



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SÃO PAULO
CAMPUS SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

Arthur Freitas Araújo

Têmpera superficial com revestimento de Negro de
fumo via laser de CO₂

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São José dos Campos, como requisito para obtenção do Título de Técnico em Mecânica sob orientação do Professor Cláudio Luís dos Santos e Co-orientação do Professor Dr. Getúlio de Vasconcelos (IEAv).

São José dos Campos
2014

BANCA EXAMINADORA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) defendido e aprovado em
01 de DEZEMBRO de 2014, pela banca examinadora constituída pelos
professores:



Prof. Cláudio Luís dos Santos

Orientador (a)



Prof. Ricardo Becker Mendes de Oliveira

IFSP- SJC



Prof. Helder Souza de Oliveira

IFSP- SJC

“Investir em conhecimento rende sempre os melhores juros”
BENJAMIN FRANKLIN

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO.....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1. Laser.....	2
3.1.1. Laser de CO2	2
3.2. Têmpera Superficial	3
3.3. Negro de Fumo	4
3.4. AISI 1020	4
3.5. AISI 4340	4
4. MATERIAIS E MÉTODOS	4
4.1. Materiais	4
4.2. Métodos	5
4.2.1. Deposição do Negro de Fumo pelo método experimental	5
4.2.2. Parâmetros do Laser	5
4.2.3. Caracterização das Amostras	7
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	7
6. CONCLUSÃO.....	17
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Laser de CO2.....	3
Figura 2	Diagrama TTT.....	4
Figura 3	Método de deposição de Negro de fumo.....	5
Figura 4	Amostras recobertas.....	6
Figura 5	Parâmetros utilizados.....	6
Figura 6	Amostras após serem irradiadas.....	7
Figura 7	Amostras embutidas e atacadas.....	7
Figura 8	Camada AISI 4340 com velocidade de 400 mm/s, 1 passe e resolução de 200 ppp.....	8
Figura 9	Camada AISI 4340 com velocidade de 1000 mm/s, 1 passe e resolução de 200 ppp...	8
Figura 10	Camada AISI 4340 com velocidade de 400 mm/s, 2 Passes e resolução de 200 ppp...	9
Figura 11	Camada AISI 4340 com velocidade de 1000 mm/s, 2 passes e resolução de 200 ppp.	9
Figura 12	Camada AISI 4340 com velocidade de 400 mm/s, 1 passe e resolução de 400 ppp.....	10
Figura 13	Camada AISI 4340 com velocidade de 1000 mm/s, 1 passe e resolução de 400 ppp ..	10
Figura 14	Camada AISI 4340 com velocidade de 400 mm/s, 2 passes e resolução de 400 ppp ..	11
Figura 15	Camada AISI 4340 com velocidade de 1000 mm/s, 2 passes e resolução de 400 ppp.	11
Figura 16	Camada AISI 1020 com velocidade de 400 mm/s, 1 passe e resolução de 200 ppp.....	12
Figura 17	Camada AISI 1020 com velocidade de 1000 mm/s, 1 passe e resolução de 200 ppp ..	12
Figura 18	Camada AISI 1020 com velocidade de 400 mm/s, 2 passes e resolução de 200 ppp...	13
Figura 19	Camada AISI 1020 com velocidade de 1000 mm/s, 2 passes e resolução de 200 ppp.	13
Figura 20	Camada AISI 1020 com velocidade de 400 mm/s, 1 passes e resolução de 400 ppp ..	14
Figura 21	Camada AISI 1020 com velocidade de 1000 mm/s, 1 passes e resolução de 400 ppp.	14
Figura 22	Camada AISI 1020 com velocidade de 400 mm/s, 2 passes e resolução de 400 ppp...	15
Figura 23	Camada AISI 1020 com velocidade de 1000 mm/s, 2 passes e resolução de 400 ppp.	15
Figura 24	Gráfico da Dureza antes e depois do tratamento.....	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AISI	American Iron and Steel Institute
μm	Micrometros
CO_2	Dióxido de carbono
PPP	Pulso por plegada
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
HV	Hardness Vickers

RESUMO

Neste trabalho foi avaliado o método de deposição de revestimento de negro de fumo pela queima de um hidrocarboneto (querosene), substituindo o processo de aspersão por pistola pneumática, visando eliminar a etapa de preparação da solução. O negro de fumo é usado como material absorvedor, evitando a reflexão da energia pela ação do laser. O AISI 4340 é um dos aços com maior temperabilidade, enquanto o AISI 1020 não é temperável pela baixa porcentagem de carbono. As amostras de aço AISI 4340 e AISI 1020 foram recobertas com negro de fumo e irradiadas com um Laser de CO₂, esse processo é chamado de têmpera a laser. Foram testados vários parâmetros do Laser para se determinar com qual se obteria a maior profundidade da têmpera e a maior dureza. As alterações nos aços foram avaliadas pela técnica de dureza, onde se obteve uma dureza elevada a três vezes o substrato sem tratamento.

