soldagem confiável.

O presente trabalho buscou estudar o efeito da manutenção preventiva nos dispositivos de alimentação, visando determinar quais componentes ou peças

apresentam maior desgaste e quais necessitam de estoque de reposição e influenciam diretamente na qualidade e na produtividade desse tipo de soldagem.

1.1. PROBLEMA

A soldagem por arco submerso pertence em alguns setores, uma das áreas estratégicas da produção. A falta de produtividade e confiabilidade pode gerar perdas consideráveis no meio produtivo. A falta de manutenção ou compreensão das partes críticas do equipamento podem favorecer a um aumento considerável nos custos produtivos, seja por paradas não programadas, necessidades de retrabalhos, entre outras situações. A compreensão das partes do equipamento e suas necessidades de manutenção pode minimizar esses problemas e são de extrema importância para otimizar a produção.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

O objetivo foi analisar através de levantamento de dados as partes do equipamento que apresentam maiores desgastes e sua criticidade no processo produtivo.

1.1.2. Objetivos específicos

- Descrever os tipos de manutenções empregados no equipamento;
- Discutir sobre os efeitos da implantação de manutenção preventiva na produtividade do equipamento submerso.

1.2. JUSTIFICATIVA

Melhorar as condições operacionais do equipamento de arco submerso, determinar as partes críticas para funcionamento e determinar a importância da manutenção preventiva.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os tipos de manutenção são classificados pela forma como é executada a intervenção no sistema. A seguir estão relacionadas as principais formas de manutenção utilizadas, sendo: corretiva, preventiva e preditiva. (NOBREGA, 2015).

Existem basicamente três tipos de manutenção, e conhecer seus objetivos e processos torna possível a antecipação das necessidades de intervenção em cada tipo de equipamento, aumento da vida útil dos equipamentos e componentes, bem como maior oferta de segurança aos trabalhadores do local. E, a análise correta do profissional de manutenção é de suma importância para que a vida útil do equipamento seja prolongada caso a manutenção seja cumprida adequadamente.

Inicialmente, a manutenção era puramente corretiva, preocupava-se em pôr a máquina ou equipamento novamente em funcionamento, e não em evitar a parada ou a quebra da mesma, a ideia era simples, arrumar após a quebra, entretanto, com o desenvolvimento dos processos industriais, surgiu a necessidade de se estabelecer práticas de prevenção (DENIS, 2009).

2.1.1. Manutenção Preventiva

A manutenção quando é tratada de forma estratégica reflete diretamente no aumento da confiabilidade dos ativos físicos e da qualidade do produto. Segundo dados da Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN, em 2009 as empresas investiram cerca de 14,4% do PIB brasileiro no setor de manutenção, é um valor expressivo e que demonstra a importância do setor dentro das organizações (REIS; DENARDIN; MILAN, 2015).

Há diferenças entre os mercados de consumo e de produtos industriais, pois os primeiros são adquiridos para consumo próprio e da família já o segundo envolve uma análise mais detalhada na hora da compra, pois geralmente é uma negociação mais racional. Segundo Carreteiro; Belmiro (2015), primeiramente o conceito de mercado estava ligado ao lugar físico, aonde os vendedores e compradores se encontravam para realizar as transações, “mercado é um grupo de compradores reais e potenciais de um produto”.

Sendo assim o mercado tem necessidades e desejos específicos para cada atividade, deste modo o tamanho do mercado varia de acordo com a quantidade que tem necessidade, desejos e recursos para realizar trocas.

O setor de manutenção prioriza desde o planejamento até a execução dos trabalhos, com o propósito de manter a funcionalidade dos equipamentos e atender aos pedidos dos clientes. Segundo Carreiro; Belmiro (2016) a manutenção preventiva constitui-se em programar e planejar regulagens, ajustes ou substituições de componentes de acordo com tempos determinados. É um tipo de manutenção bastante utilizada pelas empresas, engloba cronogramas de paradas para a troca de elementos avariados, inspeção geral da máquina utilizando-se das recomendações do fabricante ou pelo histórico de paradas produtivas.

A manutenção preventiva é um conjunto de atividades que visam prevenir falhas e minimizar as chances de paradas não programadas em equipamentos e máquinas, garantindo que estes estejam sempre operando em plena capacidade e com segurança. Essas atividades incluem inspeções regulares, lubrificação, ajustes e substituição de peças conforme o desgaste natural (ALMEIDA, 2015).

A manutenção preventiva é importante porque, além de prevenir a paralisação das atividades da empresa, ela também garante que os equipamentos estejam operando de forma eficiente, reduzindo custos de manutenção e aumentando a vida útil dos equipamentos. Além disso, a manutenção preventiva pode ajudar a garantir a segurança dos trabalhadores, pois identifica e corrige potenciais problemas antes que eles possam causar acidentes (AMORIM, 2017).

Melhoria da eficiência dos equipamentos: Com a manutenção preventiva, os equipamentos são inspecionados e ajustados regularmente, o que pode ajudar a melhorar sua eficiência e desempenho. Isso pode permitir que a produção ocorra de forma mais rápida e eficiente, aumentando a produtividade geral da empresa (BORLIDO, 2017).

O autor Pereira (2019), destaca que a principal diferença entre a manutenção corretiva e a preditiva é a capacidade de detectar o reparo, resultando assim num menor impacto sobre a produção, gerando menor custo. Enquanto a manutenção corretiva eleva o tempo de produção perdido, gera um custo elevado. E considerando o modelo atual de produção, onde diversas plantas operam em turnos alternados de funcionário, porém sem parada das máquinas, a manutenção deve antever ao máximo qualquer imprevisto.

Para esse método de manutenção deve-se considerar alguns pontos como:

1. Como definir em quais equipamentos deverá ser utilizada;
2. Custos de manutenção;
3. Custo da máquina parada;
4. A verificação de recursos materiais e humanos que serão aplicados na intervenção.

