

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
HEITOR ARANTES FARIA JÚNIOR

N. CLASS.	0671-33
CUTTER	195
ANO/EDIÇÃO	2013

ESTAMPO DE CORTE: Estudo comparativo de punção e matriz de aço SAE 1045 e aço VC131 com tratamento térmico conforme descrição do fabricante, para estampagem de aço SAE 1012 com espessura de 3mm e diâmetro de 32,5mm.

Varginha
2013

FEPESMIG

HEITOR ARANTES FARIA JÚNIOR

ESTAMPO DE CORTE: Estudo comparativo de punção e matriz de aço SAE 1045 e aço VC131 com tratamento térmico conforme descrição do fabricante, para estampagem de aço SAE 1012 com espessura de 3mm e diâmetro de 32,5mm.

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/MG como pré-requisito para obtenção de grau de Engenheiro Mecânico, sob orientação do Prof. Esp. Fabiano Farias de Oliveira.

Varginha

2013

HEITOR ARANTES FARIA JÚNIOR

ESTAMPO DE CORTE: Estudo comparativo de punção e matriz de aço SAE 1045 e aço VC131 com tratamento térmico conforme descrição do fabricante, para estampagem de aço SAE 1012 com espessura de 3mm e diâmetro de 32,5mm.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/MG, como pré-requisito para a obtenção de grau de Engenheiro Mecânico, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof. Me. Luis Carlos Vieira Guedes

Prof. Me. João Mario Mendes de Freitas

Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira

OBS:

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos, a minha querida noiva Vívian, aos meus colegas da Mangels pela oportunidade, apoio e pelas orientações durante meu período de aprendizado, e a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Grupo Educacional UNIS

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Jesus Misericordioso, à minha família, em especial ao meu pai, que foi o responsável pela minha formação profissional e pessoal, professores e à Mangels pela oportunidade de tanto aprendizado.

“Para cada dia, o seu empenho. A sabedoria bíblica nos confirma isso, quando nos diz que [...] debaixo do céu há um tempo para cada coisa! [...]”

Padre Fábio de Melo

Grupo Educacional UNIS

RESUMO

Este trabalho aborda a questão da utilização de aços para trabalho a frio e aços de construção mecânica para o mesmo fim. Trata especificamente de aço VC131 e aço SAE 1045 na estampagem de peças de aço SAE 1012 com espessura e diâmetro determinados. Descreve em seguida, todo embasamento teórico e posterior testes práticos e análise de resultados indicando a maneira ideal para tratamento térmico conforme normas de fabricantes, bem como a melhor forma de aplicação para ferramentas de corte (estampo) no processo de fabricação de produtos com 3mm de espessura e diâmetro de 32,5mm. Através desta pesquisa, foi possível provar a inviabilidade do aço SAE 1045 para estampagem, demonstrando que o desgaste precoce e o custo, não da matéria-prima, mais sim de equipamentos e mão de obra torna-se caro perante a utilização.

Palavras-chave: Estampagem, Mecânica, Tratamento Térmico.

ABSTRACT

This paper addresses the issue of using cold work steels and mechanical construction steel for the same purpose. It treats specifically the utilization of VC131 steel and SAE 1045 steel in stamped parts of SAE 1012 steel, with defined thickness and diameter. It describes then, the theoretical base, practical tests and analysis of results indicating the ideal way to achieve heat treatment according to the manufacturer's standards, as well as the best way to apply use cutting tools (stamping) in the manufacturing process of products with 3 mm thickness and diameter 32.5 mm. Through this research, is possible to prove that is not feasible to use SAE 1045 as steel for a stamping tool, demonstrating that early wear and cost, not the of the raw material, but of the equipment and labor, makes the use of this steel too expensive for the application.

Keywords: Stamping, Mechanical, Thermal Treatment

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Desenho para usinagem das matrizes de aço VC131 e SAE 1045.	17
Figura 2 - Desenho para usinagem dos punções de aço VC131 e SAE 1045.	18
Figura 3 - Painel indicador de temperatura do Forno 3.....	19
Figura 4 - Forno elétrico (resistência).	19
Figura 5 - Curva Dureza X Temperatura de revenimento.	20
Figura 6 - Painel indicador de temperatura do Forno 3.....	21
Figura 7 - Curva Dureza X Revenimento – Villares.	22
Figura 8 - Desenho para usinagem das matrizes de aço VC131 e SAE 1045.	22
Figura 9 - Desenho para usinagem dos punções de aço VC131 e SAE 1045.	23
Figura 10 - Durômetro com ponta esférica.....	24
Figura 11 - Durômetro com ponta de diamante.....	24
Figura 12 - Corpo de prova de aço SAE 1045.....	26
Figura 13 - Corpo de prova de aço VC131.....	26
Figura 14 - Prensa excêntrica - SEIY 250 toneladas.....	26
Figura 15 - Cavaco com rebarbas.....	27
Figura 16 - Matriz de aço VC131.....	28
Figura 17 - Matriz de aço SAE 1045.....	28
Figura 18 - Matriz de aço VC131.....	28
Figura 19 - Matriz de aço SAE 1045.....	28
Figura 20 - Punção de VC131.	29
Figura 21 - Punção de SAE 1045.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dureza média antes e depois da tempera e revenimento do aço VC131.....	24
Tabela 2 - Dureza média antes e depois da tempera do aço SAE 1045.	25
Tabela 3 - Custo de matéria-prima.	27
Tabela 4 - Custos adicionais de confecção de novas peças de SAE 1045.	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 FERRAMENTAS DE CORTE	13
2.1 Aços.....	13
2.1.1 Aço SAE 1045.....	13
2.1.2 Aço VC131	13
2.2 Estampo de corte	14
2.2.1 Matriz de corte	14
2.2.2 Punção de corte	15
2.3 Cálculo de esforço de corte	15
3 METODOLOGIA.....	16
3.1 Usinagem de punção e matriz de aços SAE 1045 e VC131.....	16
3.2 Tempera do punção e matriz de aço SAE 1045	18
3.3 Revenimento do punção e matriz de aço SAE 1045	20
3.4 Tempera do punção e matriz de aço VC131	20
3.5 Revenimento do punção e matriz de aço VC131	21
3.6 Repasse de usinagem dos punções de aço SAE 1045 e VC131	22
3.7 Medição de dureza das peças	23
3.8 Preparação de corpo de prova.....	25
3.9 Estampagem dos corpos de prova em prensa excêntrica.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Custos de materiais para punções e matrizes	27
4.2 Estampagem dos corpos de prova.	27
4.3 Custos de hora/máquina e homem/hora	29
5 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	31
ANEXO A – Aços para Trabalho a Frio	32
ANEXO B – Aços para Construção Mecânica GGD 1045	34

1 INTRODUÇÃO

O trabalho a seguir descreve a importância da utilização de aços específicos em ferramentas de corte (estampo) para a melhor eficiência e eficácia das peças que compõe este dispositivo, bem como a produtividade e a qualidade do produto final.

