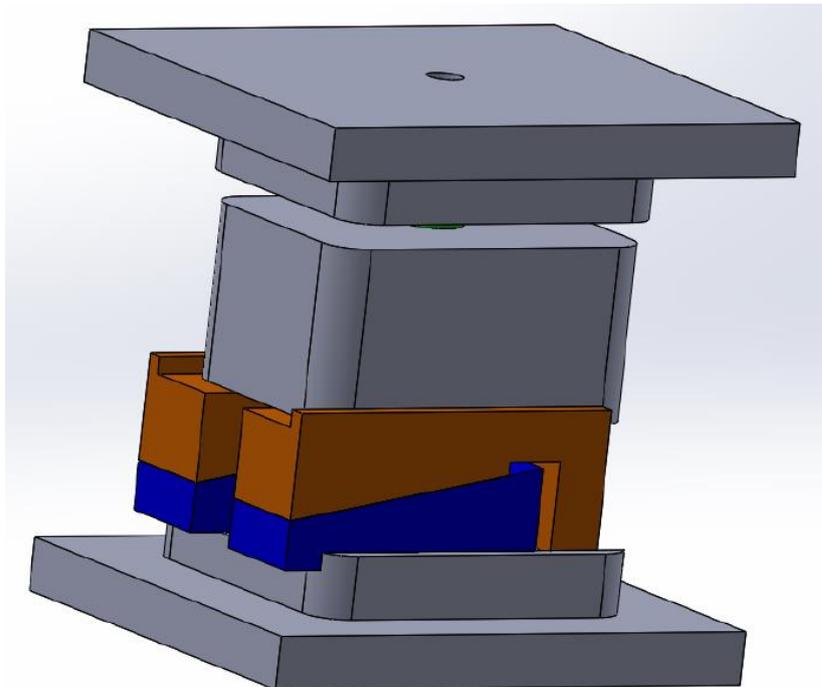




Escola Universitária de Ciências Empresariais, Saúde, Tecnologias e Engenharia

Projeto e execução de ferramenta para compactação de pastilhas de alumina usadas no torneamento de aços

Projeto final de licenciatura em
Engenharia de Materiais



Elaborado por Jorge Alberto Faria Gomes

Discente Nº 20152024

Orientado por Professor Doutor Tessaleno Campos Devezas

Barcarena Julho de 2018



Escola Universitária de Ciências Empresariais, Saúde, Tecnologias e Engenharia

Projeto e execução de ferramenta para compactação de pastilhas de alumina usadas no torneamento de aços

Projeto final de licenciatura em
Engenharia de Materiais

Elaborado por Jorge Alberto Faria Gomes
Discente N° 20152024

Orientado por Professor Doutor Tessaleno Campos Devezas

Barcarena Julho de 2018

O autor é o único responsável pelas ideias expostas neste relatório

Agradecimentos e referências

Impõe-se um agradecimento à administração da Galucho Indústrias Metalomecânicas S.A, onde desempenho a minha atividade profissional, pois foi através do seu desafio e patrocínio que se tornou possível a frequência desta licenciatura.

Ao Dr. José Américo Justino, presidente da Galucho S.A., pelo desafio e apoio na frequência desta licenciatura.

Ao Dr. Fernando Romana, CEO da Galucho S.A., pelo desafio e apoio na frequência desta licenciatura.

Ao Prof. Dr. Tessaleno C. Devezas, pelo seu incentivo, ajuda e orientação neste projeto.

Ao Eng. Eduardo Nunes, diretor do departamento da Qualidade da Galucho S.A., pelo seu incentivo, apoio, ajuda e disponibilidade na nossa interação tanto profissional como pessoal nestes quase 30 anos que trabalhamos em conjunto.

Ao Eng. Duarte Vieira, pela ajuda prestada na realização deste projeto.

À empresa F. Ramada, na pessoa do Eng. Gonçalo Frederico, pela disponibilização de algumas das ferramentas de corte utilizadas neste projeto e que se encontravam em teste na Galucho S.A. Testes que tiveram excelentes resultados.

Aos Professores da Atlântica, pelo empenho e dedicação que tiveram para com os alunos no sentido de serem superadas as dificuldades.

Ao Prof. Dr. Abilio Pereira da Silva, pela sua imprescindível ajuda na obtenção da alumina, bem como na sinterização do material.

À Universidade da Beira Interior, pela cedência da alumina para este projeto e pela disponibilização do forno para a sinterização.

Ao João Paulo Devezas, pela sua colaboração na etapa de sinterização deste projeto.

À minha família pelo seu apoio, ânimo e compreensão.

Aos colegas de turma pela ajuda, apoio e ânimo prestado nas alturas mais difíceis.

Dedicatória:

Dedico este trabalho ao meu filho Tiago Gomes, em agradecimento pela sua compreensão, da minha por vezes ausência em alturas importantes da sua adolescência, pois durante esta licenciatura houve alturas em que tive de o deixar em segundo plano para poder estudar. Não me irei esquecer da sua expressão quando terminava os semestres, e passo a citar: “pai finalmente vamos ter a sala arrumada”, pois era comum os livros e apontamentos espalhados pela sala.

Obrigado Tiago pela tua compreensão.

Projeto e execução de ferramenta para compactação de pastilhas de alumina usadas no torneamento de aços.

Resumo:

Neste trabalho foi desenvolvido um projeto de uma ferramenta de compactação para a execução de pastilhas em cerâmica e uma ferramenta de suporte da pastilha para a maquinação de aços tratados termicamente. Para este trabalho foram postos em prática os conhecimentos adquiridos nas diversas cadeiras deste curso nomeadamente:

Projeto de uma ferramenta através do software Solidworks, com os conhecimentos adquiridos na cadeira de Desenho Técnico.

Seleção dos materiais que foram utilizados nas ferramentas, nomeadamente aços que possuem características adequadas ao fim em causa, execução de uma ferramenta para a produção das pastilhas e uma outra para o seu ensaio, posterior tratamento térmico, com os conhecimentos adquiridos na cadeira de Materiais Metálicos.

Ambas as ferramentas foram maquinadas de acordo com o projeto desenvolvido, são descritas as técnicas utilizadas, as máquinas ferramentas e suas características, as ferramentas de corte utilizadas, assim como os materiais de que são compostas e respetivos parâmetros e condições de corte.

Foi efetuado um tratamento térmico de endurecimento, para que a ferramenta suporte as duras condições a que vai ser sujeita. Foram feitos ensaios de dureza para comprovar a eficácia do tratamento térmico executado.

Foi feita a montagem e verificação da ferramenta, sendo depois ensaiada para cálculo do material cerâmico necessário para a produção de cada pastilha, bem como das forças e velocidades de compactação necessárias.

Procedeu-se à fabricação das pastilhas em alumina pelo método de compactação unidirecional com camisa flutuante, com os conhecimentos adquiridos nas cadeiras de Materiais Cerâmicos e Vidros e Processos de Produção. As pastilhas obtidas foram submetidas a um processo de sinterização.

Foi efetuado um ensaio prático de maquinação de uma peça em aço tratado termicamente, peça que neste caso foi uma roda dentada, cujas características de matéria prima, tratamento térmico a que foi sujeita são descritas, bem como os parâmetros de corte utilizados.

Palavras chave:

- Pastilhas de corte
- Cerâmica
- Maquinação
- Aço

Abstract:

In this work a design of a compacting tool for the production of ceramic inserts and a tool for support of the insert for the machining of heat treated steels was developed. For this work were put into practice the knowledge acquired in the various subjects of this course namely:

Design of a tool through Solidworks software, with the knowledge acquired in the subject of Technical Drawing.

Selection of the materials that have been used in the tools, namely steels having characteristics appropriate to the purpose in question, execution of a tool to produce the insert and another one for its test, later a heat treatment, with the knowledge acquired in the subject of Metallic Materials.

Both tools were machined according to the design developed, the techniques used are described, as well as the machine tools and their characteristics, the cutting tools used, the materials of which they are composed and their parameters and cutting conditions.

A hardening thermal treatment was carried out, so that the tool supports the harsh conditions to be subjected, hardness tests were done to prove the effectiveness of the heat treatment performed.

The tool was then assembled and tested for the calculation of the ceramic material required to produce each insert, as well as the required forces and compression speeds.

The next step was the manufacture of alumina inserts by unidirectional compaction method with floating jacket, with the knowledge acquired in the subjects of Ceramic Materials and Glasses, and Production Processes. The obtained inserts were submitted to a sintering process.

A practical test was carried out on the machining of a piece of thermally treated steel, which in this case was a cogwheel, whose characteristics of raw material, heat treatment to which it was subjected, are described, as well as the cutting parameters used.

Key words:

- Inserts
- Ceramics
- Machining
- Steel

Índice:

Introdução	1
Desenvolvimento	3
1- Materiais Cerâmicos	3
2- Produção de Cerâmicas	5
2.1- Preparação das matérias primas	6
2.2- Compactação, diferentes processos de compactação	7
2.3- Sinterização das cerâmicas	9
3 - Alumina	11
4 - A evolução histórica da maquinação e das pastilhas de corte	13
5 - Consumo anual de pastilhas na empresa Galucho	19
6 - Procedimentos	23
6.1- Projeto das ferramentas	23
6.2- Seleção das máquinas a utilizar para a execução da componente pratica deste projeto	27
6.3- Seleção dos materiais a utilizar nas ferramentas	30
6.4- Seleção das ferramentas de corte e dispositivos de suporte ...	33
6.5- Adequação dos parâmetros de corte	34
6.6- Maquinação dos componentes de ambas as ferramentas	37
6.7- Compactação das pastilhas	41
7- Sinterização	45
8- Ensaio de torneamento com as pastilhas fabricadas	47

Conclusões	49
Bibliografia	50
Anexos	ii a cix

Lista de abreviaturas e Siglas

PEG	Polietileno Glicol
PVA	Polivinil Álcool
CMC	Carbometilcelulose
MgO	Oxido de Magnésio
Al₂O₃	Oxido de alumínio ou alumina
HC	Hexagonal compacta
Al(OH)₃	Gibsite (oxido hidróxido de alumínio)
AlOOH	Boemita (oxido hidróxido de alumínio)
AlO(OH)	Diasporita (oxido hidróxido de alumínio)
TiO₂	Dióxido de Titânio
NaOH	Hidróxido de sódio
Na	Sódio
H₂O	Água
TiN	Nitreto de Titânio
Ti(C,N)	Carbonitreto de Titânio
CVD	Chemical vapour deposition (Deposição química em fase de vapor)
HSS	High Speed Steel (Aço Rapido)
TaC	Carboneto de Tântalo
NbC	Carboneto de Nióbio

TiC	Carboneto de Titânio
WC	Carboneto de Tungstênio
NC	Numeric Control (comando numérico)
CNC	Computer Numeric Control (controlo numerico computadorizado)
HM	Hard Metal (metal duro)
HRC	Dureza Rockwell escala C
ISO	International Organization for Standardization (organização internacional para a standardização)
AISI	American Iron and Steel Institute (instituto Americano do ferro e do aço)
DIN	Deutsches Institut für Normung (instituto Alemão para a normalização)
HB	Dureza Brinell
MPa	Mega Pascal
N	Newton
UBI	Universidade da Beira Interior

Índice de Figuras:

Figura 1 - Imagem de um moinho de bolas para cerâmicas	6
Figura 2 - Ciclo de produção de uma peça.....	8
Figura 3 - Mudanças nas microestruturas que ocorrem durante a sinterização dos pós compactados	9
Figura 4 - Micrografia eletrônica de varrimento de pós de óxido de alumínio compactados	10
Figura 5 - Estrutura hexagonal compacta da Alumina	11
Figura 6 - Alumina CT3000	12
Figura 7 - imagem dos revestimentos aplicados no substrato da pastilha	13
Figura 8 - Ferramentas em aço rápido (HSS) para torneamento	15
Figura 9 - Ferramentas de torneamento com pastilha de metal duro soldada	16
Figura 10 - Algumas das primeiras ferramentas de pastilha intercambiável	17
Figura 11 - Pastilha KNUX com quebra apara embutido	17
Figura 12 - Imagem de alguma das pastilhas utilizadas atualmente	18
Figura 13 - Designação de alguns tipos de pastilha.	19
Figura 14 - Pastilhas de metal duro, em fim de vida devido ao desgaste, que serão alvo de reciclagem	22
Figura 15 - Componentes da ferramenta de compactação	24

Figura 16 - Conjunto da montagem da ferramenta de compactação	25
Figura 17 - Imagem da ferramenta de torneamento	26
Figura 18 - Imagem do comando Heidenhain TNC320	27
Figura 19 - Imagem da fresadora Correa A25-25	28
Figura 20 - Imagem do torno mecânico TOS SN40-C	29
Figura 21 - Imagem da unidade de visualização Heidenhain ND523	29
Figura 22 - : Maquinação de um dos componentes, neste caso a matriz	37
Figura 23 - Imagens dos componentes maquinados da ferramenta de compactação	38
Figura 24 - Imagem da montagem da ferramenta de compactação	39
Figura 25 - Ferramenta para suporte da pastilha em cerâmica	40
Figura 26 - Máquina universal de ensaios	41
Figura 27 - Gráfico de compactação amostra nº6	43
Figura 28 - Ciclo de compactação	44
Figura 29 - Amostra nº 0	44
Figura 30 - 1º ciclo de queima	46
Figura 31 - 2º ciclo de queima	46
Figura 32 - Imagem da roda dentada a maquinar	47
Figura 33 - Ensaio de maquinação	48

Índice de tabelas:

Tabela 1: Consumo anual de pastilhas de corte na empresa Galucho	20
Tabela 2: composição química do aço C265	31
Tabela 3: composição química do aço 42CrMoS4	32
Tabela 4: Composição química da alumina CT3000	41
Tabela 5: pressões de exercidas nas amostras	42
Tabela 6: Parâmetros de compactação e valores obtidos na primeira sinterização ...	45
Tabela 7: Resultados da segunda sinterização	45

Índice de anexos:

Anexo 1 - Imagens da maquinação da matriz	iii
Anexo 2 - Desenho técnico da fase de torneamento da ferramenta de torneamento. v	v
Anexo 3 - Desenho técnico do extrator.....	vii
Anexo 4 - Desenho técnico do ajustador 1/2 (superior).....	ix
Anexo 5 - Desenho técnico do ajustador 2/2 (inferior).....	xi
Anexo 6 - Desenho técnico do tecto da ferramenta.....	xiii
Anexo 7 - Desenho técnico do punção superior.....	xv
Anexo 8 - Desenho técnico do punção inferior.....	xvii
Anexo 9 - Desenho técnico da base da ferramenta.....	xix
Anexo 10 - Desenho técnico da matriz da ferramenta.....	xxi
Anexo 11 a 14 - Desenhos técnicos e de pormenor da fase de fresagem da ferramenta de torneamento.....	xxiii a xxix
Anexo 15 - Imagem 3D da ferramenta de torneamento.....	xxxi
Anexo 16 - Imagem 3D do extrator.....	xxxiii
Anexos 17 a 21 - Imagens 3D de conjunto da ferramenta de compactação..	xxxv a xliii
Anexo 22 - Ficha de produto UDDEHOLM do aço C265.....	xliv a lvi
Anexo 23 - Certificado e relatório de ensaio do aço C265 da Ramada Aços.....	lvii
Anexo 24 - Certificado e relatório de ensaio do aço C265 da Ramada Aços.....	lix
Anexo 25 a 28 - Certificado e relatório de ensaio do aço S355J2H da Hoberg & Driesch.....	lxi a lxvii
	xvii

Anexo 29 - Certificado e relatório de ensaio do aço F-1252/42CrMos4 da Aceros IMS..... lxi

Anexo 30 - Certificado e relatório de ensaio do aço 16MnCrS5 da Leali Steel..... lxxi

Anexo 31 e 32 - Certificado e relatório de ensaio do tratamento térmico da roda dentada cod. 918196140 da Thyssenkrupp.....lxxiii a lxxv

Anexo 33 - Desenho técnico da roda dentada cod. 918196140 (Galucho S.A).. lxxvii

Anexo 34 – Imagem 3D da roda dentada cod. 918196140 (Galucho S.A)..... lxxix

Anexos 35 e 36 - Certificado e relatório da Ramada Aços, do tratamento térmico dos componentes da ferramenta de compactação.....lxxxii a lxxxiii

Anexos 37 a 46 - Gráficos da compactação das amostras de 1 a 10 das pastilhas cerâmicas..... lxxxv a ciii

Anexo 47 a 49 - Exemplo de programa utilizado no comando Heidenhain da fresadora CNC (programa da maquinação da matriz da ferramenta de compactação).... cv a cix

Introdução

Pretendeu-se com este trabalho projetar e produzir uma ferramenta de compactação de pastilhas cerâmicas a serem usadas no torneamento de aços tratados termicamente em que a sua dureza condiciona as ferramentas de corte e os materiais das pastilhas a serem utilizados. O material escolhido para a produção das pastilhas cerâmicas foi a alumina, em razão da disponibilidade da matéria prima e facilidade de sinterização em atmosfera normal, bem como pela sua importância como material de alto desempenho para a maquinação de aços de elevada dureza.

Este trabalho surgiu do interesse que tenho na minha área de atividade profissional, nomeadamente a maquinação de metais, tendo desde há muito tempo desenvolvido um grande interesse pelo processo de fabricação das pastilhas para maquinação, quer em cerâmica, quer em metal duro, assunto que foi debatido nas unidades curriculares de Processos de Produção e de Materiais Cerâmicos, onde foi possível aprofundar o conhecimento sobre a produção das pastilhas. Deve-se clarificar que o denominação ‘metal duro’, largamente utilizada no meio profissional, não é tecnicamente correta, pois trata-se também de um material cerâmico, cuja composição é o carboneto de tungsténio.

É de salientar que não foi o objetivo deste trabalho a produção em série ou comercial das pastilhas de cerâmica, mas tão só o de expor o conhecimento e os meios de produção e ensaio disponíveis na empresa onde trabalho “Galucho Indústrias Metalomecânicas S.A.” para a realização de um projeto desta natureza.

A Galucho, nos seus quase 100 anos de existência, acompanhou e sempre esteve na vanguarda da tecnologia da maquinação em Portugal, tendo eu tido o privilégio de acompanhar esta evolução ao longo dos quase 31 anos que estou ao serviço da empresa.

Durante todo este tempo tive a oportunidade de acompanhar a notável evolução a nível das máquinas ferramenta e respetivas ferramentas de corte, com o consequente aumento de produtividade. As máquinas permitem cada vez maiores rotações e velocidades de

corde, sendo de salientar que as ferramentas de corte têm acompanhado este aumento de desempenho e as taxas de retirada de material das peças têm crescido consideravelmente. Este trabalho consistiu do projeto e execução de uma ferramenta para compactação de pastilhas de alumina com um diâmetro de 19 mm, sinterização e posterior adaptação numa ferramenta para torneamento interno de peças em aço com elevada dureza, ferramenta esta também projetada e executada para este trabalho.

Desenvolvimento

1- Materiais cerâmicos

Os materiais cerâmicos são materiais inorgânicos e não metálicos, sendo compostos por dois ou mais elementos metálicos e não metálicos, ou apenas por elementos não metálicos, sendo as suas ligações interatômicas totalmente ou predominantemente iônicas, mas com algum carácter covalente.

A palavra cerâmica vem do étimo grego Keramikos, sendo o seu significado “matéria queimada”, uma vez que neste material as suas propriedades desejáveis são obtidas através de um processo de queima em temperaturas elevadas, conhecido como sinterização.

Até há cerca de 60 anos a palavra cerâmica definia artigos como louças, telhas, tijolos, entre outros, cuja matéria prima principal é a argila. Hoje em dia o termo cerâmica tem um significado muito mais amplo, devido aos novos materiais desenvolvidos, com aplicações nos mais diversos setores industriais, desde a eletrónica até às aplicações biomédicas.

Estes materiais constituem hoje uma das mais importantes categorias de materiais de engenharia para tecnologias avançadas.

Os materiais cerâmicos têm propriedades muito distintas entre si, mas podemos dizer que em regra geral são:

- Materiais duros e frágeis, com baixa tenacidade e praticamente nenhuma ductilidade.
- São habitualmente bons isolantes elétricos e térmicos, devido à ausência de eletrões livres.
- Têm de um modo geral um elevado ponto de fusão e estabilidade química em ambientes agressivos.

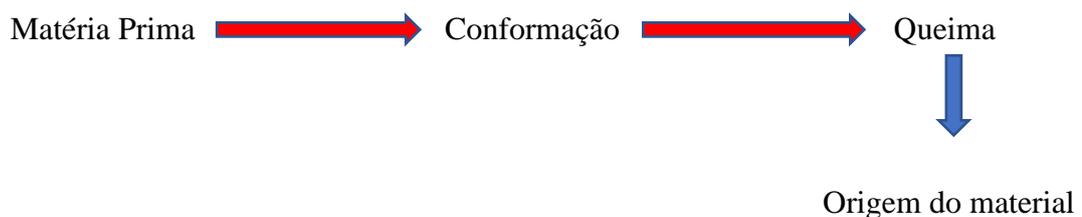
2- Produção das cerâmicas

Na produção de materiais cerâmicos podemos enumerar três etapas distintas:

- Mistura das matérias primas e moagem: as matéria primas são combinadas nas quantidades apropriadas para o material pretendido, sendo posteriormente a mistura moída em moinho de bolas, não apenas para a sua cominuição, mas também para uma melhor homogeneização da mistura.
- Conformação: o pó obtido na moagem é compactado num molde com a forma pretendida.
- Queima: mais propriamente sinterização, o objeto obtido da conformação é submetido a altas temperaturas, mas abaixo do ponto de fusão, e o material adquire as propriedades desejáveis.
-

O esquema abaixo resume de forma sintética as três etapas da produção das cerâmicas descritas acima.

Cerâmica:



É de destacar que o material cerâmico tem origem apenas depois desta última etapa, pois como já foi dito, a palavra cerâmica tem origem etimológica como “objeto queimado”.

2.1- Preparação das matérias primas

O primeiro passo importante na obtenção de um pó de alta qualidade é o processo de moagem (que pode ser a húmido ou a seco) das matérias primas num moinho de bolas (ver figura 1), sendo que para uma cerâmica de qualidade os meios de moagem, assim como o revestimento interno do moinho, são também em alumina.

Durante o processo de moagem são adicionados produtos, tais como ligantes e lubrificantes, que têm como finalidade melhorar o processo de conformação.

Os aditivos têm como finalidades no processo de conformação ajudar o processo de aglomeração das partículas durante a compactação, auxiliando a acomodação dos grãos e a manter a coesão dos corpos até a sinterização.

São utilizados habitualmente polímeros orgânicos como o (PEG) polietileno glicol, (PVA) polivinil álcool, (CMC) carbometilcelulose, goma-laca, ou mesmo ácido fosfórico.

Poderão também ser adicionados produtos para auxiliar no processo de sinterização, como por exemplo a adição de MgO na alumina para inibir o crescimento exagerado dos grãos.

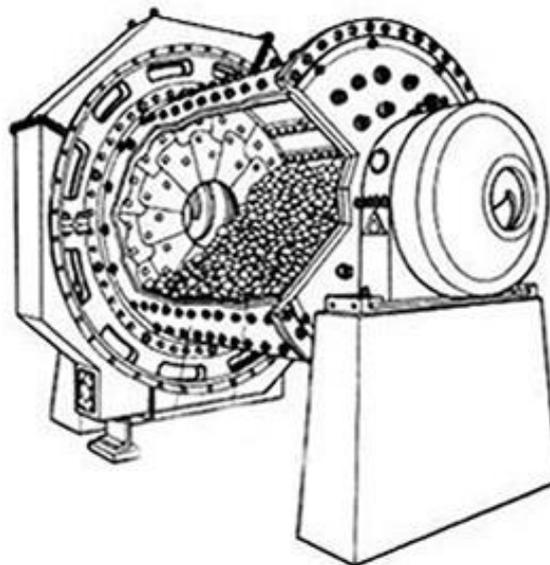


Figura 1: Imagem de um moinho de bolas para cerâmicas (fonte: www.china-sandmaker.com)

2.2- Compactação, diferentes processos de compactação

A prensagem de pós é o processo onde uma massa pulverizada contendo uma pequena quantidade de aglutinante é compactada na forma desejada, pela aplicação de pressão. O grau de compactação é maximizado e a fração de espaços vazios é minimizada com o emprego de partículas maiores misturadas com partículas mais finas nas proporções apropriadas. Nos pós metálicos existe deformação plástica das partículas, já nos pós cerâmicos o mesmo não acontece. Uma das funções do aglutinante na mistura é a de lubrificar as partículas pulverizadas conforme elas se movem umas em relação às outras durante o processo de compactação.

Existem 3 tipos de compactação dos pós:

- Prensagem uniaxial
- Prensagem isostática
- Prensagem a quente

Na prensagem uniaxial o pó é compactado numa matriz metálica mediante pressão aplicada numa só direção, a peça é conformada assumindo a forma da matriz e do punção sendo a força aplicada por este. Este método tem taxas de produtividade altas, e apresenta um baixo custo por peça, mas, entretanto, está limitado a geometrias de peças mais simples, pois geometrias mais complexas inviabilizam a extração da peça.

Na prensagem isostática o pó está contido num involucro de borracha e a pressão é aplicada por um fluido (normalmente um óleo de baixa viscosidade); neste método a pressão é aplicada isostaticamente em toda a superfície da peça. Este método é mais dispendioso, mas permite a obtenção de peças com geometrias mais complexas.

Nos métodos anteriores existe a necessidade de uma etapa posterior de sinterização. Na prensagem a quente, entretanto, a sinterização é feita em simultâneo com a compactação, isto permite peças com menores porosidades e uma melhoria da sua integridade mecânica, permitindo também a obtenção de peças com geometrias complexas quando é usada a prensagem isostática a quente com moldes de grafite.

Para este trabalho concentramo-nos no método de prensagem uniaxial com camisa (matriz) flutuante, método representado graficamente nas figura 2.

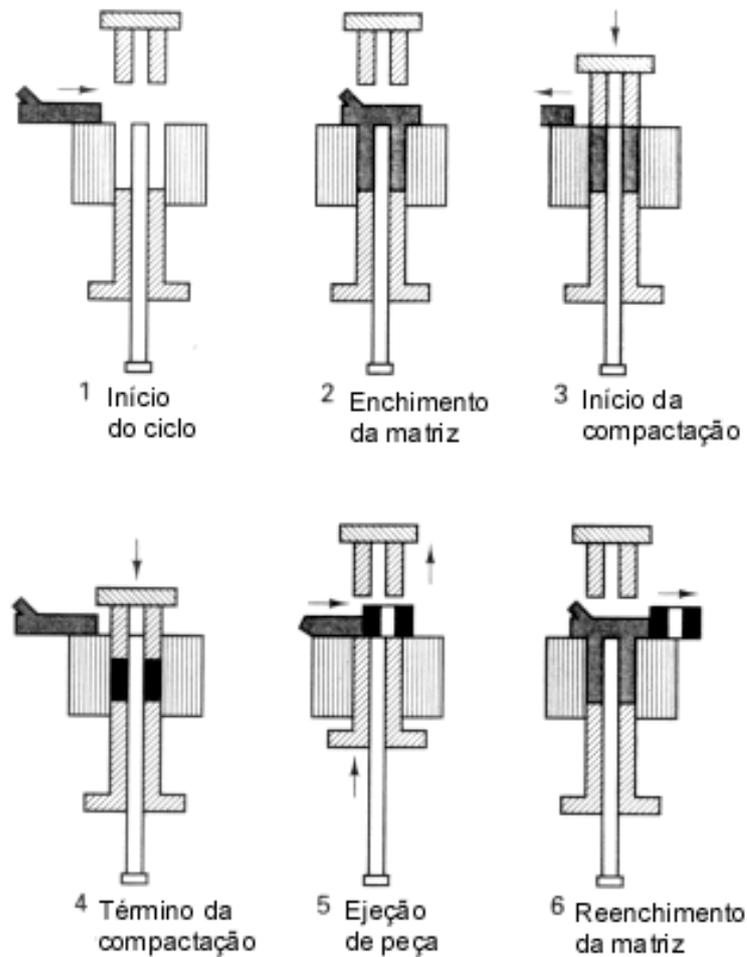


Figura 2: ciclo de produção de uma peça por compactação pelo método da matriz flutuante (fonte: www.ebah.com.br)

- 1- Início do ciclo com o enchimento da matriz.
- 2- A matriz encontra-se totalmente preenchida.
- 3- Dá-se início ao movimento dos punções.
- 4- Neste ponto obteve-se a dimensão e o grau de compactação desejado.
- 5- A ferramenta abre, dá-se a extração da peça compactada.
- 6- A peça é retirada e a matriz é reenchida

2.3- Sinterização das cerâmicas

Após a etapa de compactação, obtém-se o chamado de “corpo verde”, onde o material se encontra agregado de uma forma frágil, sendo necessário o seu manuseio com extremo cuidado, pois o material tende a desagregar-se com relativa facilidade.

Neste momento torna-se necessário a sinterização, que podemos considerar a queima da cerâmica, processo este que é realizado bastante abaixo do ponto de fusão do material. A sinterização para o caso da alumina é feita entre 1600°C e 1700°C. Durante a sinterização, conforme mostrado na figura 3, ocorre a densificação do compactado (corpo verde) através do processo “coalescimento por difusão no estado sólido”. Durante o estágio inicial da sinterização ocorre a formação de pescoços entre as partículas adjacentes, até que ocorra a completa incorporação das partículas. A medida que vai ocorrendo o crescimento dos grãos vai por sua vez diminuindo a porosidade existente no corpo. Durante este processo ocorre uma significativa redução de tamanho do corpo, conhecida como retração. Na figura 4 é apresentada uma micrografia de uma cerâmica de alumina após a sinterização.

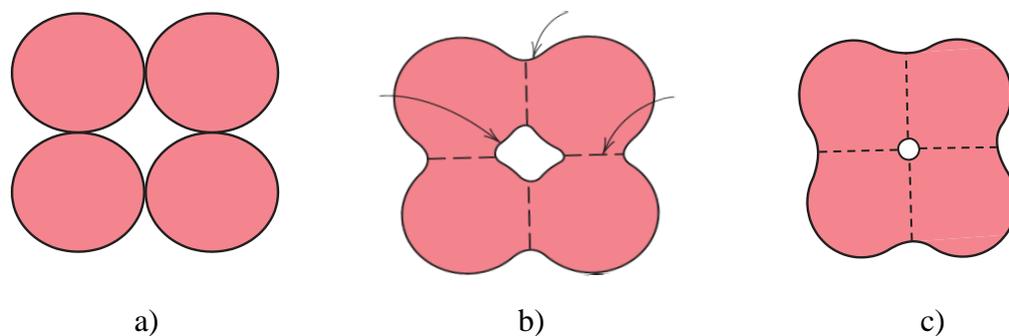


Figura 3: Mudanças nas microestruturas que ocorrem durante a sinterização dos pós compactados. (a) Partículas de pó após a prensagem. (b) Coalescência das partículas e formação de poros conforme a sinterização tem início. (c) À medida que o processo de sinterização avança, os poros mudam de tamanho e forma. (Callister, Rethwisch (2016))

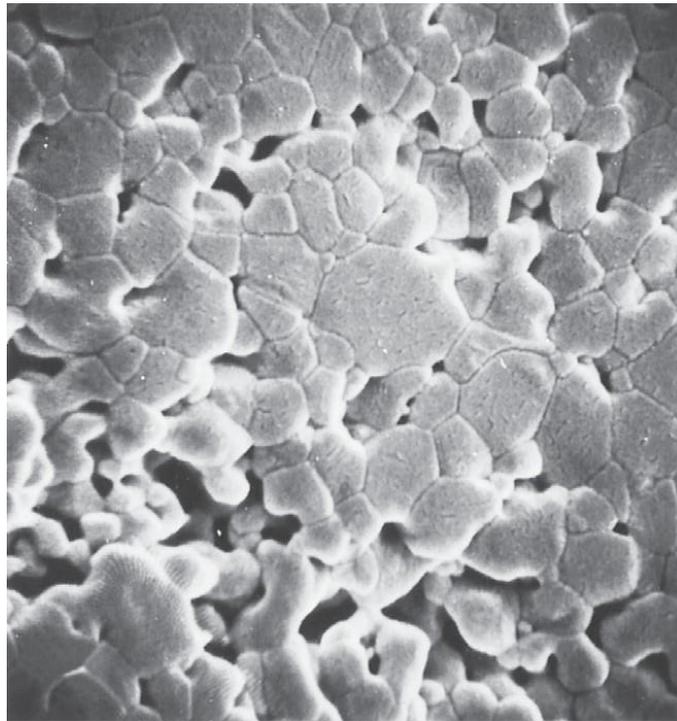


Figura 4: Micrografia eletrônica de varrimento de pós de óxido de alumínio compactados e sinterizados a 1700°C durante 6 min. Ampliação de 5000x. (Callister, Rethwisch (2016))

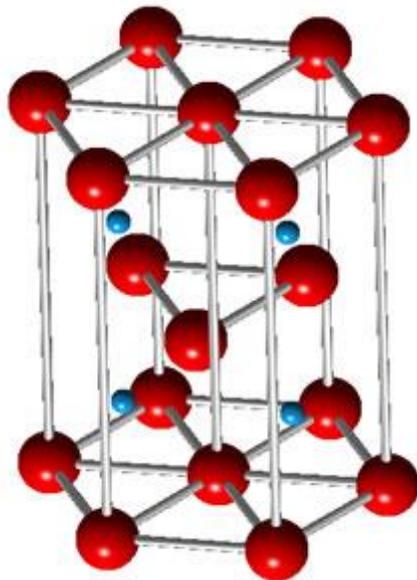
3- Alumina

A alumina (Al_2O_3), como representado na figura 5, é uma cerâmica cristalina iônica com estrutura Hexagonal Compacta (HC), em que os pontos de rede são ocupados pelos aniões O_2^- e os cátions Al_3^+ distribuem-se entre os interstícios octaédricos e tetraédricos, de modo a manter a neutralidade elétrica. A razão de tamanhos raio catião / raio anião irá ditar que tipo de interstício será ocupado pelos cátions.

Al_2O_3 :

$$\left(\frac{r_{cat}}{r_{an}} = \frac{0,058nm}{0,140nm} = 0,414 \right)$$

A alumina tem os cátions Al_3^+ a ocupar 2/3 dos interstícios octaédricos, que existem em número de 6 por célula unitária. Como existem 6 O_2^- por célula unitária ($3 + (12 \times 1/6) + (2 \times 1/2) = 6$), apenas serão ocupados quatro dos seis interstícios octaédricos, de forma a manter a neutralidade elétrica [$(4 \times 3^+) + (6 \times 2^-) = 0$].



Alumina (Al_2O_3)

Átomos a vermelho = oxigénio

Átomos a azul = alumínio

Figura 5: Estrutura hexagonal compacta da Alumina (fonte: www.e-agps.info)

A alumina é obtida a partir da bauxite, uma mistura natural de hidróxidos de alumínio dos quais o mais comum é a gibsite $\text{Al}(\text{OH})_3$, boemita $\gamma\text{-AlOOH}$ e a diásporita $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$, misturado com os dois óxidos de ferro (goethite e a hematite), além de caulinite, argila mineral e pequenas quantidades de TiO_2 .

Através do processo Bayer, que consiste em um processo de digestão ácida com hidróxido de sódio, seguido de calcinação, é obtida a alumina de elevada pureza.

Digestão – etapa do processo onde a gibsite é dissolvida em hidróxido de sódio (NaOH) a uma temperatura de 145°C , onde ocorre a seguinte reação:



Calcinação- é o processo de separação da água de cristalização do hidróxido de alumínio (Gibsite) transformando-o em alumina.



Neste trabalho, como será visto mais adiante, utilizou-se como matéria prima para a confecção das pastilhas a alumina CT3000, uma alumina de alto teor de pureza (figura 6).

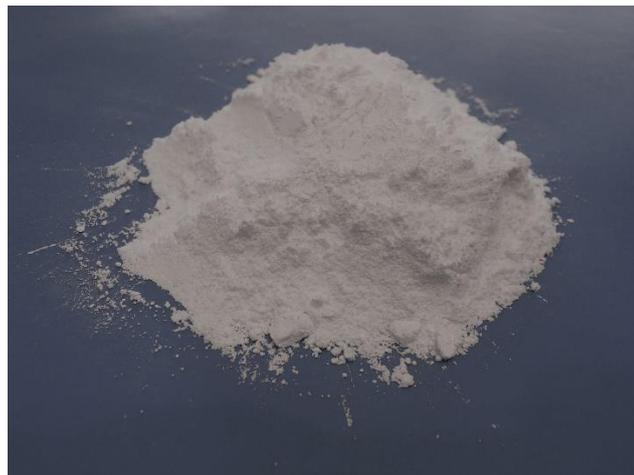
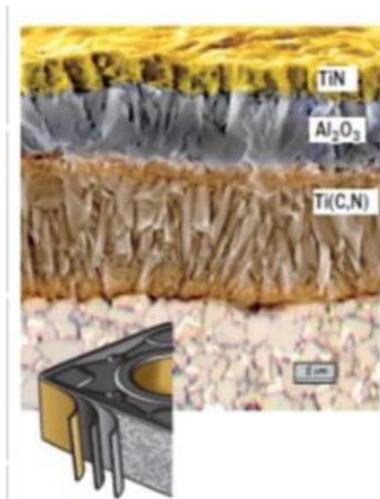


Figura 6: Alumina CT3000.

4- A evolução histórica da maquinação e das pastilhas de corte

A maquinação é uma ciência fascinante, tendo na sua maior parte começado com a revolução industrial nos séculos XVIII e XIX. Tem tido uma fantástica evolução até aos dias de hoje, existindo novidades e melhorias com uma frequência incrível nas máquinas ferramenta, seus acessórios, pastilhas de corte e revestimentos. Na figura 7 é mostrada a sobreposição de camadas utilizadas em uma ferramenta de corte moderna, que nos dá uma ideia da complexidade na produção destas ferramentas.

Revestimentos em pastilhas por CVD
Deposição química por fase de vapor



Atualmente os revestimentos CVD mais comuns são:

TiN, Ti(C,N) e Al_2O_3 .

- TiCN proporciona resistência ao desgaste do flanco
- Al_2O_3 proporciona proteção térmica (resistência à deformação plástica)
- TiN proporciona uma fácil detecção do desgaste

TiN = Nitreto de Titânio

Ti(C,N) = Carbonitreto de Titânio

Al_2O_3 = Oxido de Alumínio

Figura 7: Imagem dos revestimentos aplicados no substrato da pastilha. (fonte: adaptado de Sandvik Coromant).

Apresentamos a seguir uma breve retrospectiva histórica da evolução destas ferramentas.

A maquinação em máquinas ferramenta é relativamente recente. A evolução que existiu, e ainda continua, das ferramentas de corte e de máquinas ferramenta, teve sempre o objetivo maior do aumento da produtividade. No século XVIII trabalhava-se maioritariamente a madeira sendo o trabalho de metal em máquinas muito limitado e bastante rudimentar. O primeiro grande avanço deu-se com o desenvolvimento de máquinas movidas a vapor e posteriormente a energia elétrica. Desde então a evolução das máquinas ferramenta e das suas ferramentas não parou mais.

A evolução a nível das ferramentas de corte e dos materiais de que são produzidas tem sido enorme, e podemos destacar alguns passos desta evolução, segundo descrito pela Sandvik Coromant no seu “Manual do mecanizado moderno”.