2.1.2 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva surgiu da necessidade de reparar determinado equipamento que estava em funcionamento e quebrou. Esse tipo de manutenção não é muito desejado devido ao fato que a máquina fica indisponível por paradas imprevistas e que podem gerar perdas no processo. As empresas adotam indicadores para evitar o uso da manutenção corretiva em equipamentos que possam vir a parar e influenciar em toda planta operacional. A manutenção corretiva (CM) envolve a substituição ou reparo do equipamento após sua falha. Em resposta à falha do equipamento, as tarefas de CM identificam a falha (pode ser um componente do equipamento ou item do equipamento) e retificam a falha para que o equipamento possa ser reintegrado e a produção da instalação restaurada. As tarefas de CM são priorizadas para que as tarefas de alta prioridade que podem estar relacionadas à segurança ou que afetam a produção sejam tratadas primeiro (MMA, 2016).

A CM é geralmente de baixo custo porque geralmente pode ser executado com menos recursos e infraestrutura de manutenção, incluindo ferramentas, tecnologias e experiência. A consequência, no entanto, é que ele é ineficiente e, a longo prazo, pode ser muito caro, porque as falhas geralmente resultam em eventos catastróficos, o que significa que há mais danos que precisam ser reparados e, portanto, os MTTRs são mais longos. A CM também não se concentra na causa raiz da falha do equipamento e, portanto, o MTBF será muito menor do que com a manutenção proativa. Em outras palavras, haverá muitas falhas repetidas (RUNGE; DUARTE, 2015).

De acordo com Nobrega (2015) o processo é iniciado quando um problema adicional é descoberto durante uma ordem de serviço separada. Por exemplo, durante um reparo de emergência, como parte de uma inspeção de rotina ou no processo de realização de manutenção preventiva, um técnico identifica outro problema que precisa ser corrigido antes que outros problemas ocorram.

A manutenção corretiva, juntamente com uma boa prevenção, ajuda uma empresa a estender a vida útil de seus ativos, reduzir lesões de funcionários e otimizar

o planejamento de recursos. As ordens de serviço geralmente são mais baratas de implementar do que as ordens de serviço de manutenção de emergência podem precisar ser concluídas durante as horas extras (MMA, 2016).

A manutenção corretiva desempenha um papel importante no escopo de serviços em uma empresa, complexo residencial ou configuração de fábrica. Os técnicos que podem encontrar e identificar problemas potenciais antes que se tornem uma emergência podem economizar muito dinheiro para a empresa. Para maximizar os benefícios do processo, forneça treinamento e educação para técnicos de manutenção e supervisores sobre que tipos de coisas devem ser observadas enquanto estão prestando serviços de manutenção preventiva ou de emergência (RUNGE; DUARTE, 2015).

A maior diferença é que a manutenção de avarias funciona em equipamentos que não estão operacionais. Nobrega (2015) mostra que a manutenção corretiva ocorre no equipamento que ainda está funcionando até certo ponto, mas não funcionará na capacidade ideal sem que a manutenção seja realizada.

De acordo com Nobrega (2015) a manutenção corretiva é reativa por natureza. Cada vez que um produto ou sistema falha, o reparo ou restauração deve seguir para restaurar sua operabilidade. As etapas a seguir constituem manutenção corretiva:

- Uma vez detectada a falha, ela deve ser confirmada. Se a falha não for confirmada, o item geralmente é devolvido ao serviço. Este problema não encontrado leva a uma considerável perda de tempo a um custo significativo. Também envolve carregar um estoque desnecessariamente grande o tempo todo;
- Se a falha for confirmada, o item é preparado para manutenção e o relatório de falha é concluído;
- A localização e o isolamento de uma peça com defeito na montagem é a próxima etapa natural na manutenção corretiva;
- A peça com falha é removida para descarte ou reparo. Se descartada, uma nova peça é instalada em seu lugar. Exemplos de peças e conexões reparáveis incluem conexões quebradas, uma placa de circuito aberta em um PCB ou uma solda fraca;
- O item pode ser remontado, realinhado e ajustado após o reparo. É verificado antes de ser colocado novamente em uso.

A principal desvantagem desse procedimento de manutenção é a quantidade inerente de incerteza associada a ele. Da mesma forma, o procedimento é

extremamente reativo por natureza, capaz de interromper uma operação inteira devido a uma única falha em uma única máquina sob condições extremas (geralmente levando a um gargalo severo e perda de produtividade).

2.1.3. Manutenção preditiva

Para a implantação da manutenção preditiva o investimento é alto e exige pessoal capacitado, compra de instrumentos e softwares. A continuidade operacional é a principal característica da confiabilidade nas plantas industriais, ou seja, significa a diminuição de paradas não programadas. A manutenção industrial deixou de ser um trabalho de ações corretivas e sim uma técnica para garantir que os equipamentos fiquem disponíveis na maior parte do tempo de produção.

Para isso, é preciso inspecionar sobre a possibilidade de ocorrência de que um defeito, situação em que um elemento que está com características de funcionamento diferentes do modelo, seja detectado antecipadamente antes de evoluir para um defeito. Isso pode impedir a operação do equipamento, impactando na produção resultante da planta, ou seja, produtos com qualidade comprometida. (RUNGE; DUARTE, 2015).

O objetivo da manutenção preditiva é a capacidade de primeiro prever quando a falha do equipamento pode ocorrer (com base em certos fatores), seguido pela prevenção da falha por meio de manutenção corretiva e programada regularmente.

A manutenção preditiva não pode existir sem o monitoramento de condição, que é definido como o monitoramento contínuo das máquinas durante as condições do processo para garantir o uso ideal das máquinas. Existem três facetas de monitoramento de condição: online, periódico e remoto. O monitoramento de condição online é definido como o monitoramento contínuo de máquinas ou processos de produção, com dados coletados em velocidades críticas e mudanças nas posições do fuso (“Monitoramento de Condições de Máquinas Rotativas”, Istec International) (RUNGE; DUARTE, 2015).