Nas empresas metalúrgicas, especialmente em estamparias que trabalham diretamente com chapas de aço, a ideia de redução de custo pode ser erroneamente aplicada, pois nem sempre o baixo custo de um material para confecção de matrizes, punções, placas de choque, elementos estes que compõe uma ferramenta, trará lucro e bons resultados. Tanto o ferramental quanto o produto final podem sofrer danos irreparáveis, afetando a produtividade, qualidade e até mesmo a segurança de seus colaboradores.

Desta forma apresenta-se um comparativo de matrizes e punções confeccionados em aço SAE 1045 (Society of Automotive Engineers) e aço VC131 (Villares Carbono), com o objetivo de comprovar qual a melhor aplicação em ferramentas de corte para estampagem de chapa de SAE 1012 com espessura de 3mm e diâmetro de 32,5mm.

O autor utilizou de ferramental existente, para montagem de matrizes e punções novos, executando a usinagem, tempera conforme norma dos fabricantes e produção de um espaço amostral de 125 peças para cada conjunto (matriz e punção) dos materiais comparados.

Toda a parte metodológica da pesquisa fora executada nas dependências da empresa Mangels Industrial S.A. com auxílio do setor de Ferramentaria nas partes de usinagem, tempera e montagem das peças confeccionadas no ferramental, Laboratório para as análises de dureza e Produção, utilizando de prensa excêntrica de 250 toneladas.

2 MATERIAIS E ESTAMPO DE CORTE

Os materiais utilizados nesta pesquisa são do tipo ferroso, ou seja, ligas de ferro e carbono, podendo apresentar em sua estrutura ligas de manganês, fosforo, silício, cobre, entre outros. Por possuírem cerca de 90% de minério de ferro, daí sua denominação como metais ferrosos.

Estes materiais possuem alta resistência mecânica, desta forma após a manufatura, podem trabalhar em estampo de corte, dando origem a produtos de chapas metálicas.

2.1 Aços

Aço é o produto vindo a partir do minério de ferro que, por meio de beneficiamentos e adições de outros componentes químicos, em especial o carbono, torna-se um material de constante evolução. “[...] os padrões de qualidade, bem como os níveis de propriedades que podem ser atingidos hoje com aços convencionais, superam em muito, as características de aços que eram considerados “especiais” há poucas décadas [...]” (COSTA E SILVA ; MEI, 2010).

2.1.1 Aço SAE 1045

O aço GGD 1045 é um aço para beneficiamento com temperabilidade baixa, ou seja, baixa penetração de dureza na seção transversal, não se recomendando seu uso para seções superiores a 60 mm. Possui uma boa relação entre resistência mecânica e resistência à fratura. É utilizado em geral com durezas de 180 a 300 HB. Para grandes seções utilizar o tratamento térmico de normalização (GG METALS, 2013).

Este aço é utilizado para fabricação de componente que necessitem de resistência mecânica superior às oferecidas por aços de baixo teor de carbono. Aplicado principalmente na construção de eixos em geral, pinos, cilindros, parafusos, grampos, pregos, entre outros.

2.1.2 Aço VC131

Segundo Villares (2013) o VC131 é um tipo de aço com alta estabilidade dimensional e excelente resistência ao desgaste, especialmente em condições abrasivas.

Este material é para trabalhos a frio e pode ser utilizados em matrizes de corte, punções, facas e tesouras de alto rendimento, para cortes de chapas de aço silício, chapas de aço de até 4mm de espessura e estampos para corte de precisão na indústria de papel.

2.2 Estampo de corte

Estampo de corte é uma ferramenta que em conjunto com prensas excêntricas ou hidráulicas promovem a estampagem de peças de variadas formas e na grande maioria de metal transformado em chapa (BRITO, 2004).

Este processo já há algum tempo é utilizado pelas empresas como fonte de aumento de produtividade e redução de mão de obra, vindo de encontro à minimização de custos (BRITO, 2004).

Para o melhor entendimento da função e a utilização de um estampo de corte, tem-se o exemplo de um dedo fazendo força contra uma folha de papel. Esta pressão exercida sobre o papel causará o rompimento do mesmo. Analogamente é o estampo de corte, onde o “dedo” é o punção de corte e o “papel” é o produto a ser estampado. Porém, é válido ressaltar que no caso do estampo, outros componentes como, matriz e sujeitador permitem que o produto saia com dimensões perfeitas, podendo ser exigido até na casa dos centésimos ou milésimos de milímetro (BRITO, 2004).

2.2.1 Matriz de corte

Segundo Provenza (1993, p. 3.02) uma matriz de corte deve ser de material igual ao do punção e também é “peça importante que juntamente com o punção, conforma o produto.”

O punção e a matriz são duas das partes mais importantes do estampo, uma vez que, para obtermos o produto desejado, necessitamos de seu funcionamento em conjunto se bem que, para obter um trabalho perfeito, se torna necessário o uso de acessórios de complementação. (BRITO, 2004, P. 17)

Na construção das matrizes devem ser considerados alguns aspectos importantes, como: O ângulo de escape da matriz, a espessura, o perfil a ser estampado e a folga entre o punção e a matriz (BRITO, 2004).

2.2.2 Punção de corte

Segundo Provenza (1993, p. 3.01) punções de corte são “ elementos fundamentais que junto com a matriz conformam a chapa plana em produtos.”

O punção é comprimido axialmente.

É necessário, portanto, que seja dimensionado de modo a resistir aos esforços de compressão.

A tensão de trabalho do punção não deve ultrapassar a tensão admissível do material com que é confeccionado (PROVENZA, 1993, p. 13.01).