Palavras chave: Laser de CO₂; Tratamento Térmico; Negro de fumo.

ABSTRACT

This work will evaluate the deposition method of coating carbon black by burning a hydrocarbon (kerosene) replacing process by air gun spraying in order to eliminate the step of preparing the solution. Carbon black is used as absorber material, avoiding the reflection of energy by the laser action. AISI 4340 is one of the steels with higher hardenability, while AISI 1020 is not hardenable by the low percentage of carbon. Samples of AISI 4340 and AISI 1020 were covered with carbon black and irradiated with a CO₂ laser; this process is called tempering the laser. Various laser parameters were tested to determine which would be obtained with the greatest depth of hardening and harder. Changes in steels were evaluated by the technique of hardness, which revealed a high hardness three times the untreated substrate.

Keywords: CO₂ Laser; Heat treatment; Carbon Black

1. INTRODUÇÃO

Os tratamentos térmicos são amplamente utilizados para melhorar as propriedades mecânicas dos materiais, como elevar a dureza, melhorar a ductilidade, diminuir o desgaste e aumentar a resistência mecânica.

A têmpera consiste no aquecimento do metal até a temperatura de austenitização e em seguida é feito um resfriamento rápido, para que seja gerada estrutura martensítica no material, que também dependerá do teor de carbono e dos elementos de liga do aço.

O processo de têmpera a laser consiste em tratar a superfície do metal, aumentando sua dureza, além de se obter propriedades semelhantes ao processo convencional, melhora as propriedades tribológicas e corrosivas. A têmpera a laser tem vantagens em comparação a outros processos como: operar em altas velocidades, tratar áreas específicas e de maior complexidade, e um controle maior sobre a zona termicamente afetada, onde em outros processos não são uniformes. A alta taxa de reflexão do feixe de laser CO₂, cujo comprimento de onda é de 10,6 μm, pode chegar a 90%, em materiais metálicos. Para diminuir essa taxa de reflexão utilizam-se materiais absorvedores, como o Negro de fumo.

A vantagem de aplicar a têmpera é poder melhorar as propriedades dos aços, por exemplo, uma engrenagem sofre um desgaste na superfície. Ao invés de utilizar um material com uma dureza elevada e um coeficiente de atrito baixo, podemos utilizar um aço menos nobre e realizar a têmpera e obter as mesmas características na superfície, assim reduzindo os custos.

2. OBJETIVO

O objetivo do projeto é testar o método de deposição de revestimento de negro de fumo pela queima de um hidrocarboneto (querosene), substituindo o processo de aspersão por pistola pneumática, visando eliminar a etapa de preparação da solução.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Laser

A palavra LASER é formada pelas iniciais de “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”, isto é: “Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação”.

O Laser é uma excepcional fonte de radiação, capaz de produzir, em bandas espectrais extremamente finas, intensos campos magnéticos coerentes no intervalo espectral que se estende do infravermelho remoto ao ultravioleta.

Para que um Laser possa funcionar, devem ser satisfeitas, simultaneamente, três condições fundamentais. Em primeiro lugar, é necessário dispor de um meio ativo, ou seja, de uma coleção de átomos, moléculas ou íons que emitam radiação na parte “óptica” do espectro. Em segundo lugar, deve ser satisfeita uma condição conhecida sob o nome de inversão de população. Esta condição geralmente não preenchida em nosso ambiente natural é gerada por um processo de excitação denominado bombeamento: ela transforma o meio ativo em meio amplificador de radiação. Finalmente, é indispensável dispor de uma reação óptica para que o sistema composto por essa reação óptica e pelo meio ativo seja a sede de uma oscilação laser. [1]

3.1.1 Laser de CO₂

O Laser de CO₂ funciona a base da excitação de elétrons. Ele é composto de três gases: Nitrogênio, Hélio e o Dióxido de Carbono que com a passagem de uma corrente elétrica, os elétrons são excitados por esses gases, gerando os fótons que são alinhados por espelhos galvanométricos e gerando assim um feixe de laser de 200 µm de diâmetro e um comprimento de onda de 10,6 µm.

A Figura 1 mostra o laser de CO₂ de 125W utilizado no projeto.



Figura 1. Laser de CO₂

3.2. Têmpera Superficial

A têmpera é um tratamento térmico para se obter a Martensita, uma fase que dependendo do teor de carbono e dos elementos de liga no aço, se torna muito dura.

