

MARCELO ANTUNES DE PAULA

FABRICAÇÃO DE RODAS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

Guaratinguetá

2012

MARCELO ANTUNES DE PAULA

FABRICAÇÃO DE RODAS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

Trabalho de Graduação para apresentar ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr Marcos Valério Ribeiro

Guaratinguetá

2012

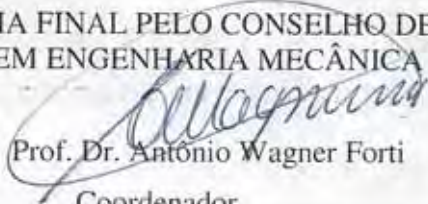
P324f	Paula, Marcelo Antunes de Fabricação de Rodas: Uma Avaliação Comparativa / Marcelo Antunes de Paula – Guaratinguetá : [s.n], 2012. 48 f : il. Bibliografia: f. 48 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012. Orientador: Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro 1. Laminação (Metalurgia) 2. Usinagem 3. Solda e Soldagem I. Título CDU 621.771
-------	---

FABRICAÇÃO DE RODAS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

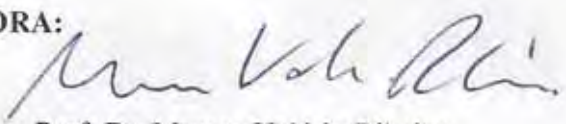
MARCELO ANTUNES DE PAULA

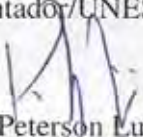
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

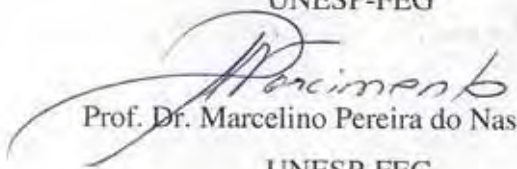
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA


Prof. Dr. Antônio Wagner Forti
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. Peterson Luiz Ferrandin
UNESP-FEG


Prof. Dr. Marcelino Pereira do Nascimento
UNESP-FEG

Dezembro de 2012

DADOS CURRICULARES

MARCELO ANTUNES DE PAULA

NASCIMENTO	03.07.1974 – GUARATINGUETÁ / SP
FILIAÇÃO	João Antunes de Paula Dolores de Oliveira Leite Paula
2002/2013	Curso de Graduação Engenharia Mecânica - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Universidade Estadual Paulista

A toda a minha família e amigos, que ao longo desses anos, ajudaram de alguma forma no meu crescimento pessoal e profissional, dedico essa especial homenagem.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Dr. Marcos Valério Ribeiro pela oportunidade de desenvolver o tema proposto neste trabalho e por toda assessoria oferecida ao longo do desenvolvimento do projeto.

Agradeço a toda equipe da Engenharia da Qualidade da Maxion – Divisão de Rodas por toda ajuda disponibilizada durante a execução desse trabalho e companheirismo durante o período de estágio nessa empresa, e também a todas as pessoas com quem tive contato na empresa e que de alguma forma me ajudaram na confecção desse trabalho.

E a empresa Iochpe -Maxion pela oportunidade de desenvolvimento profissional na função de estagiário na área da Engenharia da Qualidade – Divisão de Rodas e todo o suporte oferecido para execução do Trabalho de Graduação.

E um agradecimento muito especial ao pessoal da biblioteca que sempre nos ajudaram durante o período de faculdade.

*“O valor das coisas não está no tempo em
que elas duram, mas na intensidade com
que acontecem. Por isso, existem momentos
inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas
incomparáveis”*

Fernando Pessoa

PAULA, M. A. **Fabricação de Rodas: Uma Análise Comparativa**. 2012. 48f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

RESUMO

Em nosso país, a maioria do transporte de cargas e pessoas acontece pelas rodovias municipais, estaduais e federais. Dessa forma, os veículos pesados como ônibus e caminhões são os principais meios de transporte de cargas e pessoas. Esse trabalho de graduação tem como objetivo o estudo sobre o processo de fabricação de rodas para veículos pesados, pois podemos constatar a falta de literatura sobre processo de fabricação de rodas e também pela importância dos processos utilizados para fabricação de rodas, tais como: laminação, estampagem, repuxamento, usinagem, soldagem e pintura.

PALAVRAS-CHAVE: Rodas. Laminação. Estampagem. Repuxamento. Usinagem Soldagem. Pintura. Produção de rodas para veículos pesados.

PAULA, M. A. **Manufacturing Wheels: A Comparative Analysis**. 2012. 48f. Graduate Work (Graduate in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

ABSTRACT

In our country, the majority of freight and people by road happens municipal, state and federal. Thus, the heavy vehicles like buses and trucks are the main means of transporting people and cargo. This graduate work aims to study the process of manufacturing wheels for trucks, because we can see the lack of literature on the manufacturing process of wheels and also the importance of the processes used to manufacture wheels, such as lamination, stamping, puckering, machining, welding and painting.

KEYWORDS: Lamination. Stamping. Spinning (flow forming). Machining. Welding. Painting. Production of wheels for heavy vehicles.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3	PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE RODAS SEM CÂMARA.....	20
3.1	Processo de fabricação de aros para as rodas sem câmara.....	21
3.1.1	Recebimento da matéria-prima.....	21
3.1.2	Cortar <i>blanks</i>.....	21
3.1.3	Decapar, neutralizar e proteger <i>blanks</i>.....	21
3.1.4	Calandrar os <i>blanks</i>.....	22
3.1.5	Achatar pontas do <i>blank</i>.....	22
3.1.6	Soldar o <i>blank</i>.....	22
3.1.7	Rebarbar solda topo.....	22
3.1.8	Sabonificar e conificar as extremidades do material calandrado.....	23
3.1.9	Laminação.....	23
3.1.10	Expansão do aro.....	23
3.1.11	Estampar rebaixo e furo de válvula.....	23
3.1.12	Desengraxar o aro.....	23
3.1.13	Rebarbar furo de válvula do aro.....	25
3.2	Processo de fabricação de discos para rodas sem câmara.....	25
3.2.1	Recebimento da matéria-prima.....	25
3.2.2	Corte da platina.....	25
3.2.3	Repuxamento da platina.....	26
3.2.4	Corte na faceadeira.....	26
3.2.5	Estampar furo central e de fixação.....	26
3.2.6	Estampar furo de ventilação.....	26
3.2.7	Cunhar furos de ventilação.....	27
3.2.8	Repassar planicidade.....	27
3.2.9	Alargar e chanfrar internamente o furo central e alargar e escarear internamente o furo de fixação.....	27
3.2.10	Chanfrar externamente o furo central e escarear externamente os furos de fixação.....	27
3.2.11	Usinar altura e diâmetro.....	28

3.2.12	Acabamento final do disco.....	28
3.2.13	Lavar e desengraxar.....	28
3.3.	Processo de montagem do aro/disco da roda sem câmara.....	29
3.3.1	Montagem do disco no aro.....	29
3.3.2	Soldar aro no disco.....	29
3.3.3	Usinar internamente o diâmetro da parte plana interna do disco.....	29
3.3.4	Acabamento final das rodas.....	30
3.3.5	Inspeção dimensional da roda.....	30
4	PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE RODAS COM CÂMARA.....	32
4.1.	Processo de fabricação dos aros para roda com câmara.....	33
4.1.1	Recebimento da matéria-prima.....	33
4.1.2	Cortar <i>blanks</i>	33
4.1.3	Decapar, neutralizar e proteger <i>blanks</i>	33
4.1.4	Calandrar os <i>blanks</i>	33
4.1.5	Achatar pontas do <i>blank</i>	34
4.1.6	Soldar o <i>blank</i>	34
4.1.7	Rebarbar solda topo.....	34
4.1.8	Roletar.....	34
4.1.9	Cortar pontas e cunhar.....	34
4.1.10	Resfriar.....	34
4.1.11	Primeira Expansão.....	35
4.1.12	Laminar canal.....	35
4.1.13	Segunda Expansão.....	35
4.1.14	Laminar base.....	35
4.1.15	Facear e chanfrar topo.....	35
4.1.16	Laminar flange.....	36
4.1.17	Comprimir e cilindrar.....	36
4.1.18	Recortar rasgo de válvula.....	36
4.1.19	Desengraxar.....	36
4.1.20	Acabamento final do aro.....	36
4.2	Processo de fabricação de discos para rodas com câmara.....	37
4.2.1	Recebimento da matéria-prima.....	38
4.2.2	Corte da platina.....	38

