

Análise de microestrutura e microdureza do aço 22MnB5 estampado a quente

Renan Ramalho, renan.ramalho@ufrgs.br⁽¹⁾

Camila Lisboa, camila.lisboa@ufrgs.br⁽²⁾

Luana de Lucca de Costa, luana.lucca@ufrgs.br⁽³⁾

Lirio Schaeffer, schaeffer@ufrgs.br⁽⁴⁾

RESUMO

Este trabalho se propõe a analisar a microestrutura e microdureza da estampagem a quente do aço 22MnB5 em matriz a temperatura ambiente. Foram utilizadas três temperaturas de aquecimento, 900°C, 1000°C e 1100°C com tempo de forno de 7 minutos. O tempo médio de transferência dos corpos de prova para a prensa foi inferior a 5 segundos. O ensaio foi realizado em uma chapa de aço 22MnB5, sem revestimento, de 1,3 mm de espessura, dimensões de 20mm x 200mm com microestrutura ferrítica e perlítica. Os corpos de prova após o ensaio apresentaram microestrutura composta por bainita, austenita retida e martensita. A microdureza média após o processo de conformação dos corpos de prova austenitizados a 900°C foi de 493HV0.5, a 1000°C foi de 455HV0.5 e a 1100°C foi de 468 HV 0.5.

Palavras-chave: Estampagem a quente, Micro dureza, microestrutura.

⁽¹⁾ Engenheiro Mecânico, mestrando do programa de pós-graduação em minas, metalurgia e materiais - PPG3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

⁽²⁾ Engenheira Mecânica, mestranda do programa de pós-graduação em minas, metalurgia e materiais - PPG3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

⁽³⁾ Engenheira Mecânica, mestre em engenharia, doutoranda do programa de pós-graduação em minas, metalurgia e materiais - PPG3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

⁽⁴⁾ Engenheiro Mecânico, doutor em engenharia, professor titular, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

ABSTRACT

This work proposes to analyze the microstructure and microhardness of the hot stamping of 22MnB5 steel in matrix at room temperature. Three heating temperatures, 900 ° C, 1000 ° C and 1100 ° C with oven time of 7 minutes were used. The mean time of transfer of the specimens to the press was less than 5 seconds. The test was performed on a unmolded steel sheet 22MnB5, of 1.3 mm thickness, dimensions of 20mm x 200mm with ferritic and pearlite microstructure . The specimens after the test presented microstructure composed of bainite, retained austenite and martensite. The average microhardness after the process of forming the austenitized specimens at 900 ° C was 493HV0.5, at 1000 ° C it was 455HV0.5 and at 1100 ° C it was 468 HV 0.5.

Keywords: Hot stamping, Microhardness, microstructure.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e evolução das simulações numéricas através dos elementos finitos possibilitou a otimização de processos, permitindo a realização de estimativas do comportamento dos materiais em determinados processos, esforços envolvidos e a modelagem das propriedades mecânicas, tais como, dureza e resistência mecânica [1]. Através destes softwares foi possível um grande avanço na utilização de novos materiais. Surgindo novos produtos ou melhoria de produtos já fabricados, atendendo a nova demanda do mercado.

Este avanço tecnológico resultou em uma intensa busca pela evolução dos materiais de engenharia, estimulados pela acirrada competição em escala global visando melhoria de suas propriedades e características.

Motivados pelos desafios ecológicos e tecnológicos para a aplicação e desenvolvimento de novos produtos, as indústrias, em especial a indústria automobilística, vêm enfrentando alguns desafios tais como [2]:

- Aumentar a autonomia dos automóveis, garantindo a competitividade e diminuindo as emissões de gases poluentes no sentido de atender as novas legislações ambientais;
- Tornar os veículos mais seguros, promovendo um melhor comportamento ao choque quando submetidos a colisões, preservando a integridade física dos seus ocupantes.