Esse tratamento é dividido em duas etapas: o aquecimento e o resfriamento. O material é aquecido até a temperatura de Austenitização, aproximadamente 723°C, e é resfriado rapidamente em água, óleo ou ar, nos casos industriais. Na têmpera a laser como somente a superfície é aquecida, o calor é dissipado rapidamente, não sendo necessária a utilização de um meio líquido.

Nesse resfriamento a austenita se transforma na martensita e como o tratamento acontece somente na superfície não é necessário ser feito o revenimento, que é o aquecimento abaixo da temperatura de Austenitização e em seguida um resfriamento no ar para que sejam aliviadas as tensões nos grãos.

Cada aço possui certa temperabilidade, que é a facilidade com que o material sofre a têmpera. E para cada aço, ele possui uma curva TTT (tempo, temperatura e transformação), que varia com a sua composição. Quanto mais deslocado para a direita, mais temperável ele se torna, e deslocado para a esquerda, menos temperável.

A Figura 2 ilustra o gráfico TTT (tempo, temperatura e transformação). O formato da curva varia para cada aço pela sua composição. O resfriamento precisa ser rápido o bastante para que não entre em outra fase.

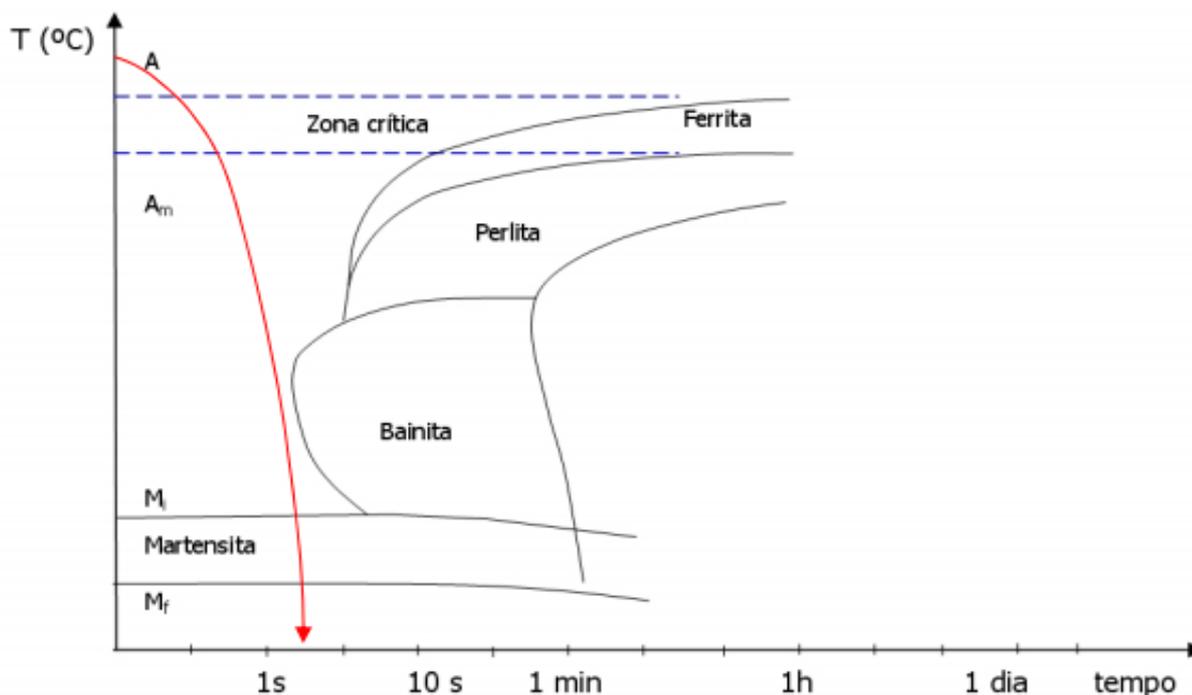


Figura 2 Diagrama TTT [2]

3.3. Negro de Fumo

O Negro de fumo é um material nanoparticulado constituído por carbono que pode ser gerado por pirólise, que é a queima de compostos pela alta temperatura, ou a partir da queima de um hidrocarboneto líquido ou gasoso.

