



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

GRADUAÇÃO EM QUÍMICA TECNOLÓGICA

**REPARO DE MOLDES DO LINGOTAMENTO CONTÍNUO - REVESTIMENTO DE
PLACAS LARGAS E ESTREITAS**

Vitória Daniele de Souza Mendes

Belo Horizonte

2023

REPARO DE MOLDES DO LINGOTAMENTO CONTÍNUO - REVESTIMENTO DE PLACAS LARGAS E ESTREITAS

Relatório de estágio apresentado na disciplina de Estágio Supervisionado no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Esther Maria Ferreira Lucas

Belo Horizonte

2023

Parecer e aprovação do relatório pelo supervisor

Eu Verenice Andrade Costa, como supervisor do estágio obrigatório, estou ciente deste relatório de estágio supervisionado, redigido pela estagiária Vitória Daniele de Souza Mendes, e concordo com as informações descritas, confirmo a sua veracidade e aprovo o mesmo.

Verenice Andrade Costa

SMS Group

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3. OBJETIVOS.....	12
3.1. Objetivo Geral.....	12
3.2. Objetivo Específico.....	12
4. PARTE EXPERIMENTAL.....	12
4.1. Vidrarias.....	12
4.2. Equipamentos.....	12
4.3. Reagentes.....	13
4.4. Metodologia.....	13
4.4.1. Determinação das concentrações dos componentes químicos presentes nos banhos de níquel e cobre e nas decapagens.....	13
4.4.2. Determinação da tensão superficial.....	13
4.4.3. Determinação do pH.....	14
4.4.4. Realização do teste célula Hull Cell.....	14
5. DESENVOLVIMENTO.....	14
5.1. Funções Executadas.....	14
5.2. Atividades Técnicas Executadas.....	15
5.2.1. Determinação das concentrações dos componentes químicos presentes nos banhos de níquel e cobre e nas decapagens.....	15
5.2.2. Determinação da tensão superficial.....	16
5.2.3. Análise do pH.....	16
5.2.4. Teste Hull Cell.....	17
5.3. Impacto do Estágio nas Competências e Habilidades.....	18
6. CONCLUSÕES.....	19
7. REFERÊNCIAS.....	19

LISTA DE FIGURAS E IMAGENS

Figura 1 - Representação esquemática da máquina de lingotamento contínuo.

Figura 2 - Fachada da empresa SMS SIEMAG em Vespasiano, Brasil.

Figura 3 - Comparação das propriedades físicas entre UniGuard™ e níquel eletrodepositado.

Figura 4 - Teste célula Hull Cell.

Figura 5 - Diagrama de Pourbaix para o Níquel.

Imagem 1 - Isolamento e preparo da placa estreita de cobre.

Imagem 2 - Placa de cobre com revestimento de níquel.

1. INTRODUÇÃO

O presente estágio foi desenvolvido na empresa SMS Group Metalurgia do Brasil, uma empresa multinacional sediada na Alemanha que conta com outras instalações principais nos Estados Unidos, Rússia, Índia e Brasil. O foco da SMS é oferecer plantas, serviços e soluções técnicas para a indústria metalúrgica. Dentre as principais atividades, destaca-se o desenvolvimento de tecnologias para alto-forno, aciaria elétrica, conversores e etc (SMS GROUP, 2023).

Além disso, a SMS também desenvolve soluções para o reparo de peças da indústria metalúrgica que devem ser reparadas por tempo de corrida. Neste setor, são reparadas peças, por exemplo das linhas de galvanização e do lingotamento contínuo, que recebem revestimento com o intuito de aumentar a resistência do material aos desgastes comuns nos processos de lingotamento, tendo em vista os ambientes a que eles estão expostos (SMS GROUP, 2023). O setor de atuação no estágio foi o setor de eletrodeposição, responsável pelo reparo de placas dos moldes de lingotamento contínuo. Ademais, o laboratório onde as atividades de estágio foram desenvolvidas destaca-se por ser um local de pequeno porte e encontra-se sob supervisão da Verenice Andrade Costa, analista plena da empresa, a qual conta com formação em licenciatura em química (UFMG). Além disso, a supervisora também é graduanda em engenharia metalúrgica (UFMG) e mestranda em engenharia de materiais (UFOP). Outrossim, ressalta-se que a rotina e frequência das análises variam em função da demanda da empresa, ou seja, quanto maior a quantidade de placas a serem reparadas, maior será o número de análises. Estas demandas eram repassadas pelo supervisor do setor de eletrodeposição e HVOF, Mayan Rocha Costa, que é graduando em engenharia mecânica (UNA). Torna-se importante mencionar ainda que o presente laboratório, por ser de pequeno porte e estar destinado às análises internas da empresa, contava apenas com a atuação da Verenice, que sempre estava acompanhada de minha pessoa, estagiária responsável por auxiliá-la durante as análises e demais questões burocráticas da empresa. Assim, após receber as coordenadas, por parte do supervisor de eletrodeposição, era realizado o planejamento das análises, de modo que a supervisora do laboratório ficava responsável por repassar à estagiária as tarefas a serem desenvolvidas naquele dia.