Neste contexto, com o aumento da utilização dos aços de alta resistência em especial na indústria automotiva, se deve as suas propriedades mecânicas. Os aços estampados a quente possuem certas características, como [3]:

- Redução de peso por componente
- Aumento da resistência mecânica
- Diminuição do restorno elástico

No setor automotivo a exigência do mercado consumidor por produtos com maior desempenho, menor custo e conservação do meio ambiente fez com que os

fabricantes de automoveis buscassem novas soluções, tanto para novos produtos como para novos processos de fabricação dos componentes. Com a implementação das novas normas de segurança, atender os requisitos se tornou um desafio. Com utilização dos aços de alta resistência, se obteve um aumento da relação resistência mecânica/massa por componente, se tornando uma solução para aumento de resistência e redução de peso [4].

Nesse sentido, este trabalho visa analisar microestrutura e microdureza obtidos na estampagem a quente de chapas de aço 22MnB5 aquecidas em diferentes temperaturas. A conformação foi realizada em matrizes não refrigeradas, à temperatura ambiente.

2 ESTAMPAGEM A QUENTE

No processo de estampagem a quente é realizado o aquecimento da chapa até temperatura de austenitização do material, para o 22MnB5 varia entre 850°C e 950°C, após o período de aquecimento que pode ser de 4 a 10 minutos, até alcançar uma microestrutura completamente austenítica. A chapa é conformada e a tempera é realizada simultaneamente com a conformação [4].

Devido à transferência da peça do forno para a prensa, ocorre uma transferência de calor para o meio, sendo que a temperatura em que se inicia o processo de transformação da martensita é aproximadamente 400 °C, a faixa de temperaturas para a realização do processo de formação da martensita é limitada em aproximadamente de 850 °C até 400 °C. A conformação é realizada no estado austenítico do material, durante o processo de conformação a taxa de resfriamento de 27 °C/s deve ser obtida, para que não haja uma transformação da microestrutura para bainita [5].

Com a conformação das chapas a quente se reduz o retorno elástico e proporciona uma redução da resistência mecânica, possibilitando estampar peças com maiores dimensões para uma mesma prensa, se comparado com peças estampadas à temperatura ambiente, devido a redução da tensão de escoamento conforme a Figura 1 e conseqüentemente da energia necessária pela prensa para realizar a deformação [6].

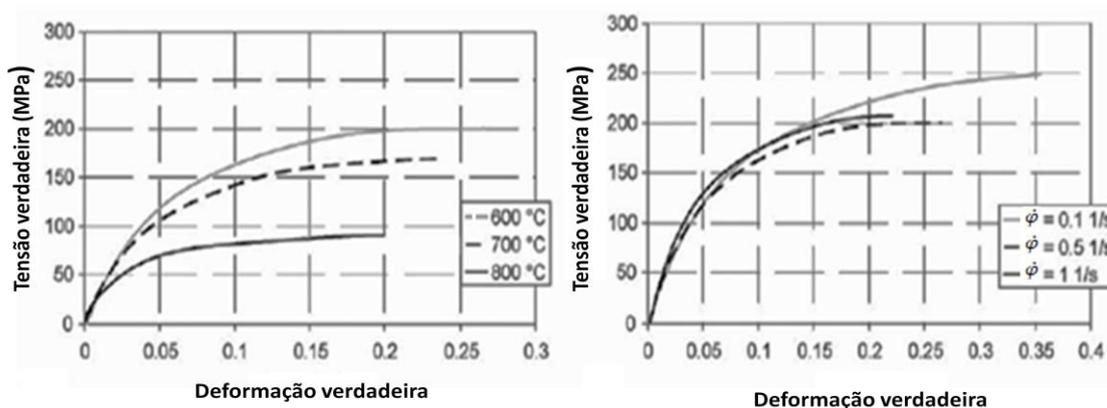


Figura 1: Curva de escoamento do aço 22MnB5 a quente e com diferentes taxas de deformações. Fonte: Adaptado[7].