4.2.3	Repuxamento da platina.....	38
4.2.4	Corte na faceadeira.....	38
4.2.5	Estampar furo central e de fixação.....	38
4.2.6	Estampar furo de ventilação.....	39
4.2.7	Cunhar furos de ventilação.....	39
4.2.8	Repassar planicidade.....	39
4.2.9	Alargar e chanfrar internamente o furo central e alargar e escarear internamente o furo de fixação.....	39
4.2.10	Chanfrar externamente o furo central e escarear externamente os furos de fixação.....	40
4.2.11	Usinar altura e diâmetro.....	40
4.2.12	Acabamento final.....	40
4.2.13	Lavar e desengraxar.....	40
4.3	Processo de montagem do disco/roda com câmara.....	41
4.3.1	Montagem do disco no aro.....	41
4.3.2	Acabamento final da roda.....	42
4.3.3	Repasse.....	42
4.3.4	Torneamento interno.....	42
4.3.5	Escarear furos de fixação e central.....	42
4.3.6	Balanceamento estático e colocação de contra-pesos.....	43
4.3.7	Verificação de <i>run out</i> e inspeção final.....	43
4.3.8	Fabricação dos anéis para roda com câmara.....	44
5	PROCESSO DE PINTURA DAS RODAS SEM CÂMARA E COM CÂMARA.....	45
6	DISCUSSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

A maioria do transporte de pessoas e cargas no Brasil é realizada através das malhas rodoviárias que se estendem por quase toda extensão terrestre do país. Consequentemente, essa movimentação de pessoas e cargas necessita de uma enorme quantidade de ônibus e caminhões. Dessa forma, as indústrias utilizam os caminhões como meio de transporte para distribuir a maioria de toda a produção industrial gerada ao longo do ano e a frota de ônibus é responsável pela maioria do transporte de pessoas no país.



Figura 1 – Movimentação no terminal tiete e fluxo na Rodovia Presidente Dutra (Guarulhos Web, Julho/2012).

Dada à importância do transporte de cargas e pessoas em nosso país, pode-se ter uma noção da importância da fabricação de rodas para o mercado de veículos pesados novos e também para o mercado de reposição, ou seja, mercado que atende a demanda por rodas para suprir a frota que já está em circulação no país.



Figura 2 – Rodas para veículos pesados (Catálogo Maxion, 2010).

Com a intenção de reforçar a importância da fabricação de rodas para veículos pesados no Brasil, destaca-se a seguir alguns dados referentes ao ano de 2010 descritos no Anuário da Indústria Automobilística Brasileira de 2011, realizada pela ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores). Através desses dados mostrados na tabela 1, pode-se verificar a representação desse segmento de veículos pesados no cenário automotivo brasileiro.

Tabela 1 – Dados de veículos, (Anuário ANFAVEA, 2010).

Frota Estimada de Veículos no Brasil - (Unidades)	Ano: 2010
Automóveis	25.540.696
Comerciais Leves	4.257.207
Caminhões	1.768.950
Ônibus	498.097
Total	32.064.950

Produção de Autoveículos Montados (Unidades)	Ano: 1957	Ano: 2010
Automóveis	1.166	2.584.690
Comerciais Leves	10.871	566.567
Caminhões	16.259	189.941
Ônibus	2.246	40.530
Total	30.542	3.381.728

Produção Total de Autoveículos Montados e Desmontados (Unidades)	Ano: 1957	Ano: 2010
Automóveis	1.166	2.825.974
Comerciais Leves	10.871	582.659
Caminhões	16.259	191.621
Ônibus	2.246	45.879
Total	30.542	3.646.133

Licenciamento de Autoveículos Novos Nacionais (Unidades)	Ano: 1957	Ano: 2010
Automóveis	1.172	2.213.617
Comerciais Leves	9.838	458.040
Caminhões	18.063	154.920
Ônibus	1.904	28.346
Total	30.977	2.854.923

Analisando os dados da tabela 1 e fazendo uma relação de rodas que são utilizadas nos veículos pesados, chega-se aos valores encontrados na tabela 2:

Tabela 2 – Produção estimada de rodas para os veículos pesados novos licenciados em 2010.

	Quantidade Veículos	Quantidade de Rodas	Produção de Rodas Necessária
Autoveículos	Vendidos em 2010	Utilizadas por Veículos Pesados	para Atender os Veículos Vendidos em 2010
Caminhão	157.694	10	1.576.940
Ônibus	28.422	8	227.376

Após a análise de todos esses dados, pode-se constatar a necessidade de um enorme volume de rodas no país para atender a demanda da produção de veículos pesados novos e também a frota de veículos pesados usados. Consequentemente, as empresas que produzem rodas para veículos pesados em nosso país têm um enorme mercado para explorar.

Ratifica-se também a importância desse mercado através do volume de produção de rodas da Maxion (Divisão de Rodas) no ano de 2011, a empresa produziu cerca de 1.800.00 unidades de rodas nesse período.

Para atender essa necessidade do mercado nacional e de exportação de rodas, a empresa utiliza duas linhas de produções: uma linha de produção de rodas sem câmara e outra de produção de rodas com câmara. Na tabela 3, pode-se constatar a contribuição de cada linha de produção no volume total de rodas produzidas pela empresa.

Tabela 3 – Volume de produção de rodas por linhas de produção.

Produção de Rodas para Veículos Pesados		
Tipo de Linha de Produção	Qde. Produzida	Percentual
Linha sem câmara	1.648.000	88,70%
Linha com câmara	210.000	11,30%

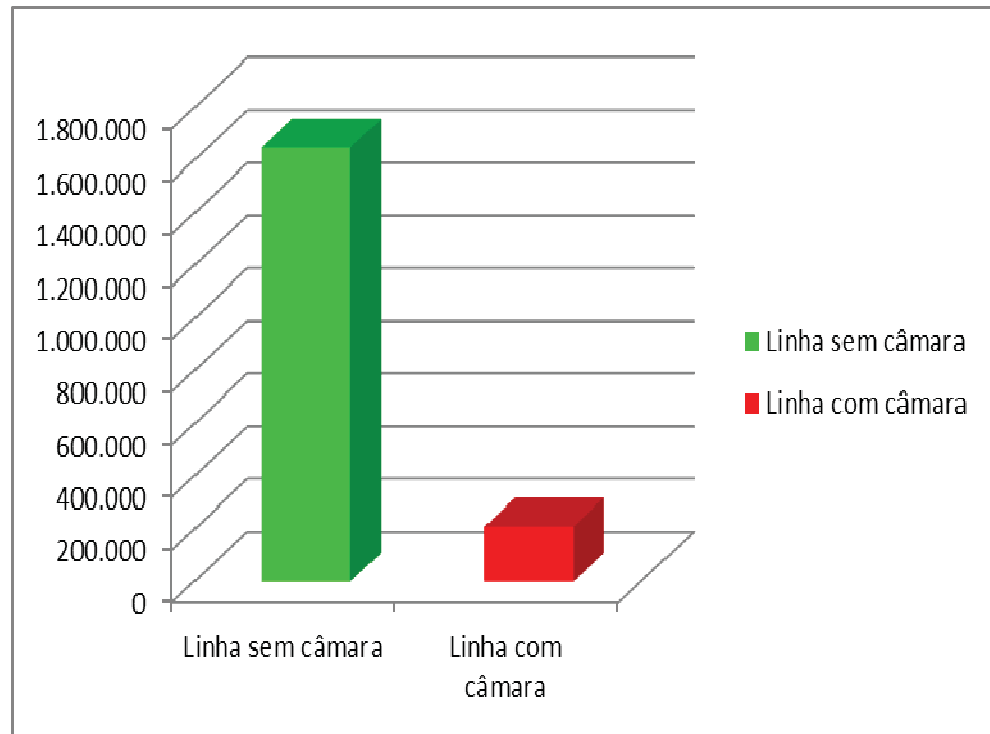


Gráfico 1 – Volume de produção de rodas por linhas de produção, Maxion 2011.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse trabalho tem como objetivo apresentar os processos utilizados na fabricação de rodas abordando as características peculiares de cada linha de produção de rodas para veículos pesados, ou seja, evidenciando as diferenças que existem no material, no projeto, no processo e na forma de produção dessas rodas.