Além disso, a manutenção preventiva não exige o componente de monitoramento de condição que a manutenção preditiva exige. Por não exigir monitoramento das condições, um programa de manutenção preventiva não envolve tanto investimento de capital em tecnologia e treinamento. Por último, muitos programas de manutenção preventiva precisam de coleta e análise manual de dados (SILVA, 2014).

Almeida (2015) mostra que enquanto a manutenção preventiva é determinada usando o ciclo de vida médio de um ativo, a manutenção preditiva é identificada com base em condições predefinidas e predeterminadas de peças específicas do equipamento, utilizando diferentes tecnologias. A manutenção preditiva também requer mais investimentos em pessoas, treinamento e equipamentos do que a manutenção preventiva, mas a economia de tempo e custos será maior no longo prazo.

Conforme mencionado, as vantagens da manutenção preditiva são enormes do ponto de vista de economia de custos e incluem a minimização do tempo de inatividade planejado, maximizando a vida útil do equipamento, otimizando a produtividade dos funcionários e aumentando a receita (Immerman, "The Impact of Predictive Maintenance on Manufacturing"). Outra vantagem da manutenção preditiva é sua capacidade de transformar uma equipe de manutenção e uma organização, pois a implementação do PdM permite que os gerentes de ativos melhorem os resultados e equilibrem melhor as prioridades, como lucratividade e confiabilidade (SILVA, 2014).

Uma das principais desvantagens da manutenção preditiva é a quantidade de tempo que leva para avaliar e implementar um cronograma de PdM. Como a manutenção preditiva é uma iniciativa complexa, o pessoal da fábrica deve ser treinado não apenas para usar o equipamento, mas também para interpretar a análise (ou dados) (RUNGE; DUARTE, 2015).

Para ser realizada a manutenção preditiva, diversas análises deverão ser realizadas, tais como:

- Análise de vibração das máquinas,
- Análise de pressões de trabalho;
- Análise da temperatura de operação;
- Análise de desempenho;
- Análise da lubrificação.

Uma variedade de ferramentas pode ser utilizada para a execução dessas análises. A análise de vibrações é realizada através de equipamentos especiais tais como, coletores de vibrações, compostos por acelerômetros que registram a que frequência o equipamento está vibrando. Com o auxílio de *softwares*, é possível identificar a condição normal e a probabilidade de ocorrência de possíveis defeitos. Com o armazenamento de dados históricos em banco de dados, pode-se assim avaliar qual a tendência operacional para cada equipamento.

Com esse método pode-se identificar qual o defeito do equipamento em seu estado inicial. Isto exige experiência do analista, que poderá até operar máquinas que apresentem pequenos defeitos, dentro de uma faixa de risco, a fim de reduzir as intervenções corretivas. Com isso pode-se realizar um planejamento com folga de tempo para execução de qualquer intervenção. (NÓBREGA, 2015).

Análise de óleo é a avaliação das condições de máquinas por meio da identificação, classificação e quantificação das partículas presentes em lubrificantes de qualquer tipo (óleos ou graxas). São partículas de desgaste, contaminantes e produtos de degradação do lubrificante que permitem a diagnose de eventuais problemas identificando as causas do desgaste. (SILVA, 2014).

A termografia é uma técnica que possibilita a medição de temperaturas e a obtenção de imagens de um componente, equipamento ou processo a partir da radiação infravermelha que um corpo emite, em função da sua temperatura. (ALMEIDA, 2015).

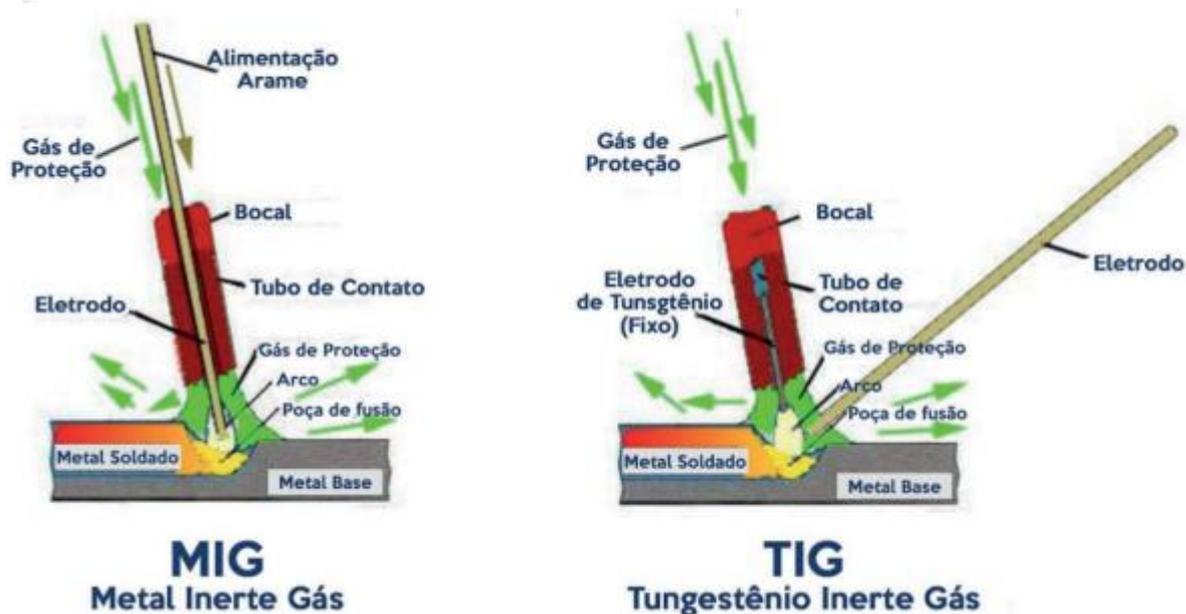
Essa técnica permite estabelecer um mapeamento térmico dos objetos observados, originando assim os termogramas. É um método que serve de alternativa para realizar um estudo mais aprofundado de um determinado defeito complementando as técnicas usuais de manutenção preditiva como a análise de vibração e análise de óleo lubrificante. (MANGADO; 2013).