No século dezanove as melhores ferramentas disponíveis eram produzidas em aço de alto teor de carbono e aços ao carbono ligados, mas que apesar dos tratamentos térmicos a que eram sujeitos perdiam rapidamente o corte devido ao calor gerado no trabalho, mesmo com velocidades de corte de poucos metros por minuto.

A primeira evolução importante deu-se quando se produziu um material que se assemelhava ao aço rápido, que foi o aço Mushet, que foi o resultado de uma descoberta acidental de experiências com manganês e com a tempera ao ar.

A descoberta da adição de tungsténio no aço veio dar às ferramentas de corte uma maior resistência à temperatura do que os aços ao carbono. Com este avanço pode ser obtido por vezes o dobro das velocidades de corte em relação às ferramentas anteriores.

Em 1900, na famosa Exposição de Paris, ocorreu a apresentação de ferramentas em aço rápido (HSS), mostrado na figura 8. Com esta evolução as máquinas ferramentas existentes tornaram-se obsoletas, pois este material permitia velocidades de corte quatro vezes superiores. As temperaturas de corte admissíveis passaram além dos 600°C em comparação com os 250°C do aço ao carbono.



Figura 8: Ferramentas em aço rápido (HSS) para torneamento.

O próximo passo foi o da experiência com ligas não ferrosas compostas fundamentalmente por cobalto, crómio, tungsténio, etc. Estas ligas eram compostas por cerca de 50% de carbonetos.

Na década de 30 do século XX aconteceu a introdução de pastilhas de carbonetos cementados ou sinterizados, o que significou mais um avanço na maquinação. Os tempos de maquinação em alguns casos diminuíram para $\frac{1}{4}$ do que anteriormente.

O passo seguinte ainda na década de 30 foi o da adição de outros materiais, como o TaC, NbC, TiC, etc. As pastilhas passaram a serem formadas por 3 fases: a primeira o WC, a segunda com os outros carbonetos referidos e uma terceira fase o cobalto como aglomerante. Em 1934 existiam 134 qualidades de carboneto de tungsténio patenteadas.

Nos finais da década de 40 e durante a década de 50 a utilização de ferramentas com pastilhas de carboneto de tungsténio cresceu consideravelmente. Começou-se a designar este material por ‘metal duro’, mas as ferramentas eram relativamente caras em comparação com as de HSS, devido ao custo de produção da pastilha, a necessidade de execução do alojamento no suporte, e a sua posterior soldadura a latão (figura 9). Este método tem também o inconveniente de deixar tensões residuais. Existia ainda o problema de que as ferramentas necessitavam de afiamento, sendo que este tinha de ser

feito por operários com conhecimento, pois a aresta de corte tem de ser concebida de forma a respeitar várias características, nomeadamente geometria do quebra-aperas, ângulos de incidência, formato da aresta, etc. Para o afiamento é também necessário a utilização de mós de diamante.



Figura 9: Ferramentas de torneamento com pastilha de metal duro soldada.

Foram também desenvolvidas por esta época várias qualidades de pó, para fazer face às características dos diversos materiais a maquinar.

No final da década de 50 foram introduzidas no mercado pastilhas intercambiáveis (figura 10), as quais já não tinham necessidade de serem soldadas ao suporte, pois foram introduzidas no mercado ferramentas e as suas respetivas pastilhas onde a sua fixação era feita por meio de um grampo acionado por parafuso. Isto permitiu a utilização das mesmas pastilhas em diferentes suportes, quer para maquinação interna como externa. No entanto a forma da pastilha mantinha-se básica (quadrada e triangular), sendo o quebra-aperas amovível. Esta inovação permitiu o desenvolvimento de novas máquinas, nomeadamente tornos e fresas de cópia (máquinas que por contorno de uma peça padrão executam outras peças) precursores dos NC (as máquinas com comando NC dispunham de introdução do programa por meio de cartão ou fitas perfuradas, executavam um determinado programa) e dos atuais CNC (com a evolução dos microprocessadores foi possível criar comandos capazes de operações cada vez mais complexas, maior capacidade de memória).

A substituição das pastilhas era relativamente fácil em comparação ao método da pastilha soldada.



Figura 10: Algumas das primeiras ferramentas de pastilha intercambiável.

Na década de 60 foram introduzidas pastilhas com quebra-apara embutidos nas mesmas. A pastilha KNUX (figura 11) era a forma mais clássica de uma pastilha rômbrica com duas arestas de corte com ângulos de 55° . Sendo de referir que este formato de pastilha ainda se encontra em produção, mas a cair em desuso devido a novas geometrias desenvolvidas.

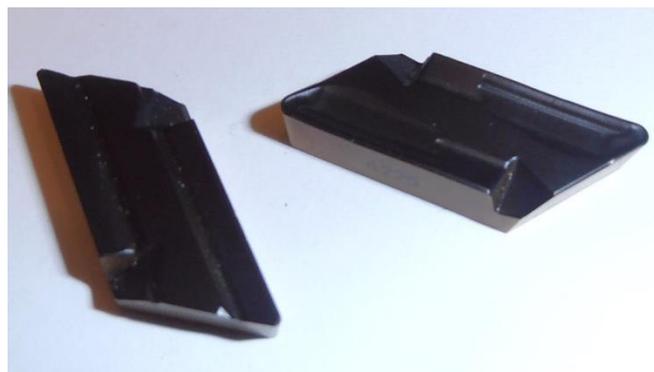


Figura 11: Pastilha KNUX com quebra-apara embutido.

Atualmente a evolução ao nível da qualidade dos materiais das pastilhas, das geometrias dos quebra- aparas, sistemas de fixação e revestimentos utilizados (figura 12) permitem cada vez maiores velocidades de corte, de forma que tem sido dado um salto notável ao nível da produtividade e durabilidade das pastilhas atualmente no mercado.



Figura 12: Imagem de alguma das pastilhas utilizadas atualmente.

5 - Consumos anuais de pastilhas para maquinação na empresa Galucho

A tabela 1 na página seguinte indica o consumo de pastilhas na empresa Galucho, nos últimos 3 anos. A tabela refere-se ao consumo global/ano, sendo que está englobado o consumo para torneamento, fresagem e furação tanto de pastilhas em cerâmicas como em metal duro. Deve-se referir que estão contempladas as diversas geometrias de pastilhas (figura 13), , graus de dureza do metal duro base, geometrias de quebra aparta e diversos tipos de revestimento. A geometria selecionada para este projeto foi a cilíndrica, os motivos são descritos mais adiante a designação é RNGN 160600. As pastilhas são designadas por uma sigla com 4 letras e por 6 números que nos dão a informação sobre:

1ª letra - símbolo do formato geométrico da pastilha.

2ª letra – símbolo do angulo de saída da pastilha.

3ª letra – símbolo do grau de tolerância da pastilha.

4ª letra – símbolo do tipo de fixação ou do tipo de saída da pastilha.

Dois primeiros dígitos – tamanho da pastilha.

Terceiro e quarto dígitos – espessura da pastilha.

Quinto e sexto dígito – raio da aresta de corte da pastilha.

De seguida aparecem o tipo de quebra aparta e a classe de metal duro e o seu revestimento.



Figura 13: Designação de alguns tipos de pastilha. (fonte Amatoools)

Tabela 1: Consumo anual de pastilhas de corte na empresa Galucho

Codigo	Designação	consumo 2017	consumo 2016	consumo 2015
995222026	PAST INT CNMG 120408-PM	310	295	390
995191105	PAST BED R1512300054E P45	230	180	220
995131010	PAST INT TR60 TPMR160304 415GC	190	170	120
995241102	PAST QD FUR SNMT 1205 TN450	190	180	170
995222038	PAST INT CNMG 120408-NM5	160	130	170
995160021	PAST CONV L154 92-5200 135GC	150	160	160
995232011	PAST 60 F TNMG220408 1025GC	145	170	145
995222028	PAST 80 FUR CNMG120412-5TN35	140	160	210
995232310	PAST INT TCMT16T308-41TN250	130	140	180
995131011	PAST INT TR60 TPMR160308 415GC	110	130	40
995233011	PAST 60 F TNMA220408 1025GC	110	30	125
995141011	PAST INT SPMR 120308 TN35	100	70	139
995270002	PAST TRAPEZO 2227950076 TN450	100	70	90
995143003	PAST INT SPKR1203EDRMSTN450	80	60	80
995143503	PAST INT QUADR SEMN1204AZSMA	80	70	80
995150011	PAST TORN ALIV R154 93-3100 S4	80	40	80
995248202	PAST INT SCMT 09 T 308 TTM	80	60	145
995290002	PAST INT MDHX-09T 308 TN450	80	50	340
995222021	PAST INT CNMG 120412-PM	70	40	35
995141007	PAST INT QUAD SPMR120304 415GC	55	30	50
995143502	PAST INT QUAD SEMN1204AZH13A	50	10	10
995280011	PAST INT WCMT 06T308 TN35	50	90	65
995104105	PAST ROMB KNMX160404R73 GC415	40	65	15
995112009	PAST R EXT R166.OG-16MM01-300	40	40	30
995132054	PAST INT TPKN2204PDRHK15M	40	65	40
995160011	PAST SPMG 07T308 DG TT9030	40	60	80
995223104	PAST INT CCMT120408	40	20	60
995232010	PAST 60 F TNMG220404 1025GC	35	20	55
995122006	PAST R INT R166.OL-16MM01-200	30	30	40
995143010	PAST WNMG 080408-PM	30	70	50
995152600	PAST SPMG 090408 DG TT9030	30	30	90
995190081	PAST BEDAM N150.2-500 315GC	30	20	40
995231120	PAST INT TRIANG TCMM16T304-52	30	20	60
995232012	PAST 60 F TNMG220412 1025GC	30	60	70
995251301	PAST FERR FRES 235.06.601 TTM	30	30	20
995280010	PAST INT WCMT 080408-TN35	30	50	70
995104001	PAST ROMB KNUX160405R11 GC415	20	20	10
995112007	PAST R EXT R166.OG-16MM01-200	20	40	40
995143105	PAST INT SEKRI204AFNMSTN450	20	20	40
995170503	PAST P/RANHUR 235.69.150 TN35	20	60	90
995270005	PAST C/FURO 22279-600-76-TN450	20	10	20
995104012	PAST ROMB KUNX160415L13 GC415	15	25	15
995170501	PAST P/RANHUR 235.69.060 THM	15	20	40
995170506	PAST P/RANHUR 23569350-85TPC35	15	5	35
995104104	PAST ROMB KNMX160410L71 GC415	10	10	20
995112008	PAST R EXT R166.OG-16MM01-250	10	10	20
995119112	PAST R166.OG-16WH01-120 S10T	10	20	10
995131013	PAST INT TR60 TPMR220404 415GC	10	10	10
995150503	PAST SPMG 060204 DG TT9030	10	30	10
995152500	PAST SPMG 110408 DG TT9030	10	10	30
995223106	PAST INT CCMT080308 TN35	10	20	10
995225403	PAST 80 C/FUR CCMW120408TTM	10	10	60
995231107	PAST INT TRIANG TCMM110204.52	10	30	75
995231131	PAST INT TRIANG TCMA16T308	10	10	10
995246002	PAST QD FUR SCMM09T30852 415GC	10	20	20
995131020	PAST INT TPMR 160308-HK150	5	15	15
	Total/ ano	3425	3310	4344

As pastilhas são componentes essenciais do processo de maquinação, pois são elas a aresta de corte das ferramentas de arranque de apara. As pastilhas, bem como os seus suportes e diversos acessórios, são de valor bastante elevado, havendo a necessidade de um constante acompanhamento do seu desempenho e a preocupação de constante otimização e de melhoria da maquinação e de redução do consumo de pastilhas. A correta adequação de um tipo específico de pastilha ao trabalho a realizar, bem como a utilização dos corretos parâmetros de corte, são fatores essenciais para uma elevada produtividade.

Na Galucho testamos constantemente novas soluções de maquinação e pastilhas, quer solicitadas por nós, quer propostas pelos nossos parceiros fornecedores deste tipos de equipamentos. Trabalhamos com marcas de referência a nível global e sempre que somos solicitados para a realização de testes com novas qualidades de pastilhas, ou propostas de novos fornecedores, procedemos a ensaios comparativos do seu desempenho para avaliação do interesse de os introduzirmos no nosso ciclo produtivo. Num teste feito recentemente a uma pastilha proposta por um novo fornecedor, apurou-se que para os mesmos parâmetros de corte e nos mesmos materiais, uma aresta de corte da pastilha permitiu a execução de 15 peças, não sendo possível trabalhar mais devido ao seu desgaste, ao passo que a pastilha do nosso fornecedor de referência permitiu a execução de 75 peças nas mesmas condições. Após avaliação do custo de cada pastilha e de contabilizar o tempo de substituição das mesmas, concluiu-se que, apesar do menor custo da pastilha do novo fornecedor, o custo por peça maquinada era superior, não sendo, portanto, viável a nova pastilha como opção de torneamento.

As pastilhas são projetadas para fins específicos, sendo que as pastilhas em cerâmica (Alumina) tem como aplicação a maquinação de aços de elevadas durezas, onde as pastilhas em metal duro (carboneto de tungsténio) não resistem da mesma forma ao desgaste abrasivo e temperatura gerada na maquinação de aços com durezas como os que mais adiante testamos para verificação das pastilhas produzidas.

As pastilhas em metal duro (carboneto de tungstênio) depois de utilizadas, ou seja, no fim da sua vida útil devido ao desgaste (figura 14), são ainda valorizáveis para reciclagem, pois são matéria prima para o fabrico de novas pastilhas depois de sofrerem um processo de separação dos seus constituintes. Existem programas de reciclagem levados a cabo por parte dos fabricantes de pastilhas, que valorizam de uma forma muito interessante para as empresas a reciclagem deste tipo de materiais. Deve-se referir que a reciclagem apenas é feita para o metal duro e não para a cerâmica, devido ao valor das matérias primas virgens e processo de reciclagem, que não desperta interesse nos fabricantes destas pastilhas para o reaproveitamento.



Figura 14: Pastilhas de metal duro, em fim de vida devido ao desgaste, que serão alvo de reciclagem.

6-Procedimentos

6.1-Projeto das ferramentas

Foram executados os projetos das ferramentas de compactação e de torneamento através do software de modelação geométrica Solidworks ® Student Edition Academic Year 2016-2017, disponibilizado pela Atlântica. O projeto contemplou a necessidade de um teto para suporte do punção superior que teria de ter a forma da pastilha a compactar, uma base para suporte do punção inferior que também teria de ter a forma da pastilha a compactar, e da matriz de camisa flutuante com a forma cilíndrica da pastilha a compactar. A forma selecionada para a pastilha foi a cilíndrica, pois era a forma que apresentava uma maior facilidade de maquinação do furo da matriz, tendo em conta que seria necessário que a matriz tivesse aproximadamente 50 mm de espessura. Esta geometria apresentava uma fácil maquinação do furo bem como o posterior polimento, ao passo que formas como a quadrada ou triangular apresentavam o problema da execução da forma devido ao necessário raio de canto nas arestas, que para esta espessura de maquinação tornava-se impraticável. Tendo definido a forma cilíndrica da pastilha que será dada pela conjugação da matriz com os punções superior e inferior, projetou-se um ajustador para regular a altura a que a matriz (camisa) era colocada. Optou-se por duas peças com uma face com 10° de inclinação, que ao deslizarem uma sobre a outra permitiriam o ajuste em altura. Verificou-se que nesta ferramenta não seria necessário a inclusão de guias, pois conseguiu-se a concentricidade dos elementos apenas com pequenas zonas de encaixe de uns componentes nos outros, simplificado desta forma a ferramenta. No projeto dos componentes mais críticos da ferramenta, nomeadamente a matriz (camisa) e os punções, teve-se em conta a enorme pressão gerada na matriz, aquando da compactação, tendo esta sido dimensionada de forma a suportar as mais severas solicitações. A compactação da alumina traz também o problema da abrasão nos componentes anteriormente referidos, pelo que o aço em que foram maquinados teria de permitir um tratamento térmico de forma a obter uma dureza de 60 a 62 HRC. Foi também contemplada a necessidade de um extrator para permitir a extração da pastilha da matriz. Para este trabalho projetou-se uma ferramenta de compactação composta por oito

elementos, como mostrado na figura 15. A montagem do conjunto é apresentada na figura 16.

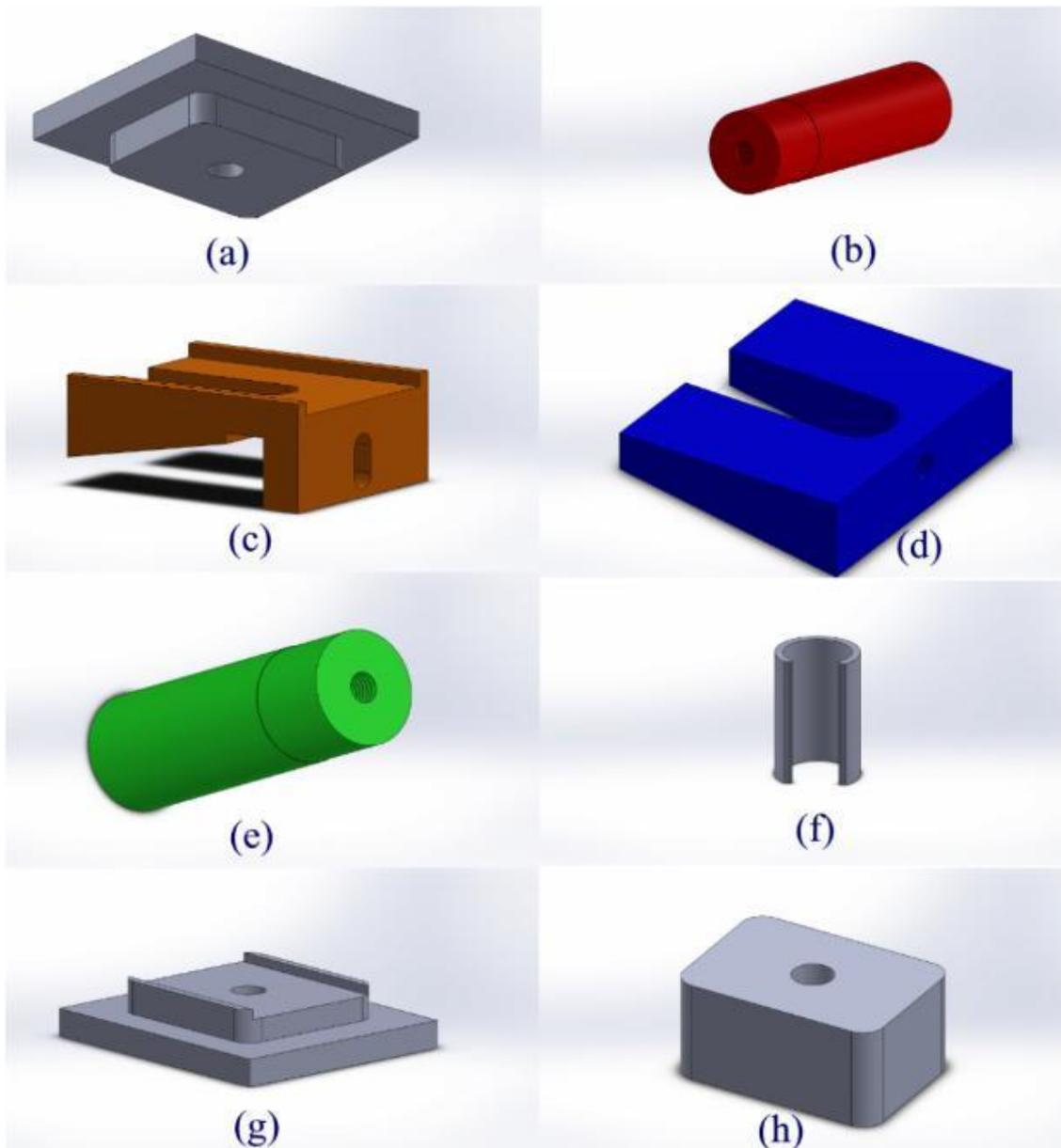


Figura 15: Componentes da ferramenta: (a) teto da ferramenta, (b) punção inferior, (c) ajustador superior, (d) ajustador inferior, (e) punção superior, (f) extrator, (g) base da ferramenta, (h) matriz (camisa flutuante) da ferramenta.

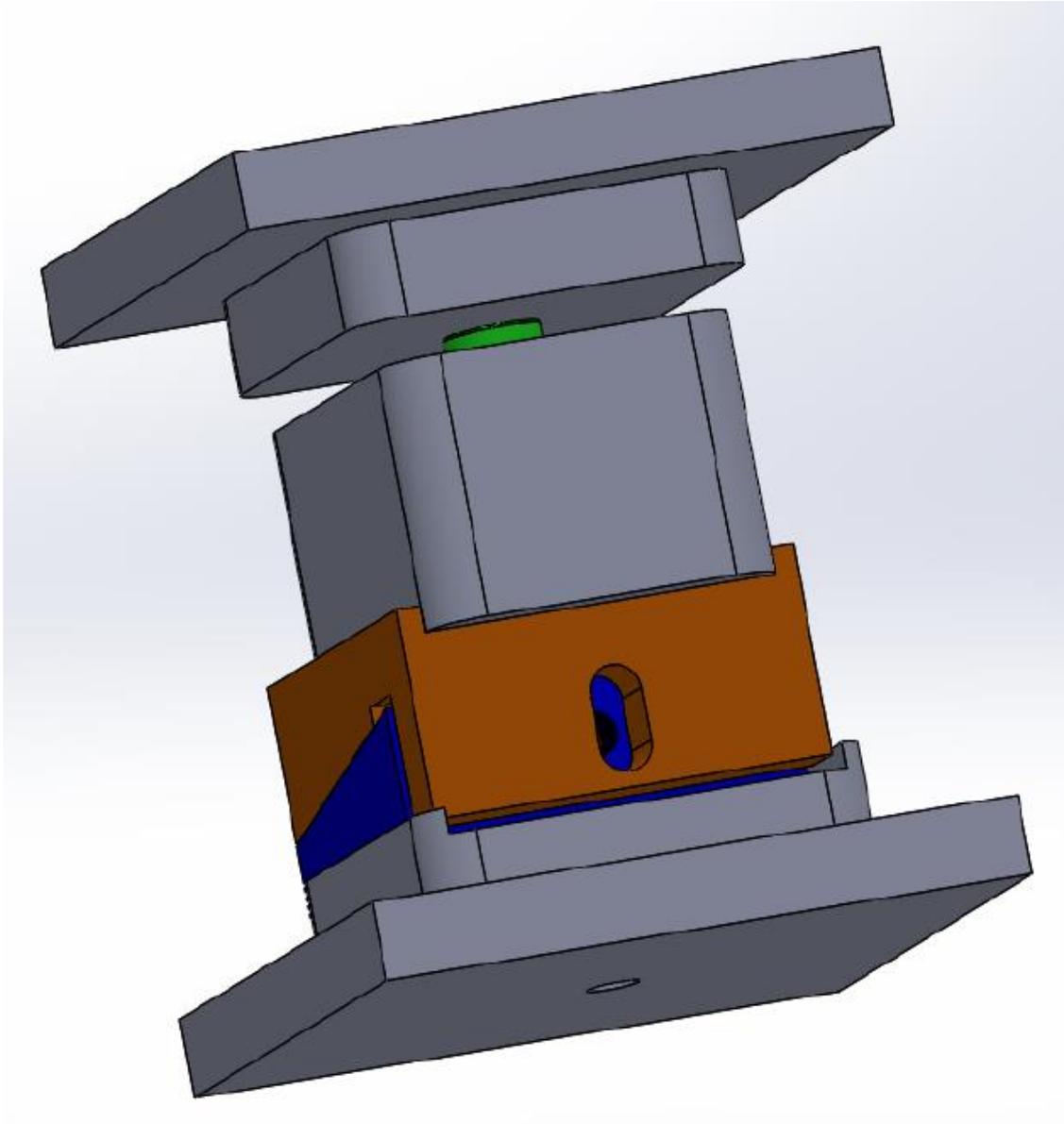


Figura 16: Conjunto da montagem da ferramenta de compactação.

Foi também projetada uma ferramenta, apresentada na figura 17, para suporte da pastilha cerâmica produzida, tendo esta de ter a forma básica de uma ferramenta para torneamento interno. A ferramenta tem de ter um alojamento para a pastilha de forma que durante o torneamento os esforços gerados não a movam desse alojamento, existindo também a necessidade de a pastilha ser fixada axialmente por meio de um grampo, grampo este que não foi fabricado devido ao seu reduzido tamanho, tendo sido aplicado um adquirido a um fornecedor habitual.



Figura 17: Imagem do projeto da ferramenta de torneamento.

Os desenhos técnicos dos componentes da ferramenta de compactação e da ferramenta de torneamento, bem como as imagens 3D dos componentes, estão disponíveis nos anexos 2 a 21.

6.2- Seleção das máquinas ferramenta a utilizar para a execução da componente prática deste projeto.

Para a execução das ferramentas foram selecionadas, de entre as máquinas que se adequavam às necessidades e que estavam disponíveis na empresa, uma fresadora CNC universal Nicolas Correa A-25/25 (figura 19) , pois alguns dos componentes do projeto têm ângulos e a possibilidade de ajuste angular da cabeça porta ferramentas da fresadora era uma mais valia; outro motivo foi o da linguagem de programação desta maquina ser Heidenhain, muito mais fácil e intuitiva do que a linguagem ISO usada por outros fabricantes. Esta máquina vinha equipada originalmente com um comando Heidenhain TNC155, mas foi recentemente alvo de um “retrofitting” tendo recebido um comando Heidenhain TNC320 (figura 18), servo motores, e todo o sistema eletrónico novo. A Heidenhain desenvolveu uma linguagem de programação própria muito intuitiva, sendo que as máquinas que estão equipadas com comandos Heidenhain têm uma operação mais simplificada, ou seja, para que a máquina execute determinada forma ou movimento são necessárias menos linhas de código do que em comandos de outros fabricantes que utilizam outras linguagens de programação.

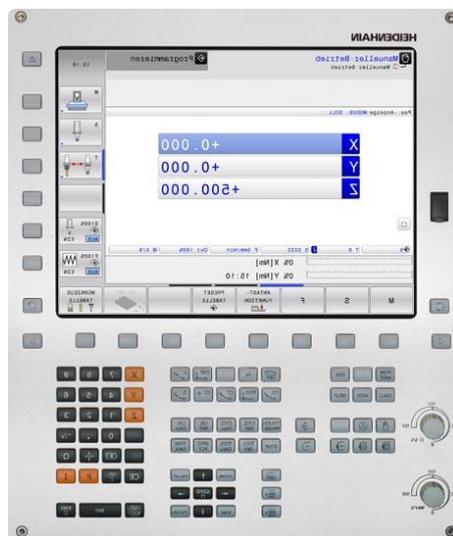


Figura 18: Imagem do comando Heidenhain TNC320.(fonte: www.heidenhain.com)



Figura 19: Imagem da fresadora Correa A25-25.

Foi selecionado executar as operações de torneamento em um torno paralelo TOS SN40-C (figura 20), devido a que nesta máquina apenas seria executada a operação de torneamento dos punções superior e inferior, torneamento da ferramenta para suporte da pastilha e do extrator, que são peças de forma relativamente simples e cuja maquinação não requeria máquinas CNC. No entanto esta máquina encontra-se equipada com ‘encoders’ lineares de posição e unidade de visualização Heidenhain ND523, (figura 21), o que permite uma maior precisão e produtividade neste tipo de máquina.

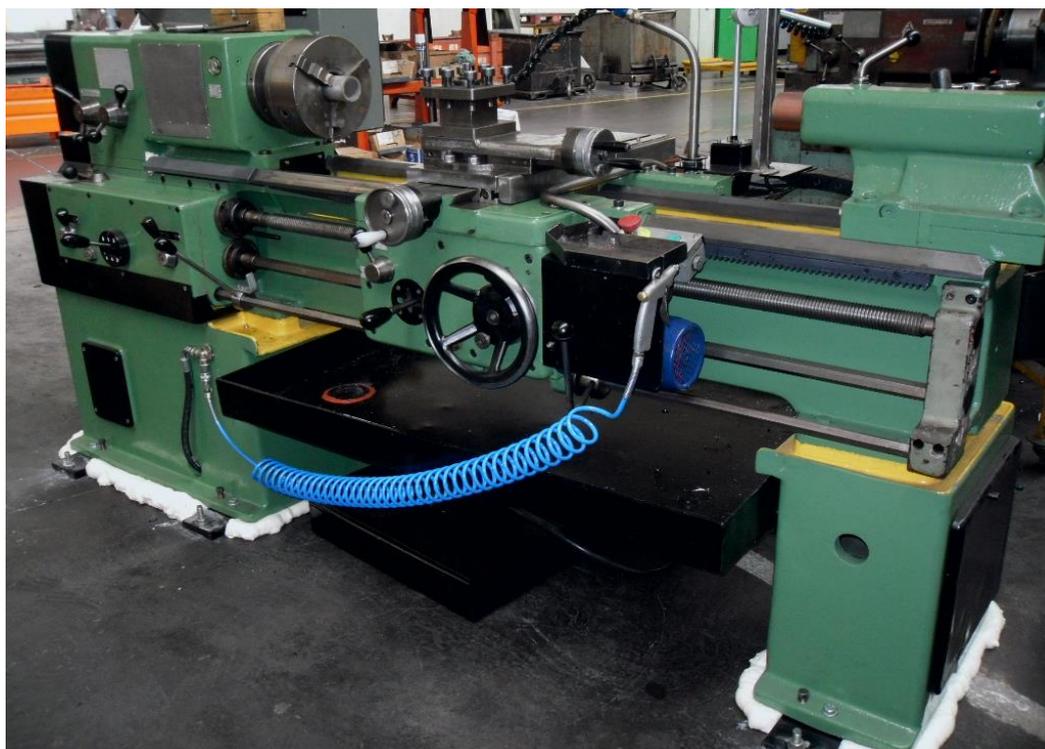


Figura 20: Imagem do torno mecânico TOS SN40-C



Figura 21: Imagem da unidade de visualização Heidenhain ND523 (fonte: www.heidenhain.com)

6.3-Seleção dos materiais a utilizar nas ferramentas

Em virtude de terem sido projetadas duas ferramentas, uma para a compactação da pastilha de alumina e outra para a aplicação da pastilha produzida, e as ferramentas terem características, requisitos de material e funcionamento diferentes, selecionou-se três tipos de material: um para ferramenta de torneamento e dois para a ferramenta de compactação.

Ferramenta de compactação:

Requisitos:

- O material tem de ser um aço indicado para a execução de punções e matrizes para trabalho a frio.
- Para este aço deve ser possível, através de tratamento térmico, obter durezas de aproximadamente 62HRC
- Ter resistência ao desgaste abrasivo
- Disponibilidade
- Conhecimento anterior das características deste aço no que respeita á sua maquinação, têmpera e durabilidade em trabalho.
- Para o componente extrator pode ser utilizado um aço de construção simples, não existindo requisitos de relevância para este componente, pois a sua finalidade é a de apenas auxiliar a extração da pastilha da matriz.

Ferramenta de torneamento:

Requisitos:

- Boa resistência á fadiga.
- Resistência mecânica.
- Resistência ao desgaste.
- Conhecimento anterior das características deste aço no que respeita á sua maquinação e durabilidade em trabalho.

Para a ferramenta de compactação selecionou-se o aço com o número da chave de aços W.NR.:1.2379, aço este também designado sob as normas AISI D2, DIN: X 155 CrVMo 12-1, EN: X 153 CrVMo 12. Este aço é sobejamente conhecido e utilizado na Galucho sob a designação C265 do nosso fornecedor de aços especiais F. Ramada, sendo proveniente do fabricante UDDEHOLM SVERKER (ficha de produto disponível no anexo22). Este aço é muito utilizado na Galucho em punções e matrizes para trabalhos a frio, onde tem muito bom desempenho e boa maquinabilidade, permitindo um muito bom acabamento sem necessidade de retificação. Pelas suas características este aço adequa-se na perfeição às solicitações desta ferramenta. Este aço está disponível em perfis redondo, quadrado e retangular de diversas dimensões e é fornecido no estado recozido com uma dureza máxima de 255HB. O modulo de elasticidade à temperatura ambiente é de 210 GPa (certificados de matéria prima disponíveis nos anexos 23 e 24).

Tabela 2: Composição química do aço C265

Elementos de liga	%	
	Min	Max
C	1,45	1,6
Si	0,1	0,6
Mn	0,2	0,6
P		0,03
S		0,03
Cr	11	13
Mo	0,7	1
V	0,7	1

Na tabela 2 acima pode-se observar a composição química do aço C265 (W.NR.:1.2379), nomeadamente a sua composição em carbono e restantes elementos de liga, que lhe conferem as características pretendidas.

Para o extrator utilizou-se o aço S355JR, pois como já foi referido, este componente não requer um material com um grande nível de exigência, devido à função que vai desempenhar de ser apenas auxiliar para a extração da peça compactada da matriz (certificado de matéria prima disponível nos anexos 25 a 28).

Para a ferramenta de torneamento selecionou-se o aço 42CrMoS4 em estado tratado, adquirido ao nosso fornecedor IMS Portugal, pelo conhecimento obtido de outras utilizações em ferramentas para fins específicos fabricadas internamente na Galucho, bem como a aplicação em equipamentos que a empresa comercializa. Este aço tem o número da chave 1.7227, é-nos fornecido com uma dureza máxima de 255HB. Na tabela 3 abaixo é apresentada a composição química deste aço (certificado de matéria prima disponível no anexo 29).

Tabela 3: Composição química do aço 42CrMoS4

Elementos de liga	%
C	0,420
Si	0,240
Mn	0,770
P	0,21
S	0,028
Cr	1,120
Mo	0,022
Ni	0.002
Cu	0,001
Al	0,029
Sn	0,012
Pb	0,007

6.4-Seleção das ferramentas de corte, e dispositivos de suporte

Os critérios utilizados para a seleção das ferramentas a utilizar na maquinação dos componentes deste projeto foram:

- A disponibilidade.
Foram selecionadas ferramentas que são de uso corrente na empresa.
- A adequação à tarefa a realizar.
Foram selecionadas as ferramentas cujas dimensões (diâmetros, profundidades de corte e desafogo) permitissem executar as maquinações pretendidas, bem como a qualidade e fiabilidade dos acabamentos pretendidos.
- Custo da ferramenta.
Foram selecionadas as ferramentas de menor custo face ao trabalho a desempenhar, tendo em conta o elevado valor das ferramentas de corte.
- A durabilidade.
Foram selecionadas as ferramentas que permitiam executar as operações de maquinação sem requererem substituição ou reafiamentos.
- A produtividade.
Foram selecionadas sempre que possível as ferramentas que permitissem uma maior taxa de remoção de material e maiores velocidades de corte.
- Os dispositivos de suporte tiveram como critério o da garantia de uma correta fixação, medição e posicionamento das peças a maquinar.

A correta adequação das ferramentas de corte à tarefa de maquinação pretendida é crucial, pois há que chegar a um compromisso entre o custo da ferramenta de corte, o seu desempenho e a produtividade. Sempre que possível as ferramentas com pastilha intercambiável ou em metal duro integral devem ser utilizadas pois permitem maiores velocidades de corte face a ferramentas em HSS, sendo mais resistentes ao desgaste, e dão-nos um maior rigor dimensional da área maquinada, maior durabilidade, maior produtividade. No caso de ferramentas de pastilha intercambiável temos também uma maior rapidez de substituição da aresta de corte.

6.5- Adequação dos parâmetros de corte.

Para uma correta, eficiente e económica maquinação deve-se observar os parâmetros de corte recomendados para cada tipo de ferramenta. Se trabalharmos abaixo do recomendado, obtém-se uma baixa produtividade e não tiramos partido tanto das máquinas como das ferramentas de corte, ao passo que se excedermos os limites recomendados, obtém-se um desgaste prematuro das ferramentas e aumentamos exponencialmente o risco de um colapso catastrófico das mesmas. É, pois, crucial a adequação das condições de maquinação, para a obtenção de resultados ótimos, sendo que os fatores importantes são:

- Capacidade da máquina ferramenta
- Tipo de material a maquinar
- Tipo de fixação das peças
- Características das ferramentas de corte
- Observância dos parâmetros de corte recomendados

Os parâmetros de corte para cada tipo de ferramenta são disponibilizados pelos fabricantes das mesmas e são dados em determinados intervalos, em metros por minuto, ou seja, a distância que a aresta de corte percorre num determinado espaço de tempo. Nas máquinas ferramenta são introduzidos três parâmetros:

- Rotação / minuto (n)
- Avanço / rotação (f_n e v_f)
- Profundidade de corte (a_p)

Os valores são calculados utilizando as seguintes equações:

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D} \quad (1)$$

Equação 1: Permite-nos calcular a rotação a aplicar na máquina em função da velocidade de corte (V_c) e do diâmetro da ferramenta (D).

$$f_n = f_z \times z$$

(2)

Equação 2: Permite-nos calcular o avanço por rotação.

$$Vf = n \times fn \quad (3)$$

Equação 3: Permite-nos calcular o avanço total a aplicar na máquina.

Vamos tomar como exemplo uma velocidade de corte (V_c) de 100 m/min, para uma fresa de diâmetro (D) de 25 mm. Com as equações acima pode-se determinar:

Velocidade de rotação (n)

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D}$$

$$n = \frac{100 \times 1000}{\pi \times 25}$$

$$n = 1273$$

Obtém-se uma rotação de 1273 rpm.

Avanço por rotação (fn)

Devendo-se referir que o avanço por navalha de corte ou dente de corte (fz) é um valor recomendado pelo fabricante, valor este dado também dentro de um determinado intervalo. Correspondendo z ao número de navalhas da fresa.

Vamos tomar como exemplo uma fresa de quatro navalhas ($z = 4$), para a qual o fabricante recomendou um avanço por navalha (fz) de 0,15 mm. Assim:

$$fn = fz \times z$$

$$fn = 0,15 \times 4$$

$$fn = 0,6 \text{ mm/rot}$$

Obtém-se um avanço por rotação de 0,6 mm.

35

Velocidade de avanço (v_f)

$$Vf = n \times fn$$

$$Vf = 1273 \times 0,6$$

$$Vf = 764 \text{ mm/min}$$

Obtém-se um avanço de 764 mm por minuto.

Com os valores obtidos anteriormente, inserimos no programa de maquinação o valores S e F, respetivamente S = rpm e F = avanço por minuto.

A profundidade de corte (a_p) é um valor recomendado pelo fabricante, sendo dado um valor máximo, mas o valor real a aplicar terá de ter em conta:

- O material a maquinar (materiais mais resistentes permitem um a_p menor).
- O estado da superfície (a presença de óxidos ou carbonetos causa desgaste prematuro das arestas de corte).
- Tipo de fixação do material a maquinar (apenas com uma ótima fixação do material a maquinar é possível tirar partido das capacidades das ferramentas de corte).
- Potencia e estrutura da máquina (a máquina tem de ter a potencia e estrutura necessárias para suportar os esforços de corte gerados por a_p 's elevados).
- Porta ferramentas adequados (é crucial para um bom desempenho de uma ferramenta de corte um porta ferramentas de qualidade e em bom estado, pois caso contrário será difícil de controlar possíveis vibrações e ocorrerão danos prematuros).

6.6- Maquinação dos componentes de ambas as ferramentas.