Na empresa a produção de rodas para veículos pesados se divide em duas (2) linhas de produção que estão relacionadas a seguir:

- Linha de produção de rodas com câmara;
- Linha de produção de rodas sem câmara.

Para uma maior compreensão dos processos de fabricação de rodas com câmara e sem câmara é necessário à abordagem de conceitos e tecnologias industriais utilizadas durante a produção desses produtos. Dessa forma, segue enumerados esses conceitos e tecnologias.

- **Laminação**

O processo de laminação atua na forma do material, modificando sua geometria e sua dimensão. Para isso há a necessidade de influências de agentes mecânicos que são os meios de se realizar tal processo. Na laminação, os agentes mecânicos são os cilindros de trabalho em movimento de rotação, que realizam a deformação do material a ser laminado atuando sobre esse material.



Figura 3 – Gráfico Tensão x Deformação

O comportamento da deformação em função das tensões resultantes da ação do pressionamento dos cilindros de trabalho sobre o material é de acordo com a curva Tensão x Deformação, conforme figura 3.

A região de trabalho deve estar posicionada entre A e b.

No processo de laminação é muito importante que se conheça o comportamento do aço que está sendo laminado, através de alguns pontos importantes, que são:

- a) Velocidade de laminação
- b) Tensões de estiramento
- c) Reduções aplicadas
- d) Cilindros utilizados

- **Estampagem**

Estampagem é um processo de conformação mecânica que geralmente é realizado a frio, o qual possui um conjunto de operações.

Através dessas operações, uma chapa plana é submetida a transformações que fazem o material adquirir uma nova forma geométrica.

A estampagem pode ser dividida em três processos básicos: corte, dobramento e estampagem profunda (embutimento e repuxamento).

- **Corte**

É a operação de cisalhamento de um material na qual a ferramenta ou o punção de corte é forçado contra uma matriz por intermédio da pressão exercida por uma prensa.

- **Dobramento**

Em toda operação de dobramento o material sofre deformação além do seu limite elástico. Nessa operação as chapas sofrem pequenas deformações.

- **Estampagem profunda (repuxamento)**

Estampagem profunda é um processo de conformação mecânica em que chapas planas são conformadas em formato de um copo. Esse tipo de estampagem é muito utilizado na indústria de alimentos, hospitalar, automotiva e de eletrodomésticos.

- **Usinagem**

É um processo de remoção de material através de cavacos, ou seja, operação que ao conferir à peça a forma, as dimensões, o acabamento, ou ainda a combinação qualquer desses itens, produzem cavacos. A usinagem é o processo de fabricação mais comum na indústria.

Alguns processos que são definidos como usinagem: torneamento, aplainamento, furação, alargamento, rebaixamento, mandrilhamento, fresamento, etc..

- **Soldagem**

É um processo de união de materiais (particularmente os materiais metálicos). É um dos processos mais importantes do ponto de vista industrial, sendo extensivamente utilizado na fabricação e recuperação de peças. A sua aplicação atinge desde pequenos componentes eletrônicos até grandes estruturas e equipamentos (pontes, navios, vasos de pressão, etc.). Existe uma grande quantidade de processos de soldagens diferentes, sendo necessária a seleção do processo de acordo com a aplicação desejada.

- **Pintura**

Processo utilizado para dar o acabamento final da roda, levando em consideração o aspecto visual e também a proteção da roda contra ambientes corrosivos e agressivos.

3. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE RODAS SEM CÂMARA

Esse tópico tem como objetivo descrever as etapas de produção de uma roda sem câmara, desde o recebimento da matéria-prima até a última etapa do processo de fabricação da roda.

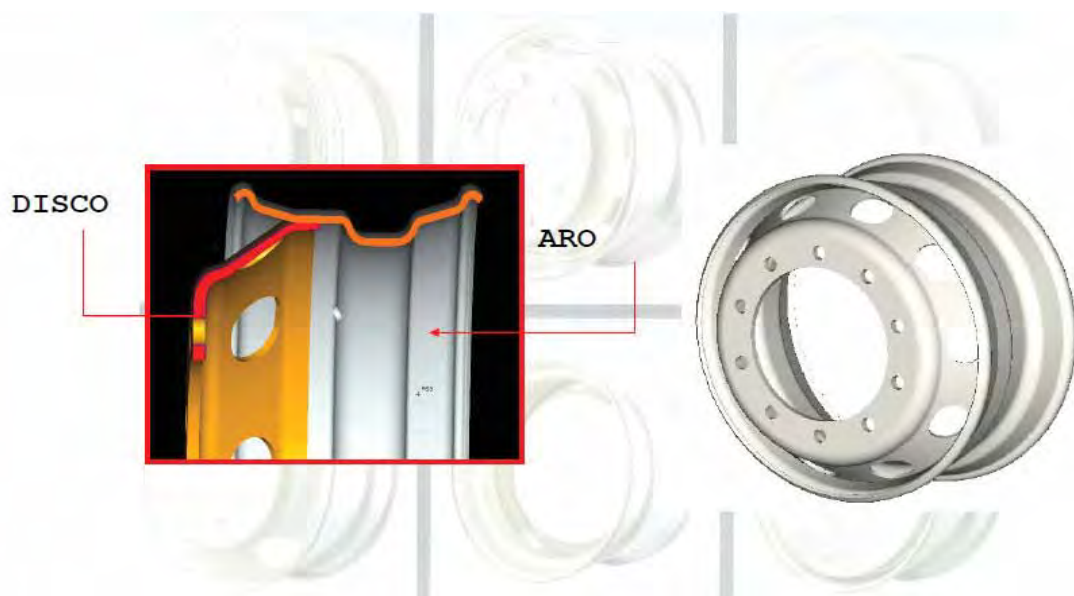


Figura 4 – Detalhe de uma roda sem câmara.

Na figura 5, podem-se verificar os componentes de uma roda sem câmara que são: aro e disco.



Figura 5 – Detalhe de uma roda sem câmara.

Em seguida, descrevem-se as etapas do processo de fabricação das rodas sem câmara.

3.1 Processo de fabricação de aros para as rodas sem câmara

Esse tópico tem como objetivo descrever as etapas do processo de fabricação dos aros sem câmara desde o recebimento da matéria-prima até a fase final do aro sem câmara, ou seja, quando o aro está pronto para montagem da roda.

3.1.1 Recebimento da matéria-prima

Etapa em que as propriedades do material destinado a cada produto é analisada. É realizada uma verificação das propriedades mecânicas e metalúrgicas do material, ou seja, é feito ensaios e também uma análise química do material para ver se o mesmo está dentro do especificado. Após essa verificação a matéria-prima está liberada para seguir para fase posterior do processo.

3.1.2 Cortar *blanks*

Esse material chega das usinas de beneficiamento em formas de bobinas com largura e espessura determinadas para cada produto específico, sendo assim, nesta fase do processo ocorre o corte dos *blanks* através de uma tesoura que corta o material no comprimento mais adequado para facilitar o processo seguinte.

(*Blank*: material cortado com as dimensões necessárias para produção do produto.)

3.1.3 Decapar, neutralizar e proteger *blanks*

Nesta fase, os *blanks* são decapados quimicamente para que o material esteja livre de sujeiras provenientes do manuseio, tais como: óleo, graxa, etc..

3.1.4 Calandrar os *blanks*

Os *blanks* passam por uma calandra para que os mesmos sejam calandrados.
(Calandrar: processo de conformação de uma superfície plana).



Figura 6 – Processo de calandrar chapas.

3.1.5 Achatar pontas do *blank*

Após a operação de calandragem, as pontas dos *blank* ficam desencontradas dificultando o processo de soldagem. Dessa forma, é necessário achatá-las para que ocorra uma melhor soldagem do material.

3.1.6 Soldar o *blank*

Essa fase é muito importante porque ocorre a união das duas pontas do *blank*, ou seja, ocorre a soldagem dessas pontas. Esse tipo de solda é conhecido como solda topo.

3.1.7 Rebarbar solda topo

Após a soldagem (centelhamento + encalque) do *blank*, é necessário que se faça a retirada das rebarbas que são provenientes do processo de soldagem.

3.1.8 Sabonificar e conificar as extremidades do material calandrado

É muito importante sabonificar o material para que ocorra uma ótima limpeza do material calandrado, ou seja, o material recebe um banho de água com sabão, esse banho também facilita o encaixe do material calandrado no estampo. O estampo tem a função de dar uma forma de conicidade em ambas às regiões laterais do material. Essa etapa de conificar (conificar as extremidades do aro para facilitar a etapa de laminação) é muito importante, pois dificulta a trinca no material durante a primeira laminação.