Nos processos de tratamento a laser de materiais metálicos, cerca de 90% da energia emitida pelo Laser era refletida pela superfície do aço, não ocasionando o tratamento. [3]

O Negro de fumo é utilizado como material absorvedor da energia do laser, ou seja, toda a energia emitida pelo laser era absorvida pelo negro de fumo, e transferida para a superfície do aço. [4]

3.4. AISI 1020

O AISI 1020 tem boa usinabilidade e soldagem. É utilizado para a fabricação de engrenagens e alguns elementos de máquinas

Como esse aço possui uma baixa porcentagem de carbono na sua composição, a têmpera não pode ser aplicada normalmente, é necessário que seja feita a Carbonetação [5]. Como o negro de fumo é constituído por carbono, a deposição dele na superfície do aço, e a ação do laser faz com que ele seja absorvido pela superfície do aço, aumentando a concentração de carbono na composição do material e ocasionando a têmpera.

3.4. AISI 4340

O aço AISI 4340 é um dos aços que possui a maior temperabilidade dos aços, pois seus em sua composição possui o Cromo e o Molibdênio, que aumentam a ocorrência de têmpera.

Sua usinabilidade e soldagem são ruins. São utilizados em peças que tenham elevada dureza, resistência mecânica e tenacidade como peças aeronáuticas e automobilísticas. [6]

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Materiais

Os materiais utilizados no projeto foram listados a seguir:

- Amostras de AISI 4340 e AISI 1020
- Laser de CO₂ (Synrad de 125W)
- Microdurômetro (Future Tech FM-700)
- Microscópio Eletrônico (Zeiss)

4.2. Métodos

4.2.1. Deposição do Negro de fumo pelo método experimental

Foram cortadas amostras de AISI 1020 e AISI 4340 com 25 mm de diâmetro e espessura de 4 mm, lixadas (100 a 600#) e foram recobertas com o negro de fumo pelo processo experimental apresentado na Figura 3.



Figura 3 Método de deposição de Negro de fumo

A queima do querosene resulta numa combustão parcial, gerando assim a fuligem que fica depositada na superfície da amostra. Essa fuligem é chamada de Negro de fumo. A Figura 4 mostra as amostras após a deposição.



Figura 4 Amostras recobertas

4.2.2. Parâmetros do Laser

Para irradiar as amostras foram testados vários parâmetros do Laser como:

- A Velocidade de varredura, que é a velocidade que o feixe desloca-se pela amostra.
- A Resolução, o numero de pulsos por polegada.
- Número de passes, que é a quantidade de vezes que o feixe vai atravessar a amostra.
- Potência, que em todas as experiências foi utilizada a de 125W

O esquema é representado na Figura 5.

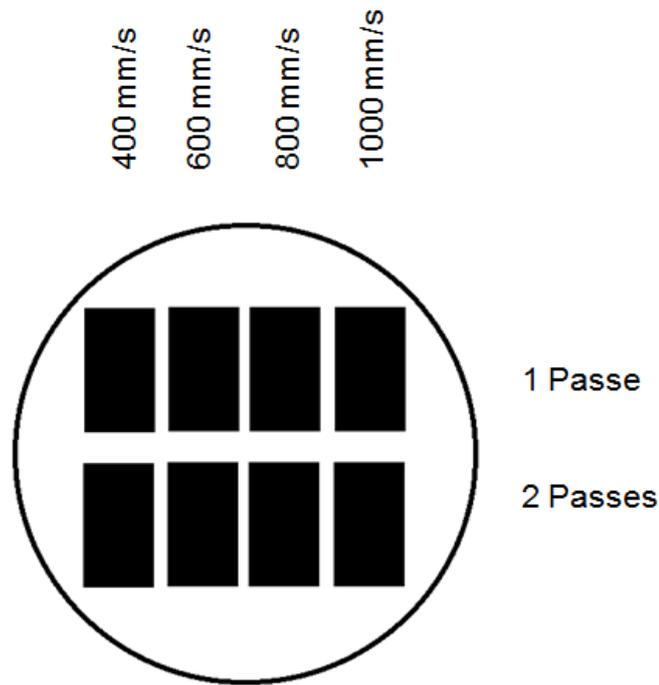


Figura 5 Parâmetros utilizados

Foram realizados dois experimentos, variando-se a Resolução. Na Experiência 1 foi utilizada uma Resolução de 200 ppp e na Experiência 2 a Resolução de 400 ppp.

Posteriormente, as amostras foram irradiadas no laser de CO₂ de 125 W, com diâmetro do feixe de 200 μ m. Foi utilizado um fluxo gás nitrogênio para proteção contra a oxidação das amostras tratadas. As amostras irradiadas seguem na figura 6.



Figura 6 Amostras após serem Irradiadas. Da esquerda para direita: 1) sem revestimento, 2) Exp 1 com revestimento e resolução de 200 ppp, e 3) Exp 2 com revestimento e resolução de 400 ppp.