De acordo com Pereira (2019) cita algumas vantagens da termografia por ser um método não destrutivo, confiável, com rapidez de inspeção. As imagens são geradas em tempo real, possibilitando que a prévia da avaliação do objeto seja instantânea. Não mantém contato com o equipamento durante a inspeção, que poderá estar em operação normal para avaliação, e a radiação de trabalho não é prejudicial à saúde do inspetor.

2.2. Processos de soldagem convencional

Os conteúdos relacionados a soldagem convencional, normalmente se relaciona a soldagem a arco elétrico MIG/MAG, soldagem a arco elétrico TIG, soldagem com eletrodo revestido (SWAW) e soldagem com arame tubular (FCAW) são de relevância extrema no estudo de soldagem. A figura 1, ilustra como funciona a solda TIG e mostra a grande diferença entre ela e a solda MIG/MAG.

Figura 1 - Solda MIG e solda TIG.



Fonte: <https://aventa.com.br/novidades/conhe%C3%A7a-diferen%C3%A7a-entre-os-processos-tig-e-migma>, acesso em 03/06/23.

O referido universo de técnicas de soldagem faz parte do nosso mundo em diversas situações: muitos desses processos são utilizados por vários tipos de indústrias, automobilísticas, naval, caldeiraria, entre outros.

Além desses processos citados acima, ainda temos a soldagem oxiacetilenica, soldagem e corte a gás e soldagem a arco submerso.

Temos que uma solda realizada de forma inadequada pode acarretar enormes prejuízos, tanto para a indústria (que em diversas situações é obrigada a fazer recalls), como para o usuário do produto, que fica sujeito a acidentes inesperados.

2.2.1 - Soldagem por Arco Submerso

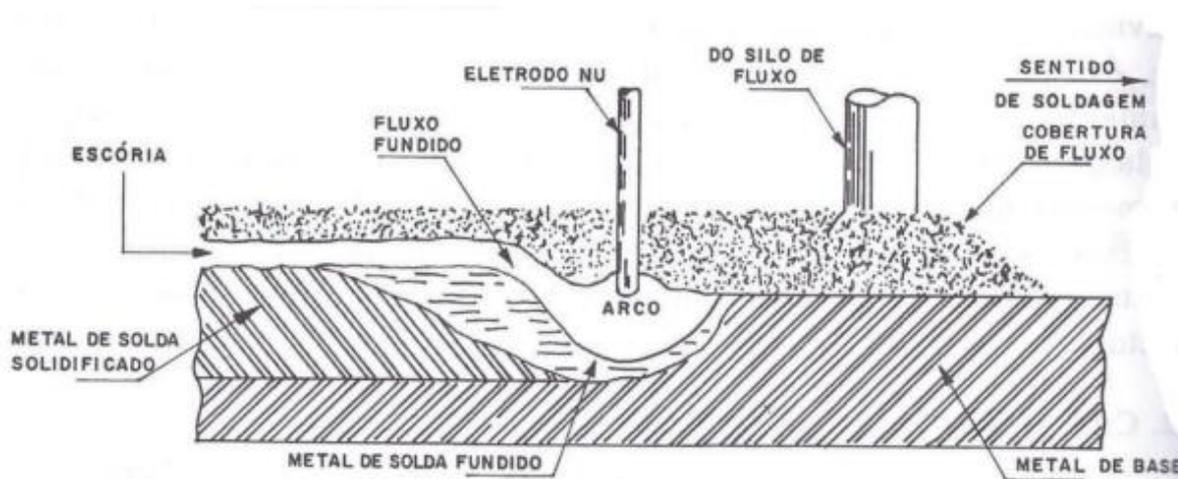
O processo de soldagem com arco submerso é descrito quando um arco elétrico é criado entre um eletrodo consumível e a peça de trabalho em um ambiente coberto por um fluxo de pó própria para soldagem. Esse tipo de pó é despejado sobre a solda, deixando coberta e protegendo-a da atmosfera externa. Isso cria uma solda altamente eficiente e de alta qualidade.

A soldagem a arco submerso (SAW – Submersed Arc Welding) é um processo no qual o arco é protegido pelo fluxo, que é definido como uma camada de um material mineral granulado, tornando o arco invisível (coberto) sem a ocorrência de faíscas, respingos ou fumos. Torna-se, assim, uma solda menos agressiva ao operador, visto que é um método predominantemente automatizado. A proteção realizada pelo fluxo

vai além do arco, pois protege também o arame e a peça soldada contra eventuais contaminações da atmosfera.

A Figura 2 demonstra de modo ilustrativo um sistema de soldagem a arco submerso.

Figura 2 - Sistema de soldagem a arco submerso.



Fonte: Wainer, Brandi e Mello (2015, p. 134).

O pó de fluxo é derramado em frente ao arco elétrico para proteger a solda da atmosfera externa. O processo é altamente automatizado e é geralmente utilizado para soldagem de peças pesadas.

A solda a arco submerso normalmente trabalha com parâmetros especiais de soldagem:

- Amperagem: varia de 300A até 2000A em corrente contínua (CC) ou corrente alternada (AC).
- Espessura soldadas: podem chegar até 16 mm em um só passe e sem limites em passes múltiplos.
- Velocidade de soldagem: pode muitas vezes chegar até 500 cm / min.
- Posição: normalmente na horizontal, pode -se em alguns casos especiais, com ajuda de equipamentos chegar até uma leve inclinação de até 15°.
- Tensão da fonte: 440 V.

O arame de preenchimento da junta de solda pode ser do tipo nu ou levemente revestido por cobre. O eletrodo (arame) é fornecido em bobina de arames de 1,0 mm até 10,0 mm de diâmetro.

Os fluxos para soldagem por arco submerso são compostos minerais granulares e fusíveis que cobrem o arco e produzem proteção, limpeza e controle da

geometria do cordão de solda. Eles influenciam fortemente a usabilidade e as propriedades mecânicas do metal de solda. Muitos fluxos diferentes estão disponíveis, cada um oferecendo suas características peculiares de desempenho, permitindo otimizações de processo para os diferentes requisitos de aplicação. (Apostila de arco submerso. https://esab.com/br/sam_pt/esab-university/all-media/?apostilas/ Acesso em 03.06.2023).