3.1.9 Laminação

Para chegar ao perfil final do aro sem câmara ocorrem três processos de laminação do aro, que são chamadas de 1ª laminação, 2ª laminação e 3ª laminação.

3.1.10 Expansão do aro

Após a laminação do aro, o mesmo é submetido ao processo de expansão para que adquira as especificações de projeto. O processo de expansão se resume na utilização de um ferramental específico, o qual possui castanhas que se expandem após a descida do martelo da prensa. Essa expansão das castanhas do equipamento faz com que o aro expanda e tenha a dimensão especificada em projeto.

3.1.11 Estampar rebaixo e furo de válvula

Estampar o rebaixo para assentamento da válvula e fazer o furo de válvula para a passagem da válvula.

3.1.12 Desengraxar o aro

O aro é desengraxado para que fique isento de resíduos provenientes dos processos anteriores de fabricação.

3.1.13 Rebarbar furo de válvula do aro

Essa etapa é necessária porque pode acontecer de ter alguma rebarba no furo de válvula que dificulte ou até mesmo obstrua a fixação da válvula.

Após todas as etapas descritas anteriormente para o processo de fabricação de aros para rodas sem câmara destaca-se um resumo abreviado das etapas citadas, vide figura 7.

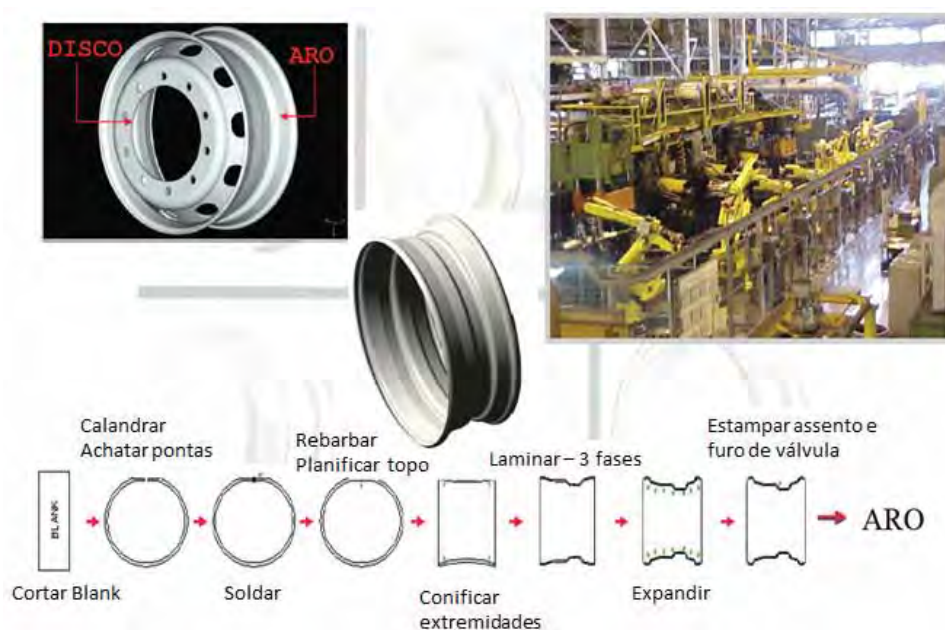


Figura 7 – Resumo do esquema de produção de aros para rodas sem câmara.

3.2 Processo de fabricação de discos para rodas sem câmara

Neste tópico, descrevem-se as etapas do processo para fabricação dos discos para rodas sem câmara.

Destaca-se a seguir as etapas do processo para fabricação dos discos para rodas sem câmara, desde o recebimento da matéria-prima até a última etapa.



Figura 8 – Disco para uma roda sem câmara.

3.2.1 Recebimento da matéria-prima

Etapa em que as propriedades do material destinado a cada produto é analisada. É realizada uma verificação das propriedades mecânicas e metalúrgicas do material, ou seja, é feito ensaios e também uma análise química do material para ver se o mesmo está dentro do especificado.

As usinas de beneficiamento entregam o material em forma de chapas, chapas que já possuem a espessura dentro do especificado.

3.2.2 Corte da platina

Após o recebimento das chapas e a análise das mesmas, ocorre o corte das platinas, ou seja, são cortados vários discos com um diâmetro determinado. Esse processo de corte de várias platinas acontece por meio de uma máquina a plasma.

3.2.3 Repuxamento da platina

A platina plana cortada em um diâmetro específico sofre um processo de repuxamento, ou seja, um processo de conformação mecânica a frio profunda na qual produz a forma do disco.

3.2.4 Corte na faceadeira

Nesta etapa, é retirado o excesso de material da altura do disco. É uma preparação para uma operação posterior, nesse processo utiliza-se a usinagem para retirada de material do disco.

3.2.5 Estampar furo central e de fixação

Esse material após sofrer um processo de repuxamento é submetido ao processo de estampagem do furo central e de fixação, essa operação é realizada de uma só vez, ou seja, a prensa estampa o furo central e também os furos de fixação conjuntamente. O furo central tem como função o acoplamento da roda no cubo do caminhão para uma centralização e os furos de fixação, os quais a quantidade de furos varia de um modelo de roda para outro, tem como função fazer a fixação da roda no cubo do caminhão com auxílio de parafusos.

3.2.6 Estampar furo de ventilação

Nessa operação os furos de ventilação são estampados um de cada vez, os furos de fixação são muito importantes, pois tem a função de ajudar na troca de calor entre o ambiente e o sistema de freio do veículo.

3.2.7 Cunhar furos de ventilação

Em seguida, após a estampagem dos furos de ventilação há a necessidade de cunhar esses furos para evitar concentradores de tensão, que seriam um potencial para uma ocorrência de trinca. Ocorre apenas uma deformação da superfície estampada anteriormente, com o objetivo de suavizar a área cortada.

3.2.8 Repassar planicidade

Operação essa que tem como objetivo corrigir a planicidade do disco, essa característica de planicidade é muito importante porque tem a ver com um melhor assentamento da roda no cubo, caso a planicidade esteja fora da especificação do projeto, pode ocorrer danos graves quando utilizada no veículo. Essa etapa é feita com auxílio de uma prensa que aplica uma força no disco que está sobre uma superfície com ótima planicidade, fazendo com que o mesmo tenha uma melhor planicidade.

3.2.9 Alargar e chanfrar internamente o furo central e alargar e escarear internamente o furo de fixação

Nesse momento do processo, tem-se a necessidade de usinar o furo central internamente para que o mesmo atinja o diâmetro desejado, em seguida, os furos de fixação são usinados até o diâmetro desejado e também o furo é escareado. Nesse caso, ocorrem variações de especificações de projetos de clientes para clientes, ou seja, de acordo com o especificado pelo cliente pode-se chanfrar ou não o furo central.

3.2.10 Chanfrar externamente o furo central e escarear externamente os furos de fixação

Etapa em que o furo central é chanfrado e os furos de fixação são escareados externamente, podem ocorrer variações de acordo com o projeto de cada cliente.

3.2.11 Usinar altura e diâmetro

Essa etapa tem como objetivo deixar o disco com altura e diâmetro dentro das especificações de projeto. Essas características são importantes para a etapa em que o disco é montado no aro, ou seja, no processo de interferência e soldagem do disco/aro, etapa essa em que os componentes aro/disco são unidos através do processo de soldagem.

3.2.12 Acabamento final do disco

Nessa etapa do processo de fabricação dos discos ocorre um acabamento dos mesmos, essa etapa tem como objetivo melhorar o acabamento visual através da eliminação de riscos, marcas, etc., através de lixamento.

3.2.13 Lavar e desengraxar

Após todas essas etapas do processo de fabricação do disco é necessária uma limpeza para retirada dos resíduos do material, resíduos esses provenientes do processo de fabricação.



Figura 9 – Resumo do esquema de produção de um disco para roda sem câmara.

3.3. Processo de montagem do aro/disco da roda sem câmara

É a união dos componentes de uma roda sem câmara, ou seja, é feita a união do disco/aro. Esse tópico tem como objetivo esclarecer as etapas do processo de montagem de uma roda.