A conformação deve ser realizada antes que se atinja a taxa de resfriamento para o início da transformação da microestrutura existente para martensita. O sistema deve possuir um rápido fechamento, para melhor controle dos parâmetros do processo, para amenizar a perda de calor para o meio, tendo um maior controle do início do processo de têmpera. Normalmente as ferramentas operam com uma pequena folga no prensa-chapas [8].

A estampagem a quente é empregada, principalmente, na produção de componentes para a indústria automobilística, cujos tamanhos dos componentes utilizados são relativamente grandes com diversos formatos. Sendo estes, geometrias simples a complexas, a necessidade de altos níveis de resistência mecânica e precisão das medidas após o processo de estampagem, tornam difícil o uso dos aços AHSS estampados a frio.

O diagrama CCT para o aço 22MnB5 pode-se ver na Figura 2. O resfriamento rápido deve ser assegurado para que se obtenha uma estrutura totalmente martensítica, garantindo níveis de resistência mecânica acima de 1500 MPa [9].

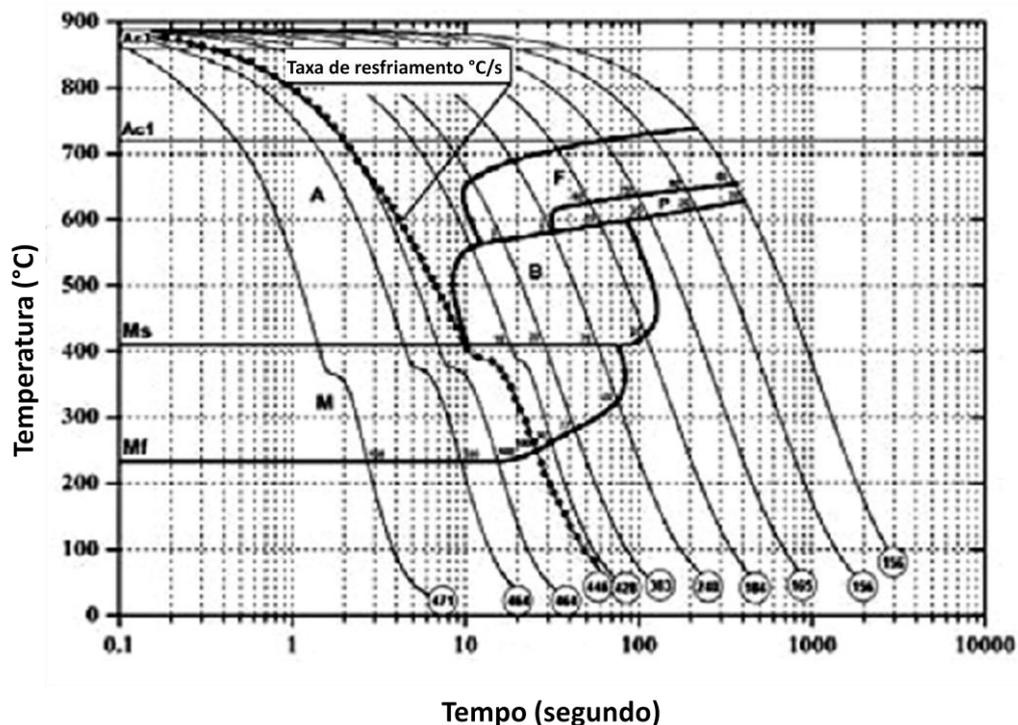


Figura 2: Diagrama de CCT para o aço 22MnB5 Fonte: [10]

Os componentes obtidos através da estampagem a quente seguida de têmpera, processo utilizado para o aumento da resistência, apresentam máxima resistência mecânica e ductilidade mínima [11].

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização da estampagem a quente foram utilizadas amostras do aço 22MnB5 nas seguintes dimensões: 210 mm (comprimento), 20 mm (largura) e 1,30mm (espessura), foi utilizado três amostras com diferentes temperaturas de aquecimento, sendo estas 900°C, 1000°C e 1100°C.