A Figura 6 ilustra a amostra sem revestimento e com revestimento que foram irradiadas com o feixe de laser de CO₂. Da esquerda para a direita, a primeira amostra foi irradiada sem o revestimento do negro de fumo e indica reflexão total e/ou parcial da energia, apresentando a falha no tratamento. As Amostras recobertas com o negro de fumo foram tratadas completamente.

Se observa também que na experiência 2 como o a resolução é maior, os pulsos ficam sobrepostos, ocasionando um maior aumento na temperatura e conseqüentemente a queima na superfície.

4.2.3. Caracterização das Amostras

Após serem irradiadas, as amostras foram cortadas na seção transversalmente e preparadas metalograficamente (lixa 100 a 600# e polidas com alumina de 1 µm) como na Figura 7.



Figura 7 Amostras embutidas e atacadas

Utilizou-se reagente Nital 3 % por 5 segundos para revelar a estrutura das amostras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. AISI 4340 EXP 1

O melhor parâmetro encontrado para o AISI 4340 foi o com velocidade de varredura de 400 mm/s, resolução de 200 ppp e 1 passe, que obteve a maior espessura da camada temperada.

Com auxílio da microscopia óptica pode se observar a camada temperada do AISI 4340 que alcançou uma espessura de aproximadamente 50 μm com os parâmetros escolhidos, conforme Figura 8.



Figura 8 Camada AISI 4340 com velocidade de 400 mm/s, 1 passe e resolução de 200 ppp

Com o parâmetro de velocidade de varredura 1000 mm/s, resolução de 200 ppp e 1 passe, obteve uma camada inferior de aproximadamente 28 μm , como indica a Figura 9.



Figura 9 Camada AISI 4340 com velocidade de 1000 mm/s, 1 passe e resolução de 200 ppp

Alterou-se o número de passes do feixe de laser para 2 passes, e as camadas temperadas seguem nas Figuras 10 e 11.



Figura 10 Camada AISI 4340 com velocidade de 400 mm/s, 2 Passes e resolução de 200 ppp

Com a Velocidade de varredura de 400 mm/s, a camada temperada ficou uniforme com uma espessura de aproximadamente 40 μm. Aumentando a velocidade para 1000 mm/s, a camada endurecida não foi totalmente uniforme como indica a Figura 11.



Figura 11 Camada AISI 4340 com velocidade de 1000 mm/s, 2 passes e resolução de 200 ppp

A espessura da Camada temperada com velocidade de 1000 mm/s e 2 passes obteve aproximadamente 28 μm.

5.2. AISI 4340 EXP 2

Na experiência 2, a resolução foi alterada para 400 ppp, mantendo as mesmas velocidades e o número de passes.

A Figura 12 mostra a camada temperada com os parâmetros de velocidade de varredura 400 mm/s e 1 passe, que obteve uma espessura na ordem de 35 μm .



Figura 12 Camada AISI 4340 com velocidade de 400 mm/s, 1 passe e resolução de 400 ppp

Com a velocidade de varredura de 1000 mm/s e 1 passe, a camada temperada obtida foi de aproximadamente 20 μm e é apresentada na Figura 13.



Figura 13 Camada AISI 4340 com velocidade de 1000 mm/s, 1 passe e resolução de 400 ppp

O número de passes do feixe de laser foi alterado para 2 passes, mantendo as mesmas velocidades e a resolução de 400 ppp.

A Figura 14 mostra a camada com velocidade de 400 mm/s, resolução de 400 ppp e 2 passes. A camada temperada alcançou uma espessura na ordem de 30 μm .



Figura 14 Camada AISI 4340 com velocidade de 400 mm/s, 2 passes e resolução de 400 ppp

Com a velocidade de 1000 mm/s, resolução de 400 ppp e 2 passes obteve uma camada tratada com espessura de 18 μm , como mostra a figura 15.



Figura 15 Camada AISI 4340 com velocidade de 1000 mm/s, 2 passes e resolução de 400 ppp

5.3. AISI 1020 EXP 1

A Figura 16 mostra a camada tratada do AISI 1020 com velocidade de 400 mm/s, Resolução de 200 ppp e 1 passe. Com esses parâmetros, a camada temperada foi de aproximadamente 35 μm .



Figura 16 Camada AISI 1020 com velocidade de 400 mm/s, 1 passe e resolução de 200 ppp

A Figura 17 mostra a camada temperada de aproximadamente 20 μm com a velocidade de 1000 mm/s, Resolução de 200 ppp e 1 passe.



Figura 17 Camada AISI 1020 com velocidade de 1000 mm/s, 1 passe e resolução de 200 ppp

O número de passe foi alterado para 2 passes, conservando os mesmos valores de velocidade de varredura e a resolução.