Para uma correta e eficiente maquinação é crucial uma fixação ótima das peças a trabalhar, pois só assim é possível garantir a estabilidade e rigor dimensional das mesmas. Para tal utilizaram-se as ferramentas seleccionadas sob os critérios anteriormente referidos, bem como os parâmetros de corte foram calculados com base nas equações descritas anteriormente. Foram utilizados os dispositivos de fixação e de centramento adequados ao trabalho a executar. Os componentes foram executados sob os desenhos técnicos criados aquando do projeto com o software SolidWorks, tendo sido cumpridas todas as tolerâncias de ajuste indicadas nos mesmos. Para as cotas não toleranciadas definiu-se não ultrapassar a tolerância de fabrico de $\pm 0,1$ mm. Foram executados programas no comando Heidenhain da fresadora para a maquinação das formas mais complexas (exemplo de um dos programas disponível nos anexos 47 a 49). Na figura 22 é apresentada a fase inicial da produção da ferramenta de compactação. No anexo 1 pode-se observar alguns passos da maquinação da matriz. Os componentes da ferramenta de compactação fabricados são mostrados nas figuras 23 e na figura 24 é mostrada a montagem da ferramenta completa.



Figura 22: Maquinação de um dos componentes, neste caso a matriz.

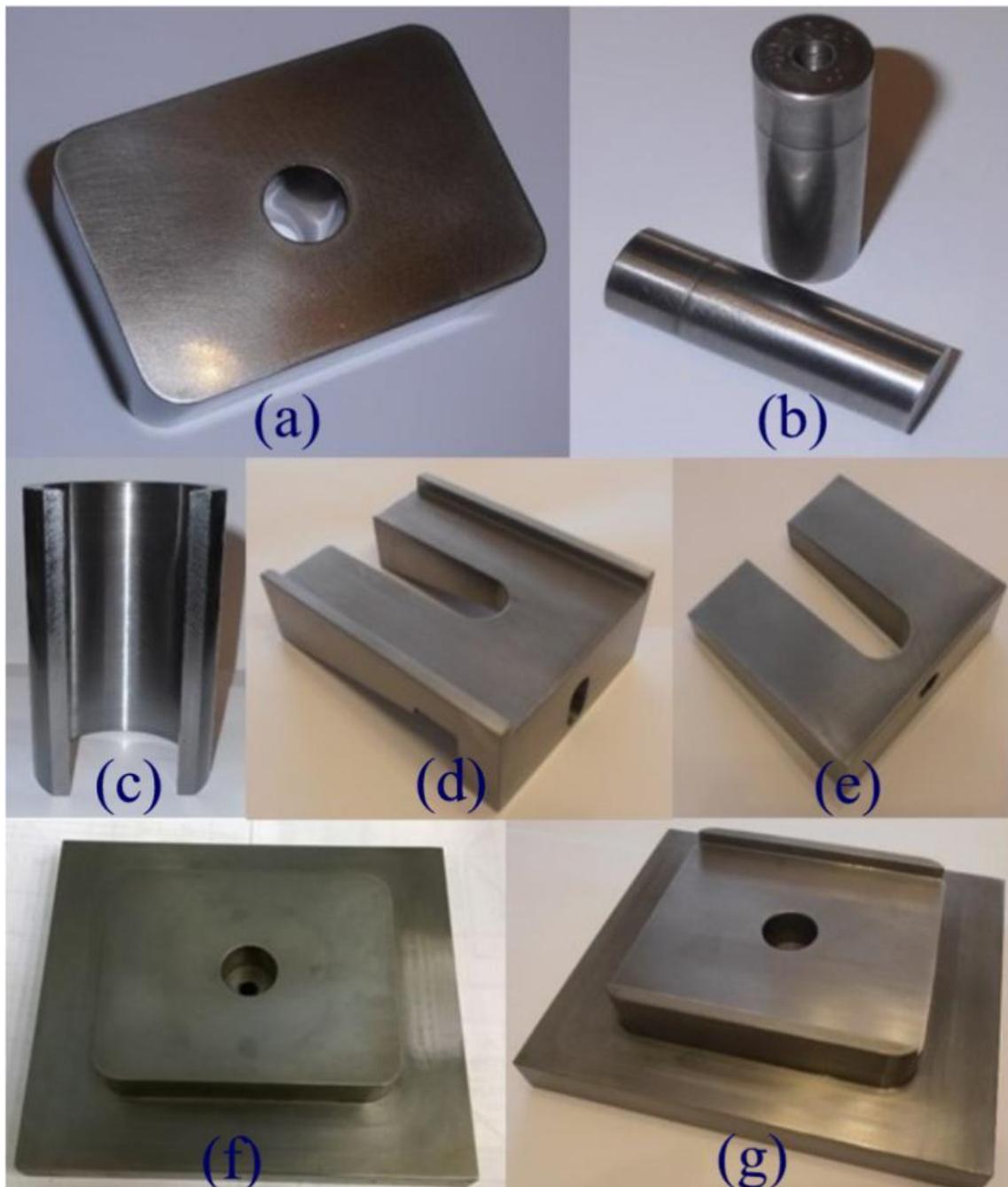


Figura 23: Imagens dos componentes: (a) matriz, (b) punção superior e inferior, (c) extrator, (d) ajustador superior, (e) ajustador inferior, (f) teto da ferramenta, (g) base da ferramenta.



Figura 24: Imagem da montagem da ferramenta de compactação.

Após a maquinação procedeu-se a um tratamento térmico de endurecimento. Embora fosse possível executarmos a têmpera na empresa, este tratamento foi realizado pela empresa F. Ramada, o nosso fornecedor habitual deste tipo de serviço, pois dispõem de têmpera a vácuo. Este método apresenta excelentes resultados face a outros métodos, entre os quais o que dispomos na empresa, que seria a têmpera a óleo. A tempera a vácuo permite-nos melhores resultados no que concerne nomeadamente a:

- Preservação do acabamento superficial
- Minimiza empenos e distorções dimensionais
- Torna homogénea a dureza em todas as peças

Foi solicitado uma dureza de 62 HRC nos punções e matriz e 60 HRC no teto e base da ferramenta. Restantes elementos não carecem de tratamento térmico, devido não só à função que desempenham na ferramenta, bem como à sua forma complexa a que o tratamento térmico poderia trazer empenos. Os valores de dureza obtidos foram verificados tendo sido elaborado um relatório.

Relatório e certificado dos tratamentos térmicos estão apresentados nos anexos 35 e 36.

Foi fabricada a ferramenta de suporte para torneamento que é apresentada na figura 25, suporte este que foi maquinado em duas operações distintas. Numa primeira fase a peça foi torneada adquirindo a forma cilíndrica básica, na segunda fase foi fresada para lhe dar a dimensão de fixação na torre porta-ferramentas do torno e foi fresada a forma da zona de alojamento da pastilha de corte, com os respetivos ângulos de incidência.



Figura 25: Ferramenta para suporte da pastilha em cerâmica.

6.7-Compactação das pastilhas

Para a compactação das pastilhas de cerâmica foi utilizada como matéria prima a alumina CT3000, que nos foi disponibilizada pelo Laboratório de Materiais da Universidade da Beira Interior. Esta é uma alumina altamente reativa, que tem um teor muito baixo de óxido de sódio e de impurezas. A composição química desta alumina está apresentada na tabela 4.

Tabela 4. Composição química da alumina CT3000

Composição Química (Wt.-%)	típica
Al ₂ O ₃	99,7
Na ₂ O	0,08
Fe ₂ O ₃	0,02
SiO ₂	0,02
CaO	0,03
MgO	0,1

O processo de compactação foi realizado recorrendo à máquina de ensaios universal da marca Wolpert modelo Testatron 1283 - 250 KN mostrada na figura 26, máquina esta pertencente ao departamento da qualidade da empresa Galucho.



Figura 26: Máquina universal de ensaios Wolpert Testatron 1283.

Para o cálculo da força aplicada na compactação, tendo em conta que as pressões de ensaio seriam entre 20 e 45 MPa, fizeram-se os seguintes cálculos:

Pressões a aplicar:

- 20 MPa
- 30 MPa
- 40 MPa
- 45 MPa

Área da peça a compactar é nos dada por $A = \pi r^2$

Sendo o \varnothing da matriz 19 mm, logo o seu raio em unidades SI é de $9,5 \times 10^{-3}$ m

$$A = \pi r^2 \Rightarrow A = \pi (9,5 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \Rightarrow A = 283,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{Sabendo que } P = \frac{F}{A} \text{ logo } F = P \cdot A$$

Como exemplo, para pressão de 20 MPa, temos:

$$20 \text{ MPa} = 20 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$F = 20 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \cdot 283,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \Rightarrow F = 5680 \text{ N} \Rightarrow F = 5,680 \text{ kN}$$

Na tabela 5 abaixo são apresentadas as pressões e forças aplicadas para a produção das pastilhas.

Tabela 5: Pressões e forças aplicadas às amostras.

Pressão de compactação MPa	Área m ²	Força a exercer KN
20	$283,5 \times 10^{-6}$	5,68
30	$283,5 \times 10^{-6}$	8,52
40	$283,5 \times 10^{-6}$	11,36
45	$283,5 \times 10^{-6}$	12,78

Para uma espessura de amostra depois de sinterizada de aproximadamente 6 mm e tendo em conta uma retração de cerca de 16%, previu-se uma espessura inicial de aproximadamente 7 mm.

Logo o volume da amostra pós compactação é dado pela expressão.

$V = A \times h$ sendo h = altura da amostra e A = área da base

$$V = 2,835 \text{ cm}^2 \times 0,7 \text{ cm} \quad V = 1,984 \text{ cm}^3$$

Para um volume após compactação de $1,984 \text{ cm}^3$, e tendo em conta uma densidade de $2,3\text{g/cm}^3$ (valor obtido por ensaio), calculou-se uma massa de $4,55 \text{ g}$ de alumina para cada amostra.

Pesou-se a quantidade exata de alumina para cada amostra, recorrendo a uma balança de precisão da marca Mettler modelo AC100, balança esta pertencente ao departamento da qualidade da empresa Galucho. Para a compactação (figura 28) colocou-se a quantidade de alumina pesada no interior da ferramenta, moveu-se a máquina até ser visualizado o início de esforço, retirou-se o ajustador, e procedeu-se à compactação tendo sido programado o valor máximo de força a exercer. Após a compactação retirou-se a parte superior da ferramenta e colocou-se o extrator tendo-se exercido força com a máquina para retirar a pastilha. Os gráficos da compactação (a figura 27 apresenta o gráfico da amostra nº6) obtidos estão disponíveis nos anexos 37 a 46. A primeira amostra que obteve o nº 0 foi quebrada intencionalmente (figura 29) para avaliar a fragilidade e o aspeto visual da compactação.

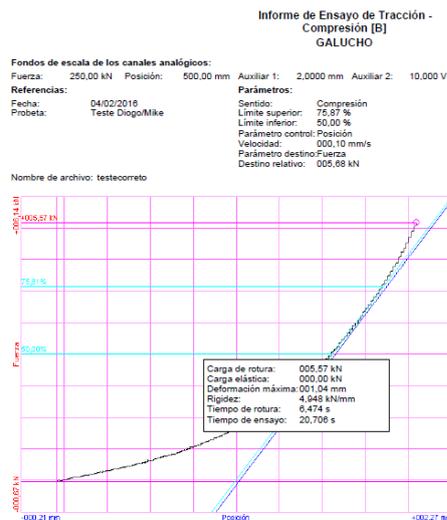


Figura 27: Gráfico de compactação amostra nº6 (anexo 42).



Figura 28: Ciclo de compactação (a) colocação da alumina, (b) pré compactação, (c) compactação, (d) e (e) extração da pastilha, (f) gráfico da compactação.



Figura 29: Amostra nº 0

7-Sinterização

A sinterização das pastilhas foi levada a cabo no laboratório de materiais da Universidade da Beira Interior (UBI), pois não existiam condições para que esta etapa deste projeto fosse executada, quer na empresa Galucho, quer na Atlântica, pois não dispomos de forno que atinja as temperaturas necessárias à sinterização da cerâmica. A sinterização decorreu em duas etapas, pois a dada altura verificou-se que a sinterização inicial, cujo ciclo de queima está apresentado na figura 30, não satisfaz as exigências a que as pastilhas seriam sujeitas (tabela 6). Os problemas encontrados estão descritos no capítulo 8, onde se descreve o ensaio. Procedeu-se então a uma segunda sinterização de parte das amostras, cujo ciclo de queima é mostrado na figura 31, sendo que nesta segunda etapa as amostras já obtiveram as características pretendidas (tabela 7).

Tabela 6: Parâmetros de compactação e valores obtidos na primeira sinterização.

Amostra Nº	Diâmetro inicial mm	Diâmetro final mm	Espessura inicial mm	Espessura final mm	Pressão Mpa	Massa inicial g	Massa final g	Força KN	V. comp mm/s	retração no Ø
1	19	16,75	12,59	11,11	20	7,8	7,091	5,68	0,5	11,84%
2	19	16,7	7,47	6,5	20	4,55	4,165	5,68	0,5	12%
3	19	16,75	7,17	6,36	30	4,55	4,154	8,52	0,5	11,84%
4	19	16,81	7	6,18	40	4,55	4,146	11,36	0,5	11,53%
5	19	16,83	6,92	6,18	45	4,55	4,137	12,78	0,5	11,42%
6	19	16,7	7,37	6,53	20	4,55	4,257	5,68	0,1	12%
7	19	16,77	7,18	6,38	30	4,55	4,136	8,52	0,1	11,74%
8	19	16,8	7,05	6,22	40	4,55	4,126	11,36	0,1	11,58%
9	19	16,81	6,98	6,17	45	4,55	4,138	12,78	0,1	11,53%
10	19	16,82	8,44	7,52	45	5,5	5,004	12,78	0,1	11,47%

Tabela 7: Resultados da segunda sinterização.

Amostras sujeitas a uma segunda sinterização							
Amostra Nº	Diâmetro inicial mm	Diâmetro final mm	Espessura inicial mm	Espessura final mm	Massa inicial g	Massa final g	retração no Ø
2	16,7	16,11	6,5	5,91	4,165	4,150	15,21%
3	16,75	15,98	6,36	6,07	4,154	4,140	15,21%
4	16,81	16,07	6,18	5,93	4,146	4,144	15,42%
7	16,77	16,01	6,38	6,04	4,136	4,127	15,74%
9	16,81	15,91	6,17	6,1	4,138	4,135	16,26%

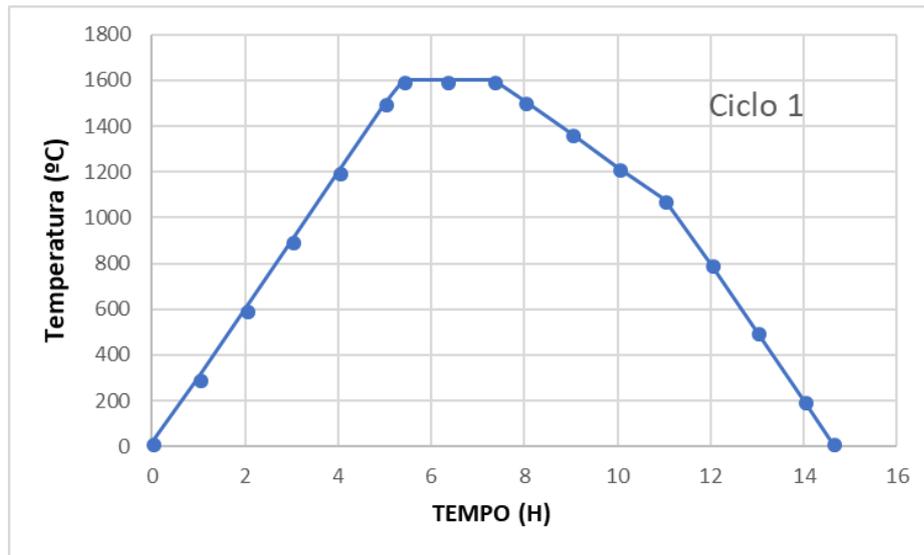


Figura 30: 1º ciclo de queima: taxa de aquecimento 5°C/min até 1600°C, patamar de 2h a 1600°C, taxas de arrefecimento: 2°C/min até 1100°C, depois 5°C/min até temperatura ambiente.

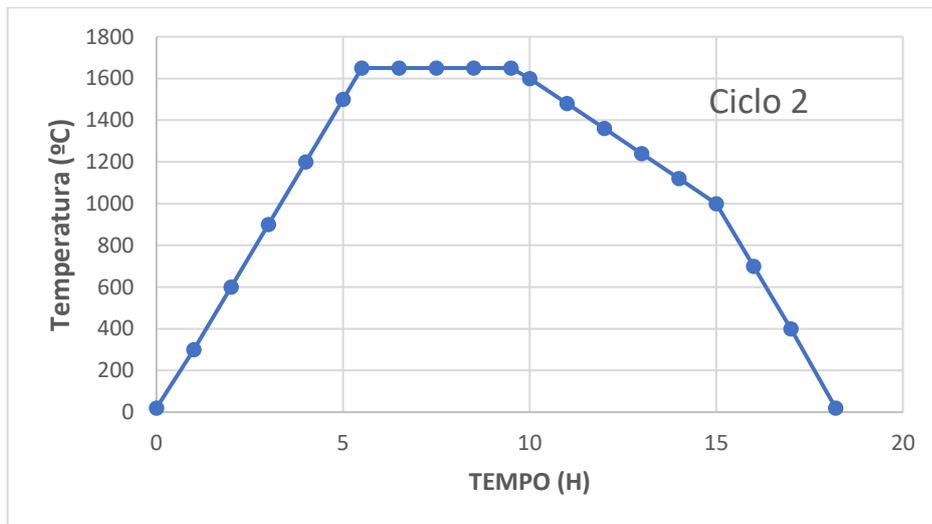


Figura 31: 2º ciclo de queima: taxa de aquecimento 5°C/min até 1650°C, patamar de 4h a 1650°C, taxas de arrefecimento: 2°C/min até 1000°C, depois 5°C/min até temperatura ambiente.

8-Ensaio de torneamento com as pastilhas fabricadas

Para este ensaio utilizou-se a ferramenta de suporte da pastilha produzida para este trabalho, onde o objetivo foi o de retificar, no seu diâmetro interno, uma roda dentada sujeita a um processo de tratamento térmico de cementação. A roda dentada, mostrada na figura 32, é produzida em aço 16MnCrS5 (certificado de matéria prima disponível no anexo 30), Este aço, após corte no comprimento adequado, é sujeito a um processo de forjamento e rebarbagem, que lhe conferem a forma primaria da peça pretendida, que é posteriormente decapada, torneada e são-lhe abertos os dentes. A etapa seguinte é a do tratamento de cementação, que é realizado pelo nosso parceiro Thyssenkrupp, obtendo uma dureza entre 59 e 60 HRC (certificado de resultado do tratamento térmico e relatório disponível nos anexos 31 e 32). O tratamento térmico provoca empenos e distorções dimensionais, que mesmo ligeiros tem de ser corrigidos para permitir a montagem e o correto funcionamento do componente, havendo a necessidade de uma retificação do furo Ø80 de forma a garantir que o mesmo está cilíndrico e dentro das tolerâncias de fabrico (desenho técnico anexo 33 e imagem 3D anexo 34).

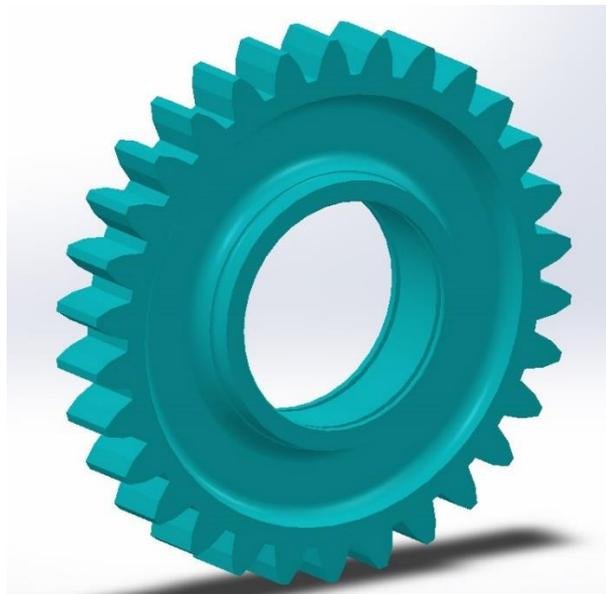


Figura 32: Imagem da roda dentada a maquinar.

O ensaio das pastilhas produzidas realizou-se em duas fases, pois como já referido anteriormente, com a primeira sinterização não foi possível executar o trabalho de maquinação que tinha sido proposto, devido a que a pastilha não mantinha a coesão e desagregava a aresta de corte (foram testadas as amostras nº6 e nº10), não sendo possível o corte de material da peça a maquinar.. Foi solicitado uma segunda sinterização de um lote mais reduzido de amostras. Após a segunda sinterização, procedeu-se de novo ao teste de maquinação (foram testadas as amostras nº2 e nº9), nas mesmas condições do anterior, nomeadamente rotação (500 rpm) e avanço (0,1mm por rotação), tendo desta vez o teste corrido de forma muito positiva, pois foi possível maquinar a peça pretendida de uma forma bastante aceitável. Foi retirado o material necessário para a obtenção do furo de Ø80 (figura 33a), tendo sido garantida a tolerância de fabrico. A aresta de corte da pastilha manteve a sua integridade, não se desagregando como anteriormente. A peça maquinada apresentou um bom acabamento no torneamento, mostrado na figura 33 b.

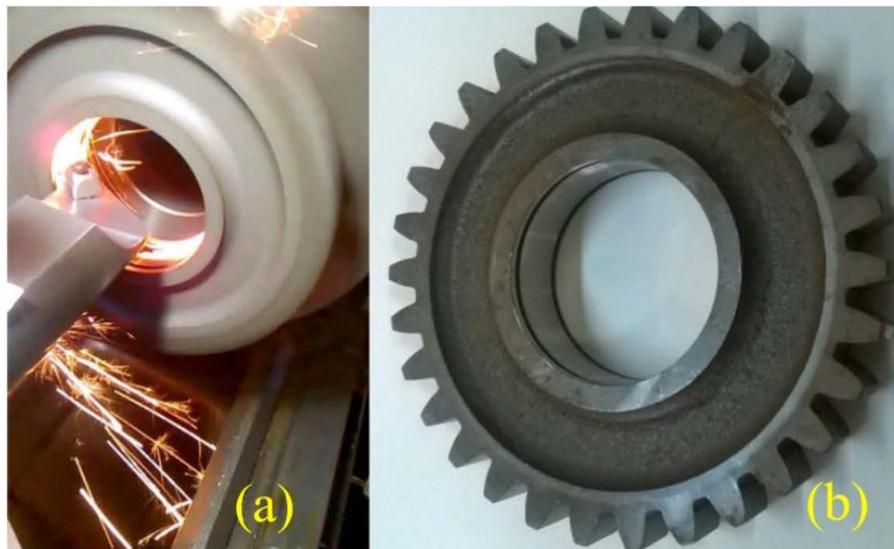


Figura 33: Ensaio de maquinação (a) maquinação do furo Ø80 da roda dentada, (b) roda dentada após maquinação do furo (nota: as fagulhas existentes na imagem (a) são características de um torneamento com pastilhas de cerâmica de aços tratados termicamente).

Conclusões

Os objetivos deste trabalho foram todos cumpridos com êxito, nomeadamente:

1 – Foi projetada e construída uma matriz de compactação de camisa flutuante, a qual foi utilizada com sucesso para a produção de pastilhas de alumina. Esta matriz ficará à disposição da Universidade Atlântica para futuros trabalhos didáticos e de investigação.

2 – Foi projetada e construída uma ferramenta de maquinação para o alojamento da pastilha cerâmica, a qual também foi utilizada com êxito na maquinação de um aço de elevada dureza.

3 – Foram produzidas várias pastilhas de alumina que serviram ao seu propósito, embora a durabilidade da sua aresta de corte seja muito inferior à das pastilhas existentes no mercado. Mas, como foi referido na introdução, este projeto não tinha como objetivo a produção de pastilhas para uso comercial, mas sim a utilização dos conhecimentos adquiridos para a produção experimental de pastilhas cerâmicas utilizando os conhecimentos adquiridos e os meios de produção disponíveis na empresa onde trabalho. Embora o material base utilizado (alumina) seja o mesmo das pastilhas existentes no mercado, deve-se salientar que estas contêm outros aditivos que melhoram o seu desempenho, e são produzidas através de processos muito mais sofisticados.

4 – Apesar da limitação já prevista na utilização das pastilhas, o ensaio de maquinação do furo de uma roda dentada em aço rígido 16MnCrS5 foi executado de forma a demonstrar o sucesso das 3 etapas do projeto descritas acima.

Bibliografia:

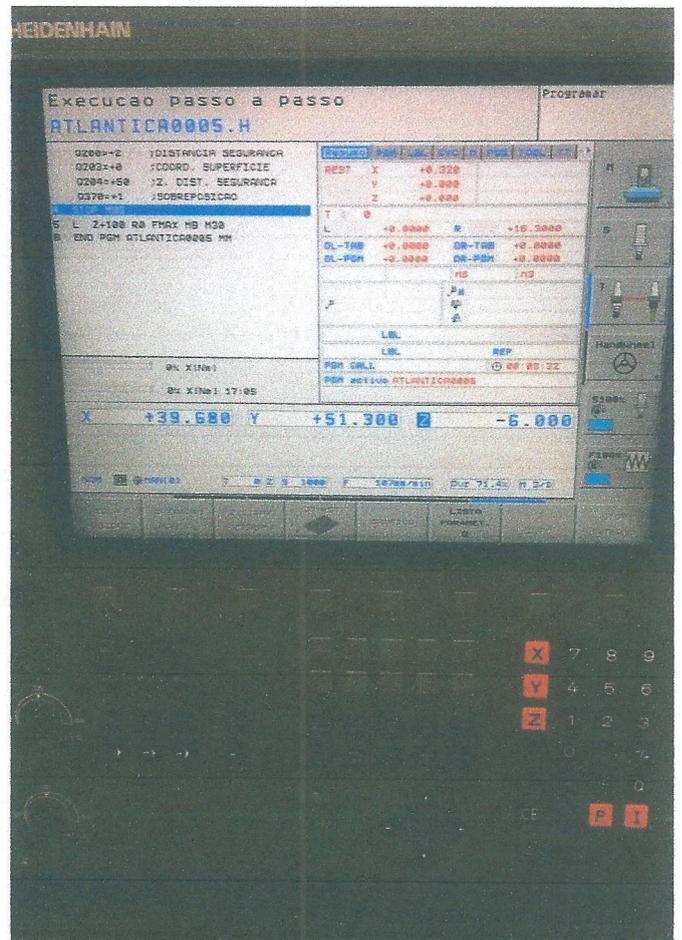
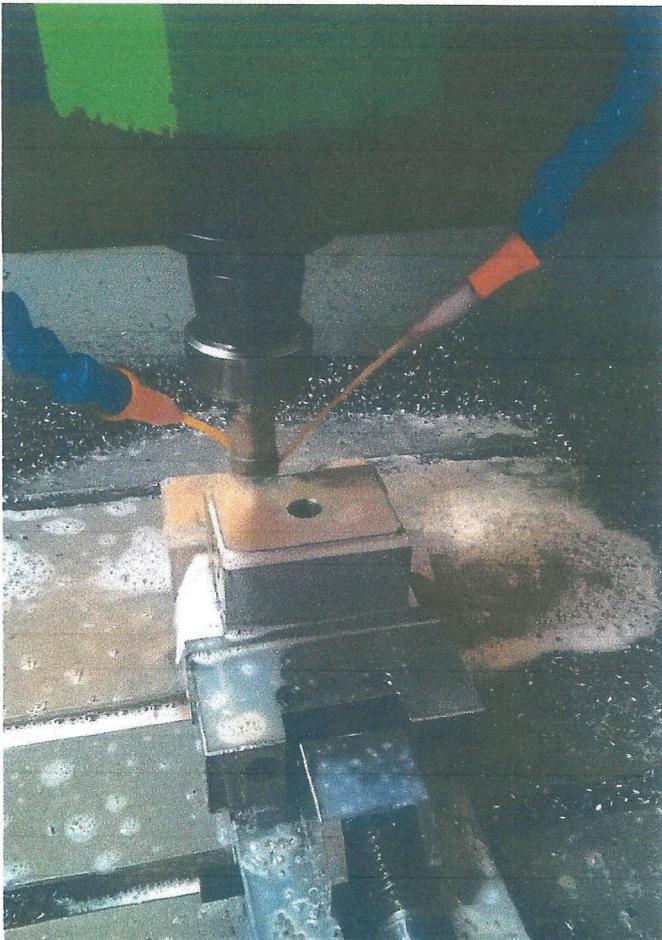
- Sandvik Coromant (1994). El mecanizado moderno Sandvik Coromant 1ª edição 1994 ISBN 91-972299-2-x
- Greenleaf (2016). Greenleaf metalcutting tolls and systems 2016 catalog
- William D. Callister, Jr. and David G. Rethwisch (2016). Ciência e engenharia de materiais uma introdução, William D. Callister, Jr. and David G. Rethwisch 9ª edição.
- Ceramics.
<https://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/brochures/en-gb/c-2929-61.pdf>(consultado em 26-06-2018)
- Ramada aços. Catalogo online edição: A.09/07.16:
http://www.ramada.pt/ficheiros_upload/ramada-aos_catalogo170316130332.pdf (consultado a 26-06-2018)
- Sandvik Coromant Training handbook:
<https://pt.scribd.com/document/342366501/C-2920-20-US-150dpi-NY>
(Consultado em 26-06-2018)
- Figura 1 fonte: <http://www.china-sandmaker.com/product/pp14.html>
(consultado em 25-06-2018)
- Figura 2 fonte: <http://www.ebah.pt/content/ABAAeuxQAH/metaluriga-poly-flavio-gois?part=2> (consultado em 25-06-2018)
- Figura 5 fonte: <http://www.e-agps.info/angelus/cap8/al2o3.htm> (consultado em 26-06-2018)
- Figura 7 fonte: Sandvik Coromant Training handbook metal cutting technology (consultado em 26-06-2018)
<https://pt.scribd.com/document/317281556/Sandvik-Metal-Cutting-Technology-Training-Handbook> (consultado em 26-06-2018)
- Figura 13 fonte:
http://www.amatools.com.br/html/amatools/produtos/Rocast/rocast_insertos_metal_duro.html (consultado em 25-06-2018)
- Figuras 18 e 21 fonte: www.heidenhain.com (consultado em 10-07-2018)

Anexos

ALUMINA

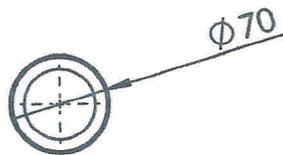
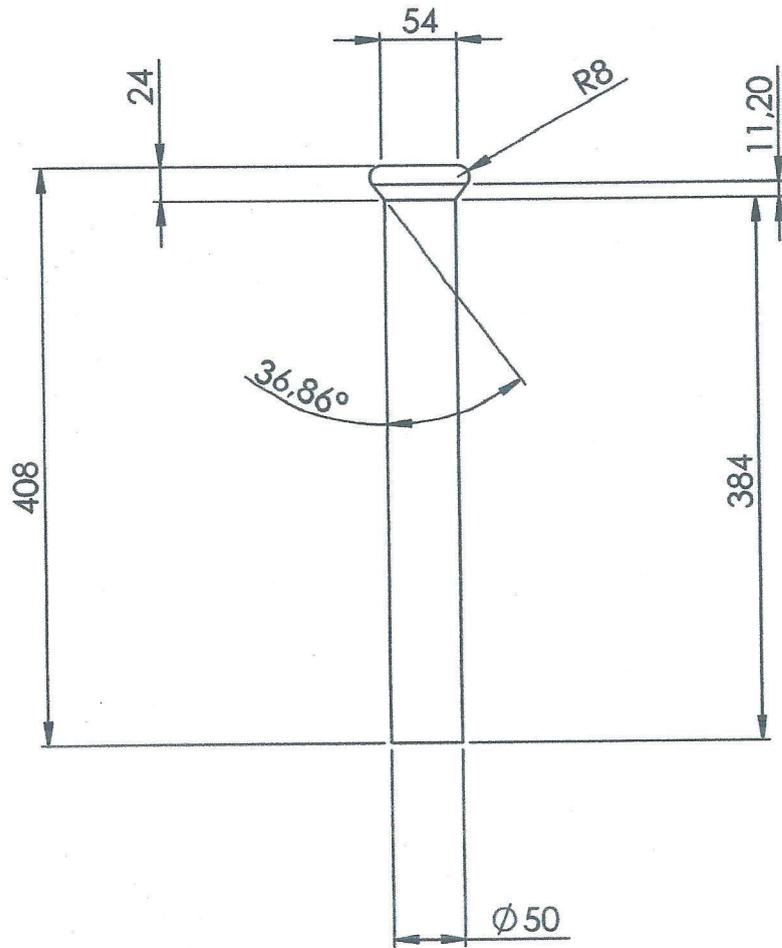
Anexo 1

Imagens da maquinação da matriz



Anexo 2

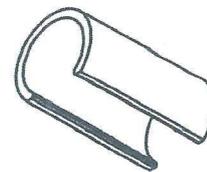
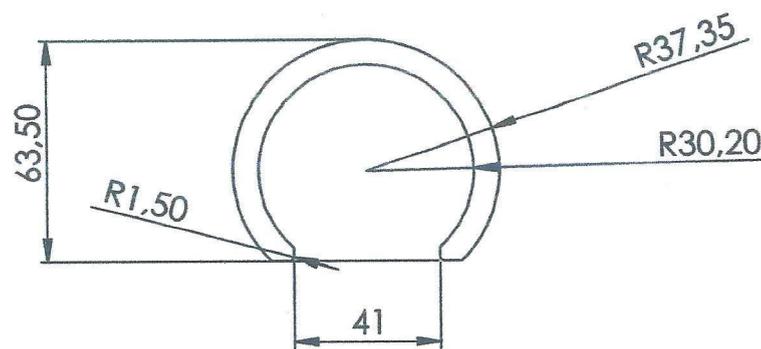
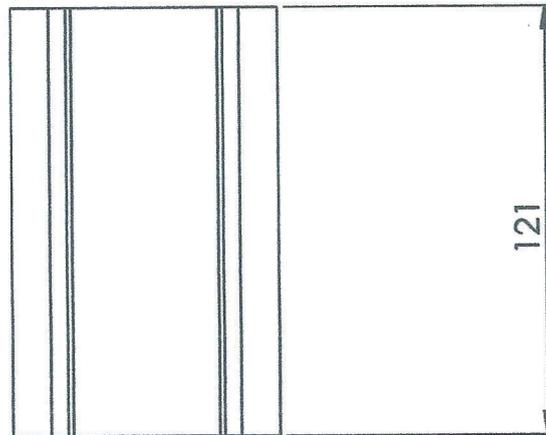
Desenho técnico da fase de torneamento da
ferramenta de torneamento



	ESCALA:	NOME	DATA		Licenciatura em Engenharia de Materiais Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica		
	1:5	DESENHOU J.Gomes	28/05/2018		DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA		
MATERIAL:		APROVOU		TÍTULO:	<h2 style="text-align: center;">Ferramenta fase de torneamento</h2>		
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768		NOTAS:					
	Product. For Instructional Use Only			DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				A4 FerrTorn01	1		

Anexo 3

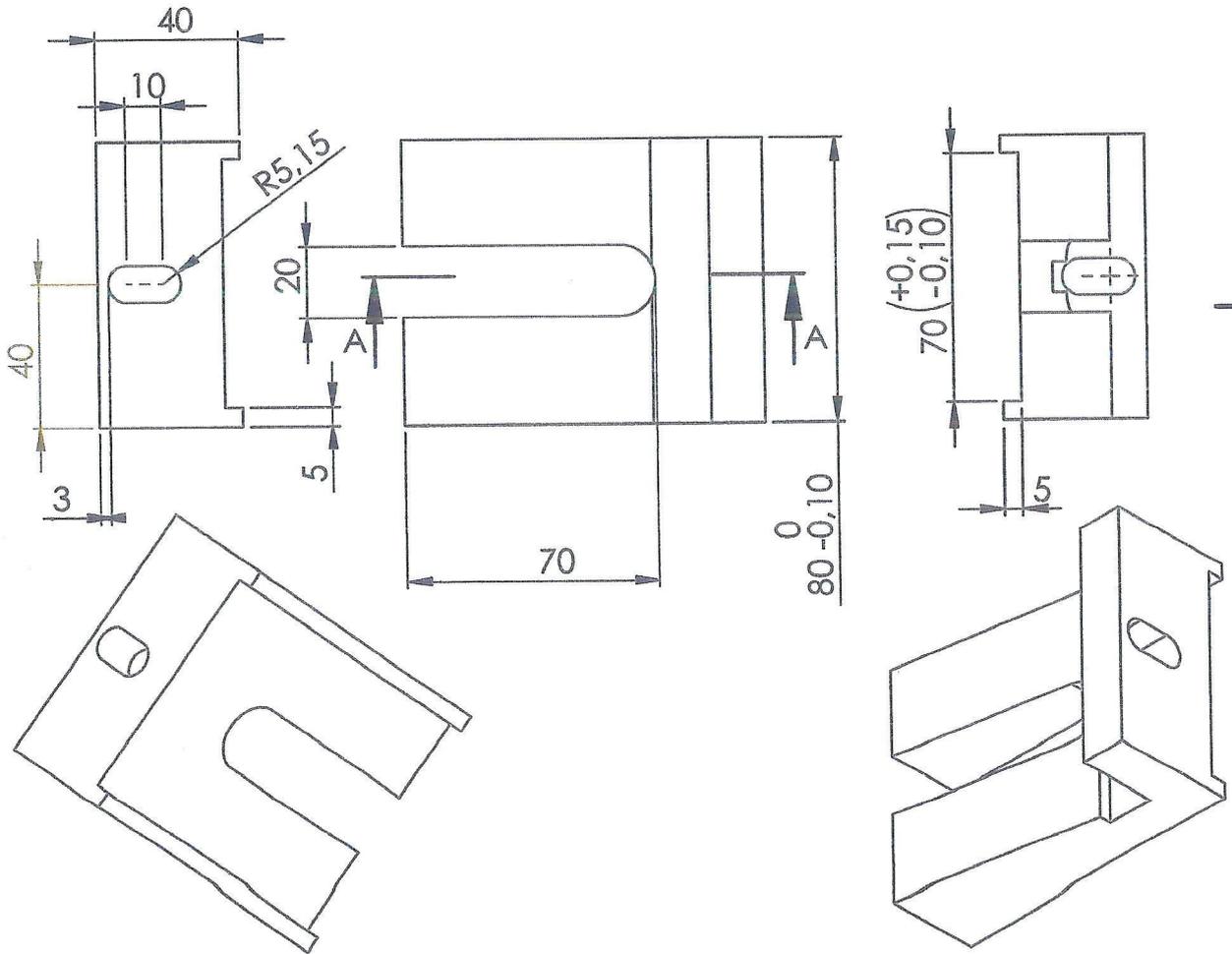
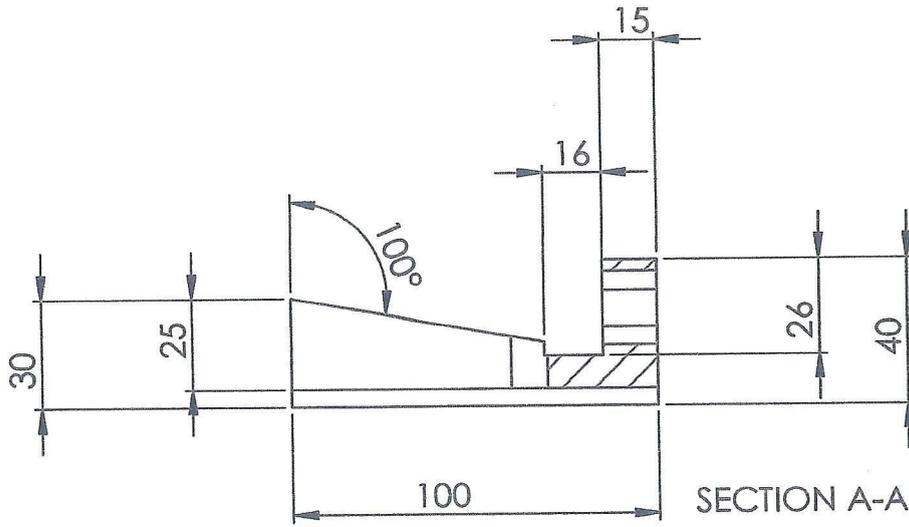
Desenho técnico do extrator