Para realização dos ensaios foi utilizado um forno da marca Sanchi com capacidade de aquecimento de até 1200°C e prensa hidráulica da marca Dan Presse com capacidade de 20 toneladas, conjunto de ferramentas para estampagem resultando em peça com perfil de canal, conforme Figura 03. Não foi utilizada pressão no prensa chapas para a realização dos ensaios e as ferramentas não contaram com sistema de refrigeração.

O tempo médio de transferência do forno para a prensa foi inferior a 5 segundos. As temperaturas de início das estampagens para as amostras foram medidas com um termógrafo da marca FLUKE, modelo Ti 400, e estão apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01 – Parâmetros dos ensaios

Temperatura de aquecimento da amostra	Tempo de aquecimento	Temperatura de estampagem
1100°C	7 minutos	750°C
1000°C	7 minutos	700°C
900°C	7 minutos	650°C

Para a realização dos ensaios de micro dureza foi utilizado um microdurômetro da marca InsizeHardnessTester ISH-TDV1000, com carga de 0,5 kg, e a peça foi dividida em 5 regiões para análise, como pode ser visto na Figura 03, sendo realizadas três medições em cada região.

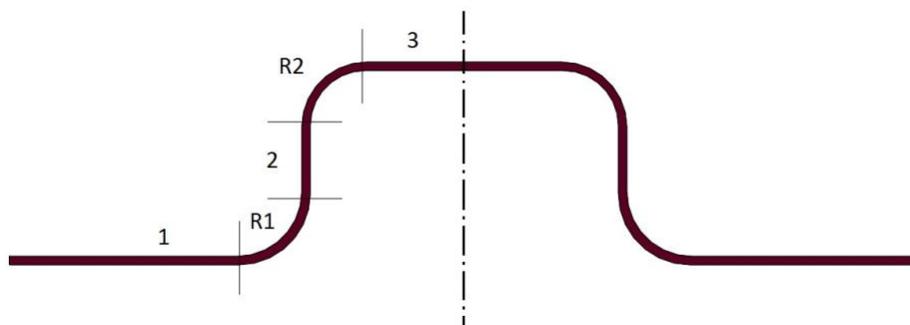


Figura 3: Divisão da peça em regiões para análise de dureza

Foi realizada metalografia da seção transversal da peça conformada em cada uma das 5 regiões definidas para análise. As amostras foram lixadas com lixas de granulação 100, 220, 400, 600 e 1200. Polidas com pasta de diamante e realizado ataque químico com Nital 3%. As imagens das microestruturas foram obtidas através de microscópio óptico da marca Olympus, modelo Gx51.

4 RESULTADOS

A seguir, no Quadro 01, estão apresentados os valores das médias das 3 microdurezas medidas em cada região, assim como a média geral de microdureza por faixa de temperatura. Os resultados das durezas são diretamente proporcionais a microestrutura obtida após o processo de tratamento térmico realizado durante a estampagem, sendo que, a dureza da martensita depende diretamente do teor de carbono da liga [6].

Quadro 01– Medidas Experimentais microdureza em HV para as diferentes temperaturas de aquecimento

Temperatura de aquecimento	Material 22MnB5	Microdureza média
900°C	Região1	463 HV ^{0.5}
	Região R1	473 HV ^{0.5}
	Região 2	500 HV ^{0.5}
	Região R2	503 HV ^{0.5}
	Região 3	527 HV ^{0.5}
	Micro dureza média das regiões medidas	493 HV^{0.5}
1000°C	Região1	439 HV ^{0.5}
	Região R1	444 HV ^{0.5}
	Região 2	435 HV ^{0.5}
	Região R2	496 HV ^{0.5}
	Região 3	459 HV ^{0.5}
	Micro dureza média das regiões medidas	455 HV^{0.5}
1100°C	Região1	485 HV ^{0.5}
	Região R1	470 HV ^{0.5}
	Região 2	477 HV ^{0.5}
	Região R2	507 HV ^{0.5}
	Região 3	400 HV ^{0.5}
	Micro dureza média das regiões medidas	468 HV^{0.5}

O modo como é realizado a decomposição da austenita define o resultado da microestrutura. A medida que a austenita é resfriada a mobilidade dos átomos diminui e as transformações são mais difíceis de ocorrerem.