Com a velocidade de 400 mm/s, Resolução de 200 ppp e 2 passes, a camada encontrada foi na ordem de 35 μm e segue na Figura 18.



Figura 18 Camada AISI 1020 com velocidade de 400 mm/s, 2 passes e resolução de 200 ppp

A camada temperada foi na ordem de 22 μm , com velocidade de 1000 mm/s, Resolução de 200 ppp e 2 passes segue na figura 19.

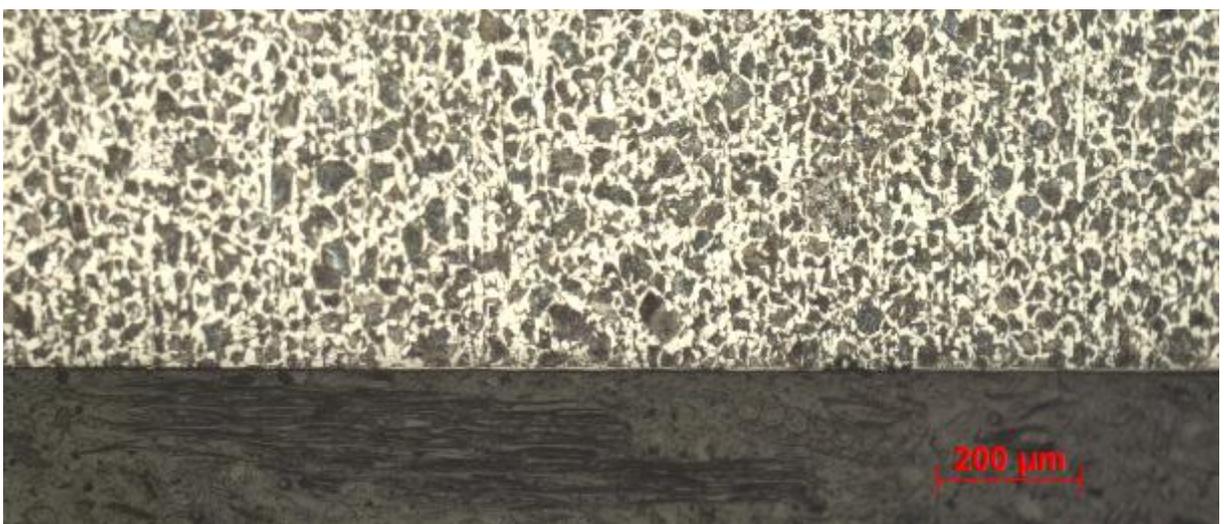


Figura 19 Camada AISI 1020 com velocidade de 1000 mm/s, 2 passes e resolução de 200 ppp

5.3. AISI 1020 EXP 2

Nessa experiência a Resolução foi alterada para 400 ppp, os parâmetros de velocidade e número de passes foram mantidos.

A Figura 20 mostra a camada tratada com espessura na ordem de 34 μm , com a velocidade de 400 mm/s e 1 passe.



Figura 20 Camada AISI 1020 com velocidade de 400 mm/s, 1 passes e resolução de 400 ppp

A velocidade de 1000 mm/s, Resolução de 400 ppp e 1 passe segue na Figura 21, com uma camada temperada de aproximadamente 18 μm .



Figura 21 Camada AISI 1020 com velocidade de 1000 mm/s, 1 passes e resolução de 400 ppp

Foi alterado o número de passes do feixe de Laser para 2 passes, enquanto a velocidade de varredura e a resolução permaneceram iguais.

A Figura 22 mostra a camada com velocidade de 400 mm/s, a Resolução de 400 ppp e 2 passes.

Com esses parâmetros não ocorreu a têmpera, pois com a velocidade de 400 mm/s, o tempo de interação foi maior e com a resolução maior ocorreu um aumento na temperatura, sendo assim o resfriamento não foi rápido o suficiente para a transformação em martensita.