O fluxo, utilizado em processos de soldagem, pode ser líquido, em pó ou em pasta; sendo que na soldagem a arco submerso, porém, só é possível utilizar fluxo em pó (granular). A Figura 3 ilustra uma máquina de soldagem a arco submerso em operação.

Figura 3 - Máquina de soldagem a arco submerso em operação.



Fonte: CCM, CALDEN, METACRON. Solda.

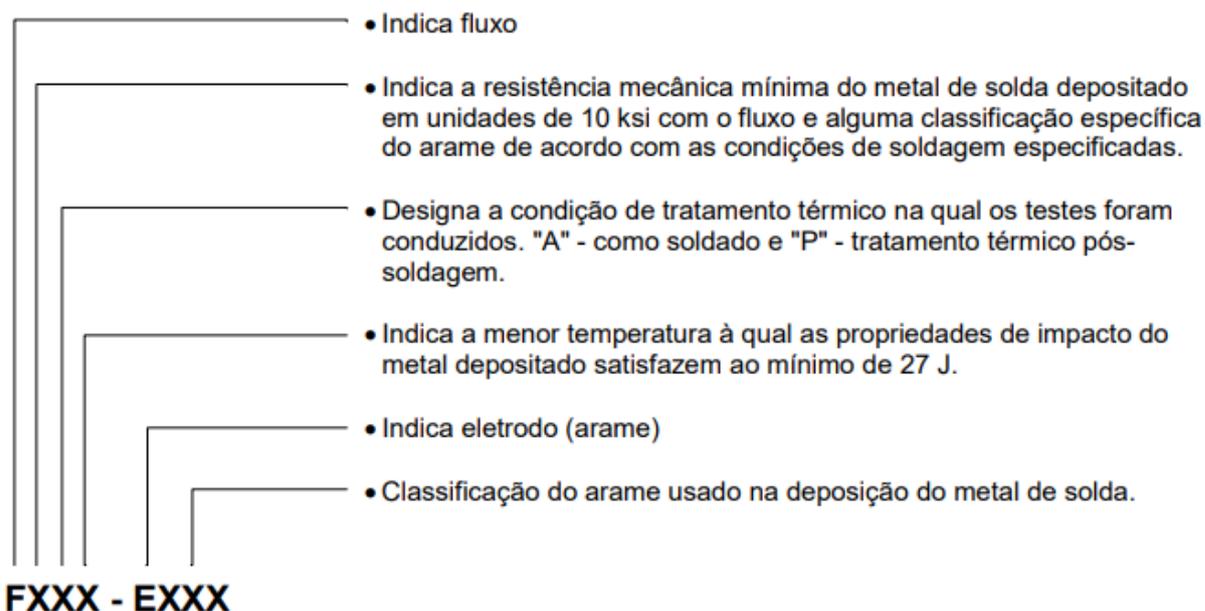
Disponível em: <<https://goo.gl/e4C31i>>. Acesso em: 25 jul. 2018

2.2.2 - Classificações AWS / ASME

As classificações da AWS (American Welding Society) para combinações arame-fluxo auxiliam na escolha dos consumíveis adequados para cada aplicação. A AWS classifica arames de aço carbono e de baixa liga para soldagem por arco submerso pelas normas AWS A5.17 (ou ASME SFA5.17) e AWS A5.23 (ou ASME SFA5.23) pela faixa de composição química. Como as propriedades do metal de solda depositado pelo processo de arco submerso são afetadas pelo tipo de fluxo empregado, é necessário aplicar uma classificação separada para cada combinação arame-fluxo. Um arame pode ser classificado com vários fluxos.

A seguir são mostrados na figura 4 os dois sistemas de classificação de combinações arame-fluxo da norma AWS.

Figura 4 – Sistemas de classificação de arame fluxo.



Fonte:(Apostila de arco submerso.https://esab.com/br/sam_pt/esab-university/all-media/?apostilas/ Acesso em 03.06.2023).

Exemplo de fluxo: F7A6-EM12K é uma designação completa. Refere-se a um fluxo que produzirá um metal de solda que, na condição como soldado, terá uma resistência à tração a 70 ksi (ou 485 MPa) e uma propriedade de impacto de pelo menos 20 lb.ft (ou 27 J) a -60°F (ou -51°C) quando depositado com um arame EM12K sob as condições estabelecidas na norma AWS/ASME.

A seguir são apresentados as vantagens e desvantagens da utilização do processo de arco submerso.

Vantagens: O arco submerso é um processo altamente eficiente que produz soldas limpas e de alta qualidade. Além disso, é altamente automatizado, o que o torna ideal para a soldagem de peças pesadas. Ele também pode ser usado em sistemas de produção em larga escala, pois o processo é repetível e pode ser facilmente controlado.

Desvantagens: O processo de arco submerso é um processo relativamente lento e pode não ser adequado para peças pequenas ou soldagens que precisem ser realizadas rapidamente. Também pode ser inviável para soldagem em locais de difícil acesso por se tratar de processo que é automatizado.