A SMS Group é uma empresa Alemã com mais de 150 anos de história atuando no mundo dos metais. Antigamente a empresa era denominada de Siemag, entretanto, com o objetivo de expandir seu mercado, foi realizada uma espécie de fusão com a empresa Schloemann, uma tradicional fabricante de equipamento siderúrgico, dando origem Schloemann-Siemag, tendo como abreviação o termo SMS. Este foi um grande marco para a empresa pois com esta fusão ela foi crescendo e se tornando famosa. Em 1999 a SMS realizou o seu negócio mais importante, que foi a compra da divisão de metalurgia da Mannesmann Demag, uma empresa muito forte nas áreas de aciaria, laminação de tubos e forjaria, enquanto a SMS destacava-se no ramo da laminação e lingotamento. Esta estratégia também foi de grande valia pois na época a empresa ainda não tinha operação no Brasil, apenas um escritório, enquanto a Mannesmann Demag possuía desde a década de 70, uma fábrica muito grande na região de Vespasiano, Minas Gerais (SMS GROUP, 2023).

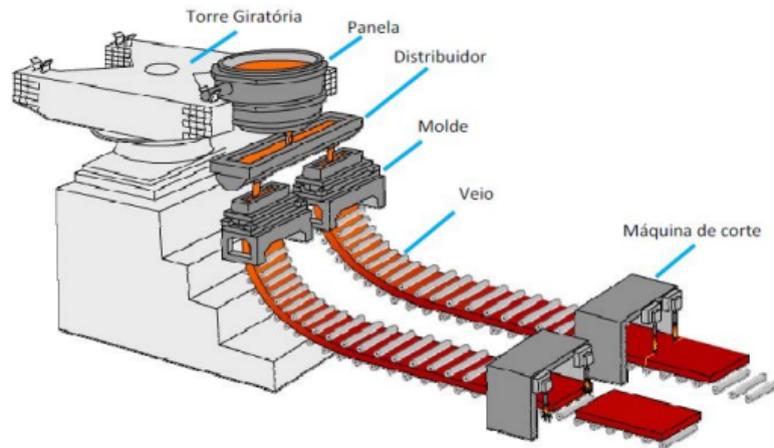
Figura 2 - Fachada da empresa SMS SIEMAG em Vespasiano, Brasil.



Fonte: Autoria própria (2023)

O lingotamento contínuo refere-se ao processo onde o metal fundido, ao entrar em contato com as placas de lingotamento, também denominadas de molde, é solidificado, dando origem a um produto semi-acabado no formato de tarugo, placa, beam blank e outros (SILVA, SHIBATA, 2013). A figura abaixo ilustra o esquema de uma máquina de lingotamento contínuo.

Figura 1 - Representação esquemática da máquina de lingotamento contínuo.



Fonte: MARTINS, 2019

Nessa perspectiva, ao entrar em contato com o metal fundido, as placas de lingotamento contínuo podem sofrer desgastes em sua estrutura. A SMS então é responsável por promover o reparo de tais peças por meio da aplicação de revestimentos, aumentando assim a resistência de tais materiais.