2.3 Cálculo de esforço de corte

As solicitações em ferramentas de corte (estampo) são na maioria das vezes altas, no caso citado neste trabalho calcula-se na faixa de 13,8 toneladas para o corte da chapa de SAE 1012 com 3mm de espessura e diâmetro de 32,5mm, conforme fórmula para calculo: (PROVENZA, 1993, p. 12.01).

$$F_c = p \times e \times T_c$$

Onde:

Fc: Força de corte (Kg)

p: perímetro da peça a ser cortada (mm)

e: espessura da chapa (mm)

Tc: Tensão resistente ao cisalhamento ou corte (Kg/mm²)

Desta forma, é extremamente importante que os materiais para construção de matrizes e punções utilizados neste processo sejam devidamente corretos e de qualidade indiscutível, pois a quebra de um item constituinte de um conjunto deste ferramental causam perdas na produtividade, produto fora de especificado, retrabalhos, refugo de peças, desgaste de matrizes e punções sem recuperação, acidentes de trabalho graves entre outras perdas.

3 METODOLOGIA

O trabalho apresentado é embasado em pesquisas de fontes seguras de autores com conhecimento na indústria mecânica, em especial em ferramentas de corte (estampo) e também em aços especiais. Através de normas e catálogos de fornecedores, os materiais foram adquiridos para o desenvolvimento do projeto.

Em seguida, foram submetidos à usinagem antes da tempera deixando sobre-metal, e usinagem pós-tempera para finalização dimensional e eliminação de qualquer imperfeição que o tratamento térmico possa ocasionar nas peças. Garantindo suas devidas folgas conforme determina a literatura de estampos de corte (PROTEC, 1993).

As matrizes e os punções de aço SAE 1045 e VC131 foram devidamente temperados em forno elétrico com as respectivas normas de tratamento térmico dos fabricantes de aço, atendendo as durezas permissíveis do material para o corte de chapa de 3 mm de espessura e diâmetro de 32,5mm e aço SAE 1012.

Após toda parte preparativa tais como: compra de materiais, usinagem, tempera, revenimento, repasse de usinagem (operação que define as dimensões exatas dos punções e matrizes para a estampagem), preparação dos corpos de prova, os punções e matrizes foram devidamente montados no ferramental de estampagem, cada conjunto (matriz e punção) por vez e executado os testes com espaço amostral de 125 peças estampadas para cada conjunto, ou seja, 125 peças estampadas com matriz e punção de aço SAE 1045 e 125 peças estampadas com matriz e punção de aço VC131.

3.1 Usinagem de punção e matriz de aços SAE 1045 e VC131

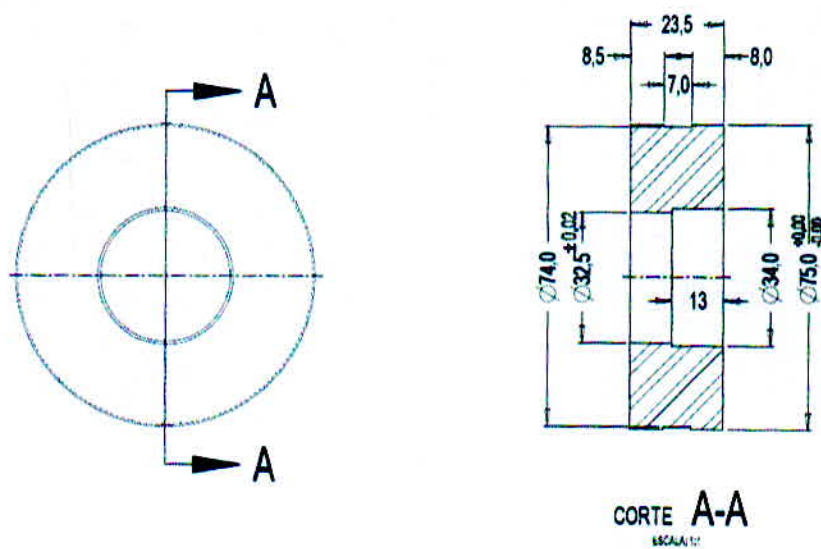
Usinagem é processo que define a uma peça sua forma, dimensão, acabamento, ou ainda, qualquer combinação destes itens produzindo cavacos. E por cavaco entende-se como parte retirada da peça por uma ferramenta, caracterizando-se por uma forma geométrica irregular (Costa; Santos, 2006, p. 06).

Após a aquisição dos materiais de VC 131 e SAE 1045, que são entregues pelos fornecedores com dimensões acima do necessário, conforme a descrição do solicitante, as matrizes e punções, foram usinados com sobremetal de 0,5mm para preparação antes do tratamento térmico (tempera).

O sobremetal é um “excesso” de material que se deixa nas peças antes da tempera, para que após este processo possa realizar nova usinagem, ou seja, um repasse na superfície

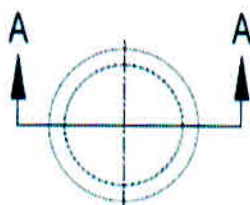
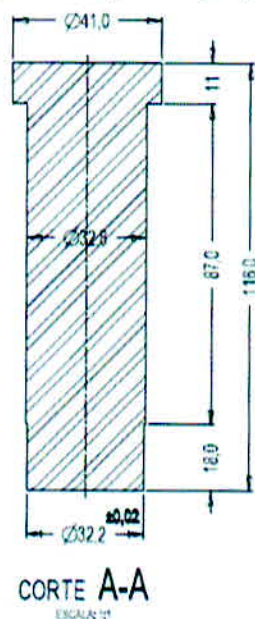
da peça, permitindo que imperfeições, empenamentos e especificações dimensionais sejam atendidos conforme desenho.

Figura 1 – Desenho para usinagem das matrizes de aço VC131 e SAE 1045.



Fonte: Arquivos técnicos Mangels Industrial S.A.

Figura 2 - Desenho para usinagem dos punções de aço VC131 e SAE 1045.



Fonte: Arquivos técnicos Mangels Industrial S.A.

3.2 Tempera do punção e matriz de aço SAE 1045

De acordo com Provenza (1985, p. 1.06) tempera é o “aquecimento e o resfriamento, ou mais exatamente, a temperatura de aquecimento, a permanência neste estado, a velocidade e o meio de resfriamento que alteram a estrutura íntima dos aços, modificando as suas características mecânicas.”

Conforme a metodologia indicada pelos fornecedores de aço SAE 1045 e de acordo com o anexo 1, nesta etapa os matérias já usinados e com sobre-metal foram levados ao forno de resistência elétrica a uma temperatura de 887°C por um período de 3hrs dando início às 8:00hrs e finalizando com resfriamento direto em água com temperatura de 31°C as 11:00 hrs

Figura 3 - Painel indicador de temperatura do Forno 3.