	ESCALA: 1:2	NOME	DATA		Licenciatura em Engenharia de Materiais Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA		
		DESENHOU J.Gomes	02/06/2018		TÍTULO: Extrator		
MATERIAL:		APROVOU					
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768		NOTAS:					
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
A4				FerComp0008	1		

Anexo 4

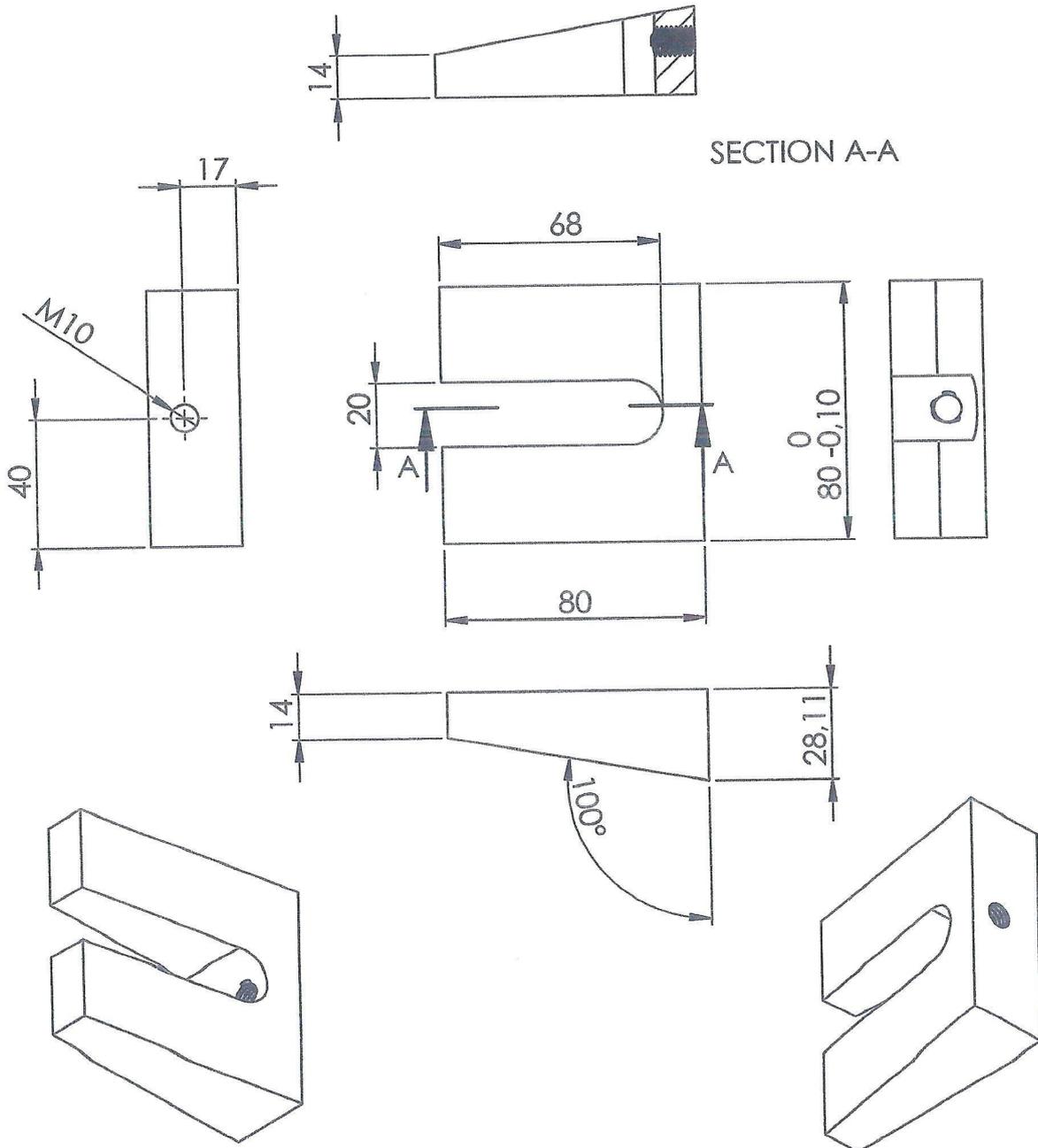
Desenho técnico do ajustador 1/2 (superior)



	ESCALA:	NOME	DATA		Licenciatura em Engenharia de Materiais			
	1:2	DESENHOU	J.Gomes		21/04/2018	Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica		
MATERIAL:		VERIFICOU			DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA			
TOLERÂNCIA GERAL:		APROVOU			TÍTULO:			
ISO 2768		NOTAS:			Ajustador 1/2			
ACABAMENTOS:					DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
					A4 FerComp0001	1		

Anexo 5

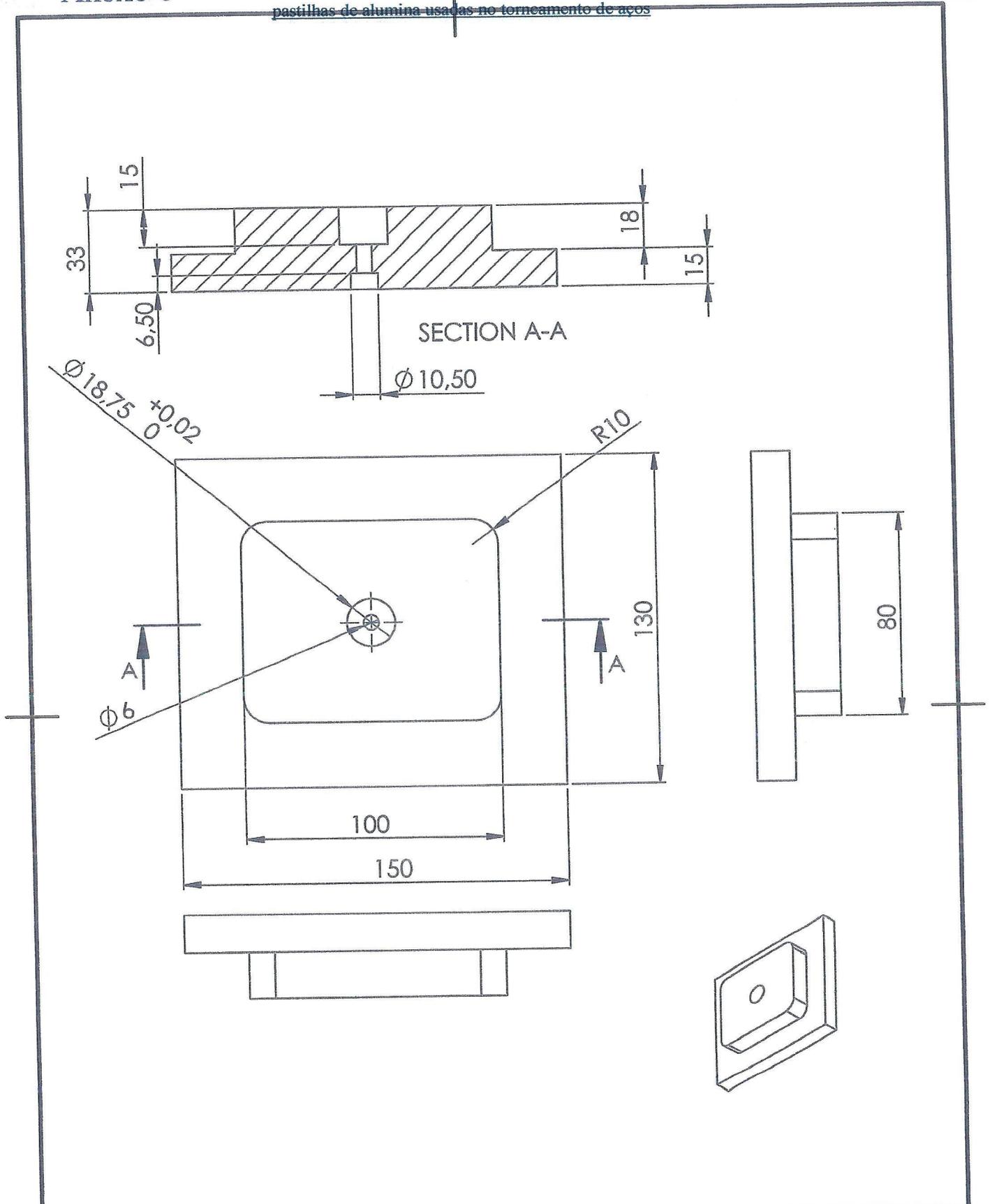
Desenho técnico do ajustador 2/2 (inferior)



	ESCALA: 1:2	NOME J.Gomes	DATA 21/04/2018	Licenciatura em Engenharia de Materiais Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA
	MATERIAL:	DESENHOU VERIFICOU APROVOU	NOTAS:	
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768	SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only ACRBAMENTOS.	DESENHO N.º A4 Fercomp0004	FOLHA: 1	MASSA [g]: REVISÃO:

Anexo 6

Desenho técnico do tecto da ferramenta

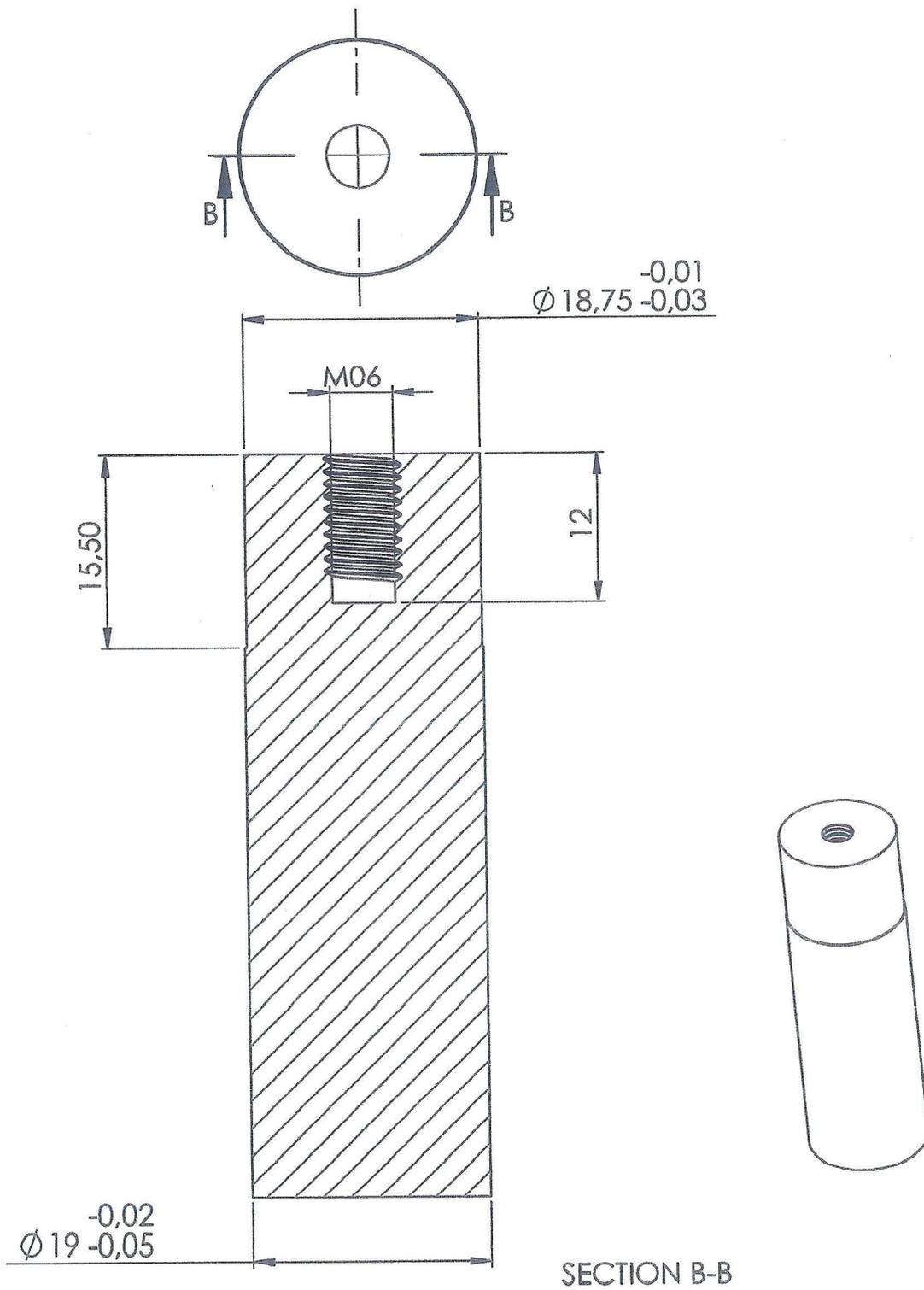


	ESCALA:	NOME	DATA		Licenciatura em Engenharia de Materiais Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica		
	1:2	DESENHOU J.Gomes	21/04/2018		DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA		
MATERIAL:		APROVOU		TÍTULO:	Tecto ferramenta		
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768		NOTAS:		DESENHO N.º			
ACRÉDITOS:				A4	FerComp0002	1	

Anexo 7

Desenho técnico do punção superior

pastilhas de alumina usadas no torneamento de aços

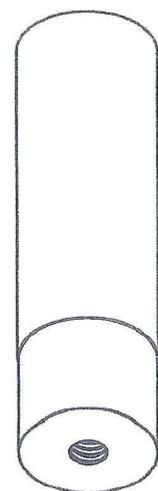
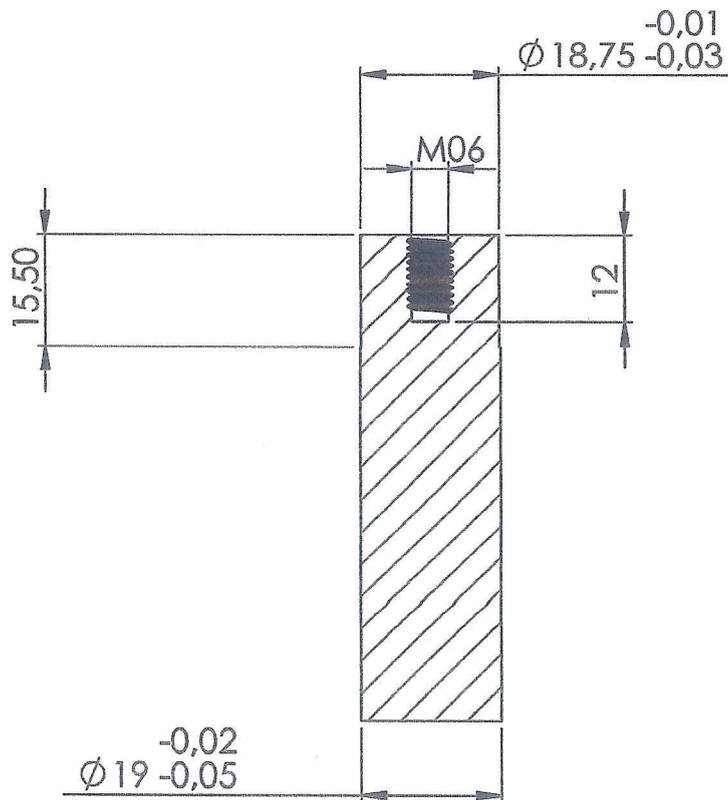
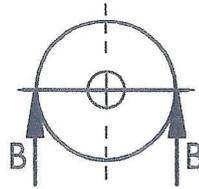


	ESCALA:	NOME	DATA		Licenciatura em Engenharia de Materiais		
	2:1	DESENHOU	J.Gomes		21/04/2018	Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica	
MATERIAL:		VERIFICOU		TÍTULO:	DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA		
TOLERÂNCIA GERAL:		APROVOU		<p>Punção superior ferramenta</p>			
ISO 2768		NOTAS:					
ACABAMENTOS:		SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only		DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				A4 FerComp0007	1		

Anexo 8

Desenho técnico do punção inferior

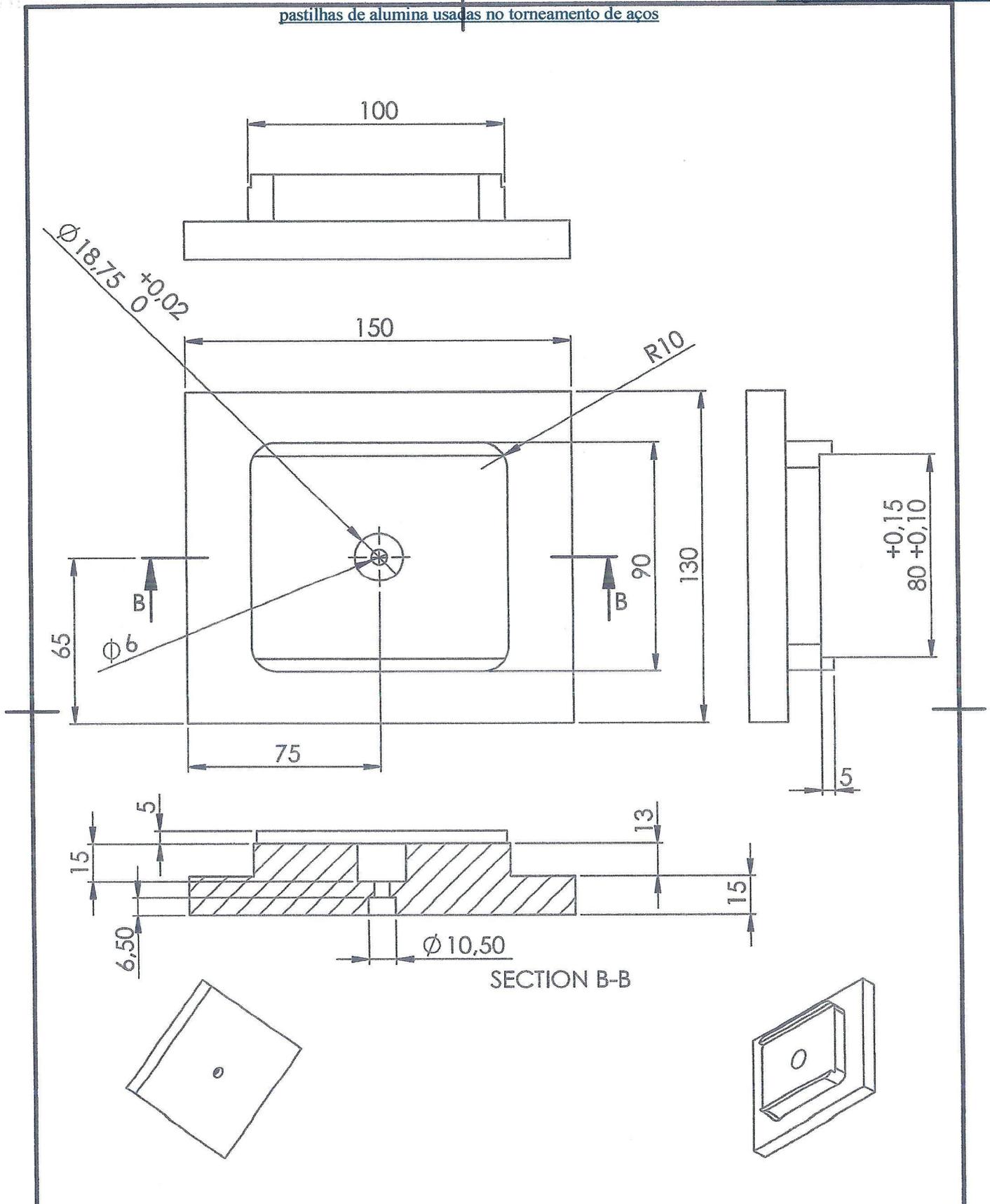
xvii



	ESCALA:	NOME	DATA		Licenciatura em Engenharia de Materiais Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica			
	1:1	DESENHOU	J.Gomes		21/04/2018	DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA		
MATERIAL:	APROVOU			TÍTULO:	<h2 style="text-align: center;">Punção inferior Ferramenta</h2>			
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768	NOTAS:							
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only ACRABAMENTOS.		DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:			
		A4 FerComp0006	1					

Anexo 9

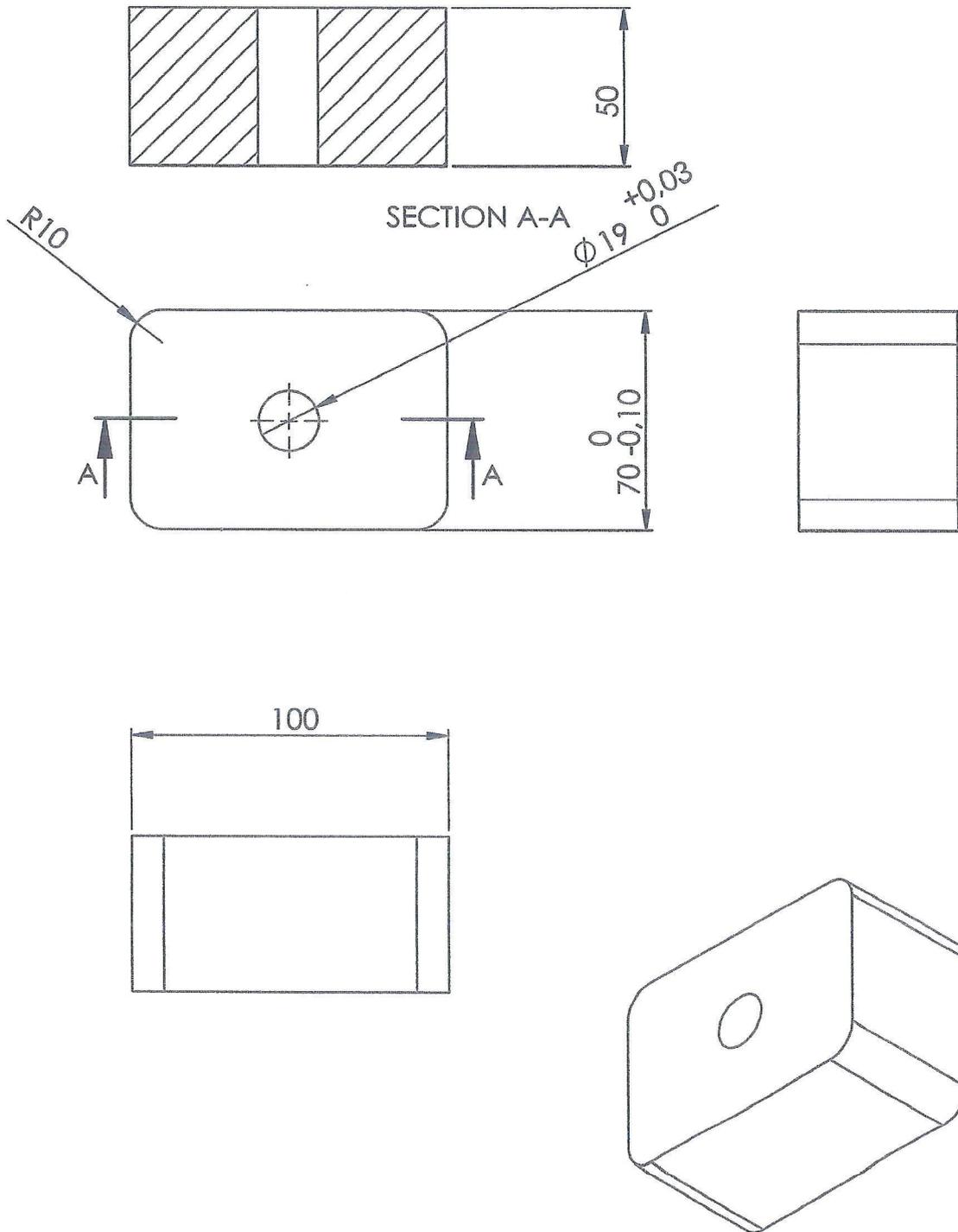
Desenho técnico da base da ferramenta



	ESCALA: 1:2	NOME J.Gomes	DATA 21/04/2018	Licenciatura em Engenharia de Materiais Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA
	MATERIAL:	APROVOU:	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Base Ferramenta</h2>	
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768	NOTAS:	DESENHO N.* A4 FerComp0003		FOLHA: 1
ACABAMENTOS:	Product. For Instructional Use Only	MASSA [g]:	REVISÃO:	REVISÃO:

Anexo 10

Desenho técnico da matriz da ferramenta



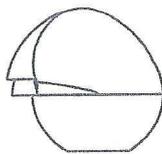
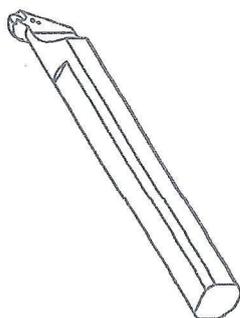
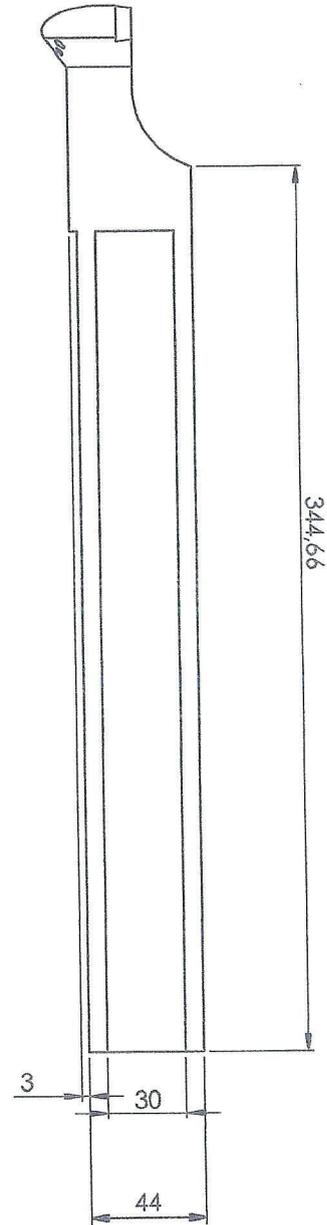
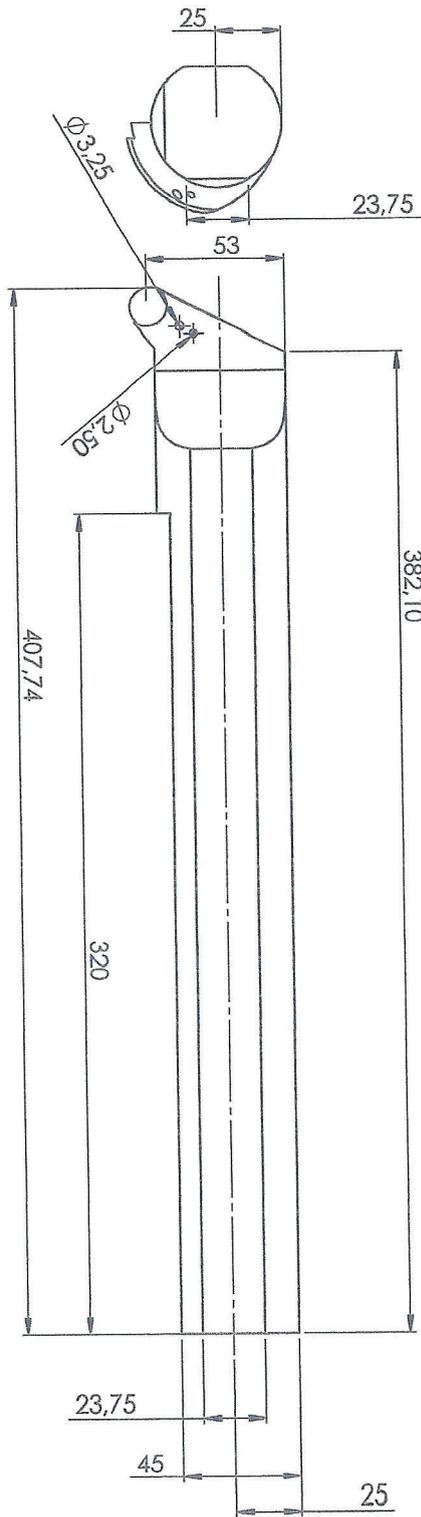
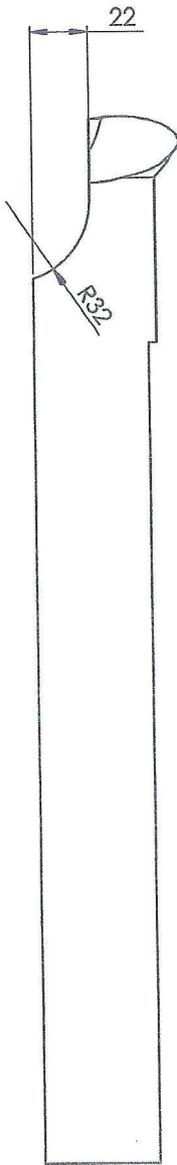
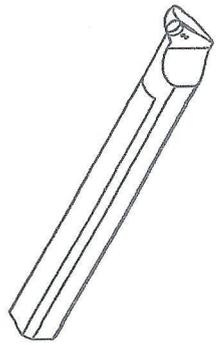
	ESCALA:	NOME	DATA		Licenciatura em Engenharia de Materiais		
	1:2	DESENHOU	J.Gomes		21/04/2018	Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica	
MATERIAL:	APROVOU			TÍTULO:	<p style="text-align: center;">DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA</p> <p style="text-align: center;">Matriz ferramenta</p>		
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768	NOTAS:						
ACABAMENTOS:	<p style="text-align: center;">SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only</p>			DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				A4 FerComp0005	1		

Anexo 11 a 14

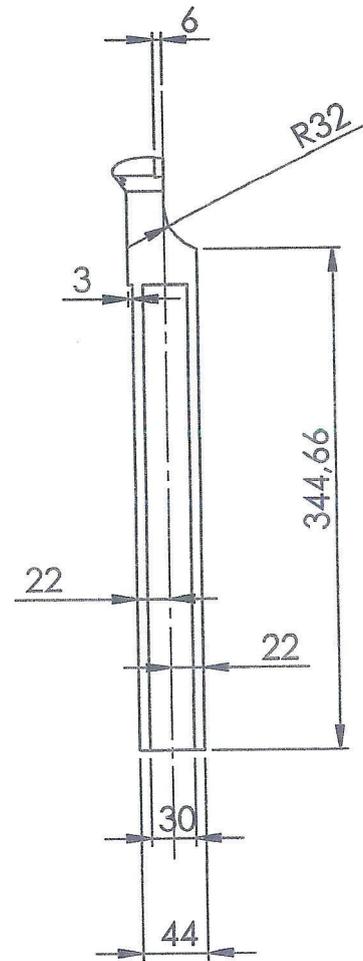
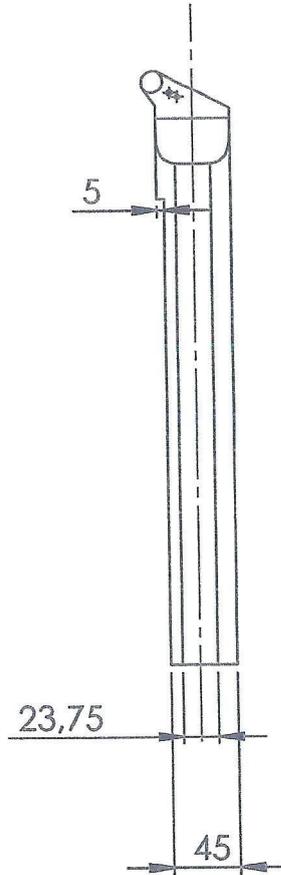
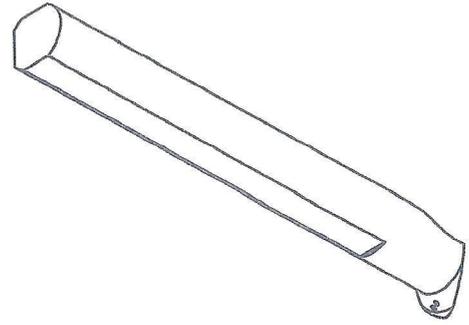
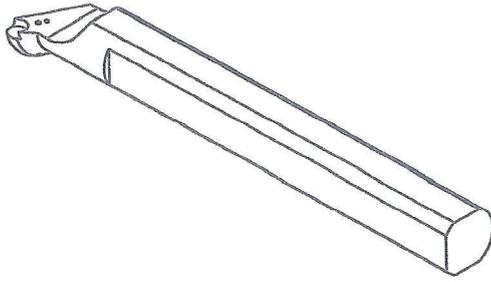
Desenhos técnicos e de pormenor da fase de
fresagem da ferramenta de torneamento

xxiii a xxix

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only



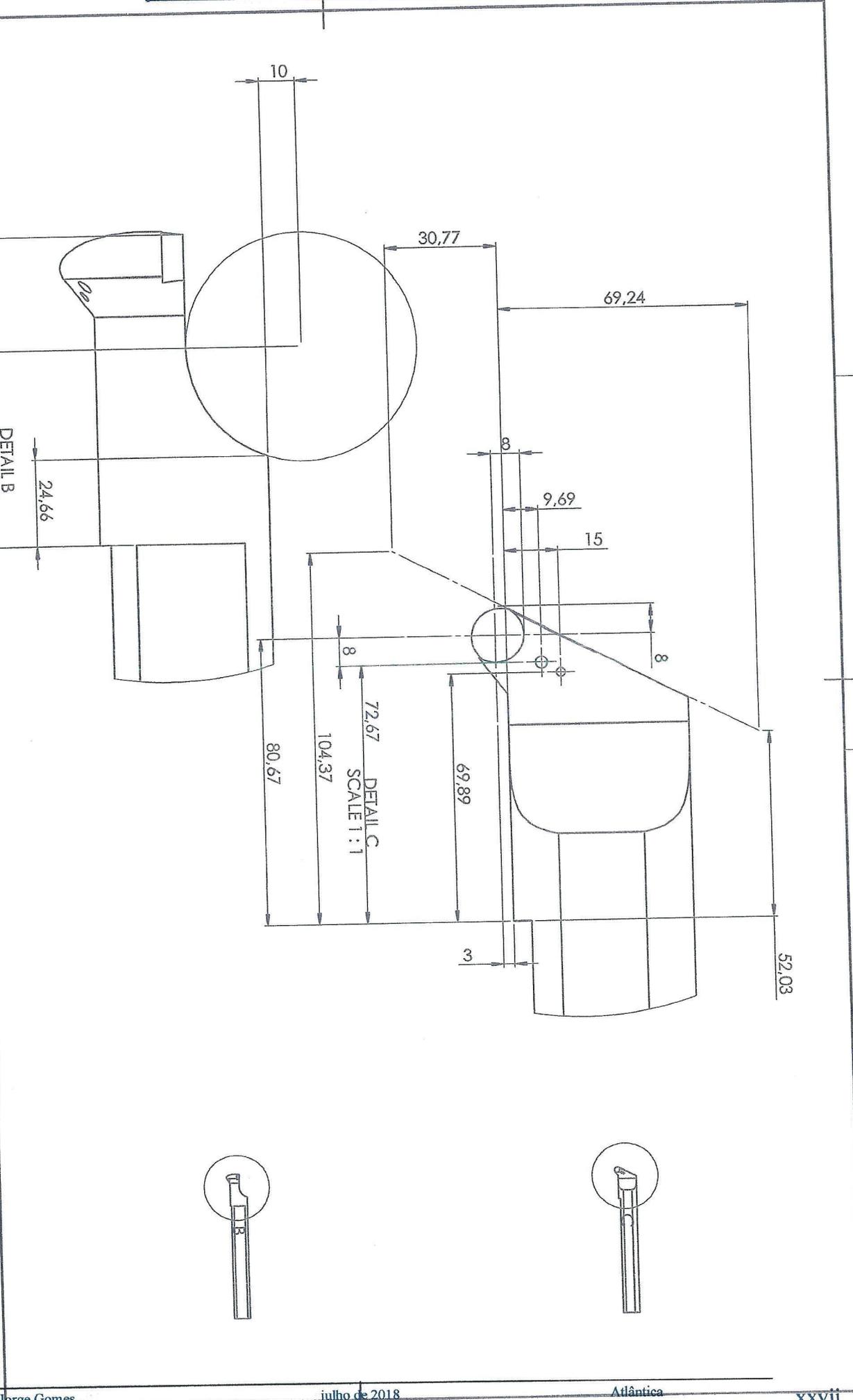
		ESCALA: 1:2		NOME R.F. FONTE		DATA 27/05/2018	
MATERIAL: ISO 2768 TOLERÂNCIA GERAL ACABAMENTOS		PROJECION NOTAS		PROJECION NOTAS		PROJECION NOTAS	
TÍTULO PEÇA PARA DESENHO				DESenho Nº A3 17UA-001		FOLHA 1	
ATLANTECA DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA Licenciatura em Engenharia de Materiais Licenciatura em Engenharia de Engenharia Aeroespacial				JORGE GOMES		MÁXIMA	

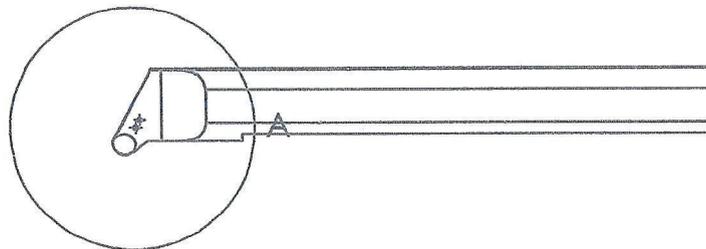
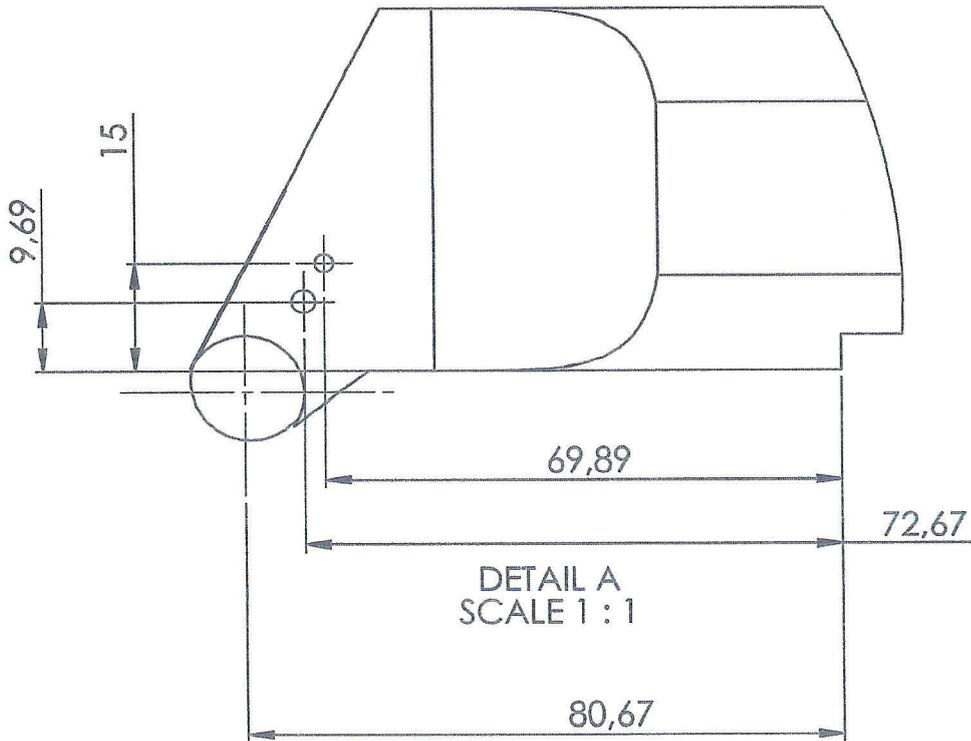