Assim, sabendo destas características, torna-se importante estudar este processo de revestimento, que se dá pela eletrodeposição, com o intuito de pensar em estratégias e metodologias que ocasionam em uma maior durabilidade das placas e consequentemente, na maior eficiência destas. A parte técnica do estágio consistiu na execução e acompanhamento de algumas etapas que compõem o procedimento de eletrodeposição e inspeção da placa, com o objetivo de atender aos seus requisitos de qualidade. Na primeira etapa deste processo, são realizadas análises dos banhos de níquel e cobre e das decapagens para verificar se os parâmetros destes banhos estão dentro das faixas recomendadas para a realização do processo. Uma vez que as análises dos banhos foram realizadas e os ajustes nos parâmetros, e nos possíveis problemas foram feitos, pode-se iniciar a etapa de preparação da placa para a inserção nos banhos. Esta etapa foi somente acompanhada para entendimento de sua realização, uma vez que ela é realizada pelos operadores na área de processo. Sendo assim, primeiramente realiza-se o isolamento da placa para que apenas a área de interesse esteja exposta a deposição, como evidenciado na imagem 1.

Imagem 1 - Isolamento e preparo da placa estreita de cobre.



Fonte: Empresa SMS GROUP (2023)

A lavagem e enxágue da placa, como preparo do processo de decapagem, é feita por imersão da mesma em solução ácida. Posteriormente, realiza-se outro enxague e a placa é imersa na solução de níquel ou cobre, por um período pré estabelecido e determinado pelas instruções de trabalho da empresa, para que ocorra o processo de eletrodeposição.

Depois que a placa permaneceu tempo suficiente no banho, parte-se para a última etapa do processo, que consiste em inspeções de qualidade. São elas: teste de dureza, verificação da espessura atingida, teste de condutividade e teste de chama. O teste de chama é usado para verificar a qualidade do revestimento, uma vez que este revela possíveis deslocamentos do revestimento depositado. A imagem abaixo ilustra uma placa com o processo de revestimento de níquel finalizado.

Imagem 2 - Placa de cobre com revestimento de níquel.



Fonte: Empresa SMS GROUP (2023)

Para além do processo de revestimento das placas, também foi possível entender sobre o processo de descarte do efluente gerado no processo de eletrodeposição. Ademais, houve oportunidade de acompanhar o tratamento destes efluentes em uma estação de tratamento de efluentes (ETE) da empresa. A presente estação trata os resíduos gerados por precipitação dos metais presentes no efluente a partir da redução destes metais, com posterior elevação do pH para a precipitação destes na forma de hidróxidos. Os hidróxidos metálicos formados sofrem decantação e são assim separados da parte líquida sobrenadante. Assim finaliza-se o ciclo geral do processo na empresa, desde a chegada da placa até o descarte do efluente tratado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A primeira aparição do termo lingotamento contínuo surgiu em 1840, com o objetivo de se lingotar tubos de chumbos, com o intuito de moldá-los (SILVA, SHIBATA, 2013). Esta prática refere-se ao processo onde o metal líquido torna-se solidificado, no formato de placas, *beam blank*, blocos e outros, transformando-se em um processo semi-acabado (SILVA, SHIBATA, 2013). O revestimento destes materiais torna-se necessário, uma vez que são capazes de diminuir o desgaste e aumentar a resistência destes produtos durante o processo de lingotamento, melhorando assim, a sua qualidade. A utilização de metais como cromo e níquel é amplamente aplicada para proteger e revestir a superfície das placas de cobre (SENA, SILVA, BUTTGEREIT, 2014). A ausência destes revestimentos pode ocasionar no aparecimento de trincas estrelas, ou seja, aquelas que ocorrem pelo arraste e aderência do cobre em placas de aço, gerando marcas e *break outs* no material, devido ao rompimento da camada solidificada. Sendo assim, tais atributos, além de melhorarem a performance do processo, também promovem o aumento da qualidade do produto obtido (SENA, SILVA, BUTTGEREIT, 2014).

A técnica utilizada para revestir tais placas é a eletrodeposição, um processo eletroquímico de eletrólise onde há a formação de uma fina camada sólida sob a superfície das placas condutoras, ou até mesmo semi condutoras (SILVA, 2021). Neste processo, há a aplicação de uma corrente elétrica aos eletrodos da célula eletrolítica, forçando a transferência de elétrons e permitindo a ocorrência de uma reação química não espontânea, ou seja, aquela que não apresenta tendência de ocorrer

espontaneamente (FERNANDES, 2015). Assim, podemos dizer que o processo de eletrodeposição, também denominado de galvanoplastia, tem por objetivo criar um revestimento, por deposição, sob a superfície de um material condutor por ação de uma determinada corrente elétrica. Para isso, conecta-se a superfície receptora em um polo negativo, atuando como catodo, e o metal que será depositado é ligado ao polo positivo, sendo portanto o ânodo da reação. Assim, ao se aplicar a corrente tem-se o processo de redução do cátion presente na solução e oxidação do metal (FERNANDES, 2015).