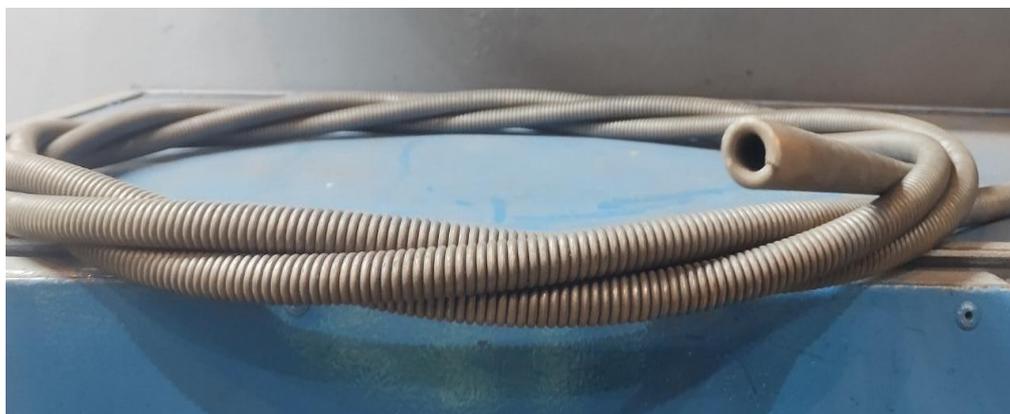
Aplicações: O arco submerso é utilizado para soldar peças de grande porte usadas em estruturas metálicas, navios, locomotivas, tanques e peças do setor de mineração. É também usado na fabricação de tubos, nos quais as extremidades das peças soldadas são protegidas por fluxo de pó durante o processo de soldagem.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para execução do trabalho foi realizado o estudo de equipamento utilizado na confecção de peças cilíndricas de alta complexidade, onde o requisito de soldagem é uns principais parâmetros envolvidos na confecção destas peças. Foram levantados junto a manutenção num período de 6 meses a um ano quais componentes apresentaram maior desgaste ou substituição no conjunto de alimentação de arame do equipamento de soldagem a arco submerso. Após este estudo foram determinados quais partes são críticas na operação e quais influenciam diretamente na produtividade e na qualidade da solda, como o condutor de passagem do arame, a roldana guia, a roldana recartilhada e o motor alimentador.

As figuras 5 a 8 demostram os componentes analisados:

Figura - 5 Condutor de passagem do arame.



Fonte: Os autores, 2023

Figura - 6 Roldana guia do arame;



Fonte: Os autores, 2023

Figura - 7 Roldana recartilhada;



Fonte: Os autores, 2023

Figura – 8 Motor alimentador.



Fonte: Os autores, 2023

Após análise dos componentes dos componentes citados acima foram determinadas as ocorrências de defeitos e paradas ocasionadas por falta de uma manutenção preventiva.

- Paradas de máquina por enrosco de arame
- Paradas de máquina por desgaste nos rolamentos
- Paradas de máquina por rolamentos travados
- Paradas de máquina por desgaste excessivo no bico de solda em um tempo muito curto
- Paradas de máquina devido ao aumento de torque nos motores de alimentação de arame
- Paradas de máquina devido ao desgaste excessivo do condutor do arame

- Paradas de máquina e mordeduras devido ao desgaste das roldanas recartilhadas

Essas falhas podem ocasionar retrabalho, perda de tempo e aumento de custos. Com a implantação de manutenções preventivas, é possível minimizar a ocorrência desses problemas, garantindo melhorias na eficiência e qualidade do processo produtivo como um todo. Defeitos que podem acontecer na solda devido à falta de manutenção preventiva nos componentes que serão apresentados:

- Falta de fusão
- Falta de penetração
- Mordeduras
- Emendas de solda

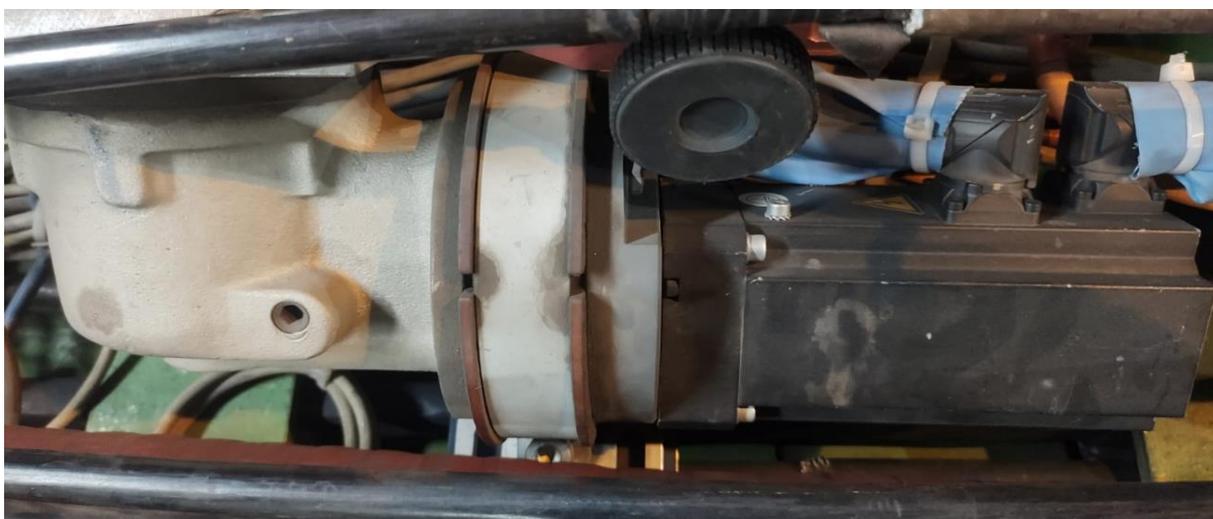
Todas as análises para troca dos componentes são feitas pelo operador da máquina de forma visual e/ou quando apresenta defeitos na operação. Não existe um plano de manutenção, as trocas são baseadas na experiência dos operadores. Uma vez avaliada, a troca deste componente deverá ser realizada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1. Motor alimentador do arame

A função do motor alimentador de arame em um processo de arco submerso é fornecer um suprimento constante e uniforme de arame para o processo de soldagem, permitindo que a soldagem seja realizada em maior velocidade e com melhor qualidade. Este traciona o arame da bobina através do conduíte até o chanfro de solda. As figuras 9 e 10 mostram o motor:

Figura 9 – Motor Alimentador de Arame



Fonte: Os autores, 2023.

Figura 10 – Motor Alimentador de Arame



Fonte: Os autores, 2023.