3.3.1 Montagem do disco no aro

Nessa etapa o disco é posicionado sobre o aro e ocorre o acoplamento do disco ao aro através de interferência com o auxílio de uma prensa, que pressiona o disco contra o aro até que o mesmo atinja a posição correta, ou seja, posições de *off-set*.

(*off-set*: distância entre o centro da roda e a superfície externa do disco)

3.3.2 Soldar aro no disco

Após a interferência executada na montagem disco/aro ocorre à soldagem interna do conjunto aro/disco, para as rodas sem câmara ocorre à soldagem apenas do lado interno da roda. Essa operação tem como objetivo garantir segurança ao produto, pois a soldagem faz a união dos componentes, o que torna o produto mais seguro do que se o mesmo fosse unido só por interferência dos componentes e para atender normas específicas.

3.3.3 Usinar internamente o diâmetro da parte plana interna do disco

É feita uma usinagem da parte plana interna do disco, essa características pode variar de modelo para modelo porque tem clientes que não exigem essa usinagem da parte interna do disco. Essa área usinada tem como função melhorar o assentamento do disco da roda no cubo do caminhão, caso a planicidade esteja fora da especificação do produto, pode ocorrer danos graves ao veículo.

3.3.4 Acabamento final das rodas

Após todas as etapas do processo é muito importante se fazer um bom acabamento na roda. Esse acabamento tem como função retirar rebarbas e marcas que possam existir no produto, esse trabalho é feito com auxílio de lixadeiras. E essa etapa é de suma importância, pois está diretamente relacionada com um bom acabamento da roda após o processo de pintura.

3.3.5 Inspeção dimensional da roda

Para garantir a qualidade do produto, todas as rodas sem câmara produzidas são submetidas a um controle dimensional muito rigoroso que é feito através de uma máquina automática. Essa máquina executa a inspeção final do produto.



Figura 10 – Máquina de inspeção dimensional das rodas sem câmara.

Este equipamento faz a inspeção de algumas características das rodas, e as rodas que não estiverem dentro do dimensional especificado são recusadas automaticamente.

A seguir, têm-se as características que são aferidas durante a inspeção dimensional das rodas.

- *Run-out*: aferição da excentricidade da roda em relação eixo.
- Circunferência da área de montagem do pneu.
- Largura do aro.
- *Off-set*: distância entre o centro da roda e a superfície externa do disco;
- Espessura do disco.
- Diâmetro do furo central.
- Planicidade interna e externa.

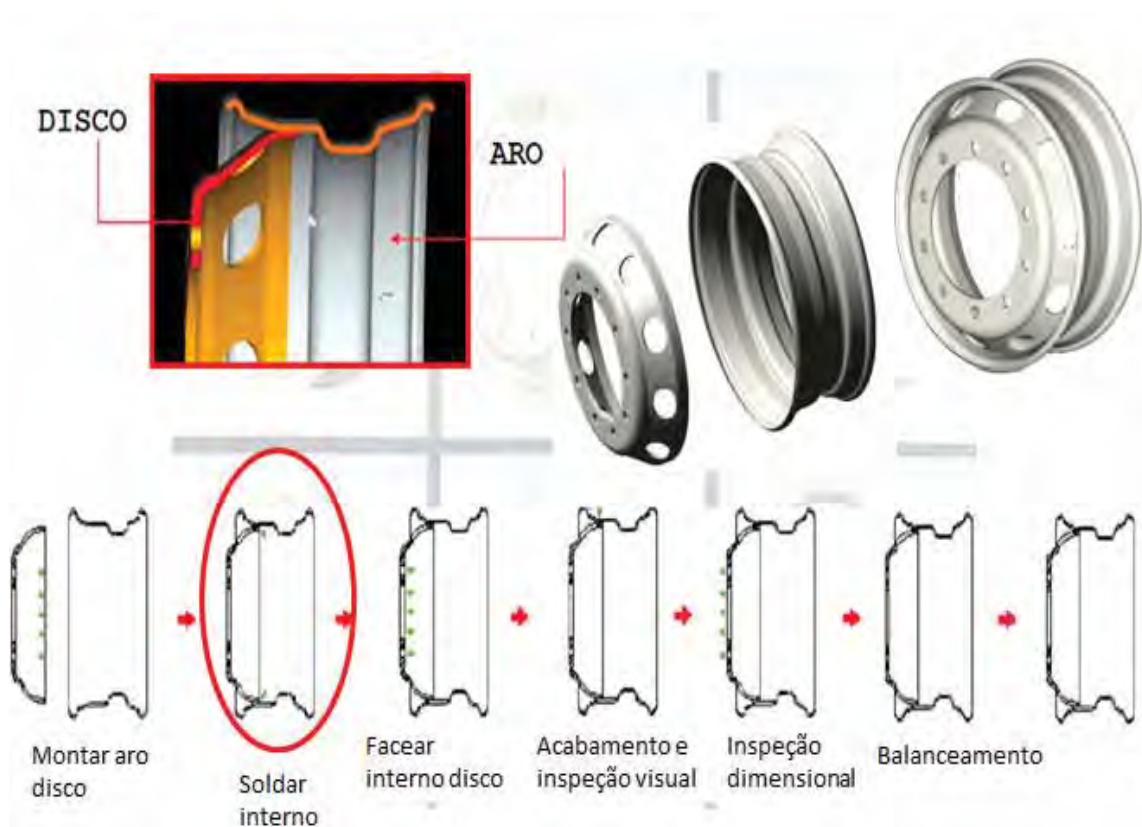


Figura 11 – Resumo do processo de montagem de uma roda sem câmara.

4. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE RODAS COM CÂMARA

Esse tópico tem como objetivo descrever as etapas do processo de fabricação das rodas com câmara desde o recebimento da matéria-prima até a fase final de produção da roda.

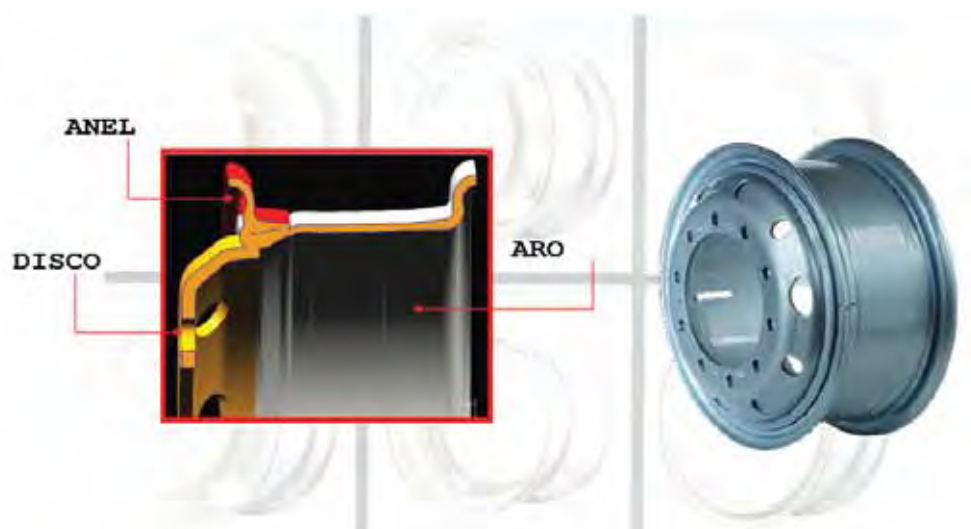


Figura 12 – Detalhe de uma roda com câmara.

Na figura 13, podem-se verificar os componentes de uma roda com câmara, são eles: aro, disco e anel.



Figura 13 – Componentes de uma roda com câmara.

4.1 Processo de fabricação dos aros para roda com câmara

Nessa etapa, tem-se como objetivo descrever os processos de fabricação dos aros desde a etapa de recebimento da matéria-prima até a etapa final de fabricação do aro.

4.1.1 Recebimento da matéria-prima

Etapa em que as propriedades do material destinado a cada produto é analisada. É realizada uma verificação das propriedades mecânicas e metalúrgicas do material, ou seja, é feito ensaios e também uma análise química do material para ver se o mesmo está dentro do especificado. As usinas de beneficiamento entregam o material em forma de chapas, chapas que já possuem a espessura dentro do especificado.

4.1.2 Cortar *blanks*

Esse material chega das usinas de beneficiamento em formas de bobinas com largura e espessura determinadas para cada produto específico, sendo assim, nessa fase do processo ocorre o corte dos *blanks* através de uma tesoura que corta o material no comprimento mais adequado para facilitar o processo seguinte.