Observando as figuras 04, 05 e 06 que apresentam imagens das micrografias realizadas nas regiões 1, R1, 2, R2 e 3 das amostras de 900°C, 1000°C e 1100°C identifica-se a presença de bainita, austenita retida e martensita, porém, distribuídas de formas e de tamanhos diferentes dos grãos.

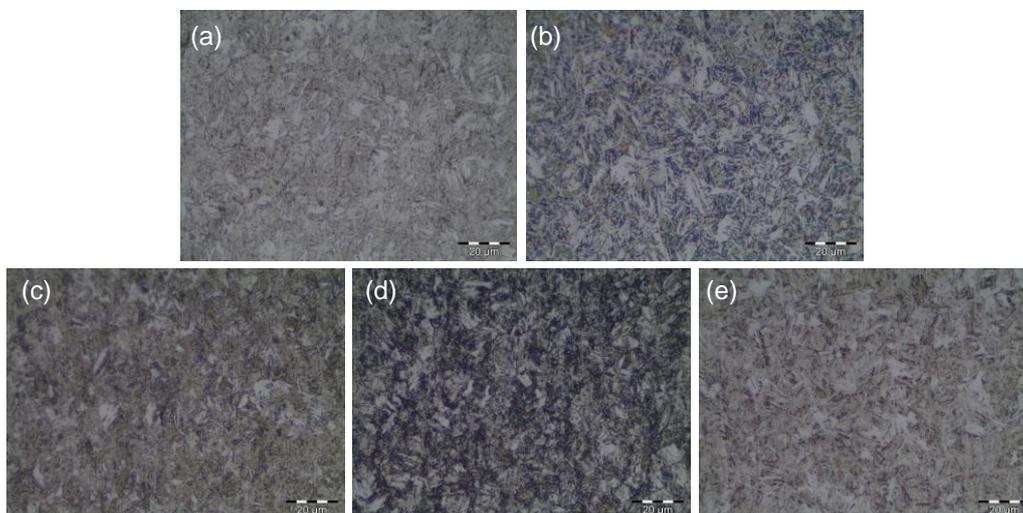


Figura 1: Metalografia após aquecimento a 900°C e estampagem a 650°C. (a) correspondente a região 1 da amostra, (b) correspondente ao R1, (c) correspondente a região 2, (d) correspondente a região R2 e (e) correspondente a região 3.

Constituída por agregados de ferrita e cementita a bainita pode se formar em uma faixa intermediária entre a transformação eutectóide e a formação da martensita. A bainita superior se forma logo abaixo da faixa de transformação da perlita sendo composta por pacotes de ferrita.