Fonte: Ferramentaria Mangels Industrial S.A.

Figura 4 - Forno elétrico (resistência).



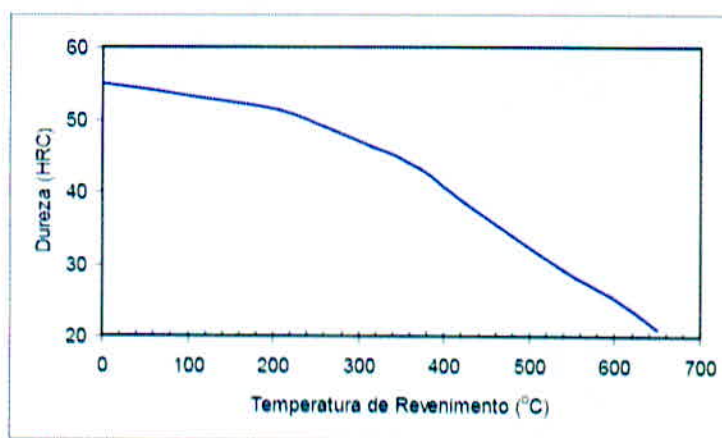
Fonte: Ferramentaria Mangels Industrial S.A.

3.3 Revenimento do punção e matriz de aço SAE 1045

Revenimento é o processo que determina com mais exatidão a dureza após a tempera. Consiste em aquecer o material a uma temperatura abaixo da zona crítica e esfria-lo novamente (PROVENZA, 1985).

Conforme a curva de revenimento, para materiais com 0,45% de carbono, não foi necessário esta aplicação, pois o forno estaria praticamente em temperatura ambiente, o que na prática não influenciará no resultado final da dureza pretendida.

Figura 5 - Curva Dureza X Temperatura de revenimento.



Curva de Revenimento. Têmpera a partir de 850°C.

Fonte: GGD Metals

3.4 Tempera do punção e matriz de aço VC131

Conforme a metodologia indicada pelos fabricantes de aço VC131, que neste caso é a Villares e de acordo com o anexo 2, nesta etapa os materiais já usinados e com sobre-metal foram levados ao forno de resistência elétrica a uma temperatura de 560°C para o alívio de tensões e pré-aquecimento. Feito este processo os materiais seguiram para o forno com temperatura de 967°C por um período de 3hrs dando início às 10:30hrs e finalizando as 13:30hrs com resfriamento em óleo LUB-TEMP A com temperatura de 32,6°C.

Como não há um controle da temperatura do óleo onde foi realizado a tempera, o óleo foi utilizado com temperatura abaixo do especificado pelo fabricante do aço, o que neste caso não interferiu no resultado final.

Figura 6 - Painel indicador de temperatura do Forno 3.

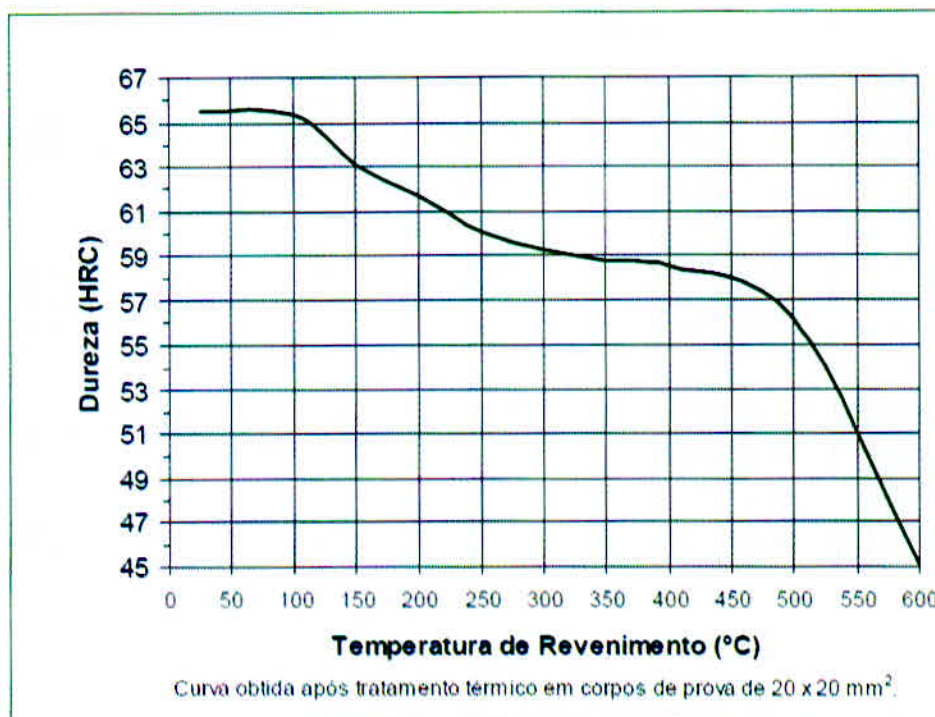


Fonte: O autor.

3.5 Revenimento do punção e matriz de aço VC131

Conforme a curva de revenimento do anexo 2, para aços VC131 devem ser feitos 2 revenimentos logo após o processo de tempera com a peça em temperatura de 60 °C. Este deve ser executado no mínimo por 2 horas cada um.

Figura 7 - Curva Dureza X Revenimento – Villares.

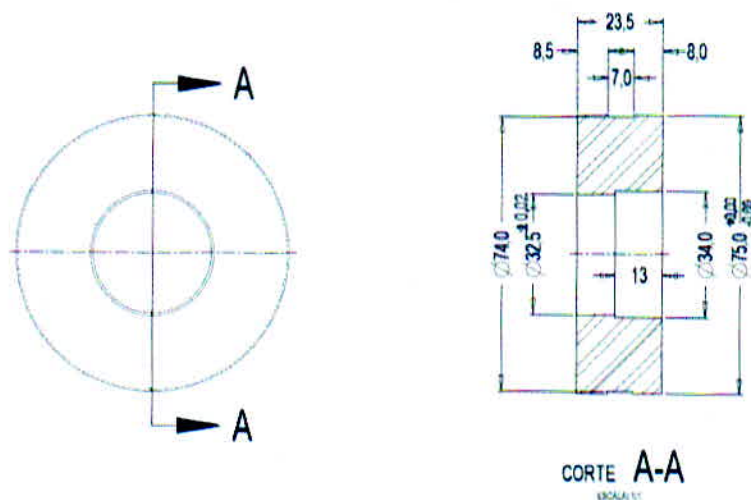


Fonte: Villares Metals

3.6 Repasse de usinagem dos punções de aço SAE 1045 e VC131

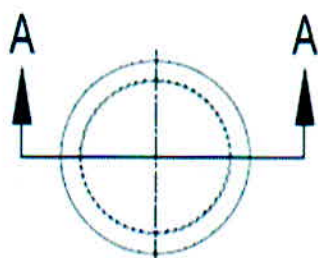
Concluído os processos de tempera e revenimento, os punções e as matrizes foram novamente encaminhados para usinagem do sobremetal existente na peça, permitindo então que as tolerâncias e dimensionais definitivos fossem atendidos conforme desenho de projeto.