	ESCALA: 1:5	NOME J.Gomes	DATA 28/05/2018	Licenciatura em Engenharia de Materiais Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA
	MATERIAL:	DESENHOU VERIFICOU APROVOU	TÍTULO: Ferramenta Torneamento	
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768	NOTAS:		DESENHO N.º FerrTor001	FOLHA: 1
ACABAMENTOS:	Product. For Instructional Use Only		MASSA [g]:	REVISÃO:

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

		ESCALA	<p>1:10</p>	
MATERIAL:	TOLERÂNCIA GERAL:	ISO 2768	ACABAMENTOS:	
PROJECION	PROJECION	PROJECION	PROJECION	PROJECION
NOTAS:				
NOME	DATA			
	27/05/2018	DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA		
PEÇA PARA DESENHO		Licenciatura em Engenharia de Materiais Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica		
DESENHO Nº	FOLHA	MASSA	Jorge Gomes	
A3 17UA-001	1		julho de 2018	



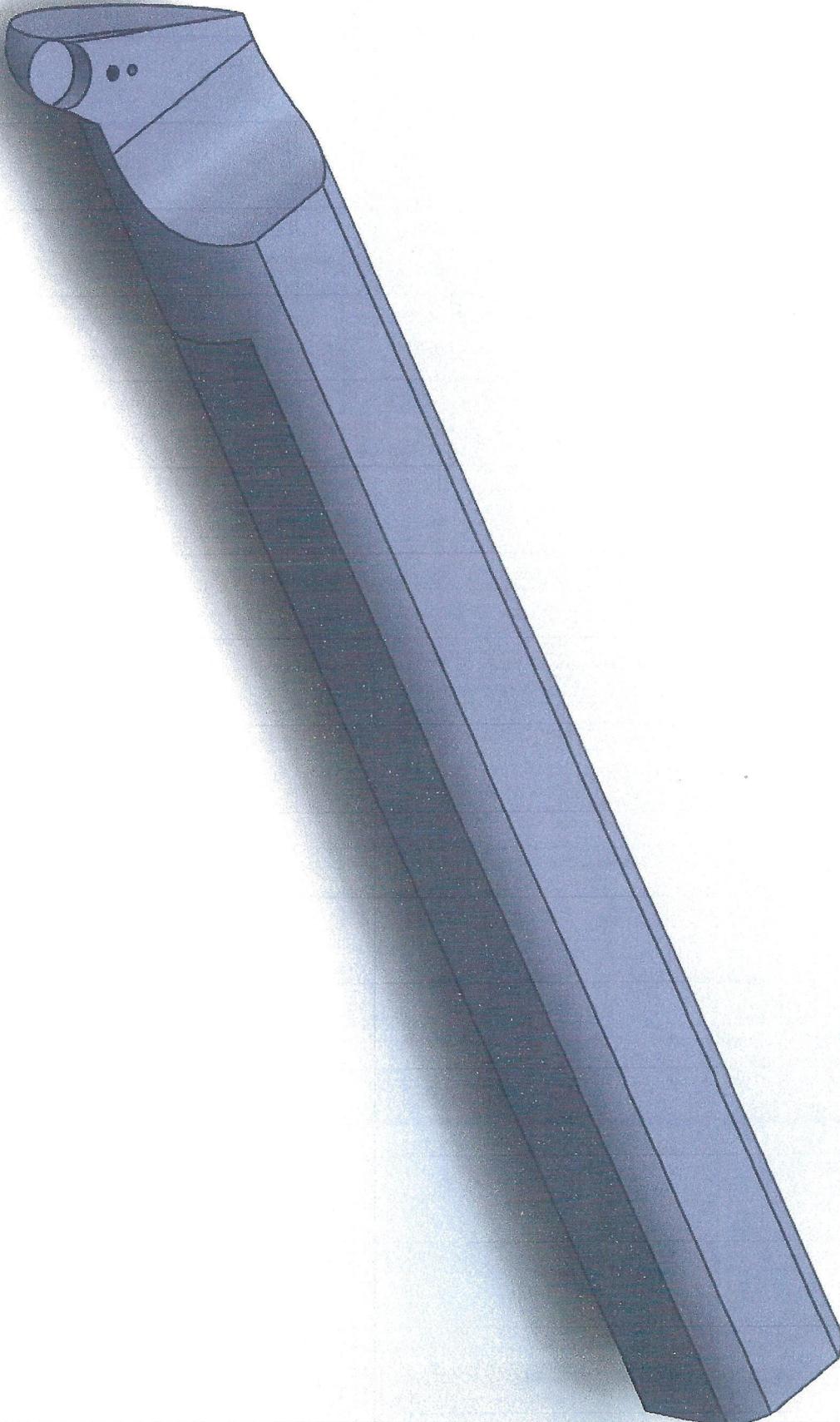


	ESCALA:	NOME	DATA		Licenciatura em Engenharia de Materiais Licenciatura em Ciências da Engenharia Aeronáutica			
	1:5	DESENHOU	J.Gomes		28/05/2018	DESENHO TÉCNICO & MOD. GEOMÉTRICA		
MATERIAL:		VERIFICOU		TÍTULO:	Ferramenta torneamento			
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768		APROVOU						
ACABAMENTOS:		NOTAS:		DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:	
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only				A4	FerrTor02	1		

Anexo 15

Imagem 3D da ferramenta de torneamento

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only



Anexo 16

Imagem 3D do extrator

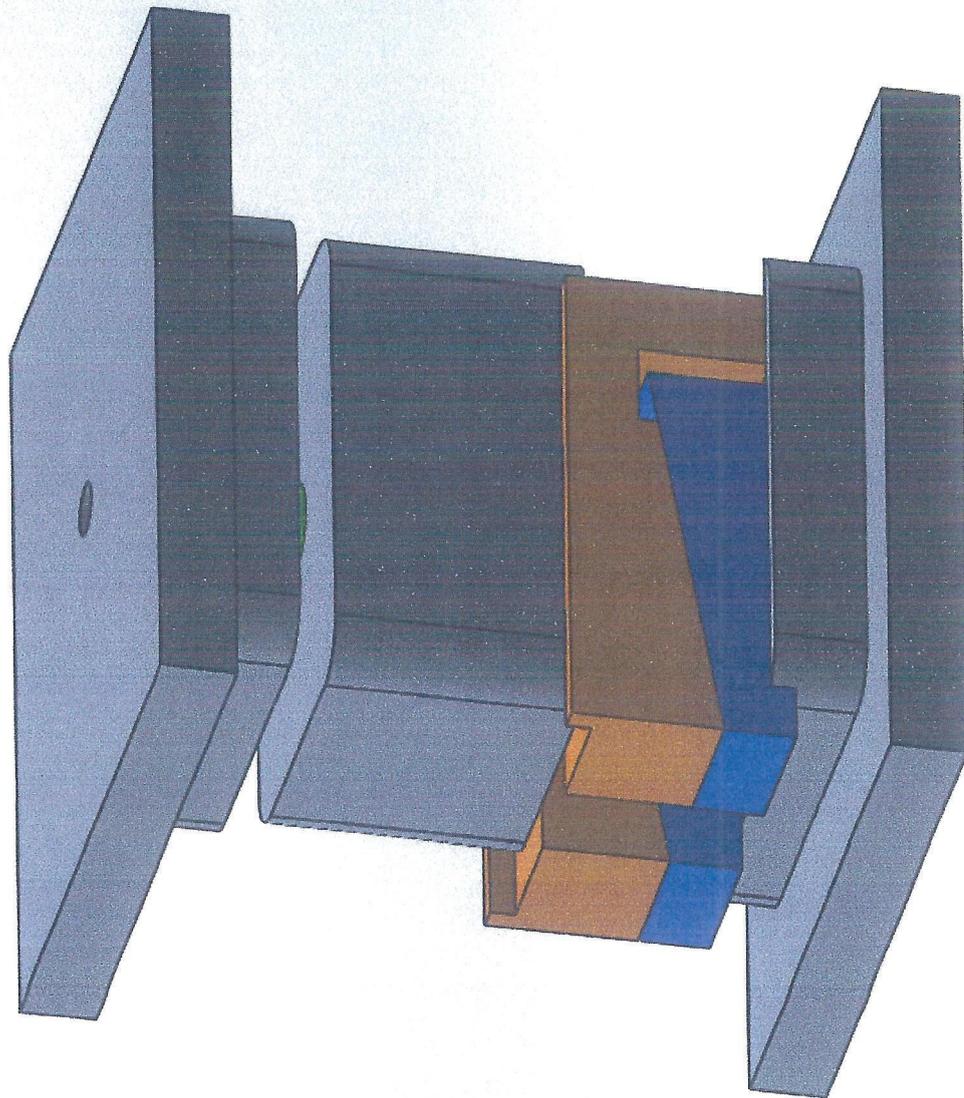
xxxiii



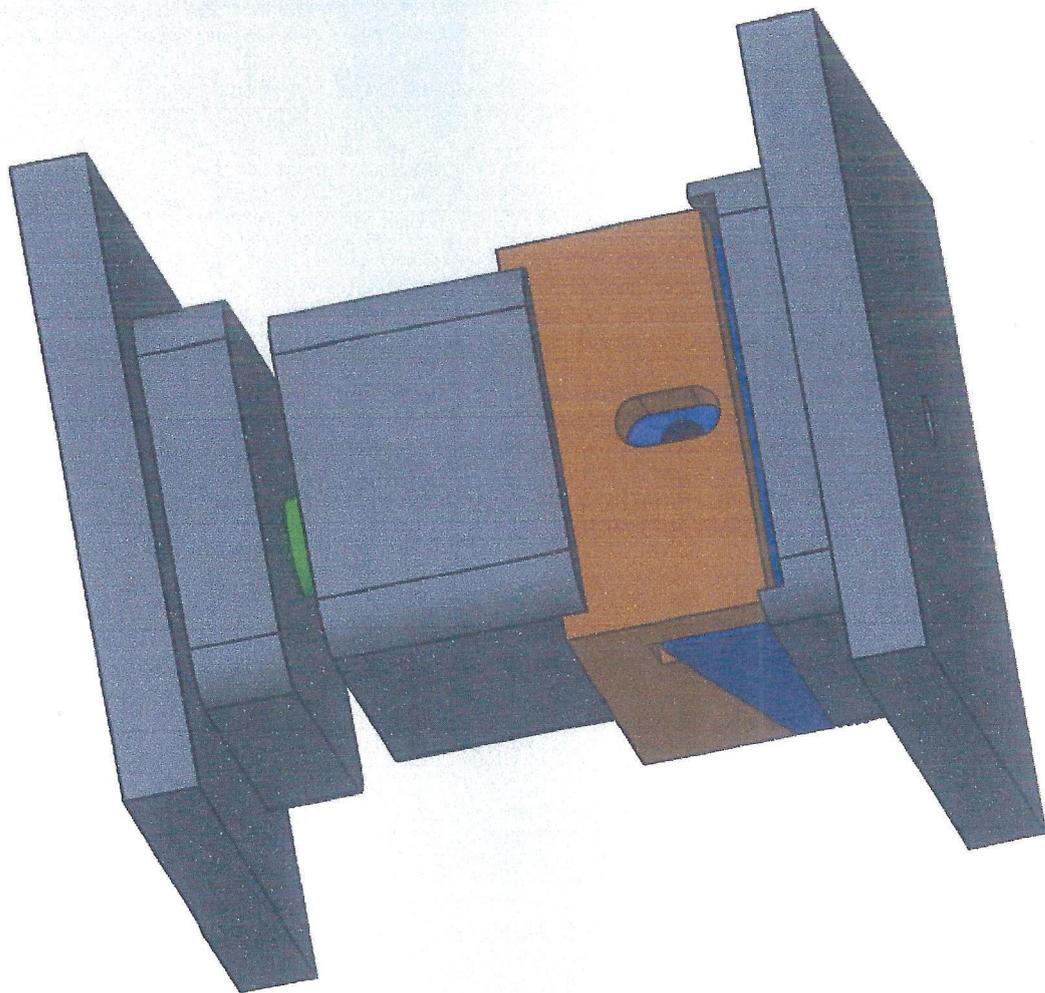
Anexos 17 a 21

Imagens 3D de conjunto da ferramenta de
compactação

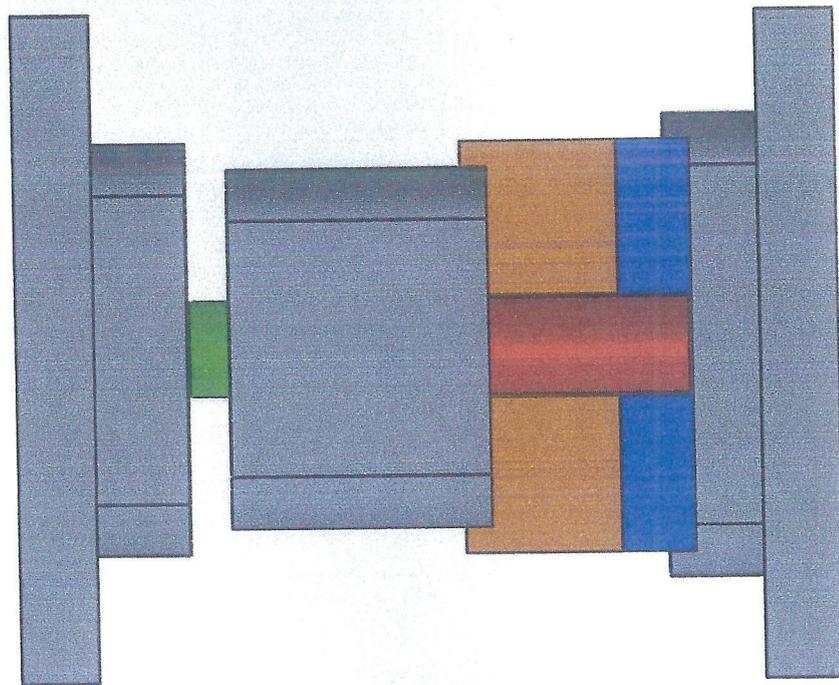
xxxv a xliii



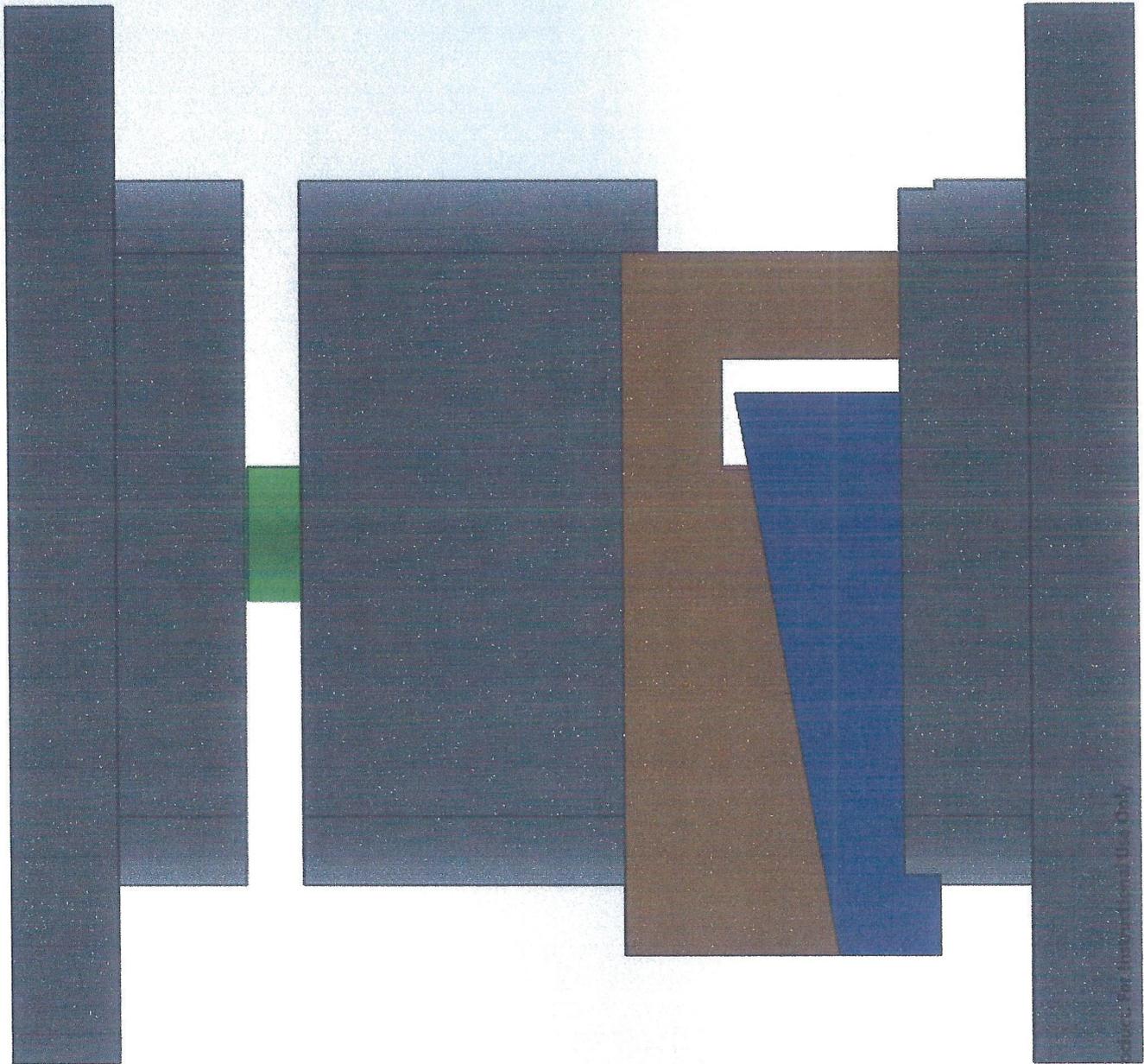
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

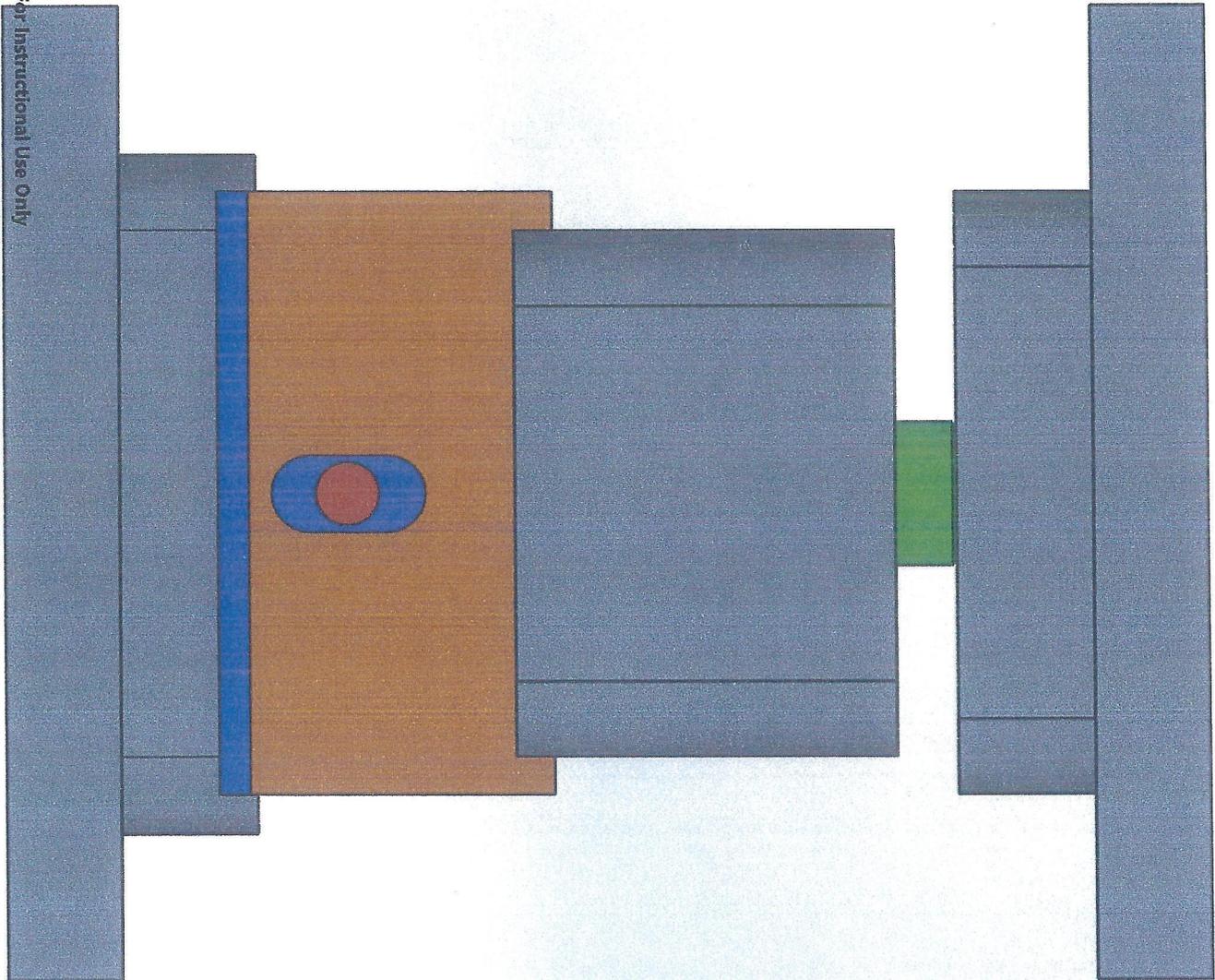


SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only



SOLIDWORKS Educational Products. For Educational Use Only.

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only



Anexo 22

Ficha de produto UDDEHOLM do aço C265

xliv a lvi

Anexo 22

UDDEHOLM SVERKER® 21

This information is based on our present state of knowledge and is intended to provide general notes on our products and their uses. It should not therefore be construed as a warranty of specific properties of the products described or a warranty for fitness for a particular purpose.

Classified according to EU Directive 1999/45/EC
For further information see our "Material Safety Data Sheets".

Edition 8, revised 11.2014, not printed

The latest revised edition of this brochure is the English version,
which is always published on our web site www.uddeholm.com



SS-EN ISO 9001
SS-EN ISO 14001

UDDEHOLM SVERKER 21

THE BACKBONE OF COLD WORK TOOLING

The steel grade was developed around 1930 and is still going strong. Ledeburitic 12 % Cr-steel are still the most commonly used tool steel for cold work tooling all over the world.

PROPERTIES PROFILE

Uddeholm Sverker 21 is a tool steel with very good abrasive wear resistance but with rather limited cracking resistance. Being the bulk grade for cold work applications there are many advantages such as well established know-how concerning all types of treatments and tool processing. The risk with the popularity is, however, that the grade by routine is used in applications where the properties profile not is entirely appropriate. In such cases normally there are better alternatives like Uddeholm Slepner, Uddeholm Caldie or Uddeholm Vanadis 4 Extra.

APPLICATIONS

The properties profile of Uddeholm Sverker 21 combine to give a steel suitable for the manufacture of medium run tooling for applications where abrasive wear is dominant and the risk of chipping or cracking is not so high, e.g. for blanking and forming of thinner, harder work materials.

General

Uddeholm Sverker 21 is a high-carbon, high-chromium tool steel alloyed with molybdenum and vanadium characterized by:

- High wear resistance
- High compressive strength
- Good through-hardening properties
- High stability in hardening
- Good resistance to tempering-back

Typical analysis	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	1.55	0.3	0.4	11.3	0.8	0.8
Standard specification	AISI D2, W.-Nr. 1.2379					
Delivery condition	Soft annealed to approx. 210 HB					
Colour code	Yellow/white					

Applications

Uddeholm Sverker 21 is recommended for tools requiring very high wear resistance, combined with moderate toughness (shock-resistance). In addition to the applications listed in the product information brochure for Uddeholm Sverker 3, it is used when cutting thicker, harder materials; when forming with tools subjected to bending stresses and where high impact loads are involved.

Uddeholm Sverker 21 can be supplied in various finishes, including the hot-rolled, pre-machined and fine machined condition. It is also available in the form of hollow bar and rings.

Cutting	Material thickness	Material Hardness (HB)	
		<180 HRC	>180 HRC
<i>Tools for:</i> Blanking, fine-blanking, punching, cropping, shearing, trimming, clipping	<3 mm (1/8") 3–6 mm (1/8–1/4")	60–62 58–60	58–60 54–56
Short, cold shears. Shredding knives for waste plastics. Granulator knives			56–60
Circular shears			58–60
Clipping, trimming tools for forgings		Hot Cold	58–60 56–58
Wood milling cutters, reamers, broaches			58–60

Forming	HRC
<i>Tools for:</i> Bending, forming, deep-drawing, rim-rolling, spinning and flow-forming	56–62
Coining dies	56–60
Cold extrusion dies	58–60
Punches	56–60
Tube- and section forming rolls; plain rolls	58–62
Tools for powder compaction	58–62
<i>Dies for moulding of:</i> Ceramics, bricks, tiles, grinding wheels, tablets, abrasive plastics	58–62
Thread-rolling dies	58–62
Cold-heading tools	56–60
Crushing hammers	56–60
Swaging tools	56–60
Mandrels for cold drawing of tubes	54–60
Gauges, measuring tools, guide rails, bushes, sleeves, knurling tools, sandblast nozzles	58–62

Properties

Physical data

Hardened and tempered to 62 HRC. Data at ambient temperature and elevated temperatures.

Temperature	20°C (68°F)	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density, kg/m ³ lbs/in ³	7 700 0,277	7 650 0,276	7 600 0,275
Coefficient of thermal expansion – at low temperature tempering per °C from 20°C per °F from 68°F	– –	12.3 × 10 ⁻⁶ 6.8 × 10 ⁻⁶	– –
– at high temperature tempering per °C from 20°C per °F from 68°F	– –	11.2 × 10 ⁻⁶ 6.2 × 10 ⁻⁶	12 × 10 ⁻⁶ 6.7 × 10 ⁻⁶
Thermal conductivity W/m °C Btu in/ft ² h °F	20,0 139	21,0 146	23,0 159
Modulus of elasticity MPa ksi	210 000 30 450	200 000 29 000	180 000 26 100
Specific heat J/kg °C Btu/lb °F	460 0.110	– –	– –

Compressive strength

The figures are to be considered as approximate.

Hardness HRC	Compressive yield strength, Rc0,2	
	MPa	ksi
62	2200	319
60	2150	312
55	1900	276
50	1650	239

Heat treatment

soft annealing

Protect the steel and heat through to 850°C (1560°F). Then cool in the furnace at 10°C (20°F) per hour to 650°C (1200°F), then freely in air.

Stress-relieving

After rough machining the tool should be heated through to 650°C (1200°F), holding time 2 hours. Cool slowly to 500°C (930°F), then freely in air.

Hardening

Preheating temperature: 650–750°C (1110–1290°F).

Austenitizing temperature: 990–1080°C (1810–1975°F) but usually 1000–1040°C (1830–1905°F).

Temperature °C	Temperature °F	Soaking* time minutes	Hardness before tempering
990	1815	60	approx. 63 HRC
1010	1850	45	approx. 64 HRC
1030	1885	30	approx. 65 HRC
1080	1975	30	approx. 64 HRC

* Soaking time = time at austenitizing temperature after the tool is fully heated through

Protect the part against decarburization and oxidation during hardening.

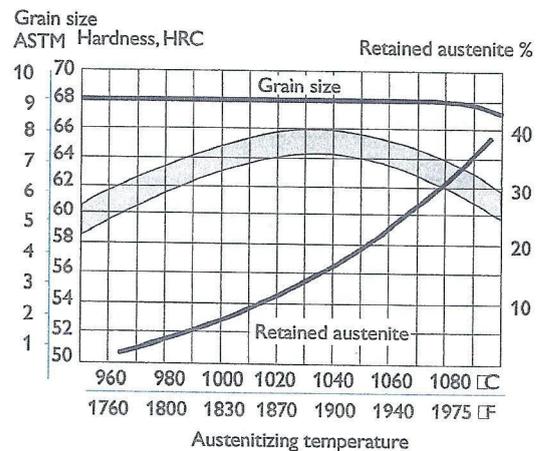
Quenching media

- Oil (Only very simple geometries)
- Vacuum (high speed gas)
- Forced air/gas
- Martempering bath or fluidized bed at 180–500°C (360–930°F), then cooling in air

Note: Temper the tool as soon as its temperature reaches 50–70°C (120–160°F). Uddeholm Sverker 21 hardens through in all standard sizes.

The tempering curves are obtained after heat treatment of ► samples with a size of 15 x 15 x 40 mm, cooling in forced air. Lower hardness can be expected after heat treatment of tools and dies due to factors like actual tool size and heat treatment parameters.

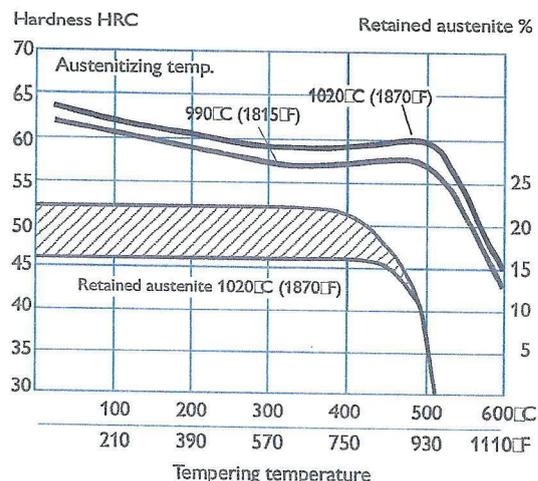
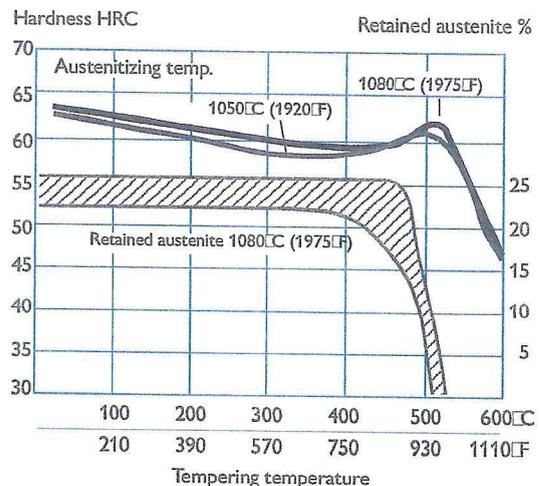
HARDNESS AS A FUNCTION OF AUSTENITIZING TEMPERATURE



Tempering

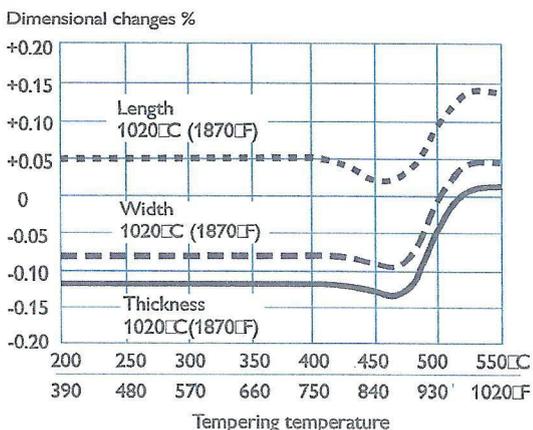
Choose the tempering temperature according to the hardness required by reference to the tempering graph. Temper twice with intermediate cooling to room temperature. Lowest tempering temperature 180°C (360°F). Holding time at temperature minimum 2 hours.

TEMPERING GRAPH

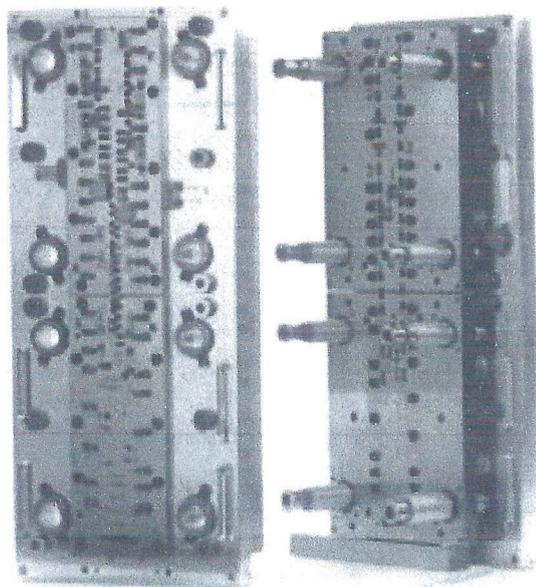


Dimensional changes after hardening and tempering

Heat treatment: Austenitizing temperature 1020°C (1870°F), 30 minutes, cooling in vacuum equipment with 2 bar overpressure. Tempering at various temperatures 2 x 2 hours. Sample, 80 x 80 x 80 mm.



Note: Recommended machining allowance 0.15%.



Progressive tool.

Sub-zero treatment

Pieces requiring maximum dimensional stability should be sub-zero treated, as volume changes may occur in the course of time. This applies, for example, to measuring tools like gauges and certain structural components.

Immediately after quenching the piece should be sub-zero treated to between -70 and -80°C (-95 to -110°F)—soaking time 3–4 hours—followed by tempering. Sub-zero treatment will give a hardness increase of 1–3 HRC. Avoid intricate shapes as there will be risk of cracking.

Aging occurs at 110–140°C during 25–100 hours.

Nitriding and nitrocarburizing

Nitriding will give a hard surface layer which is very resistant to wear and erosion, and also increases corrosion resistance. A temperature of 525°C (975°F) gives a surface hardness of approx. 1250 HV₁.

Nitriding temperature		Depth of case Nitriding time hours	approx.	
°C	°F		mm	in
525	980	20	0.25	0.010
525	980	30	0.30	0.012
525	980	60	0.35	0.014

2 hours Nitrocarburizing at 570°C (1060°F) gives a surface hardness of approx. 950 HV₁. The case depth having this hardness will be 10–20 μm (0.0004"–0.0008"). The figures refers to hardened and tempered material.



Machining

The cutting data below are to be considered as guiding values which must be adapted to existing local conditions.

Turning

Cutting data parameters	Turning with carbide		Turning with high speed steel Fine turning
	Rough turning	Fine turning	
Cutting speed (v_c) m/min. f.p.m.	100–150 328–492	150–200 492–656	12–15 40–50
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.2–0.4 0.008–0.016	0.05–0.2 0.002–0.008	0.05–0.3 0.002–0.012
Depth of cut (a_p) mm inch	2–6 0.08–0.20	–2 –0.08	–2 –0.08
Carbide designation ISO	K15–K20*	K15–K20*	–

* Use a wear resistant Al_2O_3 coated carbide grade

Drilling

HIGH SPEED STEEL TWIST DRILLS

Drill diameter		Cutting speed (v_c)		Feed (f)	
mm	inch	m/min	f.p.m.	mm/r	i.p.r.
–5	–3/16	10–12*	30–40*	0.05–0.15	0.002–0.006
5–10	3/16–3/8	10–12*	30–40*	0.15–0.20	0.006–0.008
10–15	3/8–5/8	10–12*	30–40*	0.20–0.25	0.008–0.010
15–20	5/8–3/4	10–12*	30–40*	0.25–0.35	0.010–0.014

* For coated HSS drill $v_c = 18–20$ m/min. (59–66 f.p.m.)

CARBIDE DRILLS

Cutting data parameters	Type of drill		
	Indexable insert	Solid carbide	Carbide tip ¹⁾
Cutting speed (v_c) m/min. f.p.m.	130–150 426–495	70–90 230–295	35–45 115–148
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.05–0.25 ²⁾ 0.002–0.010 ³⁾	0.10–0.25 ³⁾ 0.004–0.010 ³⁾	0.15–0.25 ⁴⁾ 0.006–0.010 ⁴⁾

¹⁾ Drill with replaceable or brazed carbide tip

²⁾ Feed rate for drill diameter 20–40 mm (0.8"–1.6")

³⁾ Feed rate for drill diameter 5–20 mm (0.2"–0.8")

⁴⁾ Feed rate for drill diameter 10–20 mm (0.4"–0.8")

Milling

FACE AND SQUARE SHOULDER FACE MILLING

Cutting data parameters	Milling with carbide	
	Rough milling	Fine milling
Cutting speed (v_c) m/min. f.p.m.	90–130 295–426	130–180 426–590
Feed (f_z) mm/tooth in/tooth	0.2–0.4 0.008–0.016	0.1–0.2 0.004–0.008
Depth of cut (a_p) mm inch	2–4 0.08–0.16	–2 –0.08
Carbide designation, ISO	K20, P20*	K20, P20*

* Use a wear resistant Al_2O_3 coated carbide grade

END MILLING

Cutting data parameters	Type of milling		
	Solid carbide	Carbide indexable insert	High speed steel
Cutting speed (v_c) m/min. f.p.m.	70–100 230–328	80–110 262–360	12–17 ¹⁾ 40–56 ¹⁾
Feed (f_z) mm/tooth in/tooth	0.03–0.2 ²⁾ 0.001–0.008 ²⁾	0.08–0.2 ²⁾ 0.003–0.008 ²⁾	0.05–0.35 ²⁾ 0.002–0.014 ²⁾
Carbide designation ISO	–	K15–K20 ³⁾	–

¹⁾ For coated HSS end mill $v_c = 25–30$ m/min. (82–98 f.p.m.)

²⁾ Depending on radial depth of cut and cutter diameter

³⁾ Use a Al_2O_3 coated carbide grade

Grinding

General grinding wheel recommendations are given below. More information can be found in the Uddeholm publication "Grinding of Tool Steel".

Type of grinding	Wheel recommendation	
	Soft annealed condition	Hardened condition
Face grinding straight wheel	A 46 HV	B151 R75 B3 ¹⁾ A 46 GV ²⁾
Face grinding segments	A 24 GV	3SG 36 HV ²⁾ A 36 GV
Cylindrical grinding	A 46 KV	B126 R75 B3 ¹⁾ A 60 KV ²⁾
Internal grinding	A 46 JV	B126 R75 B3 ¹⁾ A 60 HV
Profile grinding	A 100 LV	B126 R100 B6 ¹⁾ A 120 JV ²⁾

¹⁾ If possible use CBN wheels for this application

²⁾ Preferable a wheel type containing sintered Al_2O_3

Welding

Good results when welding tool steel can be achieved if proper precautions are taken during welding (elevated working temperature, joint preparation, choice of consumables and welding procedure). If the tool is to be polished or photo-etched, it is necessary to work with an electrode type of matching composition.