4.1.3 Decapar, neutralizar e proteger *blanks*

Nessa fase, os *blanks* são decapados quimicamente para que o material esteja livre de sujeiras provenientes do manuseio, tais como: óleo, graxa, etc..

4.1.4 Calandrar os *blanks*

Os *blanks* passam por uma calandra para que os mesmos sejam calandrados.
(Calandrar : processo de conformação de uma superfície plana)

4.1.5 Achatar pontas do *blank*

As pontas do *blank* são achatadas para que ocorra uma melhor soldagem das pontas do aro no momento da soldagem.

4.1.6 Soldar o *blank*

Essa fase é muito importante porque ocorre a união das duas pontas do *blank*, ou seja, ocorre a soldagem dessas pontas. Esse tipo de solda é conhecido como solda topo.

4.1.7 Rebarbar solda topo

Após a soldagem do *blank* e com a região ainda em estado incandescente, é necessário que ocorra a retirada das rebarbas que são provenientes do processo de soldagem.

4.1.8 Roletar

Reduzir tensões e igualar a espessura do aro na região da solda. Nesta etapa, a região não mais apresenta incandescência.

4.1.9 Cortar pontas e cunhar

Tirar excesso de material resultante do processo de soldagem.

4.1.10 Resfriar

Esse resfriamento da região da solda tem como objetivo retirar o calor da peça para que a mesma possa seguir para próxima etapa do processo.

4.1.11 Primeira Expansão

Esta etapa tem por objetivo adequar a circularidade do aro e o diâmetro de acordo com o diâmetro do mandril da primeira máquina de laminação.

4.1.12 Laminar canal

Também chamado de laminação do canal (*Gutter*). Este canal é a região na qual o anel será cravado após a montagem do talão, câmara de ar /pneu.

(*Gutter*: canal que existe no aro, local em que é posicionado o anel da roda com câmara).

4.1.13 Segunda Expansão

Esta etapa tem como objetivo adequar à circularidade do aro e o diâmetro. Essas características são importantes, pois devem estar de acordo com o diâmetro do mandril das três máquinas de laminação da etapa seguinte.

4.1.14 Laminar base

É a laminação do corpo do aro. Nesta etapa, são feitos a rampa de 5°, ou seja, o patamar. (Patamar: ponto que auxilia a estabilidade do pneu no momento de rodagem).

4.1.15 Facear e chanfrar topo

Nesta operação de usinagem da face virgem, toda a imperfeição (excesso de material decorrente do processo de laminação) é retirada através deste faceamento. Esta operação prepara o aro para operação posterior, laminação da aba. O faceamento é usado para não danificar os rolos de laminação.

4.1.16 Laminar flange

Nesta operação ocorre a laminação/dobramento a frio, para a conformação do flange fixo do aro. O flange móvel será o anel que é um componente da roda com câmara.

4.1.17 Comprimir e cilindrar

Nesta operação a cilindridade e o diâmetro de montagem são corrigidos e verificados.

4.1.18 Recortar rasgo de válvula

Nesta operação utiliza-se uma prensa, com um ferramental de corte para que se faça o rasgo, local em que ficará posicionada a válvula.

4.1.19 Desengraxar

Nessa etapa, é retirada toda sujeira que possa haver no material, tais como: óleo, graxa, impurezas, etc.. Prepara-se o aro para a montagem da roda com câmara (solda aro/disco).

4.1.20 Acabamento final do aro

Após todas as etapas do processo é muito importante se fazer um bom acabamento no aro. Esse acabamento tem como função retirar rebarbas e marcas que possam existir no produto, esse trabalho é feito com auxílio de lixadeiras.

Na figura 14, podem-se observar as etapas necessárias para produção do aro na linha com câmara. Trata-se de um resumo explicativo da sequência na linha de produção.

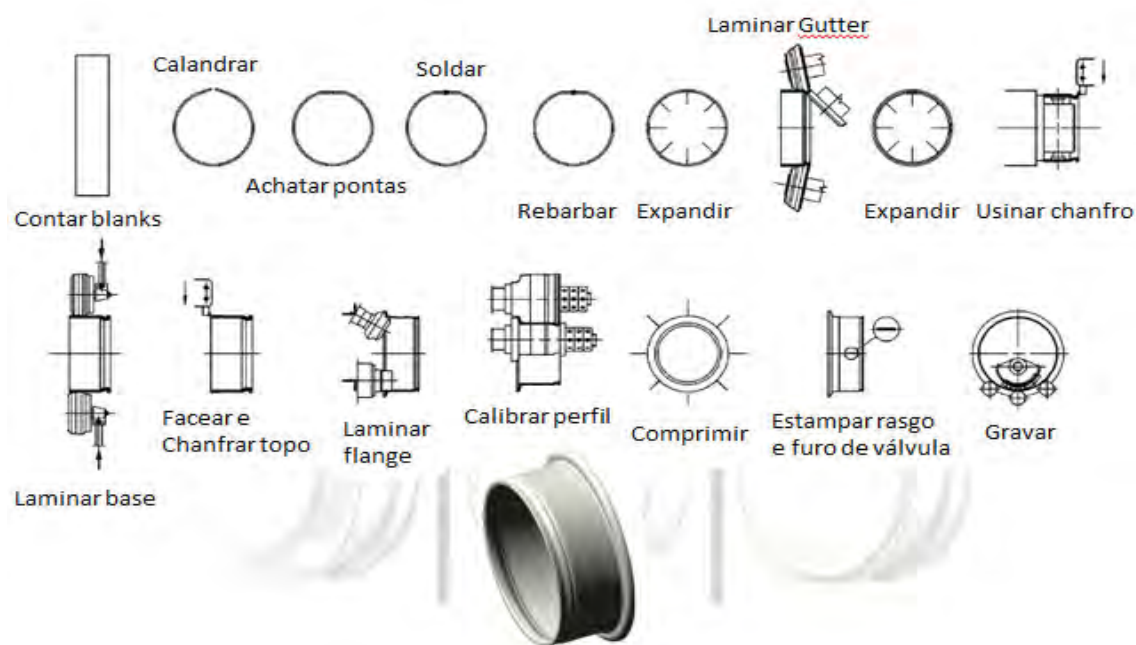


Figura 14 – Resumo do processo de fabricação de aros para rodas com câmara.

4.2 Processo de fabricação de discos para rodas com câmara

Neste tópico, descrevem-se as etapas do processo para fabricação dos discos para rodas com câmara.



Figura 15 – Disco de uma roda com câmara.

4.2.1 Recebimento da matéria-prima

Etapa em que as propriedades do material destinado a cada produto é analisada. É realizada uma verificação das propriedades mecânicas e metalúrgicas do material, ou seja, é feito ensaios e também uma análise química do material para ver se o mesmo está dentro do especificado. As usinas de beneficiamento entregam o material em forma de chapas, chapas que já possuem a espessura dentro do especificado.

4.2.2 Corte da platina

Após o recebimento das chapas e a análise das mesmas, ocorre o corte das platinas, ou seja, são cortados vários discos com um diâmetro determinado. Esse processo de corte de várias platinas acontece por meio de uma máquina a plasma.

4.2.3 Repuxamento da platina

A platina plana cortada em um diâmetro específico sofre um processo de repuxamento, ou seja, um processo de conformação mecânica a frio profunda na qual produz a forma do disco.

4.2.4 Corte na faceadeira

Nesta etapa, é retirado o excesso de material da altura do disco. É uma preparação para uma operação posterior

4.2.5 Estampar furo central e de fixação

Esse material após sofrer um processo de repuxamento é submetido ao processo de estampagem do furo central e de fixação, essa operação é realizada de uma só vez, ou seja, a prensa estampa o furo central e também os furos de fixação conjuntamente. O

furo central tem como função o acoplamento no cubo do caminhão para uma centralização e os furos de fixação, os quais a quantidade de furos varia de um modelo de roda para outro, tem como função fazer a fixação da roda no cubo do caminhão.

4.2.6 Estampar furo de ventilação

Nessa operação os furos de ventilação são estampados um de cada vez, os furos de fixação são muito importantes, pois tem a função de ajudar na troca de calor entre o ambiente e o sistema de freio do veículo.