No CLP existe uma programação de proteção deste motor (devido ao sigilo, não temos acesso a essa programação), que é ativada quando o torque do motor aumenta. Esse torque pode acontecer pelos próximos seguintes componentes apresentados. Esta programação funciona como uma preventiva no motor, visando não gerar paradas de máquina devido a defeitos no motor. Algumas medidas preventivas que podem ser tomadas em relação ao motor alimentador de arame incluem:

- Verificar regularmente o alinhamento do arame para garantir que ele esteja sendo alimentado corretamente para a tocha de soldagem
- Limpar regularmente o interior do motor alimentador de arame para evitar a acumulação de poeira, sujeira ou detritos que possam interferir no processo de alimentação do arame
- Realizar manutenção preventiva regular, como lubrificação e substituição de peças desgastadas, para garantir o funcionamento ideal do equipamento e evitar falhas ou problemas durante a operação
- Verificar a tensão do arame antes de iniciar a soldagem para garantir que ele esteja sendo alimentado corretamente e que a qualidade da soldagem não seja comprometida.

4.2. Condutor de Passagem de Arame

A função principal do condutor de arame no processo de arco submerso é conduzir o arame de soldagem em uma direção controlada. Ele deve garantir que o arame não seja tocado pelo fluxo de soldagem e que seja entregue em uma velocidade precisa. Este condutor tem a função de conduzir o arame da bobina até o motor de alimentação e logo após, até o ponto de soldagem.

A troca deste é realizada em média de 2 a 4 meses, vale ressaltar que essa variação é devido a demanda de produção e preventivas citadas a seguir.

As figuras 11 e 12 mostram o que acontece com o arame na bobina, quando esse giro não está funcionando de forma correta.

Figura 11 – Condutor novo



Figura 12 – condutor usado



Fonte: Os autores, 2023.

É possível observar na figura 12 uma concavidade. Essa concavidade é formada devido ao grande tempo de uso e o fluxo de passagem de arame.

Esta concavidade também causa uma maior aderência do arame no conduto, fazendo com que o motor faça mais força para tracionar o arame. Nesse caso, devido sua autoproteção, o motor pode desligar, fazendo com que a solda pare em algum ponto do chanfro, gerando assim retrabalho no ponto onde parou a solda.

O aumento excessivo desta concavidade pode fazer com que até mesmo trave o arame dentro deste conduto. Algumas medidas preventivas importantes no uso do condutor de arame são:

- Inspeção regular do condutor de arame para garantir que não haja desgaste excessivo nas superfícies de contato.
- Limpeza regular do condutor de arame para evitar o acúmulo de sujeira e resíduos de soldagem.
- Verificação e ajuste regular da tensão do arame para garantir que ele esteja sendo entregue com a velocidade adequada e sem vibrações.

- Monitoramento constante do arco submerso para identificar irregularidades na soldagem e corrigir o problema.

- Formação e treinamento adequados dos operadores para garantir o uso correto do condutor de arame e do processo de arco submerso.

4.3. Roldanas Guia

As roldanas guias em arco submerso são usadas para ajudar a manter o arco da soldagem submersa em uma posição constante, evitando que ele se desloque devido a mudanças na posição da junta ou da peça de trabalho. Estes rolamentos são responsáveis por guiar o arame de forma a consertar pequenos desvios ocasionados pela circunferência com que o arame vem enrolado na bobina. A troca deste componente é realizada em média de 1 a 3 meses, essa variação é devido a demanda de produção e preventivas citadas a seguir.

As figuras 13 e 14 apresentam as diferenças e os defeitos na roldana:

Figura 13 – Roldana Guia nova



Figura 14 – Roldana Guia Danificada



Fonte: Os autores, 2023.

A figura 14 apresenta uma roldana que foi retrabalhada (possível reparo por falta de peças de reposição no momento). Este tipo de defeito impacta diretamente na

produtividade. Quando a roldana apresenta esse defeito, ela não consegue estabilizar o arame em linha reta, o arame sobe por essas irregularidades e acaba enroscando e travando o arame.

As medidas preventivas que devem ser tomadas ao utilizar roldanas guias incluem:

- Certificar-se de que a roldana está corretamente instalada e alinhada com a soldagem submersa
- Verificar regularmente a condição da roldana para sinais de desgaste ou danos e substituí-la conforme necessário
- Usar a tensão adequada na roldana para evitar que a soldagem submersa se desvie ou oscile
- Realizar uma limpeza regular das roldanas para remover qualquer acúmulo de poeira ou sujeira que possa afetar o desempenho.

Ao seguir essas medidas preventivas, as roldanas guias em arco submerso podem ajudar a garantir uma soldagem submersa precisa e consistente.

4.4. Roldana recartilhada

Essas roldanas contêm uma superfície dentada ou recartilhada ao redor da sua circunferência. Esses dentes permitem que a roldana agarre melhor o arame, fornecendo mais tração, melhorando o desempenho na sua determinada função. Elas são essenciais para criar uma solda uniforme e de alta qualidade. A troca deste componente é realizada com maior frequência, em média de 1 a 2 meses, essa variação é devido a demanda de produção e preventivas citadas a seguir.

As figuras 15 e 16 mostram uma roldana nova e outra já desgastada:

Figura 15 – Recartilhada Nova



Figura 16 – Recartilhada Desgastada



Fonte: Os autores, 2023.

Na figura 16, nota-se em sua parte recartilhada uma concavidade nos dentes, devido ao seu tempo de uso. Essa concavidade define que os dentes estão mais baixos. A roldana acaba ficando mais lisa, com isso o arame ao invés de ser tracionado, ele desliza pela roldana ocasionando falta de material de adição na solda, regerando assim, defeitos como: mordedura, falta de penetração, deposição insuficiente, falta de fusão.

A substituição desse componente, deve ser feita após uma inspeção visual ou por meio mecânico (o soldador trava o arame no bico, aciona-o para avançar e se o arame não for empurrado, indica que o arame está deslizando pela roldana que já está gasta).

Algumas medidas preventivas que podem ser tomadas em relação às roldanas recartilhadas incluem:

- Manter as roldanas limpas e livre de detritos para evitar a quebra ou desgaste excessivo.
- Verificar regularmente a tensão da roldana para garantir que ela não esteja muito apertada ou frouxa, o que pode causar danos ao arame de solda.
- Substituir roldanas danificadas imediatamente para evitar avarias no processo de soldagem.