Welding method	Working temperature	Consumables	Hardness after welding
MMA (SMAW)	200–250°C	Inconel 625-type	280 HB
		UTP 67S	55–58 HRC
		Castolin EutecTrode 2	56–60 HRC
		Castolin EutecTrode 6	59–61 HRC
TIG	200–250°C	Inconel 625-type	280 HB
		UTPA 73G2	53–56 HRC
		UTPA 67S	55–58 HRC
		UTPA 696	60–64 HRC
		CastoTig 45303W	60–64 HRC

Electrical-discharge machining

If spark-erosion, EDM, is performed in the hardened and tempered condition, the tool should then be given an additional temper at approx. 25°C (50°F) below the previous tempering temperature.

Further information can be obtained from the Uddeholm brochure “EDM of tool steel”.

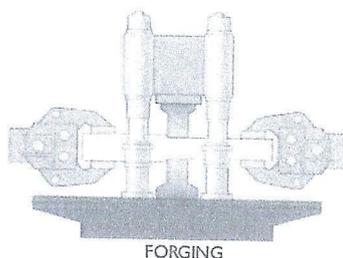
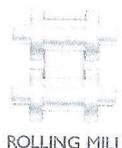
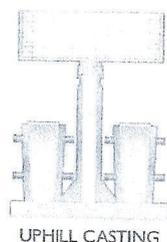
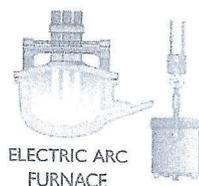
Further information

Contact your local Uddeholm office for further information on the selection, heat treatment, application and availability of Uddeholm tool steel, including the publications “Steel for Cold Work Tooling”.

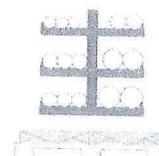
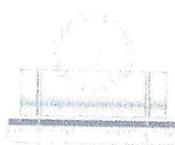
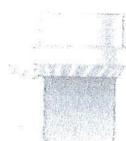
Relative comparison of Uddeholm cold work tool steel

Material properties and resistance to failure mechanisms

Uddeholm grade	Hardness/ Resistance to plastic deformation	Machinability	Grindability	Dimension stability	Resistance to		Fatigue cracking resistance	
					Abrasive wear	Adhesive wear	Ductility/ resistance to chipping	Toughness/ gross cracking
ARNE	█	█	█	█	█	█	█	█
CALMAX	█	█	█	█	█	█	█	█
CALDIE (ESR)	█	█	█	█	█	█	█	█
RIGOR	█	█	█	█	█	█	█	█
SLEIPNER	█	█	█	█	█	█	█	█
SVERKER 21	█	█	█	█	█	█	█	█
SVERKER 3	█	█	█	█	█	█	█	█
VANADIS 4 EXTRA	█	█	█	█	█	█	█	█
VANADIS 6	█	█	█	█	█	█	█	█
VANADIS 10	█	█	█	█	█	█	█	█
VANADIS 23	█	█	█	█	█	█	█	█
VANCRON 40	█	█	█	█	█	█	█	█



MACHINING



STOCK

The Conventional Tool Steel Process

The starting material for our tool steel is carefully selected from high quality recyclable steel. Together with ferroalloys and slag formers, the recyclable steel is melted in an electric arc furnace. The molten steel is then tapped into a ladle.

The de-slagging unit removes oxygen-rich slag and after the de-oxidation, alloying and heating of the steel bath are carried out in the ladle furnace. Vacuum de-gassing removes elements such as hydrogen, nitrogen and sulphur.

In uphill casting the prepared moulds are filled with a controlled flow of molten steel from the ladle. From this, the steel goes directly to our rolling mill or to the forging press to be formed into round or flat bars.

HEAT TREATMENT

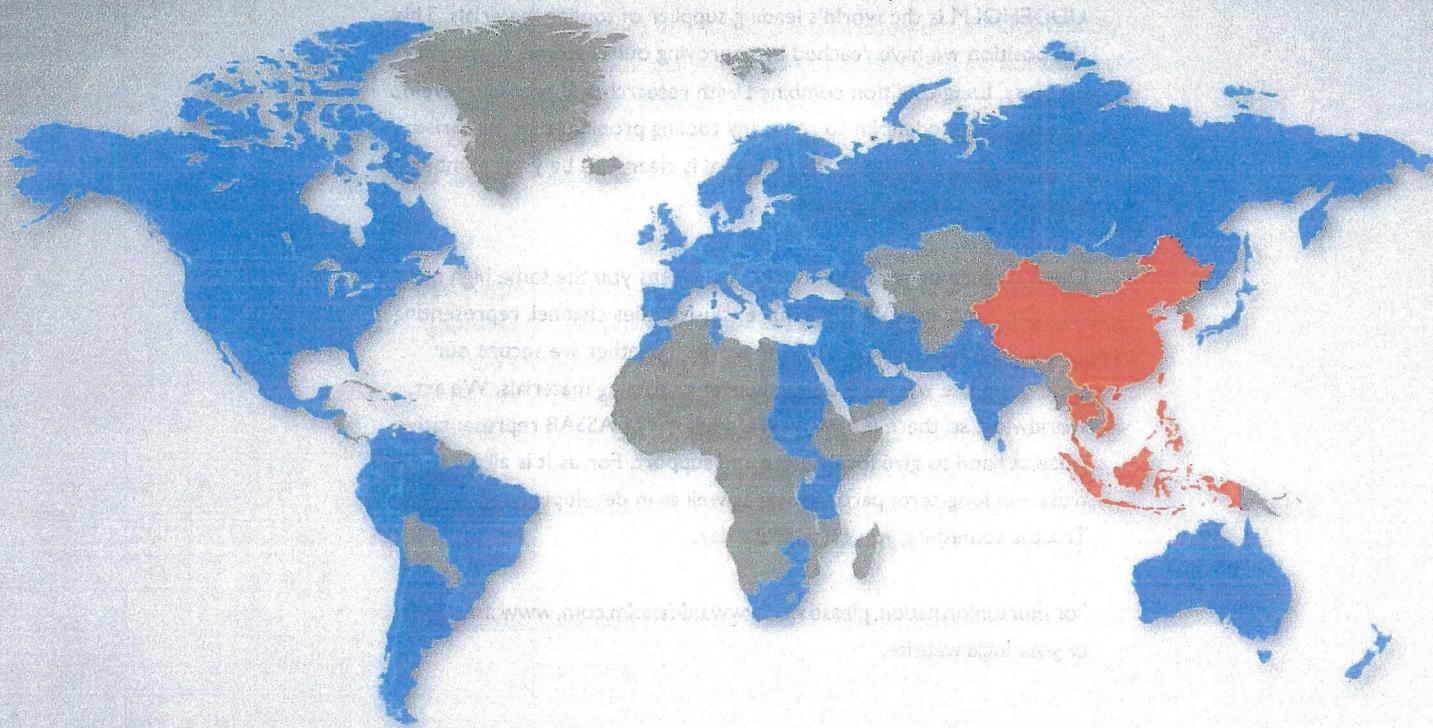
Prior to delivery all of the different bar materials are subjected to a heat treatment operation, either as soft annealing or hardening and tempering. These operations provide the steel with the right balance between hardness and toughness.

MACHINING

Before the material is finished and put into stock, we also rough machine the bar profiles to required size and exact tolerances.

In the lathe machining of large dimensions, the steel bar rotates against a stationary cutting tool. In peeling of smaller dimensions, the cutting tools revolve around the bar.

To safeguard our quality and guarantee the integrity of the tool steel we perform both surface- and ultrasonic inspections on all bars. We then remove the bar ends and any defects found during the inspection.



Network of excellence

UDDEHOLM is present on every continent. This ensures you high-quality Swedish tool steel and local support wherever you are. ASSAB is our exclusive sales channel, representing Uddeholm in various parts of the world. Together we secure our position as the world's leading supplier of tooling materials.



www.assab.com

Jorge Gomes

julho de 2018



Atlântica www.uddeholm.com

UDDEHOLM is the world's leading supplier of tooling materials. This is a position we have reached by improving our customers' everyday business. Long tradition combined with research and product development equips Uddeholm to solve any tooling problem that may arise. It is a challenging process, but the goal is clear – to be your number one partner and tool steel provider.

Our presence on every continent guarantees you the same high quality wherever you are. ASSAB is our exclusive sales channel, representing Uddeholm in various parts of the world. Together we secure our position as the world's leading supplier of tooling materials. We act worldwide, so there is always an Uddeholm or ASSAB representative close at hand to give local advice and support. For us it is all a matter of trust – in long-term partnerships as well as in developing new products. Trust is something you earn, every day.

For more information, please visit www.uddeholm.com, www.assab.com or your local website.

Anexo 23

**Certificado e relatório de ensaio do aço C265 da
Ramada Aços**

lvii

RAMADA AÇOS

SPECIAL STEEL SOLUTIONS

RELATÓRIO DE ENSAIO - 2.2

ORIGINAL

DE ACORDO COM EN 10204 : 2004 CERTIFICADO N° 673489
 ACCORDING TO CERTIFICATE N°

CLIENTE CUSTOMER	GALUCHO-INDÚSTRIAS METALOMECÂNICAS, SA	N/PEDIDO N° OUR ORDER N°	864733 / 20
MORADA ADDRESS	AVENIDA CENTRAL 4 SÃO JOÃO DAS LAMPAS 2705-737 SÃO JOÃO DAS LAMPAS	V/PEDIDO N° YOUR ORDER N°	R2013.5.00389

GUIA REMESSA/FACTURA N° DELIVERY N°/INVOICE N°	592640/33015069	QUANTIDADE (kg) QUANTITY (kg)	123,000	ORDEM DE FABRICO N° WORK N°	-----	DATA DATE	07/06/2018
---	------------------------	----------------------------------	----------------	--------------------------------	-------	--------------	-------------------

DESIGNAÇÃO PRODUTO **AÇO C265 RED 100**
 QUALITY

MATERIAL N° (1.2379)
 WERKSTOFF N°

COMPOSIÇÃO QUÍMICA / CHEMICAL COMPOSITION (%)

N° VAZAMENTO HEAT N°	LOTE BATCH	C	Cr	Mn	Mo	P	S	Si	V			
DV67296	C13	1.56	11.3	0.35	0.73	0.020	0.0006	0.34	0.74			

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS / MECHANICAL PROPERTIES

N° VAZAMENTO HEAT N°	LOTE BATCH	Dureza HB							
DV67296	C13	235							

OUTROS ENSAIOS / OTHER TEST RESULTS

N° VAZAMENTO HEAT N°	LOTE BATCH								

OBSERVAÇÕES / OBSERVATIONS

Estado de Fornecimento:

Confirmamos que os produtos enviados estão conforme a vossa encomenda e que os dados do documento original foram transcritos para este documento de inspeção.
 We hereby certify that the materials included are consistent with your order and the original document data were transcript to this inspection document.

VALIDADO POR: **Pedro Cunha e Silva**
 (Direcção da Qualidade)

D2209-1
 Processado e impresso por computador, e é válido sem assinatura.

Sede - Ovar
 Avenida da Régua, Apartado 10
 3884-004 Ovar
 Tel. 256 580 400
 Fax 256 580 410
 ramada.acos@ramada.pt
 www.ramada.pt

Braga
 Av. Eng.º José Rolo - Lote F1,
 Parque Industrial de Celeirós,
 4705-414 Celeirós - Braga
 Tel. 253 605 350
 Fax 253 605 353
 acos.bragal@ramada.pt

Porto
 Zona Industrial da Maia I, Sector VII,
 Trav. Eng. Nobre da Costa, nº 75,
 4470-977 Moreira da Maia
 Tel. 229 430 303
 Fax 229 430 304
 acos.porto@ramada.pt

Águeda
 Lugar do Brejo
 3750-711 Recardães
 Tel. 234 600 030
 Fax 234 600 034
 acos.agueda@ramada.pt

Marinha Grande
 Estrada Pero Neto
 2430-902 Marinha Grande
 Tel. 244 575 680
 Fax 244 575 688
 acos.m.grande@ramada.pt

Lisboa
 Vila Amélia, Lote 288
 2950-805 Ota, do Anjo Palmela
 Tel. 212 889 900
 Fax 212 889 916
 acos.lisboa@ramada.pt

Anexo 24

**Certificado e relatório de ensaio do aço C265 da
Ramada Aços**

lix

RAMADA AÇOS

SPECIAL STEEL SOLUTIONS

RELATÓRIO DE ENSAIO - 2.2

ORIGINAL

DE ACORDO COM EN 10204 : 2004 CERTIFICADO N° 673488
 ACCORDING TO CERTIFICATE N°

CLIENTE CUSTOMER	GALUCHO-INDÚSTRIAS METALOMECÂNICAS, SA	N/PEDIDO N° OUR ORDER N°	864733 / 30
MORADA ADDRESS	AVENIDA CENTRAL 4 SÃO JOÃO DAS LAMPAS 2705-737 SÃO JOÃO DAS LAMPAS	V/PEDIDO N° YOUR ORDER N°	R2013.5.00389

GUIA REMESSA/FACTURA N° DELIVERY N°/INVOICE N°	592640/33015069	QUANTIDADE (kg) QUANTITY (kg)	84,000	ORDEM DE FABRICO N° WORK N°	-----	DATA DATE	07/06/2018
---	------------------------	----------------------------------	---------------	--------------------------------	-------	--------------	-------------------

DESIGNAÇÃO PRODUTO *AÇO C265 REC 158X35
 QUALITY

MATERIAL N° (1.2379)
 WERKSTOFF N°

COMPOSIÇÃO QUÍMICA / CHEMICAL COMPOSITION(%)

N° VAZAMENTO HEAT N°	LOTE BATCH	C	Cr	Mn	Mo	P	S	Si	V			
.N70935	A7	1.53	11.3	0.28	0.75	0.019	0.0006	0.31	0.74			

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS / MECHANICAL PROPERTIES

N° VAZAMENTO HEAT N°	LOTE BATCH	Dureza HB							
.N70935	A7	235							

OUTROS ENSAIOS / OTHER TEST RESULTS

N° VAZAMENTO HEAT N°	LOTE BATCH								

OBSERVAÇÕES / OBSERVATIONS

Estado de Fornecimento:

Confirmamos que os produtos enviados estão conforme a vossa encomenda e que os dados do documento original foram transcritos para este documento de inspeção.
 We hereby certify that the materials included are consistent with your order and the original document data were transcript to this inspection document.

VALIDADO POR: Pedro Cunha e Silva
 (Direcção da Qualidade)

D2209-1
 Processado e impresso por computador, e é válido sem assinatura.

Sede - Ovar
 Avenida da Régua, Apartado 10
 3884-004 Ovar
 Tel. 256 580 400
 Fax 256 580 410
 ramada.acos@ramada.pt
 www.ramada.pt

Braga
 Av. Eng.º José Rolo - Lote F1.
 Parque Industrial de Celeirós,
 4705-414 Celeirós - Braga
 Tel. 253 605 350
 Fax 253 605 353
 acos.braga@ramada.pt

Porto
 Zona Industrial da Maia I, Sector VII,
 Trav. Eng. Nobre da Costa, nº 75,
 4470-597 Moreira da Maia
 Tel. 229 430 303
 Fax 229 430 304
 acos.porto@ramada.pt

Águeda
 Lugar do Brejo
 3750-711 Recardães
 Tel. 234 600 030
 Fax 234 600 034
 acos.agueda@ramada.pt

Marinha Grande
 Estrada Pero Neto
 2430-902 Marinha Grande
 Tel. 244 575 680
 Fax 244 575 688
 acos.m.grande@ramada.pt

Lisboa
 Vila Amélia, Lote 288
 2950-805 Qta. do Anjo Palmela
 Tel. 212 888 900
 Fax 212 888 916
 acos.lisboa@ramada.pt



Anexo 25 a 28

Certificado e relatório de ensaio do aço S355J2H da
Hoberg & Driesch

lxi a lxvii

**TRINECKÉ ŽELEZÁRNY**
MORAVIA STEELA03 Document No. - Bescheinigung-Nr.:
A 2017/05/005780-NAV

Sheet - Seite: 1 / 3



A01, A05

Manufacturer: TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. /Průmyslová 1000 /Staré Město /739 61 Třinec /Czech Republic
Production mill: VT - VALCOVNA TRUB / Vystavní 1132 / 706 02 Ostrava - Vítkovice / Czech Republic

A07 Purchaser's order No.: Kundenbestell-Nr.:	A08 Works order No./ Contract No.: Werksauftrag-Nr./Kontrakt-Nr.:	A06 Consignee: Empfänger:	
450008085	9600246940 0041435645 / 324	Hoberg & Driesch GmbH & Co. KG Röhrengroßhandel Theodorstraße 101 40472 Düsseldorf Deutschland	
A10 Advice-Note No. - Aviso-Nr. : 17/05/003152/04 13.05.2017			
A02 Type of Inspection document - Art der Prüfbescheinigung: Inspection certificate 3.1- Abnahmeprüfzeugnis 3.1, EN 10204:2004			
B01, B09-B11 Product, product dimensions, specification Erzeugnis, Masse des Erzeugnisses, Spezifikation	B08, B13 Quantity Menge	B02.1 Steel designation Stahlbezeichnung	B02.2 Product / Dimensional standard Materialnorm/Abmessungsnorm
Seamless Steel Tubes Hot Rolled Nahtlose Stahlrohre warmgewalzt 76,10 x 8,00 mm	130 pcs/stck 739,160 mtrs/m 9983 kgs/kg	S355J2H E355+N St 52.4 P355N/TC1	EN 10210-1 04/2006 EN 10297-1 02/2003 DIN 1630 10/1984 EN 10216-3 12/2013 EN 10210-2 04/2006
B04 Product delivery condition - Lieferzustand des Erzeugnisses: normalized-normalisiert			
B03 Supplementary requirements - Zusätzliche Anforderungen: AD 2000-Merkblatt W4 Abschnitt 7, AD 2000-Merkblatt W10, VdTÜV-Werkstoffblatt 354/2 PED 2014/68/EU (No.: 07/202/9190/WZ/0812/16) Manufacturer declares that is certified according to Article 4.3, Annex I of Directive 2014/68/EU and acc. to AD 2000-Merkblatt W0 by the notified body TÜV NORD reg. No 0045. Certificates are valid until September 2019. Der Hersteller erklärt, daß er nach Pkt.4.3 Anhang I, der Richtlinie 2014/68/EU und nach AD 2000-Merkblatt W0 von der benannten Stelle TÜV NORD Reg. Nr. 0045 zertifiziert ist. Zertifikate sind bis September 2019 gültig. Confirmation of the sufficient statistical reliability of the dimensions with wall thickness \leq 30 mm issued by TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG 20.04.2015. Bestätigung der ausreichenden statistischen Sicherheit für Abmessungen \leq 30 mm Dicke mit Bestätigung der TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG vom 20.04.2015.			

Z02 Confirmed - Bestätigt: Marta Uhrová, Ing.,
Head of Attestation, Releasing and External inspection VT, Independent authorized agent
Der Leiter die Attestierung, Freigabe und Agnahme VT, unabhängiger berechtigter Vertreter

Z02

Ostrava-Vitkovice
15 05 2017

tel.: 00420/59/560/2160

**TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.**
Průmyslová 1000, Staré Město
739 61 Třinec 131Z03 Independent authorized agent
Unabhängiger berechtigter Vertreter



TRINECKÉ ŽELEZÁRNY
MORAVIA STEEL

A03 Document No. - Bescheinigung-Nr.:
A 2017/05/005780-NAV

Sheet - Seite: 2/ 3

A01, A05

Manufacturer: TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. /Průmyslová 1000 /Staré Město /739 61 Třinec /Czech Republic
Production mill : VT – VALCOVNA TRUB / Výstavní 1132 / 706 02 Ostrava – Vítkovice / Czech Republic

Requirements - Vorschrift :																	
B07.1 Heat No. Schmelze Nr.	B07.2 Specimen No. Prüfung-Nr.	C10* Specimen shape Probenform	C11 Yield Strength Streckgrenze ReH MPa	C12 Tensile Strength Zugfestigkeit Rm MPa	C13 Elongation Dehnung A5 %	C14 Reduction of area Bruchseinschnürung Z %											
			min 355	500-630	min 22												
		C02 Specimen direction: Probenrichtung:	L	C03 Test temperature(°C): Prüftemperatur(°C):	+21	C15 Test method: Prüfmethode:	ENISO 6892-1 A2										
V06765	642303/P	P	466	543	27,7	-											
V06833	642302/P	P	468	553	29,2	-											
V06837	642301/P	P	461	559	26,0	-											
* P - Flat specimen - Flachprobe K - Round specimen - Rundprobe																	
B07.1 Heat No. Schmelze Nr.	B07.2 Specimen No. Prüfung-Nr.	C40 Impact test Kerbschlagbiegeversuch KV2 J	C44 Lateral expandit Lateral Breitung mm	C45 Shear fracture area Scherbruchfläche %													
		C41 5x10 mm															
		C02 Specimen direction: Probenrichtung:	L	C03 Test temperature(°C): Prüftemperatur(°C):	-20	C46 Test method: Prüfmethode:	ISO 148-1										
		C42 Individual values Einzelwerte	C43 Mean value Mittelwert	C44.1 Individual values Einzelwerte	C44.2 Mean value Mittelwert	C45.1 Individual values Einzelwerte	C45.2 Mean value Mittelwert										
V06765	642303/P	98 95 94	96														
V06833	642302/P	91 91 92	91														
V06837	642301/P	92 89 91	91														
C70 Steelmaking process - Stahlherstellungverfahren: Electric arc furnace-Elektrischer Ofen Not vacuum degassed-Nicht Vakuumentgast																	
C71-C92 Heat chemical analysis In % - Chemische Schmelze-Analyse % : Ceq max.: 0,43																	
B07.1 Heat No. Schmelze Nr.	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Al	Nb	N	Ceq		
V06765	0,17	1,13	0,21	0,012	0,006	0,15	0,06	0,16	0,020	0,022	0,002	0,023	0,001	0,0100	0,41		
V06833	0,17	1,13	0,22	0,017	0,004	0,14	0,06	0,19	0,010	0,027	0,001	0,024	0,001	0,0090	0,42		
V06837	0,17	1,12	0,21	0,017	0,006	0,12	0,05	0,17	0,010	0,025	0,001	0,020	0,001	0,0100	0,41		

Z02 Confirmed - Bestätigt: Marta Uhrová, Ing.,
Head of Attestation, Releasing and External inspection VT, Independent authorized agent
Der Leiter die Attestierung, Freigabe und Agnahme VT, unabhängiger berechtigter Vertreter



TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.
Průmyslová 1000, Staré Město
739 61 Třinec 131

Z02

Ostrava-Vitkovice
15.05.2017

tel.: 00420/59/560/2180

Z03 Independent authorized agent
Unabhängiger berechtigter Vertreter

 TRINECKÉ ŽELEZÁŘNY MORAVIA STEEL		HEAT TREATMENT REPORT WARMBEHANDLUNG REPORT Appendix at / Anlage zum Inspection certificate 3.1- Abnahmeprüfzeugnis 3.1 A 2017/05/005780-NAV	
DIMENSION : ABMESSUNG (mm) :	76,1x8,0	SHOP ORDER No.: AUFTRAG :	9600246940
HEAT No.: SCHMELZE :		V06765 V06833 V06837	
MATERIAL SPECIFICATION AND GRADE : GUETE :		S355J2H E355 P355N St 52.4	
TYPE OF HEAT TREATMENT : ART DER WARMBEHANDLUNG :		NORMALIZED NORMALISIERT	
MINIMUM TEMPERATURE : MINIMUM TEMPERATUR :		900°C	

Ostrava-Vítkovice: 15.05.2017

tel: 00420/59/560/2160


TRINECKÉ ŽELEZÁŘNY, S.C.
Průmyslová 1000, Staré Město
739 61 Trinec 131

.....
Independent authorized agent
Unabhängiger berechtigter Vertreter

**TRINECKÉ ŽELEZÁRNY**
MORAVIA STEELA03 Document No. - Bescheinigung-Nr.:
A 2017/05/005780-NAV

Sheet - Seite: 3/ 3

A01, A05

Manufacturer: TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. /Průmyslová 1000 /Staré Město /739 61 Třinec /Czech Republic
Production mill : VT - VALCOVNA TRUB / Výtavní 1132 / 706 02 Ostrava - Vítkovice / Czech Republic

C50, D01, D02-D50, D51 Other requirements - Weitere Anforderungen:		
Visual and dimensional inspection Visuelle und Abmessungskontrolle		- satisfactory - hat entsprochen
Flattening test Ringfaltversuch	ENISO 8492	- satisfactory - hat entsprochen
Ring expanding test Ringaufdornversuch bis zum Zerreißen	100% ENISO 8495	- satisfactory - hat entsprochen
Test on tightness by NDT Zerstörungsfreie Dichtheitsprüfung	ENISO 10893-1 (8 MPa)	- satisfactory - hat entsprochen
B06 Marking of the product - Kennzeichnung des Erzeugnisses: Hardstamping - Stempelung: -Manufacturer's logo EN 10210-1 S355J2H EN 10297-1 E355N EN 10216-3 P355N TC1 DIN 1630 S152.4 Inspector's symbol Heat number 4500008085 -Zeichen des Herstellers EN 10210-1 S355J2H EN 10297-1 E355N EN 10216-3 P355N TC1 DIN 1630 S152.4 Zeichen des Werksachverständigen Schmelznummer 4500008085 B15 Supplementary information - Ergänzende Angaben: The Mass Activity value of Ionizing Radiation in the Heat Analysis doesn't exceed 100 Bq/kg. Der Wert der Gewichtsaktivität der Ionisierenden Strahlung in der Schmelzanalyse übersteigt keine 100 Bq/kg. EN 10210-1, paragraph 5.2, option 1.5 The tubes weren't repaired by welding. Die Rohre wurden durch Schweissarbeiten nicht ausgebessert. Appendix: Declaration of Performance, Heat treatment report. Anlage: Erklärung der Eigenschaften, Warmbehandlung report.		
	Z04	 10 0045-CPR-0812
Z01 ALL PRODUCTS MEET REQUIREMENTS OF ABOVE MENTIONED STANDARDS AND REQUIREMENTS SPECIFIED IN ORDER. THE DECLARATION IS ISSUED UNDER THE SOLE RESPONSIBILITY OF THE SUPPLIER. ALLE PRODUKTE ENTSPRECHEN DEN O.A. NORMEN UND FORDERUNGEN IN DER BESTELLUNG. DIE ERKLÄRUNG WURDE AUSSCHLIESSLICH AUF EIGENE VERANTWORTUNG DES LIEFERANTEN HERAUSGEGEBEN.	A04 Manufacturer's mark - Zeichen des Herstellers: 	
Z06 Electronical version of this document is protected by the electronical signature according to Law No. 227/2000Coll. Die elektronische Version dieses Dokuments ist mittels elektronischer Unterschrift entsprechend dem Gesetz Nr. 227/2000Slg. geschützt.		

Z02 Confirmed - Bestätigt. Maria Uhrová, Ing.,
Head of Attestation, Releasing and External inspection VT, Independent authorized agent
Der Leiter die Attestierung, Freigabe und Agnahme VT, unabhängiger berechtigter Vertreter

Z02

Ostrava-Vitkovice :
15.05.2017

tel.: 00420/59/560/2160

**TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.**
Průmyslová 1000, Staré Město
739 61 Třinec 131Z03 Independent authorized agent
Unabhängiger berechtigter Vertreter

Anexo 29

Certificado e relatório de ensaio do aço F-
1252/42CrMos4 da Aceros IMS



CERTIFICADO DE CALIDAD QUALITY CERTIFICATE

EN 10204-3.1

CLIENTE / CUSTOMER EXPEDICIÓN / EXPEDITION

IMS PORTUGAL COMERCIO ACOS, S.A.
EDIF. IMS - TAPADA NOVA- CAPA ROTA
2710 297 SINTRA
PORTUGAL

ALBARAN / DELIVERY NOTE: 61706
FECHA / DATE: 190517

PRODUCTO SOLICITADO / REQUIRED PRODUCT

CALIDAD / GRADE	F-1252/42CrMoS4 ✓	COLADA / HEAT	60219470
ESTADO / DELIVERY COND.	T ✓	PERFIL / SHAPE	R ✓
MEDIDA / SIZE	70 ✓	PESO (KG) / WEIGHT	7162

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA COLADA / CHEMICAL COMPOSITION

C	MN	SI	P	S	CR	NI	MO	V	CU	AL	SN	TI	NB	PB
0,420	0,770	0,240	0,021	0,028	1,120	0,002	0,022		0,001	0,029	0,012			0,007

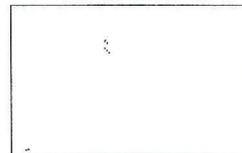
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA COLADA / MECHANICAL PROPERTIES

TRATAMIENTO TÉRMICO DE PROBETA HEAT TREATMENT TEST PIECES	RM N./mm ²	RE N./mm ²	A %	Z %	DUREZA HB HARDNESS	RESILIENCIA (J) RESILIENCE -20° C TIPO PROBETA/TEST PIECE KV
2 UT TEST STANDARD: SEP1921-1984	1016,00	920,00	16,50		6,8	7,8 8,5

MICROINCLUSIONES / MICRO INCLOSIONS TAMAÑO GRANO / GRAIN SIZE

NORMA / NORM: AFNOR NFA 04-106 / JERNKONTORET							
A		B		C		D	
F	G	F	G	F	G	F	G
-	-	-	-	-	-	-	-

MATERIAL LIBRE DE RADIOACTIVIDAD



ENSAYOS JOMINY / JOMINY TEST

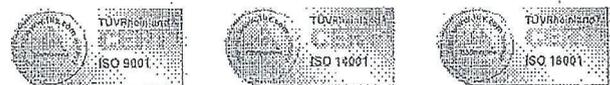
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS / OTHER TESTS

- CONTROL ULTRASONIDOS / ULTRASONIC TEST
- CONTROL ANTIMEZCLAS / ANTIMIXING CONTROL
- CONTROL DEFECTOS SUPERFICIALES / SURFACE DEFECT CONTROL

OBSERVACIONES / REMARKS

Aceros IMS dispone de un SISTEMA INTEGRADO DE GESTION que le permite emitir sus propios certificados de calidad.
Nuestra política de confidencialidad establece que, siendo nuestros certificados copia literal de los suministrados por los proveedores, seanlos de Aceros IMS los que se entreguen ya que garantizan igualmente la calidad suministrad.

TRANSCRIPCIÓN DEL CERTIFICADO DEL FABRICANTE / TRANSCRIPTION OF SUPPLIER'S CERTIFICATE



Anexo 30

**Certificado e relatório de ensaio do aço 16MnCrS5
da Leali Steel**

 <p>LEALI STEEL Part of the Masch Group</p> <p><small>Sede legale, Amministrativa e Stabilimento: 32051 Borgo Valsugana (TN) Italia - Via Pulato, 4 Tel. 0039 0461753517 - Fax 0039 0461752762 Stabilimento: 25076 Odole (BS) Italia - Via Garibaldi, 5 - Tel. 0039 03658281 - Fax 0039 0365828280 Cod. Fisc. 06166280969 - P. IVA 09166280969</small></p>		<p>CERTIFICATO DI COLLAUDO 3.1 INSPECTION CERTIFICATE 3.1 EN 10204:2004 Mod. PGQ 08.2.4 A</p>		<p>Numero/Number AS04579/2016 Data / date 06/04/2016</p>																																																																									
<p>Cliente /Customer ROLMETAIS-ACOS FINOS E METAIS, S.A. RUA DO BRASIL, 505 - ZONA IND. 3880 108 OVAR</p>		<p>Ordine cliente/Customer order 023-1610 Conferma /Confirmation ODO16AS00000435-8000 22/02/2016</p>		<p>D.D.T/ Delivery ODO16AS001816 06/04/2016</p>																																																																									
<p>Prodotto /Product Tondo Acciaio /Steel grade 16MnCrS5</p>		<p>Dimensioni (mm) Size 80 Colata /Heat 1T0007105</p>		<p>Lunghezza nominale (mm) Nominal length (mm) 6.000 Specifiche di riferimento /Specifications</p>		<p>Peso (Kg) Weight (Kg) 4.800 Stato fornitura /Delivery condition</p>																																																																							
<p>ANALISI CHIMICA DI COLATA (%) / HEAT ANALYSIS (%)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>C</th> <th>Mn</th> <th>Si</th> <th>S</th> <th>P</th> <th>Cr</th> <th>Ni</th> <th>Mo</th> <th>Al</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0,168</td> <td>1,139</td> <td>0,211</td> <td>0,020</td> <td>0,025</td> <td>0,921</td> <td>0,107</td> <td>0,019</td> <td>0,027</td> </tr> <tr> <td colspan="10">PRESCRIZIONI / LIMITS</td> </tr> <tr> <td>Min</td> <td>0,140</td> <td>1,000</td> <td></td> <td>0,020</td> <td></td> <td>0,800</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Max</td> <td>0,190</td> <td>1,300</td> <td>0,400</td> <td>0,040</td> <td>0,025</td> <td>1,100</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Al		0,168	1,139	0,211	0,020	0,025	0,921	0,107	0,019	0,027	PRESCRIZIONI / LIMITS										Min	0,140	1,000		0,020		0,800				Max	0,190	1,300	0,400	0,040	0,025	1,100																							
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Al																																																																				
	0,168	1,139	0,211	0,020	0,025	0,921	0,107	0,019	0,027																																																																				
PRESCRIZIONI / LIMITS																																																																													
Min	0,140	1,000		0,020		0,800																																																																							
Max	0,190	1,300	0,400	0,040	0,025	1,100																																																																							
<p>TEMPRABILITA' JOMINY / JOMINY TEST EN ISO 642</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempra (°C) / Quenching (°C)</th> <th>1.5</th> <th>3</th> <th>5</th> <th>7</th> <th>9</th> <th>11</th> <th>13</th> <th>15</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>30</th> <th>35</th> <th>40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>mm</td> <td>43,5</td> <td>42,9</td> <td>38,7</td> <td>33,3</td> <td>30,4</td> <td>28,0</td> <td>26,1</td> <td>25,4</td> <td>22,5</td> <td>21,0</td> <td>20,6</td> <td>20,0</td> <td>19,6</td> </tr> <tr> <td colspan="14">PRESCRIZIONI / LIMITS</td> </tr> <tr> <td>Min</td> <td>39,0</td> <td>36,0</td> <td>31,0</td> <td>28,0</td> <td>24,0</td> <td>21,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Max</td> <td>47,0</td> <td>46,0</td> <td>44,0</td> <td>41,0</td> <td>39,0</td> <td>37,0</td> <td>35,0</td> <td>33,0</td> <td>31,0</td> <td>30,0</td> <td>29,0</td> <td>28,0</td> <td>27,0</td> </tr> </tbody> </table>								Tempra (°C) / Quenching (°C)	1.5	3	5	7	9	11	13	15	20	25	30	35	40	mm	43,5	42,9	38,7	33,3	30,4	28,0	26,1	25,4	22,5	21,0	20,6	20,0	19,6	PRESCRIZIONI / LIMITS														Min	39,0	36,0	31,0	28,0	24,0	21,0								Max	47,0	46,0	44,0	41,0	39,0	37,0	35,0	33,0	31,0	30,0	29,0	28,0	27,0
Tempra (°C) / Quenching (°C)	1.5	3	5	7	9	11	13	15	20	25	30	35	40																																																																
mm	43,5	42,9	38,7	33,3	30,4	28,0	26,1	25,4	22,5	21,0	20,6	20,0	19,6																																																																
PRESCRIZIONI / LIMITS																																																																													
Min	39,0	36,0	31,0	28,0	24,0	21,0																																																																							
Max	47,0	46,0	44,0	41,0	39,0	37,0	35,0	33,0	31,0	30,0	29,0	28,0	27,0																																																																
<p>PROVA DI TRAZIONE / TENSILE TEST EN 10002-1:2001</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Stato provino</th> <th colspan="2">TEMPRATO E DISTESO</th> <th>Re (Mpa)</th> <th>A%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rm (Mpa)</td> <td colspan="2">PRESCRIZIONI / LIMITS</td> <td>PRESCRIZIONI / LIMITS</td> <td>PRESCRIZIONI / LIMITS</td> </tr> <tr> <td>1088</td> <td>Min 1030</td> <td>Max 1370</td> <td>927</td> <td>Min 735</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>9,6</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Min 8,0</td> </tr> </tbody> </table>								Stato provino	TEMPRATO E DISTESO		Re (Mpa)	A%	Rm (Mpa)	PRESCRIZIONI / LIMITS		PRESCRIZIONI / LIMITS	PRESCRIZIONI / LIMITS	1088	Min 1030	Max 1370	927	Min 735					9,6					Min 8,0																																													
Stato provino	TEMPRATO E DISTESO		Re (Mpa)	A%																																																																									
Rm (Mpa)	PRESCRIZIONI / LIMITS		PRESCRIZIONI / LIMITS	PRESCRIZIONI / LIMITS																																																																									
1088	Min 1030	Max 1370	927	Min 735																																																																									
				9,6																																																																									
				Min 8,0																																																																									
<p>GRANO AUSTENITICO/AUSTENITIC GRAIN SIZE EN ISO 643:2003</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensione / Size</th> <th>7</th> <th>PRESCRIZIONI / LIMITS</th> <th>Min 5</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Dimensione / Size	7	PRESCRIZIONI / LIMITS	Min 5	Max																																																																	
Dimensione / Size	7	PRESCRIZIONI / LIMITS	Min 5	Max																																																																									
<p>MICROPUREZZA/CLEANESS DIN 50502-85</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Inclusioni K</th> <th>K4</th> <th>= 18</th> <th>PRESCRIZIONI / LIMITS</th> <th>Max 40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Inclusioni K	K4	= 18	PRESCRIZIONI / LIMITS	Max 40																																																																	
Inclusioni K	K4	= 18	PRESCRIZIONI / LIMITS	Max 40																																																																									
<p>ALTRE PROVE / OTHER TESTS</p> <p>Scintillatura antimiscelamento di tutte le barre (Spark-Test) Antimixing spark test on all bars</p>																																																																													

NOTE

Material fornecido pela n/FT.
N.º 74043 de 03/11/2017 e
pela v/requisição N.º 2017.01712
6 VARÕES - 1447 KG

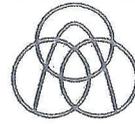
ROLMETAIS - Aços Finos e Metais, S.A.
E. N. 1, Km 32
2580-491 CARREGADO

<p>Note / Remarks</p> <p>SI CONFERMA CHE I RISULTATI DELLE PROVE SONO CONFORMI ALLE SPECIFICHE WE CONFIRM THAT THE TEST RESULTS COMPLY IN EVERY RESPECT WITH SPECIFICATIONS ESEGUITO CONTROLLO RADIOMETRICO SENZA RILEVARE LIVELLI ANOMALI DI RADIOATTIVITA' RADIOMETRIC TEST CARRIED OUT WITHOUT DETECTING ANY ANOMALOUS RADIOACTIVITY LEVELS CONFORME ALLA DIRETTIVA NR. 2000/53/CE METALLI PESANTI / ACCORDING TO DIRECTIVE N. 2000/53/CE HEAVY METALS</p>	<p>Responsabile Qualità / Quality Manager</p> <p><i>Pelizzari Ivano</i> Pelizzari Ivano</p>
---	---

Anexo 31 e 32

Certificado e relatório de ensaio do tratamento
térmico da roda dentada cod. 918196140 da
Thyssenkrupp

lxxiii a lxxv



thyssenkrupp

thyssenkrupp Materials Ibérica, S.A.U. – Sucursal em Portugal

DOC.INSPECÇÃO TIPO 3.1 - Certificado
de inspeção segundo EN10204

Cliente-Original

DATA: 2018-05-27 N°: GR GR1 / 43725 PAG. 2 de 2

GALUCHO - INDÚSTRIAS METALOMECÂNI-
CAS, SA
AV. CENTRAL, 4

VER VERSO: CONDIÇÕES PARA A EXECUÇÃO
DOS TRATAMENTOS TÉRMICOS E SUPERFICIAIS
E ABREVIATURAS

2705-737 SÃO JOÃO DAS LAMPAS SNT

N.I.F: PT500156646 CLIENTE N°: 156460 MOEDA: EUR

CODIGO AT: 6562825729

-IDENTIFICAÇÃO- POS GUIA-EXEC		DOC.INSPECÇÃO TIPO 3.1 - Certificado de inspeção segundo EN10204				
		FORNO	PROG	DATA	DUR.OBT	TIP
01	306339.01	13	9665	25.05.18	500-600	V1
02	306339.02	00	0000	00.00.00		
03	306339.03	13	9660	22.05.18	500-600	V1
04	306473.01	03	6931	25.05.18	59-61	RC
05	306473.02	13	9665	25.05.18	500-600	V1
06	306473.03	13	9665	25.05.18	500-600	V1
07	306473.04	03	6934	26.05.18	61-62	RC
08	306473.05	00	0000	00.00.00		

DEP.TÉCNICO E GESTÃO DA QUALIDADE: ENG.DOMINGOS GRANJA

OBSERVAÇÕES:

O CLIENTE:

LOCAL DE CARGA: MARINHA GRANDE DATA-HORA: 28.05.18 08:00
LOCAL DE DESCARGA: NA MORADA DO CLIENTE COD.TRANSPORTE: 77

É FAVOR ENVIAR GUIA DE REMESSA CLIENTE-DUPLICADO ASSINADA PARA O FAX 244 573 461 OU PARA O E-MAIL
ANA.LOUREIRO@THYSSENKRUPP.COM GRATOS PELA VOSSA ATENÇÃO
Emitido por programa certificado n° 2312/AT

thyssenkrupp Materials Ibérica, S.A.U. Sucursal em Portugal, Apartado 32, Quinta do Peixoto, 2584-908 Carregado, Portugal

T: +351 263 850 100, F: +351 263 850 102, www.thyssenkrupp.com

Tratamentos Térmicos e Superficiais: Apartado 230, Pero Neto, 2431-903 Marinha Grande, T: +351 244 573 460

Metais Não Ferrosos: Apartado 445, Rua 1 da Zona Ind. De Rio Meão, N° 265, 4524-907 Rio Meão, T: +351 256 780 650

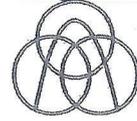
Management Board: Martin Koelink (CEO), Alex Gancedo (CFO)

Contribuinte n° PT: 980494958, Matriculada na Cons. do Reg. Com. de Alenquer.