Figura 8 - Desenho para usinagem das matrizes de aço VC131 e SAE 1045.



Fonte: Arquivos técnicos Mangels Industrial S.A.

Figura 9 - Desenho para usinagem dos punções de aço VC131 e SAE 1045.

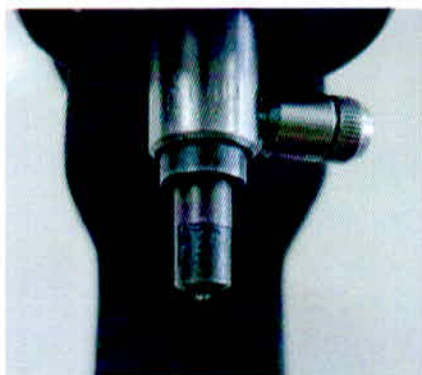


Fonte: Arquivos técnicos Mangels Industrial S.A.

3.7 Medição de dureza das peças

Os punções e as matrizes de aço VC131 e aço SAE SAE 1045, passaram pelo laboratório antes e após o processo de tempera e revenimento, onde o inspetor pode constatar através de um durômetro (equipamento utilizado na medição de dureza de peças de aço) e com suas respectivas pontas de contato que, para materiais antes da tempera utiliza-se ponta esférica e para materiais após a tempera e revenimento utiliza-se de ponta de diamante, que os materiais atingiram as durezas pretendidas com algumas variações, conforme tabelas abaixo:

Figura 10 - Durômetro com ponta esférica.



Fonte: O autor.

Figura 11 - Durômetro com ponta de diamante.



Fonte: O autor.

Tabela 1 - Dureza média antes e depois da tempera e revenimento do aço VC131.

<i>PEÇA</i>	<i>DUREZA ANTES DA TEMPERA</i>	<i>DUREZA PÓS TEMPERA</i>	<i>DUREZA MÉDIA</i>
MATRIZ - VC131			
Corpo	98 HRB	57 HRC	57,333
	98 HRB	57 HRC	
	98 HRB	58 HRC	
Face de corte	97 HRB	59 HRC	58,333
	98 HRB	60 HRC	
	98 HRB	57 HRC	
PUNÇÃO - VC131			
Corpo	99 HRB	58 HRC	57,666
	99 HRB	56 HRC	
	100 HRB	59 HRC	
Face de corte	100 HBR	61 HRC	61
	100 HRB	60 HRC	
	101 HRB	62 HRC	

Fonte: O autor.

Tabela 2 - Dureza média antes e depois da tempera do aço SAE 1045.

<i>PEÇA</i>	<i>DUREZA ANTES DA TEMPERA</i>	<i>DUREZA PÓS TEMPERA</i>	<i>DUREZA MÉDIA</i>
MATRIZ - SAE 1045			
Corpo	87 HRB	47 HRC	48 HRC
	87 HRB	43 HRC	
	87 HRB	54 HRC	
Face de corte	88 HRB	39 HRC	45,333 HRC
	88 HRB	45 HRC	
	88 HRB	52 HRC	
PUNÇÃO - SAE 1045			
Corpo	90 HRB	49 HRC	48,666 HRC
	97 HRB	43 HRC	
	98 HRB	54 HRC	
Face de corte	100 HBR	59 HRC	62 HRC
	100 HRB	62 HRC	
	100 HRB	65 HRC	

Fonte: O autor.

3.8 Preparação de corpo de prova

Para este trabalho fora determinado a estampagem de peças quadradas com dimensões de 50mm, espessura de 3mm e de aço SAE 1012.

Utilizaram-se sobras de processo ou pontas de boninas para o corte dos corpos de prova.

Foram produzidos 250 corpos de prova, divididos em um espaço amostral de 125 peças para cada conjunto de matriz e punção, ou seja, 125 peças foram estampadas utilizando punção e matriz de aço SAE 1045 e 125 peças foram estampadas utilizando punção e matriz de aço VC131.

Figura 12 - Corpo de prova de aço SAE 1045.



Fonte: O autor

Figura 13 - Corpo de prova de aço VC131.



Fonte: O autor.

3.9 Estampagem dos corpos de prova em prensa excêntrica

Estampagem é o nome que se dá ao processo que determina as dimensões e geometria do produto final.

Após a montagem do punção e matriz de aço SAE 1045 no ferramental e estampagem de 125 peças quadradas com dimensional de 50mm, espessura de 3mm e de aço SAE 1012, montou o punção e matriz de aço VC131 no mesmo ferramental e repetiu-se o processo, estampando outras 125 peças quadradas com dimensional de 50mm, espessura de 3mm e de aço SAE 1012.

Todas as 250 peças foram processadas em uma prensa de 250 toneladas, excêntrica, chinesa da marca SEYI.

Figura 14 - Prensa excêntrica - SEIY 250 toneladas.



Fonte: O autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Custos de materiais para punções e matrizes

Abaixo se demonstra os custos de matéria-prima, matrizes e punções de aço VC131 e SAE 1045:

Tabela 3 - Custo de matéria-prima.