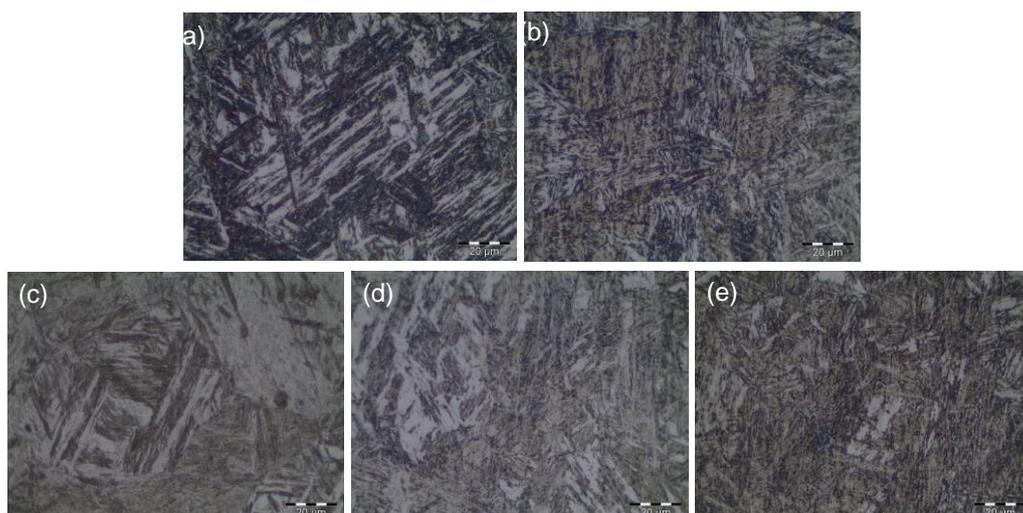


Figura 2: Metalografia após aquecimento a 1000°C e estampagem a 700°C (a) correspondente a região 1 da amostra, (b) correspondente ao R1, (c) correspondente a região 2, (d) correspondente a região R2 e (e) correspondente a região 3.

Conforme [12] em determinadas condições de transformação da microestrutura certas regiões podem ser enriquecidas em carbono o suficiente para se transformar, parcialmente em martensita e manter partes com microestrutura austenita retida.

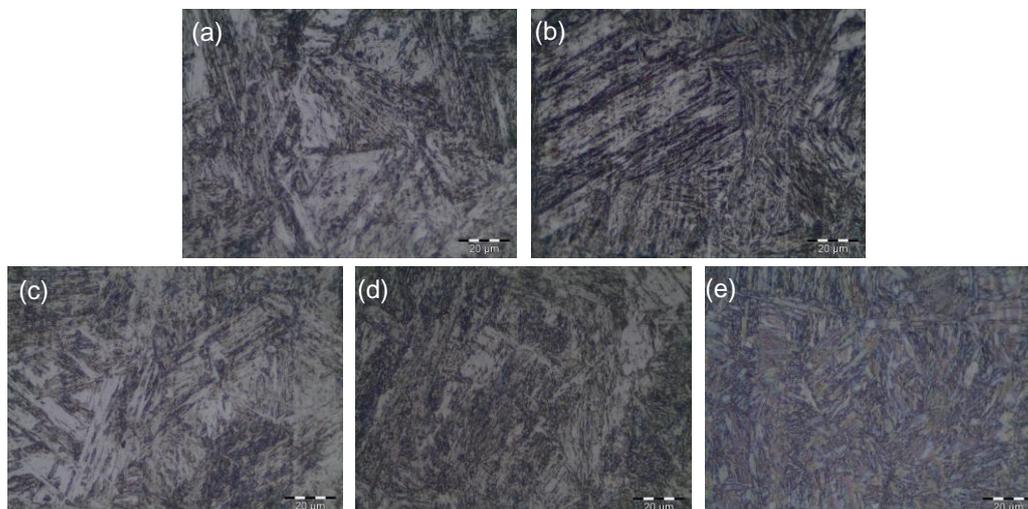


Figura 3: Metalografia após aquecimento a 1100°C e estampagem a 750°C (a) correspondente a região 1 da amostra, (b) correspondente ao R1, (c) correspondente a região 2, (d) correspondente a região R2 e (e) correspondente a região 3.

Observando as micrografias não se obteve a taxa de resfriamento mínima para a estrutura se tornar 100% martensítica, a variação do tamanho de grão, é característica da diferença da temperatura de austenitização e pode ter influenciado na divergência de valores de microdureza [13].

Os corpos de prova, por terem pequeno volume, sofreram diminuição da temperatura durante a transferência do forno para a prensa e no contato com a matriz até o começo do processo de conformação. Apresentando um baixo valor no início de estampagem. Mesmo a matriz não sendo refrigerada, na medição com o termógrafo não foi constatado aumento expressivo da temperatura da matriz após o processo de estampagem, sendo a temperatura inicial das ferramentas para cada processo de aproximadamente 20°C.