- Lubrificar regularmente as roldanas para reduzir o desgaste e aumentar a vida útil.

- Utilizar roldanas de alta qualidade e compatíveis com o diâmetro do arame de solda utilizado.

Ao seguir essas medidas preventivas, é possível garantir o bom funcionamento das roldanas recartilhadas e manter a qualidade do processo de soldagem. A tabela 1 mostra um resumo dos problemas apresentados e soluções apresentadas.

Tabela 1 – Resumo dos problemas apresentados e soluções propostas.

Componente	Custo R\$	Problema	Defeito	Solução
Motor Alimentador de Arame	6000	Defeitos no motor	Paradas e problemas na solda	lubrificação e substituição de peças desgastadas
Condutor de Passagem de Arame	1500	Concavidade (travamento arame)	Alimentação do arame	Inspeção e limpeza regular do condutor
Roldanas Guia	370	Desalinhamento	Alinhamento e travamento arame	Inspeção, limpeza, instalação correta e alinhamento.
Roldana recartilhada	600	Concavidade nos dentes	Falta de material na solda	Limpeza, tensão de aperto e lubrificação.

Fonte: Os autores, 2023.

Com o resumo apresentado na tabela 1 fica mais fácil de se compreender os defeitos apresentados e resumo das soluções no equipamento de arco submerso.

5. CONCLUSÃO

Após a realização deste trabalho, conclui-se que a implantação e manutenção preventiva em dispositivos de alimentação de arame em arco submerso contribuem significativamente para a produtividade e eficiência desses equipamentos industriais. A falta de manutenção nos dispositivos causa diversas falhas, como o travamento do arame, problemas no controle de velocidade de alimentação, desgaste prematuro de peças, entre outros.

Os benefícios a longo prazo podem ser significativos, com redução de custos e aumento da eficiência da produção. Por isso, é importante que as empresas avaliem cuidadosamente a viabilidade da implantação de um programa de manutenção preventiva e considerem as vantagens que ele pode trazer para o seu negócio.

É importante lembrar que a manutenção preventiva deve ser vista como um investimento a longo prazo, e não apenas como uma despesa. Embora possa parecer mais caro realizar atividades de manutenção regularmente, a economia a longo prazo pode ser significativa em comparação com as paralisações não programadas, reparos emergenciais e substituições de equipamentos precoces.

Portanto, a realização de manutenção preventiva em dispositivos de alimentação de arame em arco submerso é uma estratégia necessária para garantir a produtividade e eficiência do processo produtivo, assim como a satisfação do cliente e a redução dos custos operacionais da empresa.

Por fim, é importante lembrar que a manutenção preventiva não é uma estratégia única e permanente. É necessário adaptar e ajustar o plano de manutenção preventiva conforme as necessidades da empresa mudam. É fundamental realizar análises regulares de dados de tempo de inatividade, custos de reparo e manutenção, eficiência dos equipamentos e qualidade dos produtos para avaliar a eficácia do programa de manutenção preventiva e identificar áreas onde melhorias podem ser feitas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Jorge Eduardo Braz de. A “Indústria 4.0” e a sustentabilidade do modelo de financiamento do Regime Geral da Segurança Social. Cadernos de Direito Actual, Santiago de Compostela, v. 5, p.243-254, 2017

ALMEIDA, E.G.R.: Inspeção Termográfica de Danos por Impacto em Laminados Compósitos Sólidos de Matriz Polimérica Reforçada com Fibras de Carbono. Dissertação de Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015.

Apostila de arco submerso. https://esab.com/br/sam_pt/esab-university/all-media/?apostilas/ Acesso em 03.06.2023).

BANZATTO, Eduardo. Tecnologia da informação aplicada à logística. INSTITUTO IMAM, 2016.

BORLIDO, David José Araújo. Indústria 4.0: Aplicação a Sistemas de Manutenção. 2017. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade do Porto, Porto, 2017.

CCM, CALDEN, METACRON. Solda. Disponível em:<<https://goo.gl/e4C31i>>. Acesso em: 25 jul. 2018

<https://aventa.com.br/novidades/conhe%C3%A7a-diferen%C3%A7a-entre-os-processos-tig-e-migma>, acesso em 03/06/23.

MANGADO, T. V. Aplicacion de la termografia de infrarrojos a la mecânica vibratória. Revista Dyna, n. 2, p. 31-32, mar. 2013.

REIS, Z. C.; DENARDIN C. D.; MILAN G. S. A Implantação de Planejamento e Controle da Manutenção: Um estudo de caso desenvolvido em uma empresa do ramo alimentício. In: VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015, Rio de Janeiro.

RUNGE, Plinio. Ricardo. Febiliano. e DUARTE, Gabriel. Nunes. Lubrificantes nas Indústrias. Cotia, Triboconcept, 2015.

CARRETEIRO, Ricardo. Plinio., e BELMIRO, Paulo. Nunes. Almeida. Lubrificantes & lubrificação industrial. Rio de Janeiro: Editora Inter ciência Ltda. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2016.

DENNIS, Pascal. Produção Lean Simplificada. 2009. Porto Alegre: Bookman

MMA. Sistemas Implantados. 2016.

NÓBREGA, Patricia. Ruis. Lima. Compressores: manutenção de compressores alternativos e centrífugos. Rio de Janeiro: Synergia, IBP, 2015.

PEREIRA, Marcos. Jaime., Engenharia de Manutenção: Teoria e Prática. Ciência Moderna Ltda. Rio de Janeiro, 2019.

SILVA, Rosana. Pereira. Gerenciamento do Setor de Manutenção. 2014. 92 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) Especialização em Gestão Industrial. Universidade de Taubaté.

WAINER, Emílio; BRANDI, Sérgio Duarte; MELLO, Fábio Décourt Homem de. Soldagem: processos e metalurgia. São Paulo: Blucher, 2015.