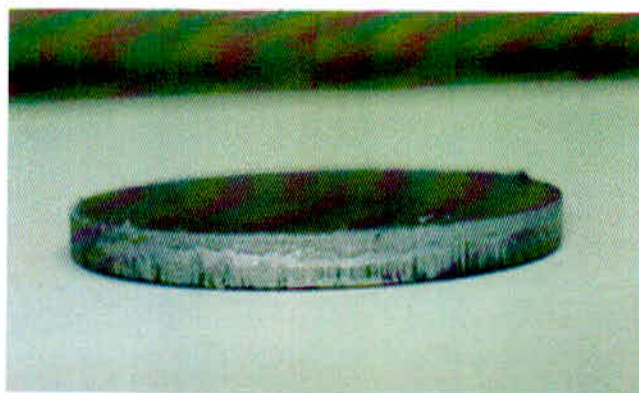
PEÇA	VC131		SAE 1045	
	Dimensões	Custo/Peça	Dimensões	Custo/Peça
PUNÇÃO	Ø 2" x 120mm	R\$ 44,00	Ø 2" x 120mm	R\$ 12,00
MATRIZ	Ø 3" x 25mm	R\$ 22,00	Ø 3" x 25mm	R\$ 6,00

Fonte: O autor

4.2 Estampagem dos corpos de prova.

Após a submissão dos corpos de prova (125 peças para cada conjunto) na estampagem utilizando punções e matrizes dos aços VC131 e SAE 1045, notou-se que: Com a utilização da matriz e punção de aço SAE 1045, a partir da 20ª peça, o produto passou a apresentar rebarbas, porém ainda assim, permaneceu em máquina até a estampagem das 125 peças.

Figura 15 - Cavaco com rebarbas.



Fonte: O autor.

As rebarbas aparentes poderiam ser devido ao desgaste precoce do punção ou da matriz. Para uma análise mais detalhada no final do processo o ferramental fora desmontado e

verificado. Constatando que de fato a matriz sofrera danos irreparáveis para este fim, pois se torna impossível e inviável a recuperação deste material, sabendo que retornando à operação, brevemente apresentará novos desgastes.

Contrário do ocorrido com a matriz de aço SAE 1045, fora o comportamento da matriz de aço VC131 que mesmo após os testes do espaço amostral de 125 peças, permaneceu com as mesmas características e sem nenhum desgaste, como demonstradas no comparativo de fotos abaixo:

Figura 16 - Matriz de aço VC131.



Fonte: O autor.

Figura 18 - Matriz de aço VC131.



Fonte: O autor

Figura 17 - Matriz de aço SAE 1045.



Fonte: O autor.

Figura 19 - Matriz de aço SAE 1045.

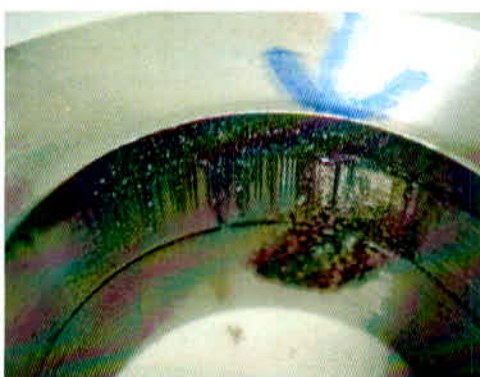


Foto: O autor.

Verificando os punções de aço SAE 1045 e VC131 pôde-se observar que não houve nenhuma alteração estrutural aparente. Porém, neste caso descarta-se a hipótese de utilização do punção de SAE 1045 e matriz de VC131 ou vice-versa, pois conforme a literatura prevê, os materiais de punções e matrizes devem ser de mesmo material.

Figura 20 - Punção de VC131.



Fonte: O autor

Figura 21 - Punção de SAE 1045.



Fonte: O autor

Segundo Provenza (1993, p. 3.02) uma matriz de corte deve ser de material igual ao do punção e também é “peça importante que juntamente com o punção, conforma o produto.”

4.3 Custos de hora/máquina e homem/hora

Desta forma sabendo que a partir da 20ª peça o material de SAE 1045 pode apresentar deformidades que veem prejudicar o produto final, apresenta-se abaixo uma tabela de custos adicionais relacionados ao processo de confecção e/ou repasse de peças usinadas:

Tabela 4 - Custos adicionais de confecção de novas peças de SAE 1045.

<i>Prensa/Operador (4 hrs)</i>		<i>Ferramenteiro (1h)</i>	RS 310,24
<i>93,24</i>		<i>12,00</i>	
<i>Torno (1h)</i>	<i>Homem/hora</i>	<i>Forno Kw/h (3hrs)</i>	
<i>47,00</i>	<i>8,00</i>	<i>150,00</i>	

Fonte: Controladoria Mangels Industrial S.A.

Considerando a parada de 1,5 horas de todos os envolvidos na confecção de uma nova peça de SAE 1045 (equipamentos e mão-de-obra) temos o custo acima descrito confirmando que, não se torna viável a utilização de aço SAE 1045 na construção de matriz e punção para estampagem de aço SAE 1012 com espessura de 3mm e diâmetro de 32,5mm.

5 CONCLUSÃO

O resultado no comparativo dos aços SAE 1045 e VC131 fora satisfatório, pois ambos apresentaram comportamentos já esperados. Conforme prevê a norma de fabricação, os aços para trabalhos a frio são muito mais eficientes e eficazes se utilizados de forma correta, que neste caso sendo o VC131 devidamente usinado e temperado aplicado em estampo de corte.

O punção e a matriz de VC131 não apresentaram nenhum desgaste ou deformidade após a estampagem do espaço amostral de 125 peças de aço SAE 1012 com espessura de 3mm e diâmetro de 32,5mm.

Já o aço SAE 1045, a partir da 20ª peça de um espaço amostral de 125 peças, passou a caracterizar o produto com rebarbas visíveis e prejudiciais à funcionalidade e segurança. Na conclusão da estampagem do espaço amostral verificou-se que a matriz apresentou desgaste, podendo ter maiores problemas ao longo do tempo, vindo até a sofrer uma quebra, inclusive do ferramental.

O custo do SAE 1045 é 266,66% mais baixo que o VC131, ou seja, valor de R\$ 6,00 contra R\$ 22,00. Porém como é necessária a manufatura deste metal (SAE 1045) para a estampagem a cada 20 peças, e esta manufatura representa um valor de R\$ 310,24 torna-se inviável sua utilização, pois sendo assim, este material passa a obter um valor 1437,45% mais alto que o aço nobre (VC131).

As dificuldades encontradas na elaboração desta pesquisa fora em especial, no tratamento térmico dos materiais, pois como os equipamentos utilizados não são tecnologicamente novos, este processo torna-se crítico, pois não há um controle na temperatura dos meios de resfriamento, tanto o óleo quanto a água. Um erro ocorrido, poderia afetar a performance dos materiais, bem como o não atingir as durezas especificadas.