4.2.7 Cunhar furos de ventilação

Em seguida, após a estampagem dos furos de ventilação há a necessidade de cunhar esses furos para evitar concentradores de tensão, que seriam um potencial para uma ocorrência de trinca. Ocorre apenas uma deformação da superfície estampada anteriormente, com o objetivo de suavizar a área cortada.

4.2.8 Repassar planicidade

Operação essa que tem como objetivo corrigir a planicidade do disco, essa característica de planicidade é muito importante porque tem a ver com um melhor assentamento da roda no cubo, caso a planicidade esteja fora da especificação do produto, pode ocorrer danos graves ao equipamento.

4.2.9 Alargar e chanfrar internamente o furo central e alargar e escarear internamente o furo de fixação

Nesse momento do processo, tem-se a necessidade de usar o furo central internamente para que o mesmo atinja o diâmetro desejado, em seguida, os furos de fixação são usinados até o diâmetro desejado e também o furo é escareado. Nesse caso,

ocorrem variações de clientes para clientes, ou seja, de acordo com o especificado pelo cliente poderemos chanfrar ou não o furo central.

4.2.10 Chanfrar externamente o furo central e escarear externamente os furos de fixação

Etapa em que o furo central é chanfrado e os furos de fixação são escareados externamente. Nesse caso, também podem ocorrer variações de acordo com o projeto de cada cliente.

4.2.11 Usinar altura e diâmetro

Essa etapa tem como objetivo deixar o disco com altura e diâmetro dentro das especificações de projeto. Essas características são importantes para a etapa em que o disco é montado no aro, ou seja, no processo de interferência e soldagem do disco/aro, etapa essa em que os componentes aro/disco são unidos através do processo de soldagem.

4.2.12 Acabamento final

Nessa etapa do processo de fabricação dos discos ocorre um acabamento dos mesmos, essa etapa tem como objetivo melhorar o acabamento visual através da eliminação de riscos, marcas, etc., com auxílio de lixamento.

4.2.13 Lavar e desengraxar

Após todas essas etapas do processo de fabricação do disco é necessária uma limpeza para retirada dos resíduos do material, resíduos esses provenientes da produção.

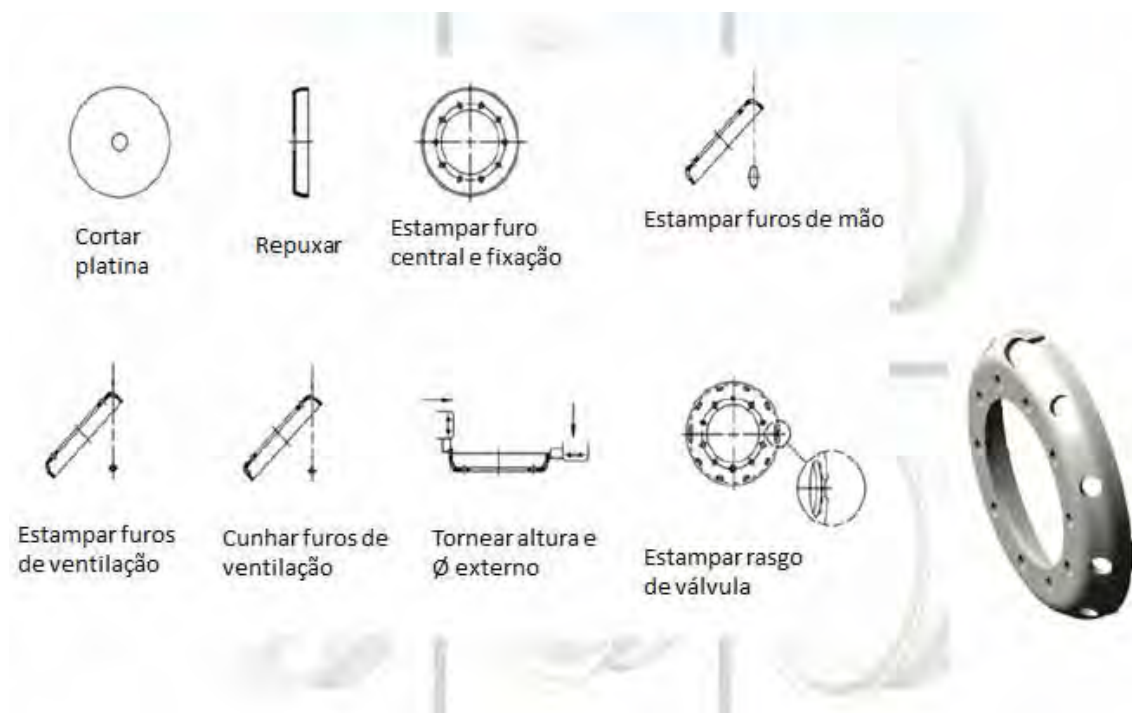


Figura 16 – Resumo do processo de fabricação de discos para rodas com câmara.

4.3. Processo de montagem do disco/aro da roda com câmara

É a união dos componentes de uma roda com câmara, ou seja, é feita a união do disco ao aro. Esse tópico tem como objetivo esclarecer as etapas do processo de montagem de uma roda com câmara.

4.3.1 Montagem do disco no aro

Nesta etapa ocorre a união aro/disco com auxílio do processo de soldagem Mig, em ambos os lados externo da roda. A qualidade do processo de soldagem é verificada periodicamente, por meio de análises macrográficas do material soldado. As características analisadas na macrografia são: penetração do cordão de solda no aro e no disco, considerando as normas técnicas.

Durante essa etapa ocorre uma inspeção do *off-set* e também do *run-out* da roda, de acordo com o requisito de cada cliente.

4.3.2 Acabamento final da roda

Após todas as etapas do processo é muito importante se fazer um bom acabamento na roda. Esse acabamento tem como função retirar rebarbas e marcas que possam existir no produto, esse trabalho é feito com auxílio de lixadeiras.

4.3.3 Repasse

Devido ao calor gerado pela solda, somado ao esforço realizado no momento da montagem do disco no aro, o disco pode sofrer pequenas deformações que serão corrigidas utilizando-se uma prensa com ferramental específico. A característica de planicidade é verificada por meio de um dispositivo, o qual possui 2 relógios comparadores.

4.3.4 – Torneamento interno

Nesta operação o disco, o qual já está montado no aro, é usinado internamente. Nesta ação define-se a espessura final do disco e se corrige a planicidade interna, a qual é medida por dispositivo específico.

4.3.5 – Escarear furos de fixação e central

Nessa etapa, utiliza-se de escareadeiras com ferramental específico (torre de usinagem) para a abertura do diâmetro dos furos de fixação e central. São utilizados dispositivos para medição, tais como: paquímetro e micrometro para verificar as cotas.

4.3.6 – Balanceamento estático e colocação de contra-pesos

Verifica-se a diferença de massa da roda através de uma balança com indicador de bolha, anota-se o valor deste desbalanceamento e utilizando contra-pesos padronizados corrige-se o desbalanceamento da roda, de acordo com cada requisito do cliente. Esse contra-peso é soldado no lado interno do aro da roda com câmara.

4.3.7 – Verificação de *run-out* e inspeção final.

Nessa etapa, é novamente realizada medições de *run-out* e *off-set* da roda , para garantir que a mesma atenda as especificações do cliente e seguir para o processo de pintura.