Dentre os revestimentos existentes, o de níquel metálico destaca-se como uma excelente opção (SENA, SILVA, BUTTGEREIT, 2014). Isso pode ser justificado pois o níquel é um metal de transição que enfatizado por sua maleabilidade e elevada capacidade de aumentar a resistência mecânica e corrosão (SILVA,2021). Entretanto, este material também está sujeito ao surgimento de trincas térmicas na região do menisco. Estas fadigas podem se espalhar para as placas de cobre sendo necessário removê-las e conseqüentemente diminuir a vida útil do material. Um outro tipo refere-se ao revestimento UNIGUARD™, patenteado pela SMS SIEMAG, sendo a sua principal vantagem a redução do desgaste nas placas de cobre, se comparadas com o revestimento convencional de níquel. Outro benefício deste revestimento é a manutenção do formato do molde. Estes benefícios são caracterizados em função da dureza, resistência térmica e ausência de alterações de parâmetros durante o lingotamento. A figura abaixo ilustra a comparação dos resultados encontrados para o revestimento UNIGUARD™ e de níquel convencional.

Figura 3 - Comparação das propriedades físicas entre UniGuard™ e níquel eletrodepositado.

		UniGuard™	Níquel
Transferência de Calor	kcal/m/hr/C	11	55
Dureza	HV	1150 - 1250	175 - 250
Rugosidade	RMS	125 - 175	16 - 32
Tensão Interna	N/mm ²	Menor que 10	10 - 80
Resistência ao Desgaste	Taber Factor	4.6	6.4
Resistência ao Impacto	-	Moderado	Bom

Fonte: SENA, SILVA, BUTTGEREIT, 2014

O revestimento de cobre também é muito comum na SMS SIEMAG durante a recuperação dos desgastes nas laterais das placas estreitas fazendo com que as especificações de tais placas sejam alcançadas durante a restauração (SENA, SILVA,

BUTTGEREIT, 2014). Isso permite que placas sucateadas pela largura sejam reutilizadas no processo de lingotamento contínuo, diminuindo assim os custos do processo (SENA, SILVA, BUTTGEREIT, 2014). Esta é uma alternativa para os casos onde a deposição de níquel não é aconselhável, uma vez que a solidificação de camadas grosseiras de níquel na lateral de placas estreitas de cobre podem provocar deformações, ou até mesmo infiltrações de aço nestes materiais (SENA, SILVA, BUTTGEREIT, 2014). Normalmente recomenda-se aplicar uma camada de até 0,5 mm de níquel nas laterais de tais placas, entretanto, devido ao desgaste excessivo, este valor nem sempre será atingido, sendo necessário aplicar, primeiramente, o revestimento de cobre para ajustar as especificações das placas (SENA, SILVA, BUTTGEREIT, 2014).

As análises comumente realizadas pela SMS para verificar se os banhos de cobre e níquel encontram-se dentro dos parâmetros desejados são: determinação das concentrações dos componentes químicos presentes nos banhos e decapagens, determinação da tensão superficial, aferição do pH e teste Hull Cell. Caso algum destes parâmetros seja modificado, pode-se notar interferências significativas na morfologia, composição e estrutura da liga a ser depositada, por esta razão, é necessário ressaltar que a composição do banho eletrolítico é fundamental para a aplicação dos revestimentos supracitados (SENA, SILVA, BUTTGEREIT, 2014). Nessa perspectiva, a análise do pH nos processos de eletrodeposição é de extrema importância, uma vez que influencia diretamente na oxidação e redução dos metais envolvidos, já que está diretamente relacionado com o potencial de descarga de hidrogênio (SILVA, 2022). Assim, uma concentração indevida de íons hidrogênio pode prejudicar a taxa de deposição e a eficiência da corrente catódica, como também a estrutura e propriedades dos revestimentos, causando rachaduras e outros defeitos (SILVA, 2022). Já a tensão superficial, por outro lado, está relacionada com o fenômeno da molhabilidade, de modo que uma elevada tensão superficial pode ocasionar na formação de gás hidrogênio, que tende a aderir na superfície da placa e originar anomalias no revestimento, originando deslocamento e impactando diretamente na qualidade da placa (IOST, CARLOS, 2010). A titulação, por sua vez, refere-se a técnicas convencionais, onde uma solução de concentração conhecida, também denominada de titulante é adicionada a solução da substância que está sendo estudada, com o objetivo de determinar da concentração de um determinado