BST 0018.0001.0020885736.06, BCO 0033.0000.00007638671.51, BES 0007.0218.00195890006.74

julho de 2018





thyssenkrupp

thyssenkrupp Materials Ibérica, S.A.U. – Sucursal em Portugal

DOC.INSPEÇÃO TIPO 3.1 - Certificado de inspeção segundo EN10204

Cliente-Original

DATA: 2018-05-27 N°: GR GR1 / 43725 PAG. 1 de 2

GALUCHO - INDÚSTRIAS METALOMECÂNICAS, SA
AV. CENTRAL, 4

VER VERSO: CONDIÇÕES PARA A EXECUÇÃO DOS TRATAMENTOS TÉRMICOS E SUPERFICIAIS E ABREVIATURAS

2705-737 SÃO JOÃO DAS LAMPAS SNT

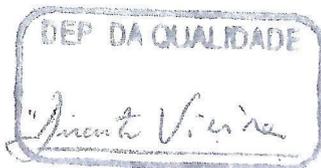
N.I.F: PT500156646 CLIENTE N°: 156460 MOEDA: EUR

CODIGO AT: 6562825729

----- REFERENCIAS DO CLIENTE -----										
POS	S/REQUIS.	QUANT	DESCRIÇÃO/OBSERVAÇÕES			MATERIAL	TRAT	DUR.PED	TIP	PESO
01	2018.1.689	329	930965018 TAMPA DO	CILINDRO	60GX50	C22	GN1		V1	234
02	2018.1.689	493	930965018 TAMPA DO (PRE-LIMPEZA DE PEÇAS)	CILINDRO	60GX50	C22	OS			1
03	2018.1.689	164	930965018 TAMPA DO	CILINDRO	60GX50	C22	GN1		V1	116
04	2018.1.00711	60	918196140 ROD. DENT.	INTER. M6	Z30 DP1	16MNCR5	GC3	58-62	RC	188
05	2018.1.00711	50	930140650 CAPACETE	CILINDRO	65	C22	GN1		V1	105
06	2018.1.00711	100	211110180 AFINADOR DO	ANGULO	20X50	C22	GN1		V1	26
07	2018.1.00711	53	213811060 CASQ.30,3X50	ENCHIMENTO		C22	GC2	-	RC	15
08	2018.1.00711	150	POS:02/03	(PRE-LIMPEZA DE PEÇAS)		C22	OS			1

Verificado a 14-06-2018

59,60 HRC ✓



[Handwritten signature]

thyssenkrupp Materials Ibérica, S.A.U. Sucursal em Portugal, Apartado 32, Quinta do Peixoto, 2584-908 Carregado, Portugal
T: +351 263 850 100, F: +351 263 850 102, www.thyssenkrupp.com

Tratamentos Térmicos e Superficiais: Apartado 230, Pero Neto, 2431-903 Marinha Grande, T: +351 244 573 460
Metais Não Ferrosos: Apartado 445, Rua 1 da Zona Ind. De Rio Meão, N° 265, 4524-907 Rio Meão, T: +351 256 780 650
Management Board: Martin Kuehnik (CEO), Alex Gancedo (CFO)

Contribuinte n° PT: 980494958, Matriculada na Cons. do Reg. Com. de Alenquer.

BST 0018.0001.0020885736.06, BCO 0033.0000.00007638671.51, BES 0007.0218.00195890006.74

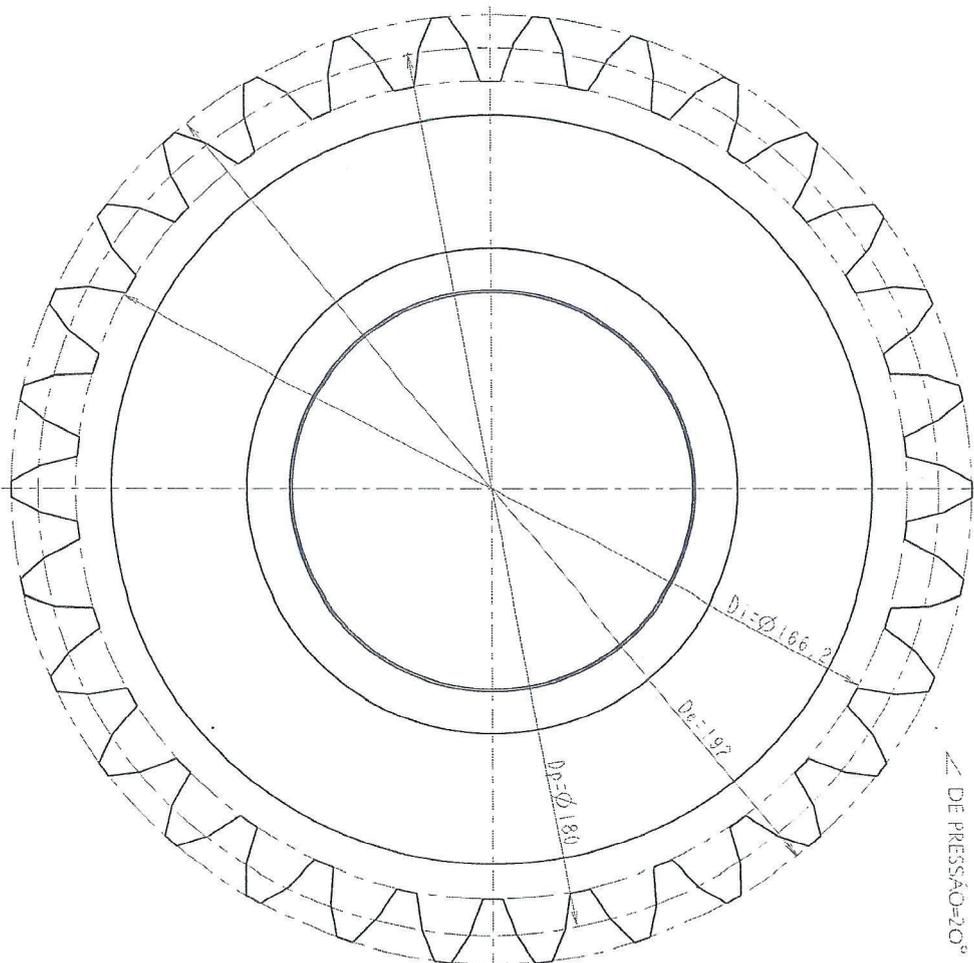
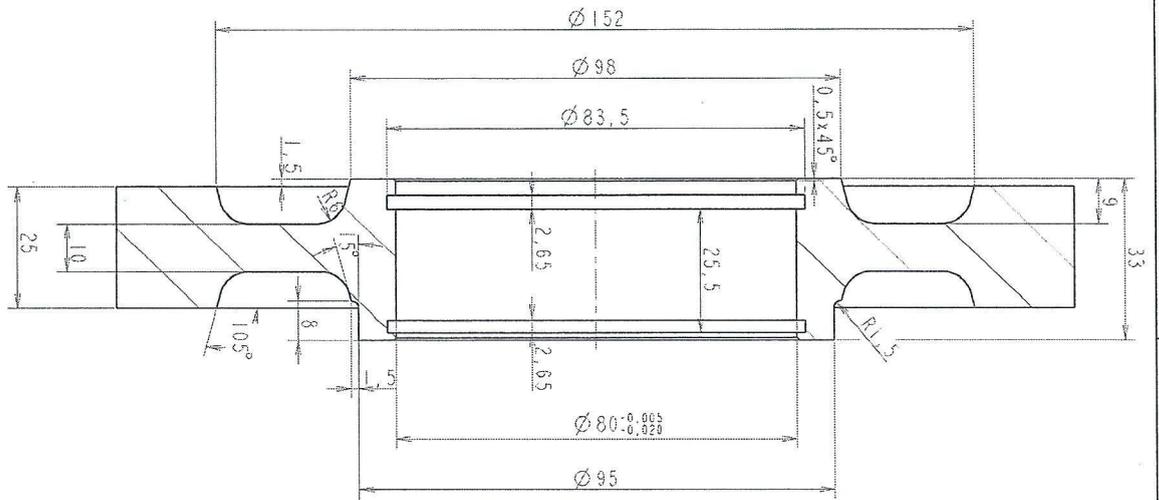
julho de 2018



Anexo 33

Desenho técnico da roda dentada cod. 918196140
(Galucho S.A)

lxxvii



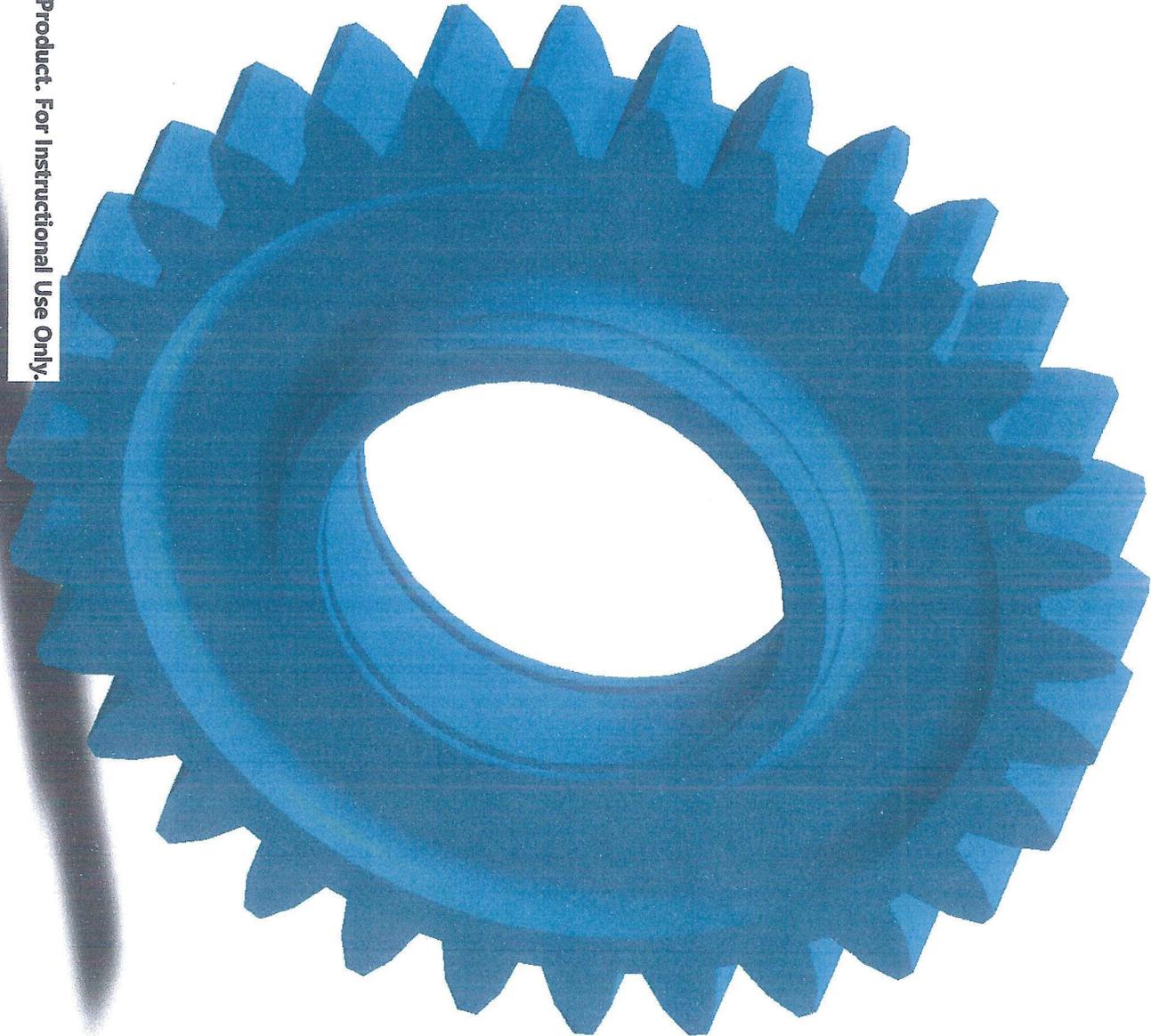
Nº DE DENTES=30
 MÓDULO=6
 DE PRESSÃO=20°

IND. REF	MODIFICAÇÕES	DATA	RUBR.	IND. REF	MODIFICAÇÕES	DATA	RUBR.
APLIC	Q1	APLIC	Q1	DATA	RUBR.	IND. REF	RUBRICA
FP1				04-FEV-03			
	DESENH	04-FEV-03					
	VERIF	04-FEV-03					
	ESCALA						
	1:1						
	TOL.FAB						
	NG-0016						
	MEDID						
	NG-0019						
	A						
RODA DENTADA INTER. M6 Z30DP180FPL							
MATERIAL				ACAB SUPERF			
150400370				DUREZA			
TRAT. TERMICO/SUPERF							
C/EMERAS							
CALUCHO S. JOAO DAS LAMPAS - PORTUGAL							
CODIGO: 918196140							
Corte Form.		Paso (G)		SUBSTITUI		SUBSTITUIDO	

Anexo 34

Imagem 3D da roda dentada cod. 918196140
(Galucho S.A)

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.

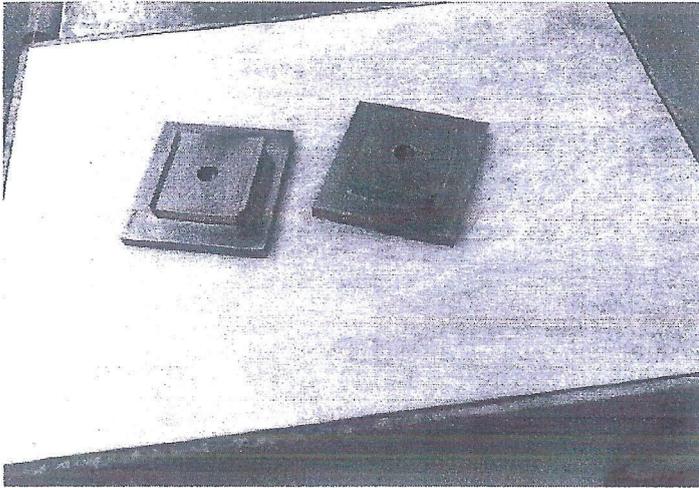


Anexos 35 e 36

**Certificado e relatório da Ramada Aços, do
tratamento térmico dos componentes da ferramenta
de compactação**

lxxxix a lxxxiii

Relatório de Ensaio Não Específico 2.2 NP EN10204



Folha Técnica N° 00700854
 Data de Emissão 06/05/2018 11:20:01
 N° da Requisição 1.00602
 Data Entrada 2018-05-03 12:55:50

Cliente	GALUCHO-INDÚSTRIAS METALOMECÂ-	
Morada	AVENIDA CENTRAL 4	2705-737

Aço	C 265
Tratamento	TÊMPERA VÁCUO

N° Peças	Peso	Referência	Descrição
2	6.48		PEÇAS
	6.48		

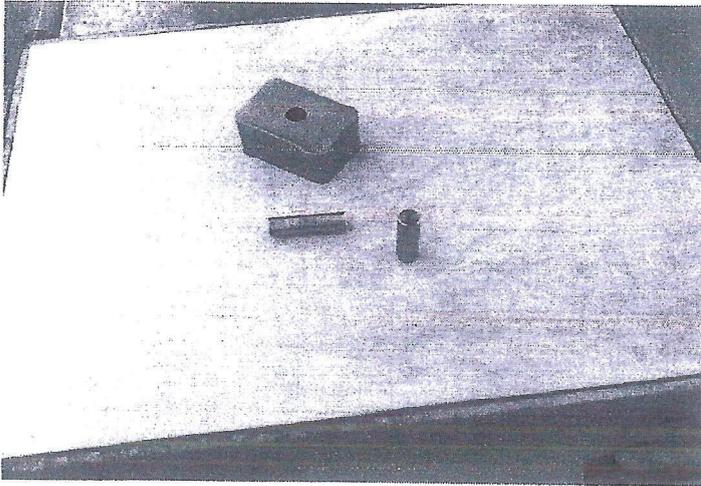
	Tipo de Dureza	Dureza		Camadas	
		Min	Max	Min	Max
Valores Pedidos	HRC	58.0	60.0		
Valores Obtidos	HRC	58.0	60.0		

Derrogações N°s :

Observações:

VALIDADO POR:
Trat Térmicos - Eng. Paulo Dias

D310.01/03 - Processado e impresso por computador e é válido sem assinatura

Relatório de Ensaio Não Específico 2.2 NP EN10204Folha Técnica Nº **00700853**

Data de Emissão 06/05/2018 11:24:11

Nº da Requisição 1.00602

Data Entrada 2018-05-03 12:55:50

Cliente GALUCHO-INDÚSTRIAS METALOMECÂNICA
Morada AVENIDA CENTRAL 4 2705-737

Aço C 265
Tratamento TÊMPERA VÁCUO

Nº Peças	Peso	Referência	Descrição
3	2.98	FC0005/6/7	PEÇAS
	2.98		

	Tipo de Dureza	Dureza		Camadas	
		Min	Max	Min	Max
Valores Pedidos	HRC	61.0	62.0		
Valores Obtidos	HRC	61.0	62.0		

Derrogações N.ºs :

Observações:

VALIDADO POR:
Trat. Térmicos - Eng. Paulo Dias

D310.01/03 - Processado e impresso por computador e é válido sem assinatura

1

Anexos 37 a 46

Gráficos da compactação das amostras de 1 a 10 das
pastilhas cerâmicas

lxxxv a ciii

**Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO**

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 250,00 kN Posición: 500,00 mm Auxiliar 1: 2,0000 mm Auxiliar 2: 10,000 V

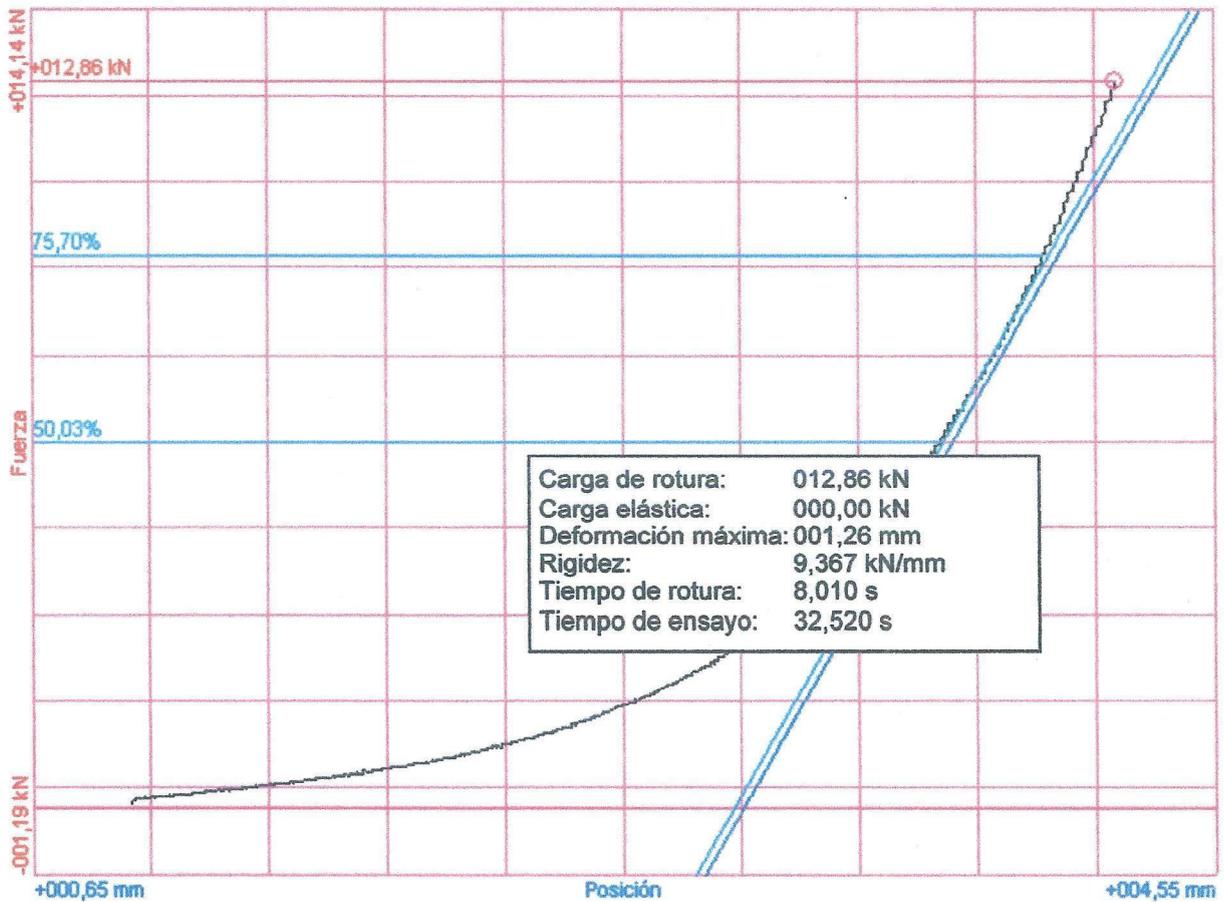
Referencias:

Fecha: 04/02/2016
Probeta: Teste Diogo/Mike

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 75,87 %
Límite inferior: 50,00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000,10 mm/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 012,78 kN

Nombre de archivo: testecorreto



**Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO**

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 250,00 kN Posición: 500,00 mm Auxiliar 1: 2,0000 mm Auxiliar 2: 10,000 V

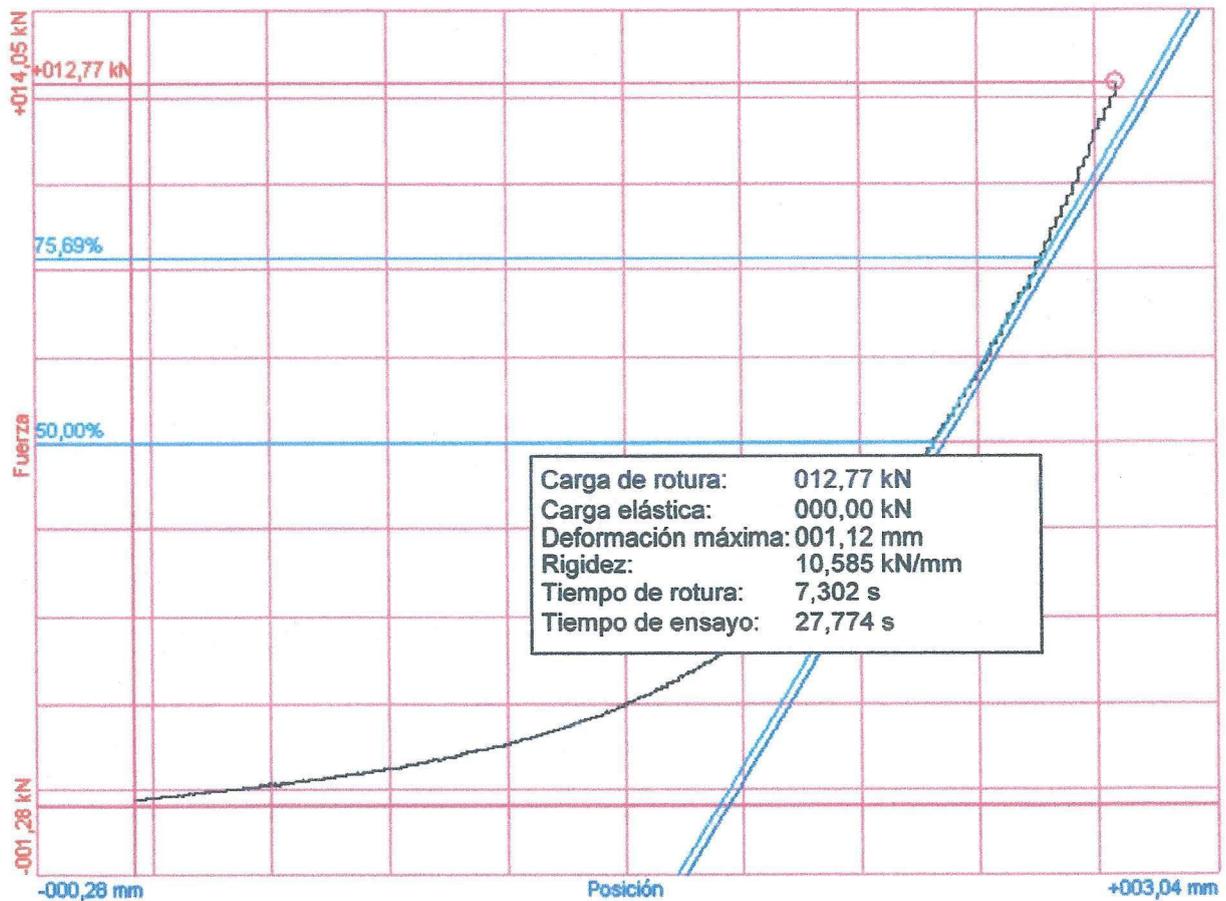
Referencias:

Fecha: 04/02/2016
Probeta: Teste Diogo/Mike

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 75,87 %
Límite inferior: 50,00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000,10 mm/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 012,78 kN

Nombre de archivo: testecorreto



1027138

Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO

Fondos de escala de los canales analógicos:

Referencias: Fuerza 250 00 KN Potencia 500 00 W Auxiliar 2 0000 mm Auxiliar 2 10 000 V
Fecha 04/02/2014
Prueba Teste Elongación

Parámetros: Sentido Compresión
Limite superior 78 81 %
Limite inferior 50 00 %
Velocidad 000 14 mm/s
Parámetro destino Fuerza
Destino relativo 012 75 %

Nombre de archivo testemoto

3
2
1

012 75 KN	Carga de rotura
000 00 KN	Carga elástica
001 12 mm	Deformación máxima
10 888 KN/mm	Rigidez
7 302 s	Tiempo de rotura
27 774 s	Tiempo de ensayo

**Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO**

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 250,00 kN Posición: 500,00 mm Auxiliar 1: 2,0000 mm Auxiliar 2: 10,000 V

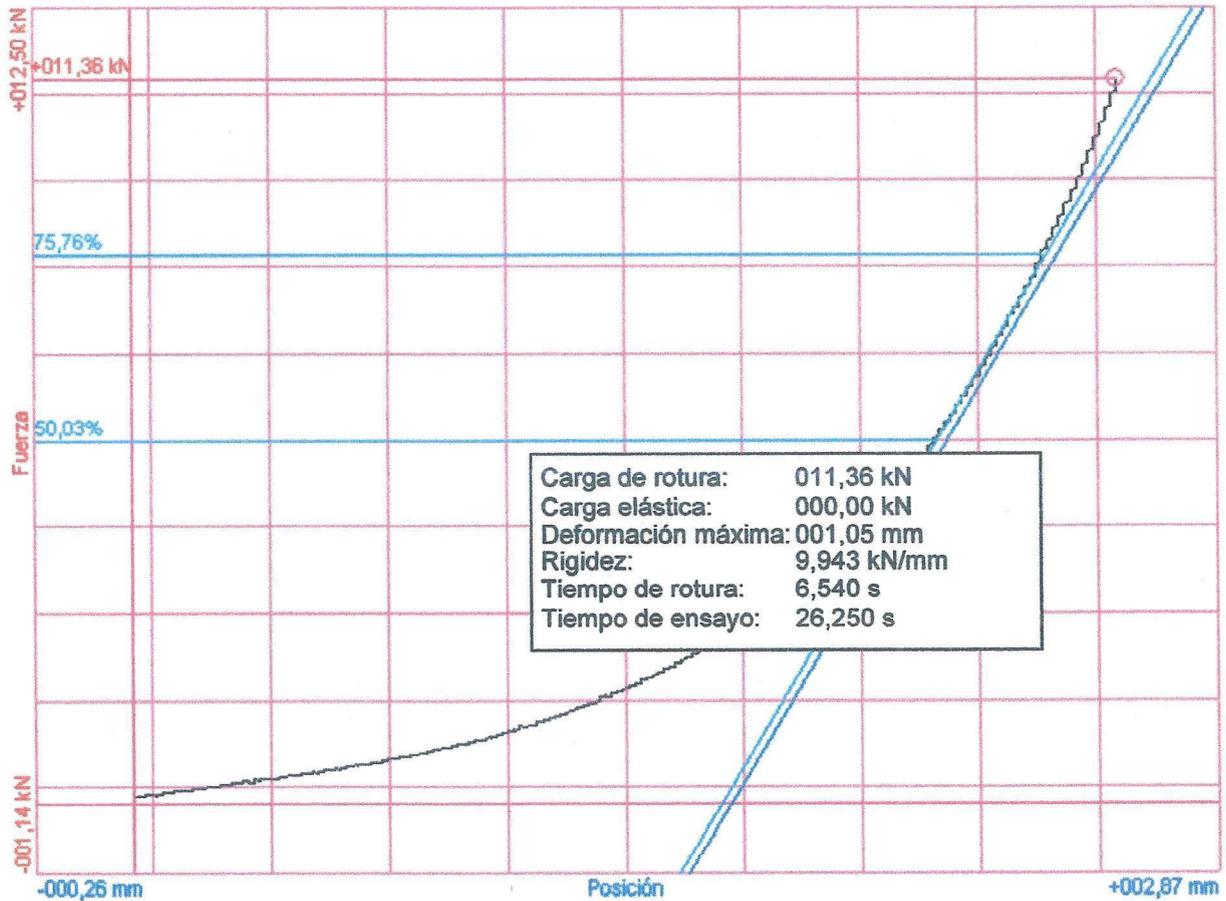
Referencias:

Fecha: 04/02/2016
Probeta: Teste Diogo/Mike

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 75,87 %
Límite inferior: 50,00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000,10 mm/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 011,36 kN

Nombre de archivo: testecorreto



**Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO**

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 250,00 kN Posición: 500,00 mm Auxiliar 1: 2,0000 mm Auxiliar 2: 10,000 V

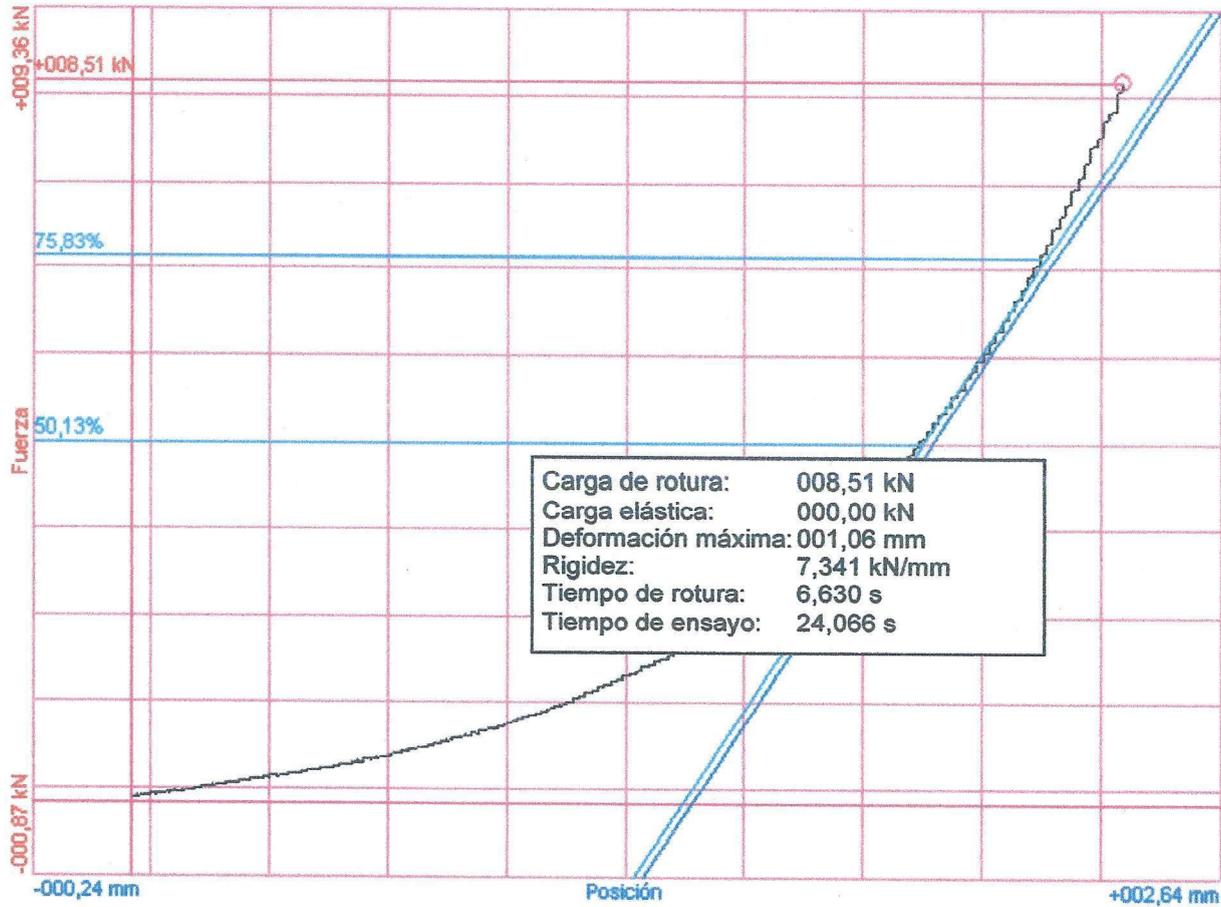
Referencias:

Fecha: 04/02/2016
Probeta: Teste Diogo/Mike

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 75,87 %
Límite inferior: 50,00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000,10 mm/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 008,52 kN

Nombre de archivo: testecorreto



10/07/2018

Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO

Resumo de resultados de los ensayos realizados.