A engenharia deve sempre trabalhar minimizando custos e maximizando resultados, seja tanto na qualidade quanto na produtividade e ainda, a melhoria continua deve estar presente nas ações dos engenheiros garantindo lucros, segurança aos colaboradores e respeito ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

BRITO, Osmar de. **Estampos de Corte – Técnicas e Aplicações**. São Paulo: Hemus, 2004. 185 p.

COSTA E SILVA, André Luiz V.; MEI, Paulo Roberto. **Aços e Ligas Especiais**. São Paulo: Blucher, 2010. 646 p.

COSTA, Eder Silva; SANTOS, Denis Júnio. **Processos de Usinagem**, Divinópolis: CEFET-MG, 2006. 85 p.

METALS, GGD. **Aços para construção mecânica**. Disponível em: <<http://www.ggdmetals.com.br/aco-construcao-mecanica/sae-1045/>> Acesso em: 16 de março 2013, 15:54.

PROVENZA, Francisco. **Estampos I**. São Paulo: F. Provenza, 1993. 78 p.

_____. **Estampos II**. São Paulo: F. Provenza, 1993. 78 p.

_____. **Estampos III**. São Paulo: F. Provenza, 1993. 78 p.

_____. **Materiais para construção mecânica**. São Paulo: F. Provenza, 1985. 65 p.

SOUZA, Augusto de. **Composição química dos aços**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. 134 p.

VILLARES, Aços. **Aços para construção mecânica**. [S.l:s.n.], 1986. 64 p.

VILLARES METALS. **VC131**. 2013. Disponível em: <http://www.villaresmetals.com.br/portuguese/files/FT_13_VC131.pdf> Acesso em: 16 de março 2013, 15:35.

ANEXO A – Aços para Trabalho a Frio



AÇOS PARA TRABALHO A FRIO

VC131

Composição Química:

C	Cr	W	V
2,10	11,5	0,70	0,15

Normas / Similares:

DIN X 210 CrW 12; Wnr 1.2436; AISI D6; ABNT D6; JIS G 4404-72; Tipo SDK 2

Cores de Identificação:

Amarelo – Verde – Amarelo

Características gerais:

Alta estabilidade dimensional e excelente resistência ao desgaste, especialmente em condições abrasivas.

Estado de fornecimento:

Recozido, com dureza máxima de 250HB.

Aplicações Típicas:

Matriz de corte, facas e tesouras de alto rendimento, para cortes de chapas de aço silício e chapas de aço de até 4mm de espessura; estampos para corte de precisão na indústria de papel. Placas de revestimento de moldes para tijolos e ladrilhos, ferramentas para prensagem de pós-metálicos e materiais altamente abrasivos; guias para máquinas operatrizes, réguas para retificadoras; peças de desgaste de calibres, micrômetros e ferramentas em geral, que exige a máxima resistência à abrasão e retenção de corte.

Alívio de tensões:

Deve ser realizado após usinagem e antes da têmpera. O alívio de tensões é necessário em peças com gravuras e perfis, nas quais a retirada de material tenha sido superior a 30%, a fim de minimizar as distorções durante a têmpera. O procedimento de alívio deve envolver aquecimento lento até temperaturas entre 500 e 600 °C e resfriamento em forno até a temperatura de 200 °C. Se aplicado após o trabalho, o alívio de tensões deve ser realizado em uma temperatura 50 °C inferior a temperatura do último revenimento.

Têmpera

O aquecimento para têmpera deve ser entre 950 e 970 °C. Recomenda-se pré-aquecer as ferramentas.

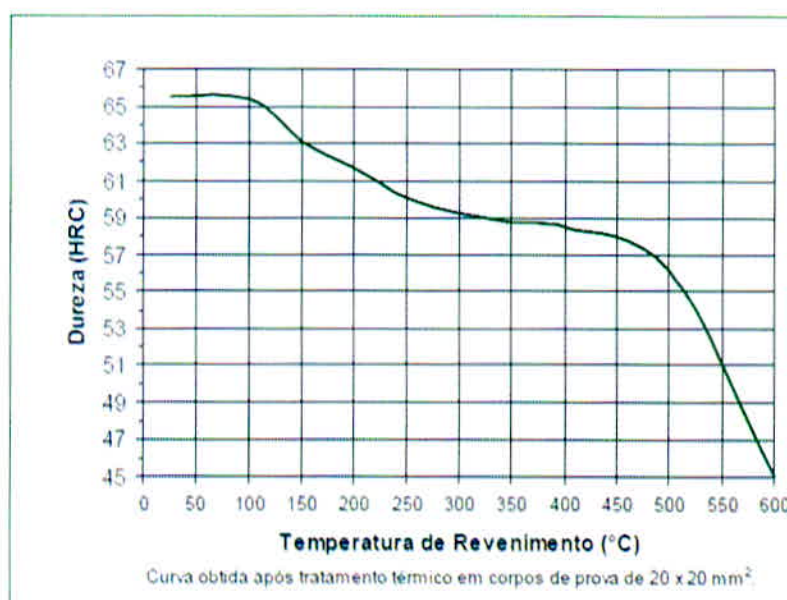
Resfriar em:

- Óleo apropriado, com agitação e aquecido entre 40 e 70 °C.
- Banho de sal fundido, mantido entre 500 e 550 °C.
- Ar calmo.

Pode ser temperado em forno a vácuo desde que utilizadas elevadas pressões de resfriamento (acima de 5 bar). Neste caso, a penetração de têmpera está atrelada a uma correta montagem da carga e a valores limites de seções transversais.

Revenimento:

As ferramentas devem ser revenidas imediatamente após a têmpera, tão logo atinjam 60 °C. Fazer, no mínimo, 2 revenimentos e entre cada revenimento as peças devem resfriar lentamente até a temperatura ambiente. Temperaturas de revenimento devem ser escolhida, conforme a dureza desejada (curva abaixo). O tempo de cada revenimento deve ser, de no mínimo, 2 horas. Para peças maiores que 70 mm, deve-se calcular o tempo em função de sua dimensão. Considerar 1 hora para cada polegada de espessura.

Curva de Revenimento:

Eletroerosão:

Quando utilizada a eletroerosão nos moldes ou matrizes tratados, recomenda-se remover a camada superficial alterada (camada branca) com rebole de grana fina. Revenir novamente a peça em uma temperatura 50 °C abaixo do último revenimento realizado.