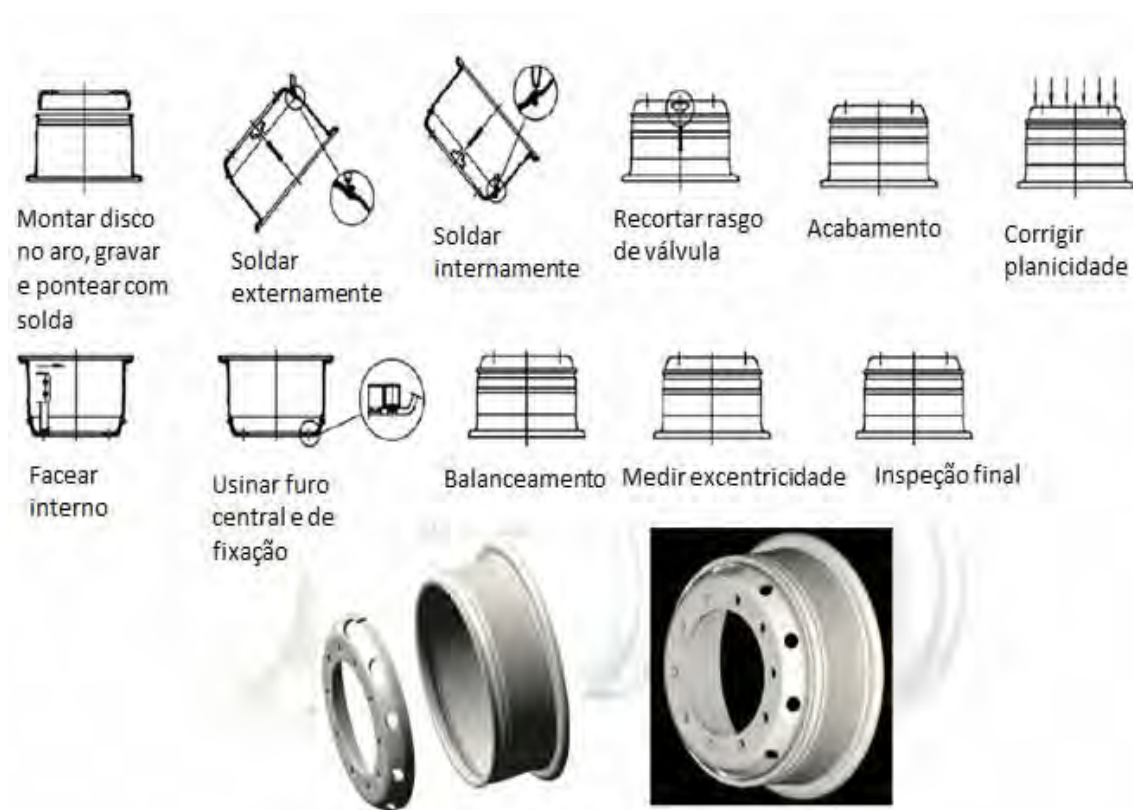


Figura 17 – Resumo do processo de montagem da roda com câmara.

4.3.8 Fabricação dos anéis para roda com câmara

Nesse processo, fabrica-se o anel que é um componente da roda com câmara. Esse processo é bastante simples e ocorre da seguinte forma:

- Etapa 1: Compra de uma barra com perfil de acordo com o especificado pelos requisitos do cliente.
- Etapa 2: O material é conformado para dar a forma de circularidade.
- Etapa 3: O material é cortado para que se obtenha o anel.
- Etapa 4: Ocorre uma compressão do anel para que o mesmo atinja a dimensão especificada pelo cliente.
- Etapa 5: Fazer o rasgo no anel.

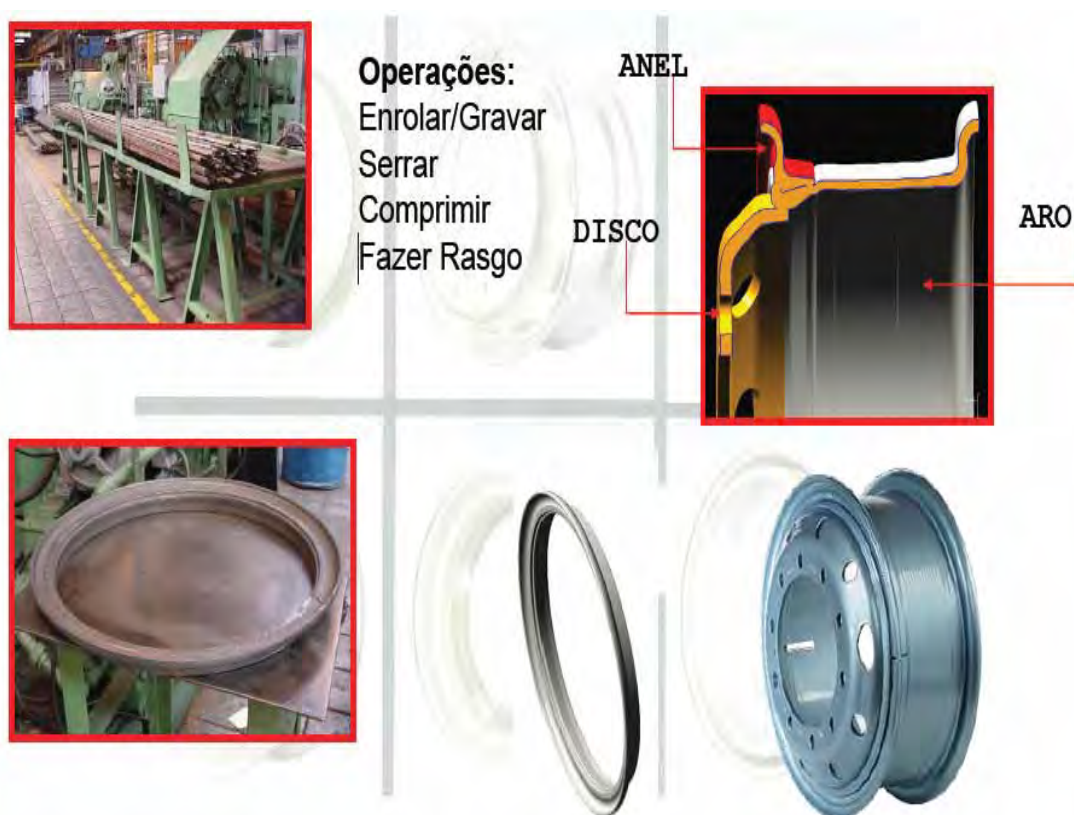


Figura 18 – Detalhe da fabricação do anel da roda com câmara.

5. PROCESSO DE PINTURA DAS RODAS SEM CÂMARA E COM CÂMARA

Depois de fabricadas as rodas recebem um perfeito acabamento com tinta isenta de chumbo (lead free) pelo mais avançado sistema de proteção superficial por eletrodeposição catódica (E-COAT), em seguida os produtos são submetidos ao sistema TOP-COAT de pintura e secagem em estufa, atingindo, assim, alta resistência à corrosão e um excelente acabamento.

6. DISCUSSÃO

O objetivo desse trabalho é detalhar as diferenças de fabricação de rodas entre as linhas de produção de rodas sem câmara e com câmara, e identificar as peculiaridades que existem entre esses dois tipos de processos de rodas para veículos pesados.

Pode-se verificar que o trabalho conseguiu atingir esse objetivo, pois ficaram de fácil compreensão as peculiaridades que existem em cada um desses dois modelos de rodas, e também os motivos e necessidades dessas diferenças durante o processo de fabricação de cada linha. As diferenças mais significativas estão evidenciadas na lista a seguir:

- A linha de produção sem câmara é robotizada devido ao alto volume de produção desse tipo de roda e também porque o perfil do aro das rodas sem câmara é mais complexo do que os aros da linha com câmara e sofre três (3) laminações.
- O processo de soldagem dos componentes aro/disco é diferente, as rodas sem câmara são soldadas apenas do lado interno da roda. Diferentemente, as rodas com câmara são soldadas internamente e externamente para união dos componentes aro/disco.
- As rodas sem câmara possuem dois (2) componentes (aro e disco) e as rodas com câmara possuem três (3) componentes (aro, disco e anel).
- Nas rodas sem câmara os flanges que são as abas da roda tem uma função muito importante, que além de fixar os pneus aos aros, é manter o ar dos pneus, pois como esse tipo de roda não tem câmara de ar essas abas servem como uma obstrução para o escape de ar. Dessa forma, o processo de laminação do flange é um requisito muito importante e tem tolerâncias muito apertadas para atender os requisitos dos clientes e as normas nacionais e internacionais.

- Na montagem do pneu no aro em ambos os modelos de rodas é necessário fazer um balanceamento de massas do conjunto roda/pneu, pois pode haver um desbalanceamento de massa no conjunto, e dessa forma, caso ocorra um desbalanceamento há a fixação de um contrapeso no aro para balancear a mesma.

A produção de rodas para veículos pesados é um processo de fabricação industrial que envolve vários tipos de processos tecnológicos industriais, dentre eles: soldagem, estampagem, usinagem, laminação, repuxamento, pintura, etc.. Destaca-se que material bibliográfico sobre produção de rodas é de difícil acesso, assim esse trabalho vem suprir essa falta de literatura existente e serve como referência para alunos e professores, e pode também ser utilizado em algumas disciplinas no meio acadêmico.

REFERÊNCIAS

Anuário da Indústria Automobilística Brasileira, ANFAVEA 2010.

Catálogo de Produtos, Maxion 2010.

Roteiros de Processos e Instruções de fabricação, MAXION 2012.