componente, por meio da utilização de um ácido e uma base, contendo um indicador de pH, que é capaz de definir a neutralização da substância e indicar o ponto de viragem da mistura. Assim, a partir da utilização desta técnica, é possível analisar a concentração dos componentes das soluções de banho e decapagem (SILVA, SILVA, BRAZ, 2017). A última metodologia utilizada refere-se ao teste Hull Cell, que permite explorar possíveis defeitos na deposição de um eletrodepósito, usando uma faixa de densidades de corrente ideal, predizendo, dessa maneira, as condições ideais que devem ser aplicadas no processo de eletrodeposição (MADORE, LANDOLT, 1993). Após a análise e adequação de todos estes parâmetros as estações de banho e as soluções de decapagem eram liberadas e estavam disponíveis para dar início ao processo de eletrodeposição.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Através deste relatório pretende-se apresentar e explicar as atividades exercidas durante o período de estágio no laboratório da empresa SMS Group, localizada em Vespasiano, Minas Gerais.

3.2. Objetivo Específico

- ❖ Apresentar a importância do estágio para os estudantes do curso de química tecnológica;
- ❖ Apresentar as etapas das principais atividades que são realizadas dentro do laboratório de análise dos banhos;
- ❖ Apresentar a importância do reparo de moldes de lingotamento contínuo.

4. PARTE EXPERIMENTAL

4.1. Vidrarias

Erlenmeyer de 125 e 250 mL, pipeta volumétrica de 2, 5, 10 e 50 mL, pêra de sucção, suporte universal, bureta de 25 e 50 mL, provetas de 100 mL, célula Hull Cell, placas para teste Hull Cell.

4.2. Equipamentos

pHmetro (marca:Hanna Instruments; modelo pH209), tensiômetro (Marca:Reo Term; Modelo DST-30), termômetro do tipo espeto (Marca:Minipa; Modelo MV-363), chapa de agitação e aquecimento

(Marca:Fisher Scientific; Modelo DLM1931X1), agitador magnético, ICP (Marca: PerkinElmer; Modelo: Optima8000) e fonte de alimentação de tensão e corrente ajustável (Marca: Kocour).

4.3. Reagentes

Os reagentes utilizados durante as análises não podem ser mencionados devido ao segredo industrial da empresa.

4.4. Metodologia

4.4.1. Determinação das concentrações dos componentes químicos presentes nos banhos de níquel e cobre e nas decapagens

Para determinar as concentrações dos componentes que compõem os banhos de níquel e cobre, bem como das decapagens, aplica-se às técnicas convencionais de titulação, baseando-se nas instruções de trabalho da empresa.

Neste sentido, após a coleta e preparo da amostra monta-se o sistema de titulação acoplado-se uma bureta, de 25 ou 50 mL, no suporte universal. Posteriormente, realiza-se o ambiente desta vidraria preenchendo-a até a altura do menisco com a solução necessária para cada titulação. Por fim, realiza-se a titulação da amostra, anotando os valores gastos em cada ponto de viragem. Nos casos onde o valor encontrado para a concentração encontra-se fora dos parâmetros aceitáveis é necessário realizar adições de determinadas substâncias sigilosas nos banhos, de acordo com as instruções de trabalho da empresa.

4.4.2. Determinação da tensão superficial

A tensão superficial é determinada utilizando-se o tensiômetro. Para isso, realiza-se a introdução do anel de DuNouy no recipiente contendo a amostra até que haja a estabilização do equipamento. Posteriormente, retira-se o anel da amostra aos poucos e aguarda-se a medição da tensão por parte do equipamento supracitado. Caso a tensão esteja acima dos limites aceitáveis, torna-se necessário a adição de substâncias sigilosas no banho, com o intuito de diminuí-la e adequá-la aos parâmetros da empresa.

4.4.3. Determinação do pH

Para determinar o pH faz-se uso de um pHmetro digital. Assim, após lavar, calibrar o equipamento com as soluções padrões de pH 7,00 e 4,00, respectivamente, e ajustar a temperatura da amostra, torna-se possível aferir o pH da mesma.