Ensayo	Material	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Compresión (MPa)
001	Alumina	180	2000
002	Alumina	180	2000
003	Alumina	180	2000
004	Alumina	180	2000
005	Alumina	180	2000
006	Alumina	180	2000
007	Alumina	180	2000
008	Alumina	180	2000
009	Alumina	180	2000
010	Alumina	180	2000

Parámetro	Valor
Carga de rotura	008,51 kN
Carga elástica	000,00 kN
Deformación máxima	001,08 mm
Rendimiento	1,94 kN/mm
Tiempo de rotura	0,00 s
Tiempo de ensayo	0,00 s

Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 250,00 kN Posición: 500,00 mm Auxiliar 1: 2,0000 mm Auxiliar 2: 10,000 V

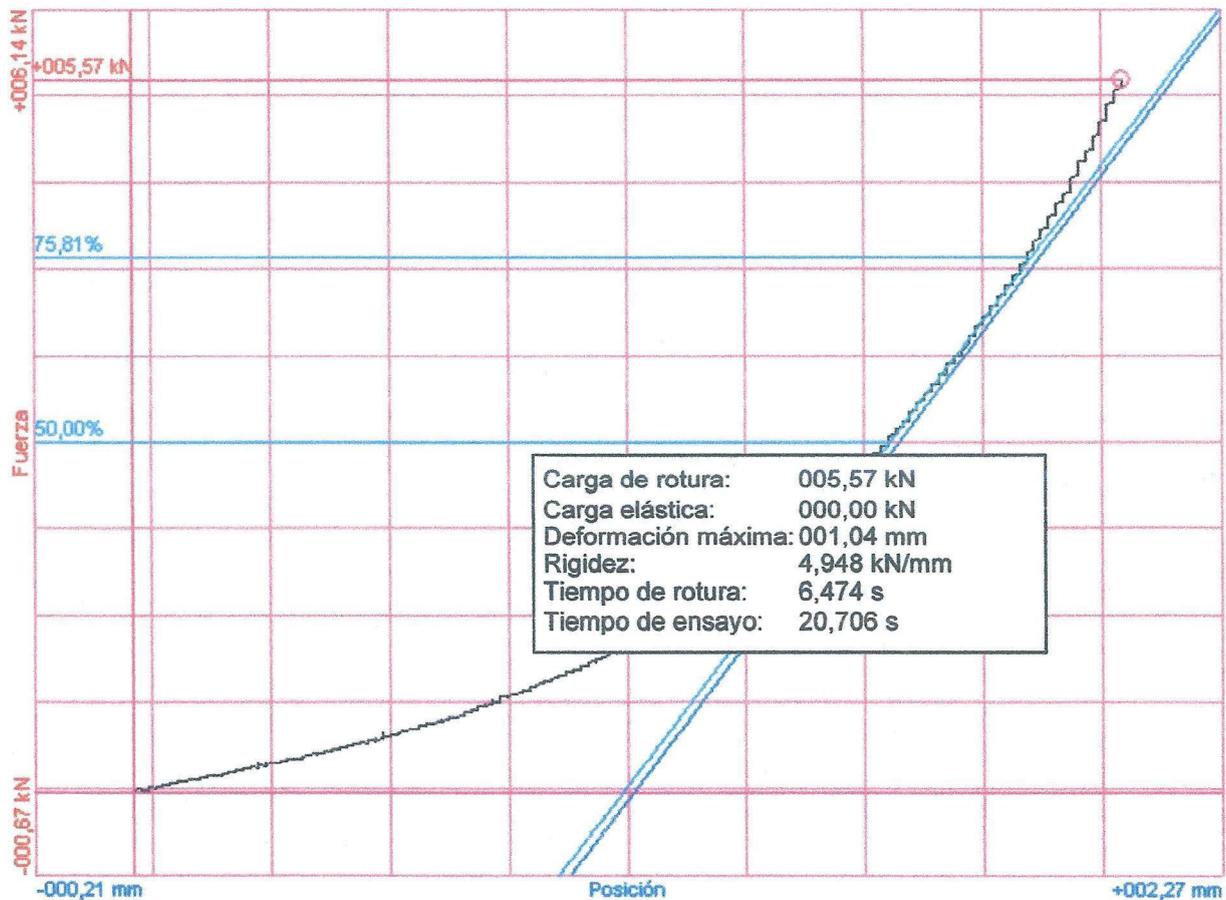
Referencias:

Fecha: 04/02/2016
Probeta: Teste Diogo/Mike

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 75,87 %
Límite inferior: 50,00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000,10 mm/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 005,68 kN

Nombre de archivo: testecorreto



10/07/18

Informe de Ensayo de Tracción
Compresión [B]
GALUCHO

Fecha de ensayo: 10/07/18
 Referencia: 10/07/18
 Tipo de ensayo: Tracción
 Material: Galucho
 Norma: EN 10002
 Estado: 001
 Tipo de pieza: Pastilla
 Dimensiones: 10x10x10 mm
 Preparación: Sin preparación
 Temperatura: 20 °C
 Velocidad de ensayo: 0,5 mm/min
 Método de ensayo: Método de ensayo de tracción
 Tipo de máquina: Máquina de ensayo de tracción
 Tipo de célula: Célula de ensayo de tracción

005,57 kN	Carga de rotura
000,00 kN	Carga elástica
001,04 mm	Deformación máxima
4,948 kN/mm	Rigidez
6,42 s	Tiempo de rotura
20,00 s	Tiempo de ensayo

Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 250,00 kN Posición: 500,00 mm Auxiliar 1: 2,0000 mm Auxiliar 2: 10,000 V

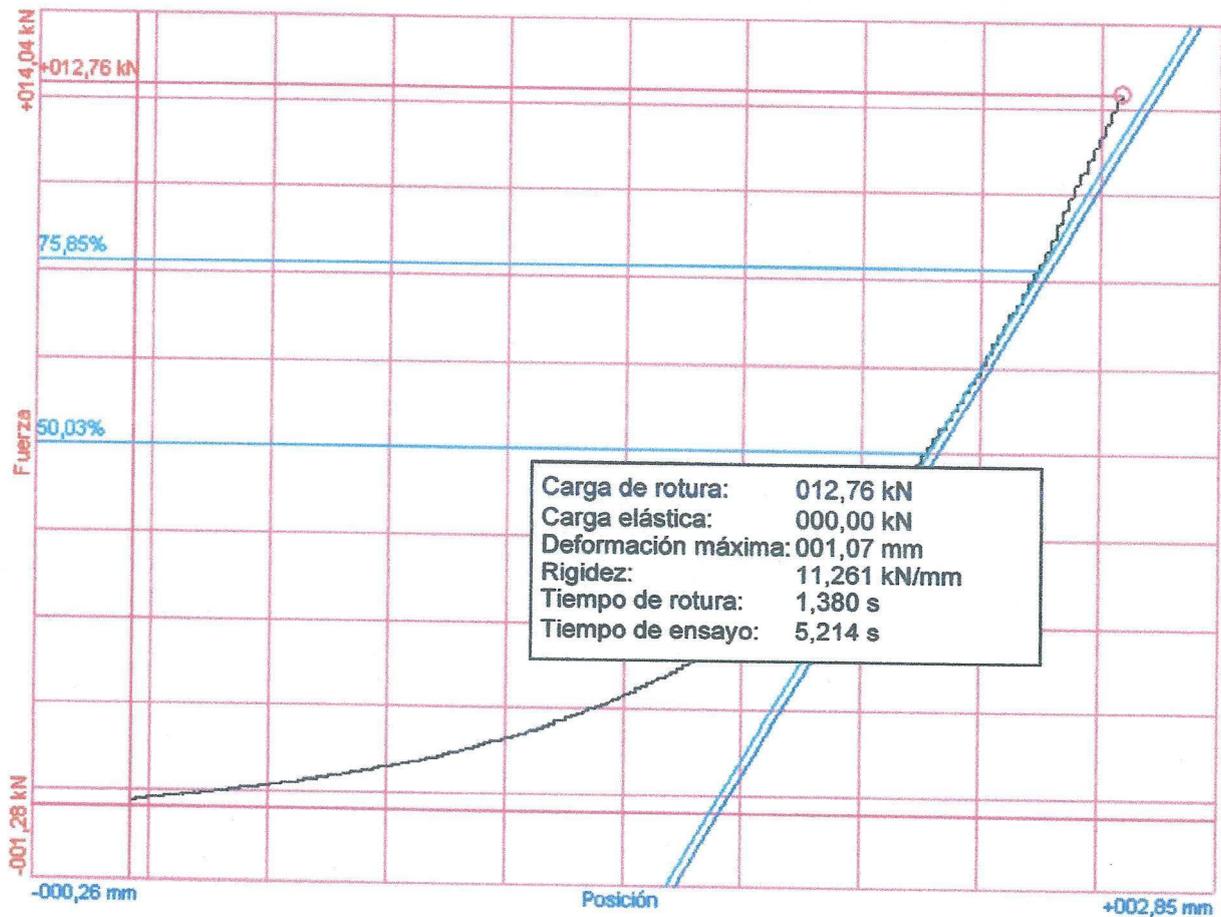
Referencias:

Fecha: 04/02/2016
Probeta: Teste Diogo/Mike

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 75,87 %
Límite inferior: 50,00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000,50 mm/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 012,78 kN

Nombre de archivo: testecorreto

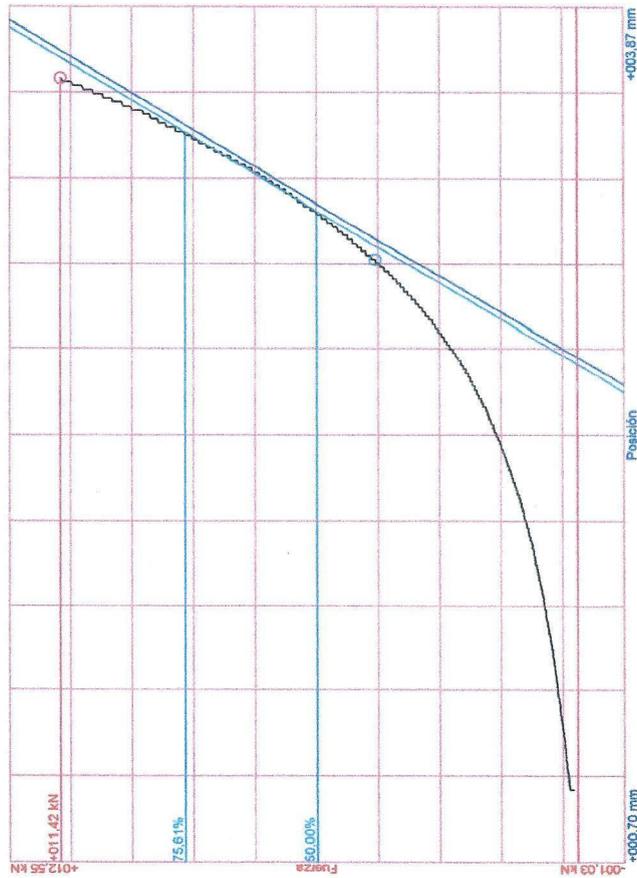


Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO

Referencia: 04402010
Fecha: Test: 01/07/2010
Fondo de escala de los canales analógicos: 250 00 N
Axeles: 800 00 mm
Almohada: 5 000 mm
Almohada: 15 000 N

Parámetros:
Señal: Compresión
Límite superior: 78 97 kg
Límite inferior: 50 00 kg
Escala: 0,02
Velocidad: 0,02 mm/s
Parámetro de deformación: Fuerza
Esfuerzo relativo: 0,12 78 kg

Tiempo de ensayo:	5 214 s
Tiempo de rotura:	1 380 s
Rigidez:	11 281 kN/mm
Deformación máxima:	0,1 07 mm
Carga elástica:	500 00 kN
Carga de rotura:	0 12 78 kN



10/02/2018

**Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO**

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 250,00 kN Posición: 500,00 mm Auxiliar 1: 2,0000 mm Auxiliar 2: 10,000 V

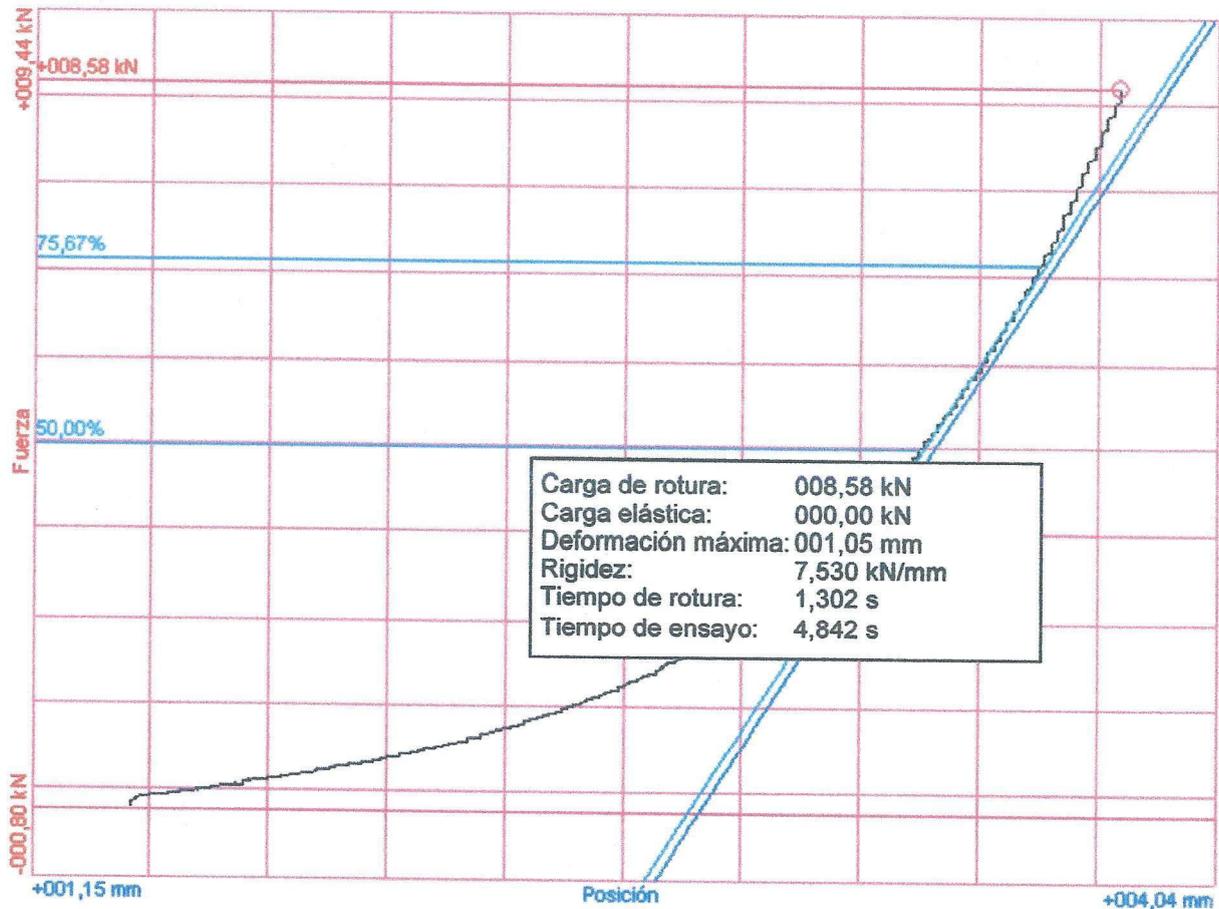
Referencias:

Fecha: 04/02/2016
Probeta: Teste Diogo/Mike

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 75,87 %
Límite inferior: 50,00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000,50 mm/s
Parámetro destino:Fuerza
Destino relativo: 008,52 kN

Nombre de archivo: Defecto



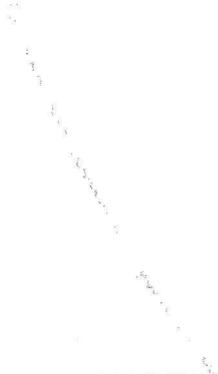
10/07/18

Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO

Formas de ensayo de los canales analógicos:
Fuerza: 380.00 KN Posición: 500.00 mm Auxiliar 1: 2.0000 mm Auxiliar 2: 10.0000 V
Referencia:
Fecha: 10-07-2018
Programa: Tarea Programática

Parámetros:
Sentido: Compresión
Carga superior: 78.87 N
Límite inferior: 50.00 N
Parámetro control: Posición
Velocidad: 0.01 mm/min
Fuerza de ruptura: 008.88 N
Carga relativa: 008.88 N

Número de ensayo: Defecto



Carga de rotura:	008.88 KN
Carga elástica:	000.00 KN
Deformación máxima:	001.05 mm
Rigidez:	7.530 KN/mm
Tiempo de rotura:	1.302 s
Tiempo de ensayo:	4.842 s

**Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO**

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 250,00 kN Posición: 500,00 mm Auxiliar 1: 2,0000 mm Auxiliar 2: 10,000 V

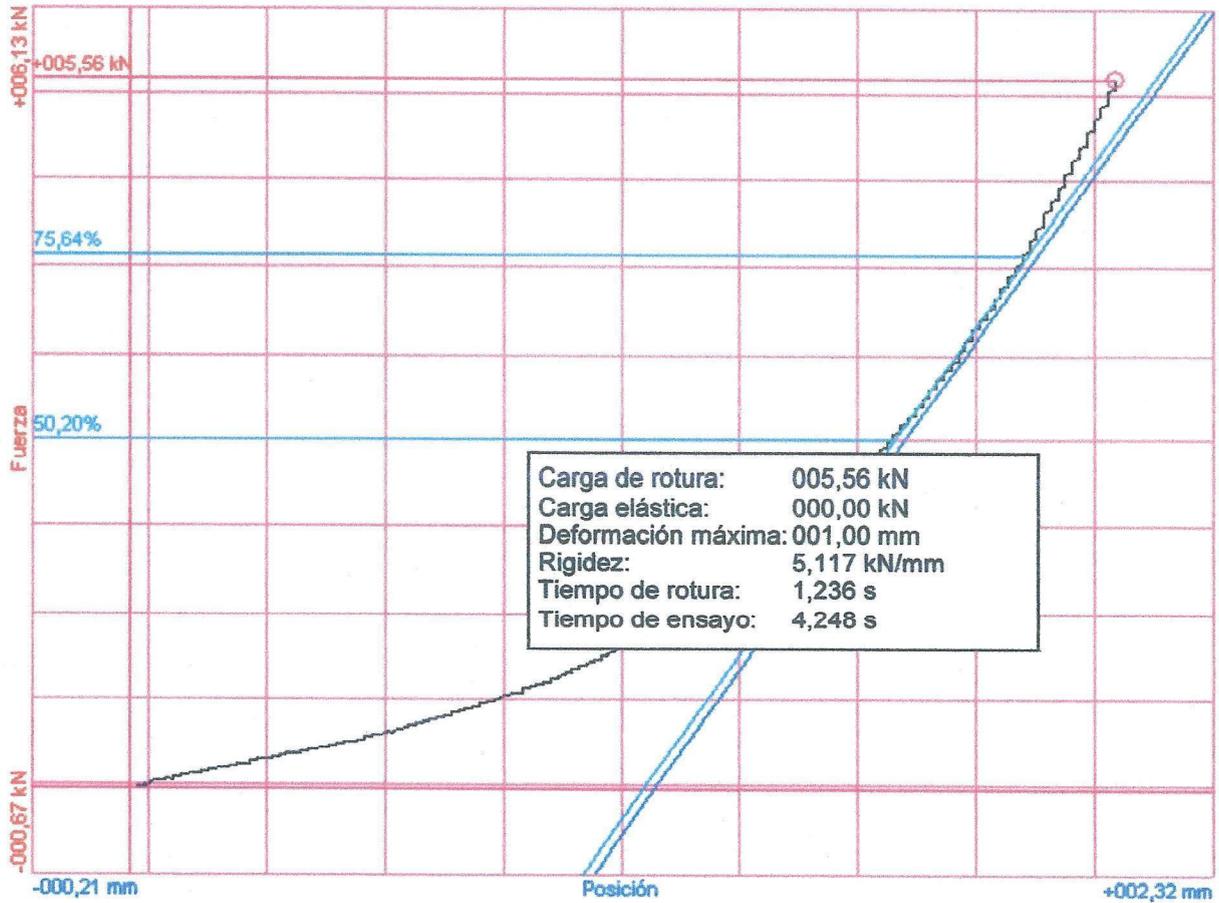
Referencias:

Fecha: 04/02/2016
Probeta: Teste Diogo/Mike

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 75,87 %
Límite inferior: 50,00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000,50 mm/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 005,68 kN

Nombre de archivo: Defecto



**Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO**

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 250,00 kN Posición: 500,00 mm Auxiliar 1: 2,0000 mm Auxiliar 2: 10,000 V

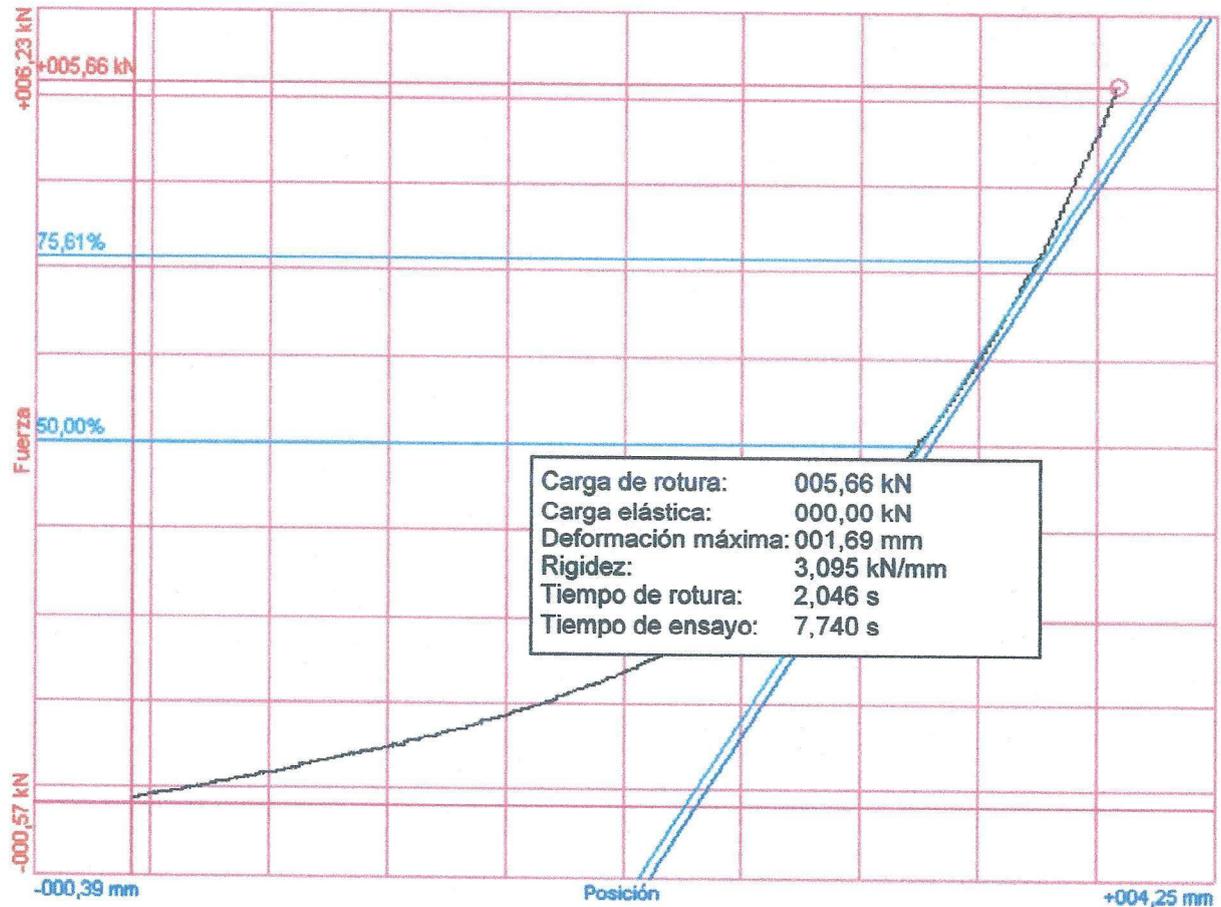
Referencias:

Fecha: 04/02/2016
Probeta: Teste Diogo/Mike

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 75,87 %
Limite inferior: 50,00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000,50 mm/s
Parámetro destino:Fuerza
Destino relativo: 005,68 kN

Nombre de archivo: Defecto



Informe de Ensayo de Tracción -
Compresión [B]
GALUCHO

Fondos de escala de los canales analógicos.
Fuerza 250.00 KN Posición 200.00 mm
Parámetros 04-00-0016
Prueba Teste Diodo/linea
Sesión 04-00-0016
Límite superior 75.00 MPa
Límite inferior 50.00 MPa
Parámetro control Posición
Velocidad 005.00 mm/s
Parámetro destino fuerza
Fuerza relativa 005.00 KN

Nombre de archivo: Informe

Tempo de ensayo: 7.740 s
Tempo de rotura: 2.048 s
Rigidez: 3.088 kN/mm
Deformación máxima: 0.0189 mm
Carga elástica: 000.00 KN
Carga de rotura: 005.88 KN

Anexo 47 a 49

Exemplo de programa utilizado no comando
Heidenhain da fresadora CNC (programa da
maquinação da matriz da ferramenta de
compactação)

cv a cix

```
0 BEGIN PGM ATLANTICA0005 MM
1 TOOL CALL 0 Z S400
2 L X+0 Y+0 R0 FMAX M3 M8
3 CYCL DEF 256 FACETA RECTANGULAR ~
  Q218=+100 ;COMPRIMENTO 1. LADO ~
  Q424=+106 ;ROHTEILMASS 1 ~
  Q219=+70 ;COMPRIMENTO 2. LADO ~
  Q425=+83 ;DIMENSAO BLOCO 2 ~
  Q220=+10 ;ARREDONDAMENTO ~
  Q368=+0 ;SOBRE-METAL LATERAL ~
  Q224=+0 ;ANGULO DE ROTACAO ~
  Q367=+0 ;POSICAO DA FACETA ~
  Q207=+150 ;AVANCO FRESAGEM ~
  Q351=+1 ;TIPO DE FRESAGEM ~
  Q201=-50.3 ;PROFUNDIDADE ~
  Q202=+50.3 ;INCREMENTO ~
  Q206=+3000 ;AVANCO INCREMENTO ~
  Q200=+2 ;DISTANCIA SEGURANCA ~
  Q203=+0 ;COORD. SUPERFICIE ~
  Q204=+50 ;2. DIST. SEGURANCA ~
  Q370=+1 ;SOBREPOSICAO
4 STOP M99
5 L Z+100 R0 FMAX M9 M30
6 END PGM ATLANTICA0005 MM
```

1. OBJETIVO
2. JUSTIFICATIVA
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA
4. METODOLOGIA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSÃO
7. REFERÊNCIAS

Manual operation

Programming Path overlap factor?

```

0 BEGIN PGM ATLANTIC0805 NH
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 CVAL DEF Z58 REGULAR STUO
0218=+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 1
0219=+70 ;2ND SIDE LENGTH
0220=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 2
0221=+70 ;2ND SIDE LENGTH
0222=+10 ;CORNER RADIUS
0223=+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0224=+10 ;ANGLE OF ROTATION
0225=+10 ;STUD POSITION
0226=+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0227=+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0228=+50.3 ;DEPTH
0229=+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0230=+2 ;SET-UP CLEARANCE
0231=+50 ;SURFACE COORDINATE
0232=+150 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0233=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
0234=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z-100 R0 FMAX H9 M30
6 END PGM ATLANTIC0805 NH
    
```

Manual operation

Programming Znd set-up clearance?

```

0 BEGIN PGM ATLANTIC0805 NH
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX H9 M8
3 CVAL DEF Z58 REGULAR STUO
0218=+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 1
0425=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 2
0220=+10 ;CORNER RADIUS
0221=+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0222=+10 ;ANGLE OF ROTATION
0223=+10 ;STUD POSITION
0224=+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0225=+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0226=+50.3 ;DEPTH
0227=+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0228=+2 ;SET-UP CLEARANCE
0229=+50 ;SURFACE COORDINATE
0230=+150 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0231=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z-100 R0 FMAX H9 M30
6 END PGM ATLANTIC0805 NH
    
```

Manual operation

Programming Depth?

```

0 BEGIN PGM ATLANTIC0805 NH
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX H9 M8
3 CVAL DEF Z58 REGULAR STUO
0218=+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 1
0219=+70 ;2ND SIDE LENGTH
0425=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 2
0220=+70 ;2ND SIDE LENGTH
0221=+10 ;CORNER RADIUS
0222=+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0223=+10 ;ANGLE OF ROTATION
0224=+10 ;STUD POSITION
0225=+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0226=+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0227=+50.3 ;DEPTH
0228=+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0229=+2 ;SET-UP CLEARANCE
0230=+50 ;SURFACE COORDINATE
0231=+150 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0232=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z-100 R0 FMAX H9 M30
6 END PGM ATLANTIC0805 NH
    
```

Manual operation

Programming Direction? Climb=+1, Up-cut=-1

```

0 BEGIN PGM ATLANTIC0805 NH
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX H9 M8
3 CVAL DEF Z58 REGULAR STUO
0218=+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 1
0425=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 2
0220=+10 ;CORNER RADIUS
0221=+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0222=+10 ;ANGLE OF ROTATION
0223=+10 ;STUD POSITION
0224=+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0225=+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0226=+50.3 ;DEPTH
0227=+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0228=+2 ;SET-UP CLEARANCE
0229=+50 ;SURFACE COORDINATE
0230=+150 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0231=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z-100 R0 FMAX H9 M30
6 END PGM ATLANTIC0805 NH
    
```

Manual operation

Programming Set-up clearance?

```

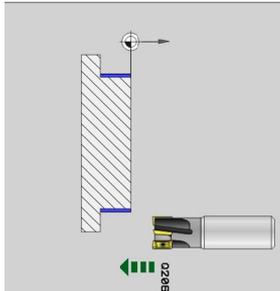
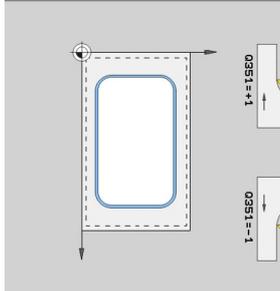
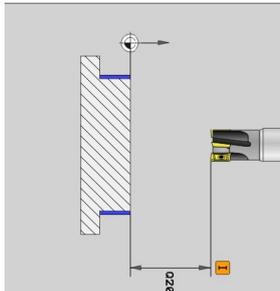
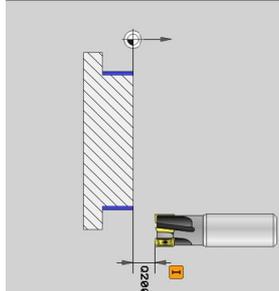
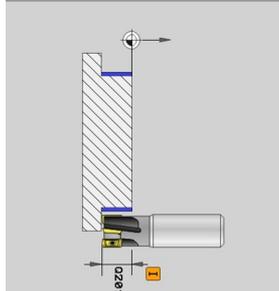
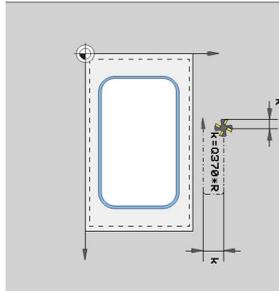
0 BEGIN PGM ATLANTIC0805 NH
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX H9 M8
3 CVAL DEF Z58 REGULAR STUO
0218=+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 1
0219=+70 ;2ND SIDE LENGTH
0425=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 2
0220=+70 ;2ND SIDE LENGTH
0221=+10 ;CORNER RADIUS
0222=+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0223=+10 ;ANGLE OF ROTATION
0224=+10 ;STUD POSITION
0225=+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0226=+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0227=+50.3 ;DEPTH
0228=+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0229=+2 ;SET-UP CLEARANCE
0230=+50 ;SURFACE COORDINATE
0231=+150 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0232=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z-100 R0 FMAX H9 M30
6 END PGM ATLANTIC0805 NH
    
```

Manual operation

Programming Feed rate for plunging?

```

0 BEGIN PGM ATLANTIC0805 NH
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX H9 M8
3 CVAL DEF Z58 REGULAR STUO
0218=+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 1
0425=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 2
0220=+10 ;CORNER RADIUS
0221=+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0222=+10 ;ANGLE OF ROTATION
0223=+10 ;STUD POSITION
0224=+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0225=+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0226=+50.3 ;DEPTH
0227=+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0228=+2 ;SET-UP CLEARANCE
0229=+50 ;SURFACE COORDINATE
0230=+150 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0231=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z-100 R0 FMAX H9 M30
6 END PGM ATLANTIC0805 NH
    
```



Manual operation

Programming Workpiece surface coordinate?

```

0 BEGIN PGM ATLANTIC0805 NH
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX H9 M8
3 CVAL DEF Z58 REGULAR STUO
0218=+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 1
0425=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 2
0220=+10 ;CORNER RADIUS
0221=+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0222=+10 ;ANGLE OF ROTATION
0223=+10 ;STUD POSITION
0224=+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0225=+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0226=+50.3 ;DEPTH
0227=+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0228=+2 ;SET-UP CLEARANCE
0229=+50 ;SURFACE COORDINATE
0230=+150 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0231=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z-100 R0 FMAX H9 M30
6 END PGM ATLANTIC0805 NH
    
```

Manual operation

Programming Starting position (0...4)?

```

0 BEGIN PGM ATLANTIC0805 NH
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX H9 M8
3 CVAL DEF Z58 REGULAR STUO
0424=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 1
0425=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 2
0219=+70 ;2ND SIDE LENGTH
0426=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 2
0220=+70 ;2ND SIDE LENGTH
0221=+10 ;CORNER RADIUS
0222=+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0223=+10 ;ANGLE OF ROTATION
0224=+10 ;STUD POSITION
0225=+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0226=+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0227=+50.3 ;DEPTH
0228=+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0229=+2 ;SET-UP CLEARANCE
0230=+50 ;SURFACE COORDINATE
0231=+150 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0232=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
0233=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
0234=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z-100 R0 FMAX H9 M30
6 END PGM ATLANTIC0805 NH
    
```

Manual operation

Programming Plunging depth?

```

0 BEGIN PGM ATLANTIC0805 NH
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX H9 M8
3 CVAL DEF Z58 REGULAR STUO
0218=+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 1
0425=+106 ;HOKPC, BLANK SIDE 2
0220=+10 ;CORNER RADIUS
0221=+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0222=+10 ;ANGLE OF ROTATION
0223=+10 ;STUD POSITION
0224=+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0225=+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0226=+50.3 ;DEPTH
0227=+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0228=+2 ;SET-UP CLEARANCE
0229=+50 ;SURFACE COORDINATE
0230=+150 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0231=+10 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z-100 R0 FMAX H9 M30
6 END PGM ATLANTIC0805 NH
    
```

34 07/2017

1. Introdução

2. Objetivos

3. Metodologia

4. Resultados

5. Conclusões

6. Referências

7. Anexos

8. Bibliografia

9. Índice

10. Glossário

11. Siglas

12. Abreviações

13. Símbolos

14. Fórmulas

15. Diagramas

16. Tabelas

17. Gráficos

18. Imagens

19. Vídeos

20. Outros

Manual operation

Programming

First side length?

```

0 BEGIN PGM ATLANITIC0805 MM
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX M3 M8
3 OVL DEF Z58 REGULAR STUD
0218+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424+106 ;WORKPC, BLANK SIDE 1
0219+70 ;2ND SIDE LENGTH
0220+70 ;WORKPC, BLANK SIDE 2
0221+10 ;CORNER RADIUS
0222+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0224+0 ;ANGLE OF ROTATION
0387+0 ;STUD POSITION
0207+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0208+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0202+50.3 ;PLUNGING DEPTH
0206+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0209+2 ;SET-UP CLEARANCE
0203+0 ;SURFACE COORDINATE
0378+1 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z+100 R0 FMAX M3 M30
6 END PGM ATLANITIC0805 MM
    
```

Manual operation

Programming

Feed rate for milling?

```

0 BEGIN PGM ATLANITIC0805 MM
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX M3 M8
3 OVL DEF Z58 REGULAR STUD
0218+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424+106 ;WORKPC, BLANK SIDE 1
0219+70 ;2ND SIDE LENGTH
0220+70 ;WORKPC, BLANK SIDE 2
0221+10 ;CORNER RADIUS
0222+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0388+0 ;ANGLE OF ROTATION
0224+0 ;STUD POSITION
0207+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0208+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0201+50.3 ;DEPTH
0202+50.3 ;PLUNGING DEPTH
0206+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0209+2 ;SET-UP CLEARANCE
0203+0 ;SURFACE COORDINATE
0204+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0378+1 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z+100 R0 FMAX M3 M30
6 END PGM ATLANITIC0805 MM
    
```

Manual operation

Programming

Workpiece blank side length 2?

```

0 BEGIN PGM ATLANITIC0805 MM
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX M3 M8
3 OVL DEF Z58 REGULAR STUD
0218+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424+106 ;WORKPC, BLANK SIDE 1
0219+70 ;2ND SIDE LENGTH
0220+70 ;WORKPC, BLANK SIDE 2
0221+10 ;CORNER RADIUS
0222+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0388+0 ;ANGLE OF ROTATION
0224+0 ;STUD POSITION
0207+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0208+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0202+50.3 ;PLUNGING DEPTH
0206+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0209+2 ;SET-UP CLEARANCE
0203+0 ;SURFACE COORDINATE
0378+1 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z+100 R0 FMAX M3 M30
6 END PGM ATLANITIC0805 MM
    
```

Manual operation

Programming

Second side length?

```

0 BEGIN PGM ATLANITIC0805 MM
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX M3 M8
3 OVL DEF Z58 REGULAR STUD
0218+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424+106 ;WORKPC, BLANK SIDE 1
0219+70 ;2ND SIDE LENGTH
0220+70 ;WORKPC, BLANK SIDE 2
0221+10 ;CORNER RADIUS
0222+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0388+0 ;ANGLE OF ROTATION
0224+0 ;STUD POSITION
0207+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0208+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0201+50.3 ;DEPTH
0202+50.3 ;PLUNGING DEPTH
0206+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0209+2 ;SET-UP CLEARANCE
0203+0 ;SURFACE COORDINATE
0204+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0378+1 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z+100 R0 FMAX M3 M30
6 END PGM ATLANITIC0805 MM
    
```

Manual operation

Programming

Angle of rotation?

```

0 BEGIN PGM ATLANITIC0805 MM
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX M3 M8
3 OVL DEF Z58 REGULAR STUD
0218+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424+106 ;WORKPC, BLANK SIDE 1
0219+70 ;2ND SIDE LENGTH
0220+70 ;WORKPC, BLANK SIDE 2
0221+10 ;CORNER RADIUS
0222+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0388+0 ;ANGLE OF ROTATION
0224+0 ;STUD POSITION
0207+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0208+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0202+50.3 ;PLUNGING DEPTH
0206+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0209+2 ;SET-UP CLEARANCE
0203+0 ;SURFACE COORDINATE
0378+1 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z+100 R0 FMAX M3 M30
6 END PGM ATLANITIC0805 MM
    
```

Manual operation

Programming

Finishing allowance for side?

```

0 BEGIN PGM ATLANITIC0805 MM
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX M3 M8
3 OVL DEF Z58 REGULAR STUD
0218+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424+106 ;WORKPC, BLANK SIDE 1
0219+70 ;2ND SIDE LENGTH
0220+70 ;WORKPC, BLANK SIDE 2
0221+10 ;CORNER RADIUS
0388+0 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0224+0 ;STUD POSITION
0207+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0208+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0201+50.3 ;DEPTH
0202+50.3 ;PLUNGING DEPTH
0206+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0209+2 ;SET-UP CLEARANCE
0203+0 ;SURFACE COORDINATE
0204+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0378+1 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z+100 R0 FMAX M3 M30
6 END PGM ATLANITIC0805 MM
    
```

Manual operation

Programming

Position of stud (0/1/2/3/4)?

```

0 BEGIN PGM ATLANITIC0805 MM
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX M3 M8
3 OVL DEF Z58 REGULAR STUD
0218+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424+106 ;WORKPC, BLANK SIDE 1
0219+70 ;2ND SIDE LENGTH
0220+70 ;WORKPC, BLANK SIDE 2
0221+10 ;CORNER RADIUS
0222+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0388+0 ;ANGLE OF ROTATION
0224+0 ;STUD POSITION
0207+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0208+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0201+50.3 ;DEPTH
0202+50.3 ;PLUNGING DEPTH
0206+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0209+2 ;SET-UP CLEARANCE
0203+0 ;SURFACE COORDINATE
0204+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0378+1 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z+100 R0 FMAX M3 M30
6 END PGM ATLANITIC0805 MM
    
```

Manual operation

Programming

Workpiece blank side length 1?

```

0 BEGIN PGM ATLANITIC0805 MM
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX M3 M8
3 OVL DEF Z58 REGULAR STUD
0218+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424+106 ;WORKPC, BLANK SIDE 1
0219+70 ;2ND SIDE LENGTH
0220+70 ;WORKPC, BLANK SIDE 2
0221+10 ;CORNER RADIUS
0222+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0388+0 ;ANGLE OF ROTATION
0224+0 ;STUD POSITION
0207+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0208+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0202+50.3 ;PLUNGING DEPTH
0206+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0209+2 ;SET-UP CLEARANCE
0203+0 ;SURFACE COORDINATE
0204+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0378+1 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z+100 R0 FMAX M3 M30
6 END PGM ATLANITIC0805 MM
    
```

Manual operation

Programming

Corner radius?

```

0 BEGIN PGM ATLANITIC0805 MM
1 TOOL CALL Ø Z 5400
2 L X+0 V+0 R0 FMAX M3 M8
3 OVL DEF Z58 REGULAR STUD
0218+100 ;FIRST SIDE LENGTH
0424+106 ;WORKPC, BLANK SIDE 1
0219+70 ;2ND SIDE LENGTH
0220+70 ;WORKPC, BLANK SIDE 2
0221+10 ;CORNER RADIUS
0222+10 ;ALLOWANCE FOR SIDE
0388+0 ;ANGLE OF ROTATION
0224+0 ;STUD POSITION
0207+150 ;FEED RATE FOR MILLING
0208+150 ;CLIMB OR UP-CUT
0202+50.3 ;PLUNGING DEPTH
0206+3000 ;FEED RATE FOR PLUNGING
0209+2 ;SET-UP CLEARANCE
0203+0 ;SURFACE COORDINATE
0204+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
0378+1 ;TOOL PATH OVERLAP
4 STOP M99
5 L Z+100 R0 FMAX M3 M30
6 END PGM ATLANITIC0805 MM
    
```

26/07/2018