ANEXO B – Aços para Construção Mecânica GGD 1045



AÇO CONSTRUÇÃO MECÂNICA

Generalidades

O aço GGD 1045 é um aço para beneficiamento com temperabilidade baixa, ou seja, baixa penetração de dureza na seção transversal, não se recomendando seu uso para seções superiores a 60 mm. Possui uma boa relação entre resistência mecânica e resistência à fratura. É utilizado em geral com durezas de 180 a 300 HB. Para grandes seções utilizar o tratamento térmico de normalização.

Composição Química

C	Mn	Si	Cr	Al	P	S
0,42 - 0,50	0,70 - 0,90	0,40 - máx.	--- - ---	--- - ---	0,04 - máx.	0,05 - máx.
0,42 - 0,48	0,60 - 0,90	0,15 - 0,25	0,20 - 0,40	0,02 - 0,05	0,025 - máx.	0,02 - 0,04

Similaridade

SAE 1045, V.Nr. 1.1191,
DIN C 45E / CK45, UNS
G10450, VT45,
GERDAU 1045

Condições de Fornecimento

Fornecido com dureza
máxima de 260 HB.

Cores de Identificação



Aplicações

É utilizado na fabricação de componentes de uso geral onde seja necessária uma resistência mecânica superior a dos aços de baixo carbono convencionais. Aplicado principalmente em eixos em geral, pinos, cilindros, ferrolho, parafusos, grampos, braçadeiras, pinças, cilindros, pregos, colunas, entre outros.

Forjamento

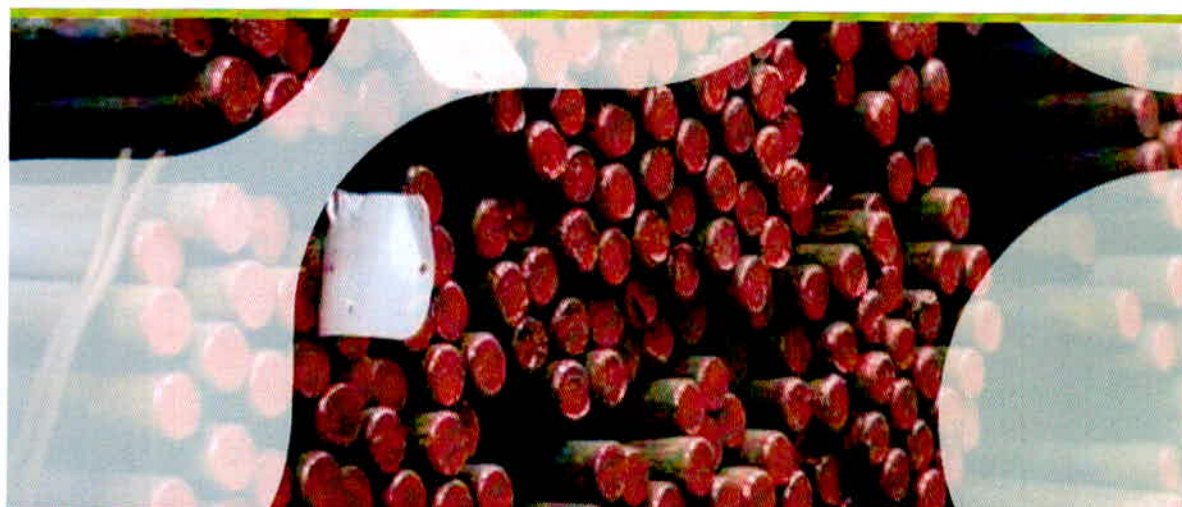
O aço GGD 1045 deve ser realizado na temperatura mínima de 870°C e máxima de 1240°C.

Tratamento Térmico

Recozimento: O tratamento deve ser feito na temperatura próxima de 800 – 850°C por no mínimo 1 hora para cada 25 mm. Resfriar lentamente no forno.

Normalização: O tratamento deve ser feito na temperatura próxima de 880 – 900°C por no mínimo 1 hora para cada 25 mm. Resfriar ao ar. Em casos especiais pode se utilizar ar forçado.

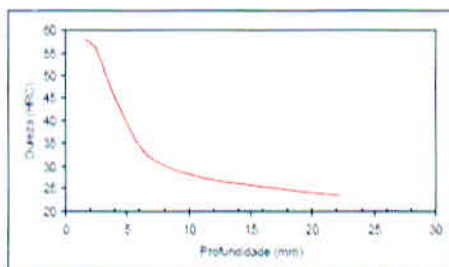
Têmpera: Austenitizar em temperatura entre 820 – 850°C. Aquecer por 1 hora para cada 25 mm de espessura. Resfriar em água ou polímero. Para resfriamento em óleo (seções menores do que 10 mm) temperar a partir de 840 – 860°C.



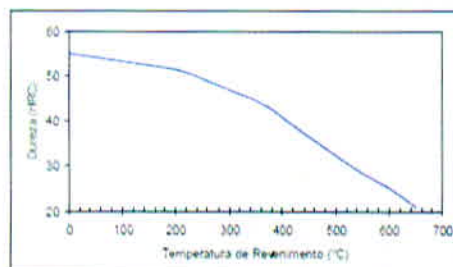
Aço Construção Mecânica

www.ggdmetals.com.br

Revenimento: Deve ser realizado imediatamente após a têmpera quando a temperatura atingir cerca de 70°C. A temperatura de revenimento deve ser selecionada de acordo com a dureza especificada para o componente. Para isto utilizar a curva de revenimento orientativa. Manter na temperatura de revenimento por no mínimo 1 hora para cada 25 mm de espessura e utilizar no mínimo por duas horas. Resfriar em ar calmo.



Curva de Temperabilidade



Curva de Revenimento. Têmpera a partir de 850°C.

Nitretação: Este aço pode ser nitretado para elevar a resistência ao desgaste pelo endurecimento superficial. A dureza máxima depende da condição prévia de tratamento térmico. Nitretar com Camada Branca, Componentes beneficiados antes da nitretação terão melhor característica de endurecimento atingindo dureza máxima próxima de 600 HV. Recomenda-se profundidade de endurecimento entre 0,30 e 0,60 mm.

Têmpera Superficial: Aquecer rapidamente até a temperatura de 820 – 860°C e resfriar em água ou óleo. As condições de tratamento dependem do tamanho e geometria da peça, bem como da dureza desejada e das características do equipamento.

As informações contidas neste catálogo são orientativas, dependendo das características do material prima e das condições de teste