4.4.4. Realização do teste célula Hull Cell

Para realizar o teste Hull cell realiza-se a montagem do sistema, acoplado o polo positivo da fonte de alimentação ao anodo e o polo negativo ao catodo, que no caso é a placa de níquel ou cobre que participa da simulação do processo de eletrodeposição. Assim, após tal montagem, adiciona-se a solução do banho analisada nas intermediações da célula de Hull Cell. Posteriormente, ajusta-se a fonte de alimentação e aguarda-se o tempo necessário para que a reação ocorra, de acordo com as instruções da empresa. Ao final do teste, realiza-se a lavagem da placa, em água corrente, seguida de secagem com folha de papel, para retirar possíveis resquícios da solução. Por fim, analisa-se o resultado obtido e verifica-se se as condições do banho analisado estão propícias para receber as adições das placas de lingotamento.

5. DESENVOLVIMENTO

5.1. Funções Executadas

Para o reparo das placas utilizadas nos moldes, utiliza-se o processo de eletrodeposição de níquel sobre o substrato de cobre em placas largas e estreitas e eletrodeposição de cobre em substrato de cobre, em placas estreitas. Este processo ocorre a partir de uma solução aquosa representada pela equação geral abaixo:



Onde:

M^{Z+} = íons metálicos em solução;

Ze = elétrons transferidos/cedidos na reação;

M = átomos metálicos depositados na superfície da placa.

Neste sentido, os íons metálicos presentes na solução, são depositados como átomos metálicos na superfície das placas em questão. Este processo tem fundamentos eletroquímicos de redução, em que o eletrodo, neste caso o ânodo de níquel eletrolítico ou cobre eletrolítico oxidam, e o catodo, ou seja, a placa que irá receber deposição, reduz, recebendo o metal na forma metálica. Este processo se desenvolve na presença de uma corrente contínua para que as reações ocorram no sentido desejado. Assim, é possível dizer que o estágio possibilitou o acompanhamento deste processo, bem como as variáveis e parâmetros importantes para o controle e eficácia deste.

5.2. Atividades Técnicas Executadas

A parte técnica do estágio consistiu na execução e acompanhamento de algumas etapas que compõem o procedimento de eletrodeposição e inspeção da placa, com o intuito de atender aos seus requisitos de qualidade. Na primeira etapa deste processo, são realizadas análises dos banhos de níquel e cobre e das decapagens para verificar se os parâmetros destes banhos estão dentro das faixas recomendadas para a realização do processo.

Dentre os parâmetros analisados nos banhos dos metais podemos citar: concentração dos componentes químicos, tensão superficial, pH e realização de teste célula Hull.

5.2.1. Determinação das concentrações dos componentes químicos presentes nos banhos de níquel e cobre e nas decapagens

A análise da concentração dos componentes do banho é realizada por técnicas convencionais de titulação, de modo que as metodologias e reagentes utilizados não podem ser mencionadas devido a ética e sigilo contratual com a empresa. Neste sentido, após identificar o ponto de viragem, realiza-se cálculos para determinar as concentrações e verificar se estas encontram-se dentro dos limites aceitáveis.

A segunda etapa para a realização da eletrodeposição compõe a análise da decapagem, uma etapa de preparação da superfície da placa, antes que ela seja colocada no banho para eletrodeposição. Esta etapa é extremamente importante pois promove a ativação da superfície do

cobre, além de remover possíveis impurezas e óxidos presentes na placa. Nesta perspectiva, também é importante analisar as concentrações dos constituintes da solução de decapagem e investigar as impurezas de cobre e níquel provenientes de decapagens anteriores. A metodologia aplicada para a analisar a concentração dos componentes da solução de decapagem também ocorre por meio das técnicas de titulação. Já a análise de impurezas é feita por ICP, onde é realizada a determinação instrumental das concentrações das impurezas.