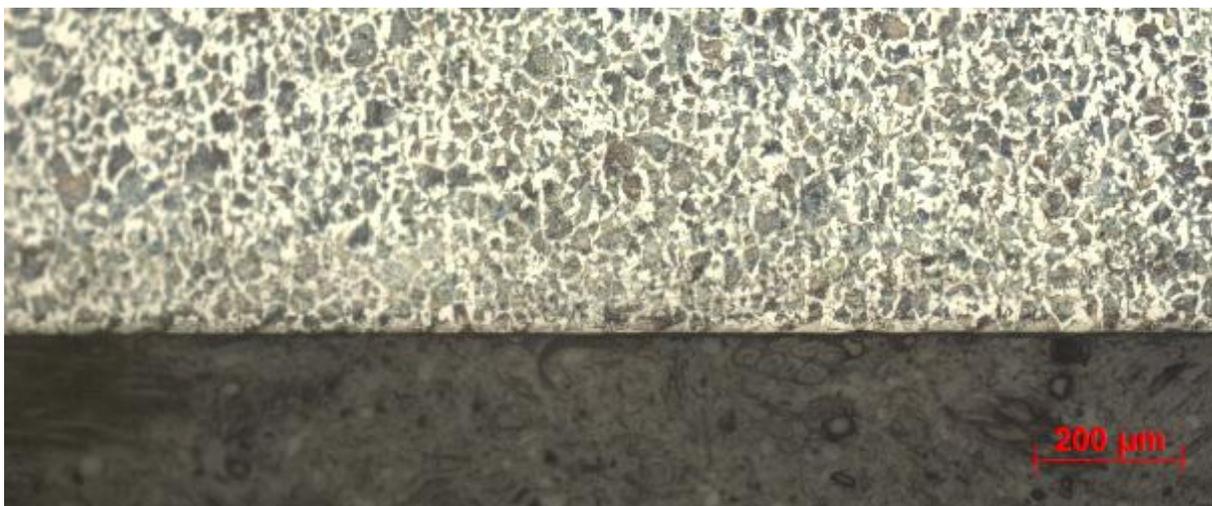


Figura 22 Camada AISI 1020 com velocidade de 400 mm/s, 2 passes e resolução de 400 ppp

Com os parâmetros de velocidade de 1000 mm/s, Resolução de 400 ppp e 2 passes, obteve uma camada temperada de aproximadamente 15 μm, como indica a figura 23.



Figura 23 Camada AISI1020 com velocidade de 1000 mm/s, 2 passes e resolução de 400 ppp

Nesse caso a têmpera ocorreu, pois como a velocidade foi maior, o tempo de interação do laser foi menor, consequentemente o resfriamento foi rápido o suficiente para a austenita se transformar em martensita.

5.4. Dureza

Depois de realizada a Microscopia óptica, foi feito um perfil de dureza nos aços sem e com tratamento. Na Figura 24, o gráfico mostra as durezas obtidas pela distância da superfície.