5 CONCLUSÕES

O aço 22MnB5 apresentou baixo retorno elástico nos experimentos realizados, sendo uma alternativa viável para o uso de aços de alta resistência conformados a frio, apresentando boa precisão geométrica das peças após a conformação. Observa-se, a partir das micrografias, que não foi possível obter uma taxa de resfriamento para a estrutura se transformar totalmente em martensita nas condições em que foram realizados os ensaios. Conforme o diagrama CCT para o aço, esta taxa deveria ser de no mínimo 27°C/s. A microestrutura encontrada no material após o processo de conformação a quente é composta por martensita,

bainita e austenitaretida. Nos próximos trabalhos deseja-se realizar o início do processo de conformação com temperaturas acima dos 750°C, com o objetivo de atingir uma microestrutura das amostras após a estampagem totalmente martensítica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KARBASIAN, H.; TEKKAYA, A. A review on hot stamping. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 210, p. 2103-2118, 2010.
- [2] GORNI, A. A. Aços avançados de alta resistência: microestrutura e propriedades mecânicas. *Corte & Conformação de Metais*, p. 26-57, Dezembro de 2008.
- [3] Masayoshi, S., Jun, M., Kazuhisa, K., Masahiro, O., Toshihiro, M., Properties of Aluminized Steels for Hot Forming. In: IBEC 2003, Chiba, Japan, 2003, ISAE No. 20037132/SAE No. 2003-01-2853, 267-272.
- [4] TURETTA, A., Bruschi A. G. Investigation of 22MnB5 formability in hot stamping operations, *Journal of Materials Processing Technology* 177, 2006.
- [5] MERKLEIN, M.; LECHLER, J.; GEIGER, M. Characterisation of the Flow Properties of the Quenchenable Ultra High Strength Steel 22MnB5. *Annals of the CIRP Manufacturing Technology*, v. 55(1), p. 229-232, 2006.
- [6] HUBERTUS COLPEART, metalografia dos produtos siderúrgicos comuns; revisão técnica André Luiz V. da Costa e Silva - 4ª edição - São Paulo: Edgard Blucher, 2008.
- [7] TURETTA, A., Bruschi A. G. Investigation of 22MnB5 formability in hot stamping operations, *Journal of Materials Processing Technology* 177, 2006.
- [8] WILSIUS, J., HEIN, P. & KEFFERSTEIN, R. - Status and Future Trends of Hot Stamping of USIBOR 1500P® - Proc. 1st, Erlangener Workshop Warmblechumformung, 2006, pp. 82-101.
- [9] TURETTA, A. Investigation of Thermal, Mechanical and Microstructural Properties of Quenchenable High Strength Steels in Hot Stamping Operations. Tese de doutorado – Università Degli Studi de Padova, Padova, 170 p., 2008.
- [10] FAN, Dong W.; KIM, Han S.; DE COOMAN, Bruno C. A review of the physical metallurgy related to the hot press forming of advanced high strength steel. *Steel Research International*, v. 80, n. 3, p. 241-248, 2009.
- [11] ALTAN T. Hot-stamping boron-alloyed steels for automotive parts. 2006 [acesso em 15 jun. 2017]. Disponível em: www.thefabricator.com/article/stamping/hot-stamping-boron-alloyed-steels-for-automotive-parts.
- [12] HABRAKEN, L. J.; ECONOMOPUOLOS, M. Bainitic microstructures in low-carbon alloy steels and their mechanical properties. In: Transformation and hardenability in steels. Ann Harbor: Climax Molybdenum, 1967.
- [13] NAGANATHAN, A. Hot Stamping of manganese boron steel. Thesis for Degree Master of Science: Graduate Program in Mechanical Engineering, School of the Ohio University, 2010.