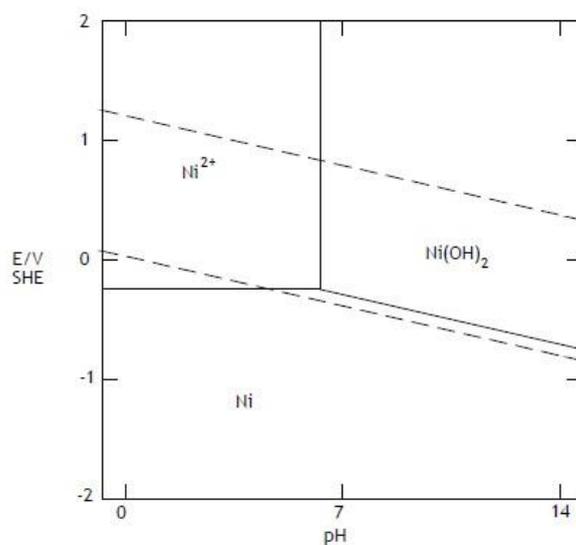
5.2.2. Determinação da tensão superficial

A análise da tensão superficial é de extrema importante para a análise dos banhos uma vez que nos permite estudar as forças de coesão existentes entre as moléculas. Este estudo é importante pois uma tensão superficial alta pode ocasionar na formação de gás hidrogênio, que tende a aderir na superfície da placa e originar anomalias no revestimento. Estes danos podem provocar deslocamento ou até mesmo não homogeneidade do revestimento, impactando diretamente na qualidade da placa. Assim, caso a superfície superficial esteja acima dos limites aceitáveis pela empresa, é necessário adicionar surfactantes sigilosos na solução, com o intuito de diminuir este efeito.

5.2.3. Análise do pH

O pH da solução, por sua vez, indicará, de acordo com a corrente aplicada, a faixa ótima em que o metal estará solubilizado viabilizando o processo de eletrodeposição, como exemplificado para o níquel no diagrama de Pourbaix abaixo:

Figura 5 - Diagrama de Pourbaix para o Níquel.



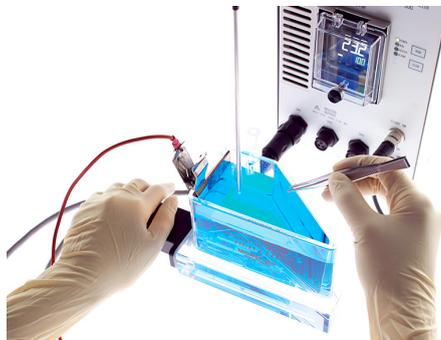
Fonte: Cecconello (2006)

De acordo com este diagrama, a condição de pH ideal para que seja possível obter níquel solubilizado é uma faixa de pH entre 3,0 e 4,5, que é a faixa esperada para o banho de eletrodeposição de níquel.

5.2.4. Teste Hull Cell

O teste Hull Cell é de extrema importância para a eficácia do processo uma vez que possibilita simular o processo de eletrodeposição em pequena escala, utilizando-se uma amostra do banho como substrato. Além disso, a partir dele também é possível prever possíveis defeitos no depósito, em decorrência de problemas com a solução.

Figura 4 - Teste célula Hull Cell.



Fonte: Google imagens (2023)

Por fim, durante o estágio também foi possível tomar algumas conclusões, com relação às visões pessoais observadas durante o

período de desenvolvimento das atividades, principalmente voltadas para as análises realizadas. A primeira delas está relacionada com a periodicidade e ocorrência das mesmas, já que no presente estágio, por se tratar de uma empresa onde as análises químicas eram realizadas apenas quando havia demanda de banhos ou análises de outros parâmetros de interesse, não foi possível notar uma regularidade com relação a este aspecto. Porém, em períodos onde havia um elevado volume de placas, já foram realizadas a análise de mais de duas estações em um mesmo dia. Entretanto, algumas atividades eram periódicas, como por exemplo a calibração dos equipamentos do laboratório, que ocorriam a cada segunda-feira. Um outro aspecto observado está relacionado com a análise dos banhos propriamente dita. Assim, foi possível notar que o banho de cobre, por contar com um sistema de aquecimento mais elevado, se comparado com as demais estações, na maioria das vezes, estava sujeito a maiores oscilações dos quesitos analisados, devido à maior evaporação da solução, fazendo com que fosse necessário realizar mais correções e ajustes, com o objetivo de atender os parâmetros analisados. Já os banhos de níquel mostraram-se mais estáveis, já que demandaram menores ajustes de tais parâmetros, com um maior intervalo de tempo entre as oscilações, encaixando-se melhor nos padrões aceitos pela empresa. Ademais, em virtude da maior demanda, os banhos de níquel eram comumente analisados, enquanto os de cobre passavam por análises em menores frequências.