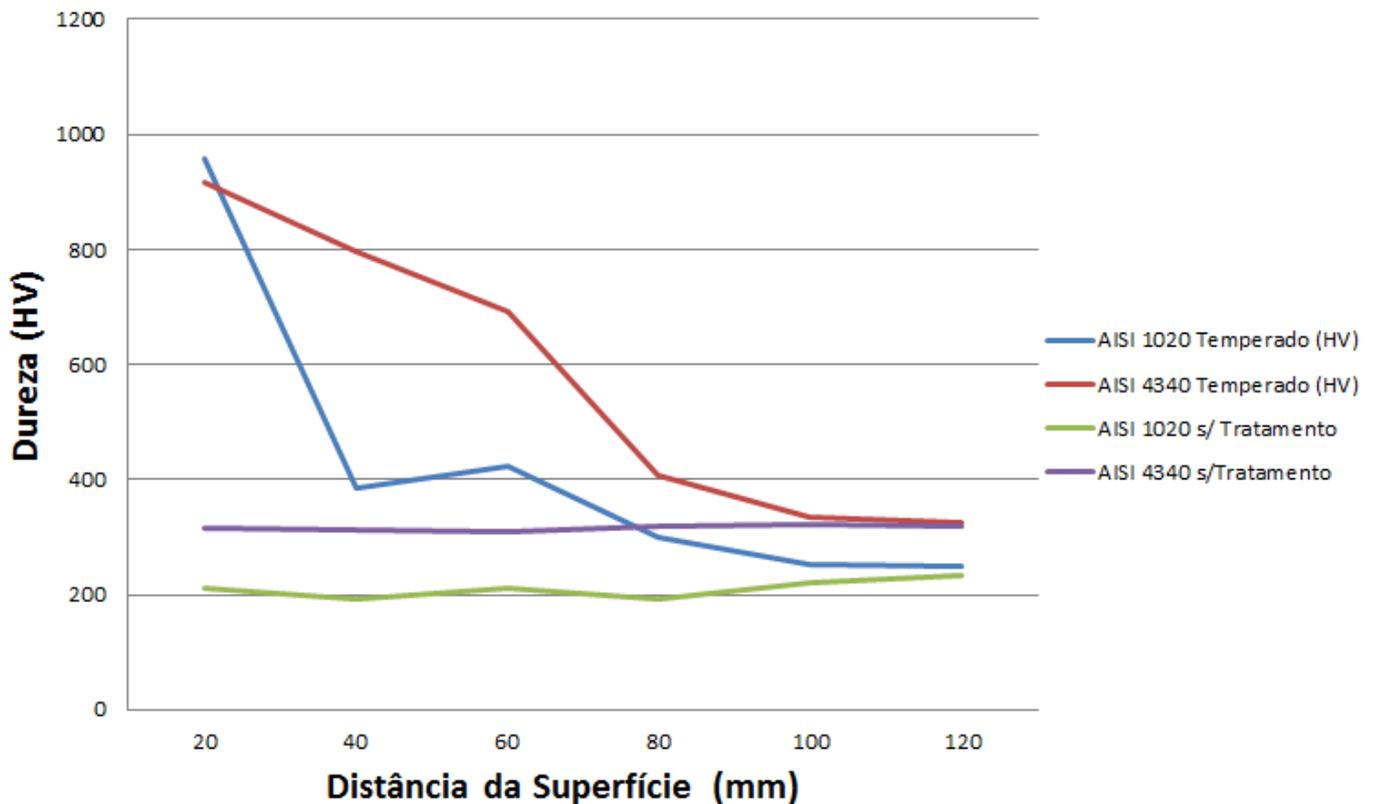


Figura 24 Gráfico da Dureza antes e depois do tratamento

Os valores de dureza tanto do AISI 1020 quanto a do AISI 4340 contidos no gráfico são do parâmetro com velocidade de 400 mm/s, resolução de 200 ppp e 1 passe, que obtiveram as maiores camadas temperadas.

O AISI 1020 temperado obteve uma dureza de 958 HV (Hardness Vickers) após o tratamento térmico, enquanto seu substrato sem tratamento tem dureza de aproximadamente 210 HV.

O tratamento do AISI 4340 obteve uma dureza de 915 HV na superfície, e o substrato sem têmpera tem dureza de 316 HV.

A dureza dos dois aços foram superiores a três vezes a dureza do material sem o tratamento térmico.

6. CONCLUSÃO

Os Experimentos realizados mostram que o método de deposição do negro de fumo é possível, apresentando valores de dureza semelhantes ao processo por aspersão [4] e ainda eliminando a etapa de preparação da solução.

Observou-se que o negro de fumo auxilia na absorção da energia incidente do laser, fazendo com que toda energia seja absorvida e ocasionando o tratamento térmico na superfície da amostra como esperado.

A maior camada temperada encontrada foi no AISI 4340 com a menor velocidade e um único passe, com uma espessura na ordem de 50 μm .

O aumento de dureza tanto no AISI 1020 quanto no AISI 4340 foram superiores a três vezes o do substrato sem o tratamento térmico.

Com a deposição de negro de fumo nas amostras do AISI 1020, aumentou-se a concentração de carbono na composição do aço, tornando possível o tratamento.

As amostras do AISI 1020 com velocidades baixas e resolução alta, não foram temperadas, pois o aquecimento foi superior e o resfriamento não foi rápido o suficiente para gerar a fase da martensita.

Esse método de deposição de negro de fumo se mostra superior ao processo de aspersão, quando se necessita de uma fina camada de negro de fumo nas amostras. As partículas da queima são menores que as obtidas pela moagem do negro de fumo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Maillet, H. O laser: Princípios e técnicas de aplicação, São Paulo: ed. Monole, 1987. 538 p.

[2] Tschiptschin, A.P, Tratamento térmico de aços

Disponível em

<<http://www.pmt.usp.br/pmt2402/TRATAMENTO%20T%C3%89RMICO%20DE%20A%C3%87OS.pdf>>

Acesso em: 06 out. 2014

[3] Dias, A. N.; Chagas, D.C.; VASCONCELOS, G.; Sousa, E., Recobrimento de aço AISI 4340 com Carbetto de boro via LASER de CO2

Disponível em:

<<http://biblioteca.univap.br/dados/000003/00000389.pdf>>

Acesso em: 06 out. 2014.

[4] Chagas, D. C.; Dias, A. N.; Vasconcelos, G., Têmpera e aplicação de revestimento nanoparticulado em matrizes de aço AISI 4340 via Laser de CO2.

Disponível em

<http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0901_0992_01.pdf>

Acesso em: 01 set. 2014.

[5] GGD METALS, AÇO CONSTRUÇÃO MECÂNICA – SAE 1020

Disponível em

<<http://www.ggdmetals.com.br/aco-construcao-mecanica/sae-1020/>>

Acesso em: 10 nov. 2014

[6] GGD METALS, AÇO CONSTRUÇÃO MECÂNICA – SAE 4340.

Disponível em

<<http://www.ggdmetals.com.br/aco-construcao-mecanica/sae-4340/>>

Acesso em: 10 nov. 2014