5.3. Impacto do Estágio nas Competências e Habilidades

Houve familiarização com o ambiente fabril, um local que torna possível a aplicação de conhecimentos para desenvolvimento de habilidades como resolução de problemas, uma vez que constantemente surgem situações novas e que precisam ser solucionadas. A área de eletrodeposição é uma área de constante aprendizagem neste sentido, uma vez que o processo é muito empírico, e conta com a aparição de muitas alterações que devem ser discutidas e estudadas. O senso de trabalho em equipe e proatividade também puderam ser bem desenvolvidos visto que existem muitas tarefas segmentadas

nas empresas e deve-se contribuir para que estas tarefas estejam em sinergia e contribuam juntas, de forma efetiva, para o desenvolvimento do produto.

6. CONCLUSÕES

O estágio possibilitou a vivência na área de processo de uma empresa da área siderúrgica agregando conhecimento e experiência nas linhas de processo. Foi possível a ambientação e integração em vários segmentos ligados à metalurgia, não somente para entendimento dos revestimentos, mas também para atualização de diversas tecnologias ligadas à indústria metalúrgica.

Ademais, diante das informações citadas ao longo do relatório durante o Estágio Obrigatório Supervisionado realizado no laboratório da SMS Group foi possível aplicar conhecimentos de disciplinas de Química Analítica, Química Instrumental, Segurança em Laboratório e Introdução a Engenharia de Segurança. Essas aplicações foram diretas para compreensão das metodologias aplicadas na análise dos banhos de revestimento e no desenvolvimento de atividades da fábrica.

Além disso, posso dizer que essa experiência me trouxe a possibilidade de aprimorar minhas habilidades de organização de tempo, gestão de compromissos, minha comunicação e escrita, auxiliando na minha vida pessoal e como estudante aplicando tais aptidões.

7. REFERÊNCIAS

MARTINS, Rodrigo Seara. **Avaliação do consumo específico de pó flutuante e sua correlação com os parâmetros do lingotamento contínuo de placas**. Orientador: Roberto Parreiras Tavares. 2019. 137 p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Metalúrgica) - Universidade federal de Minas Gerais (UFMG), [S. l.], 2019.

SILVA, Lino Arruda; SHIBATA, Deise. **Lingotamento Contínuo: Solidificação**. [S. l.: s. n.], 2013. 10 p.

CECCONELLO, Erik Luís Sardinha. **Morfologia e porosidade de níquel eletrodepositado em cobre**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia – Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

PASQUALE, M. A., GASSA, L.M., ARVIA, A.J. **Copper electrodeposition from an acidic plating bath containing accelerating and inhibiting. organic additives.** Elsevier – Electrochimica Acta. 53(2008) 5891-5904, Argentina. 2008.

QIN, X.Y. et al. **Investigation of plating wastewater treatment technology for Chromium, nickel and copper.** ECS – Earth and environmental science. 191. 2018.

Site empresa SMS Group – Plantas SMS:
<https://www.sms-group.com/plants/allplants/converter-steelmaking-stainless-steel>.

FERNANDES, R. F. Fernandes, R. F.(2015). **Eletrólise.** Rev. Ciência Elem.

SENA , Rafael Oliveira; SILVA, Marcellus Piedade; BUTTGEREIT, Rolf Michael. **Novas tecnologias para revestimento de placas de cobre.** Aciaria steelmaking - seminário de aciaria internacional , [s. l.], 2014.

SILVA , Nathalia Salgado. **Eletrólise de níquel aplicada à produção de ferramentas superabrasivas.** 2021. 55 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em química) - Universidade federal de São Carlos, [S. l.], 2021.

Iost, Cristina A. R., e Carlos G. Raetano. **Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfactantes em superfícies artificiais e naturais.** *Engenharia Agrícola*, vol. 30, nº 4, agosto de 2010, p. 670–80.

MADORE, C.; LANDOLT , D. **The Rotating Cylinder Hull Cell: Design and Application.** Plating & Surface Finishing, [s. l.], 1993.

SILVA, Léia Moraes; SILVA, Luzia Garahi; BRAZ, Milena. **Diluição e titulação de soluções.** [s. l.], 2017.

Silva Dos Santos, Evany, et al. **Ligas de Ni-Co: uma revisão sistemática dos parâmetros e composição dos banhos eletrolítico.** 1º ed, Editora Realize, 2022.