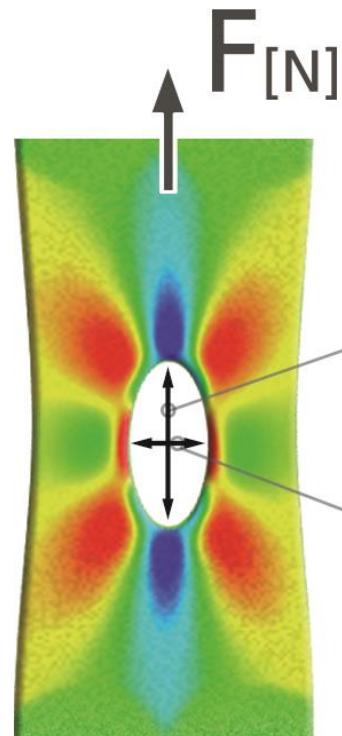


Determinação de curvas CLC FLC: Case ArcelorMittal

Eng. Marden Souza
Eng. Lucas Rosa



Longitudinal Strain

epsL +40.35 %

Transversal Strain

epsL -15.77 %

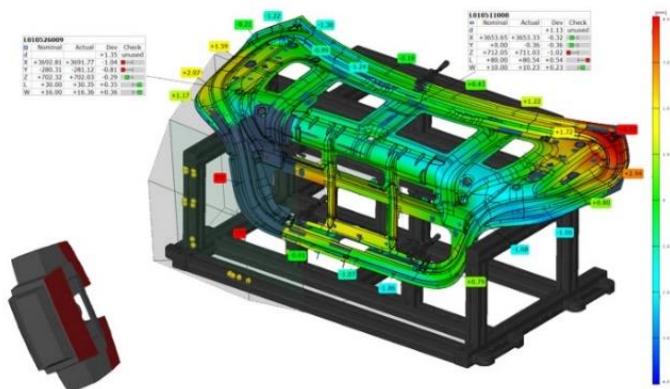
A GOM é uma empresa de tecnologia



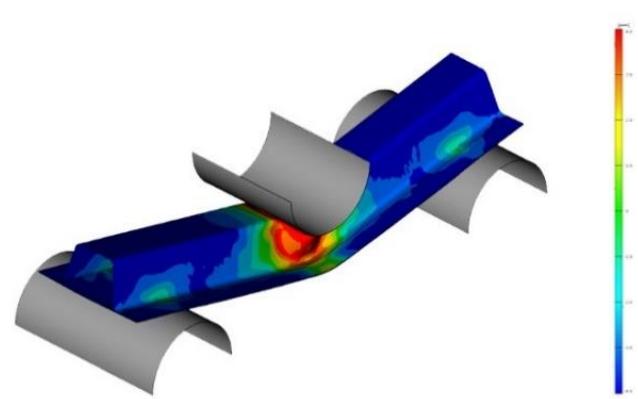
A GOM é uma parceira global industrial com mais de 20 anos de experiência desenvolvendo e produzindo soluções de metrologia óptica 3D.

Hardware e Software

Medições por coordenadas 3D



Testes de materiais e componentes



Soluções de Metrologia 3D GOM



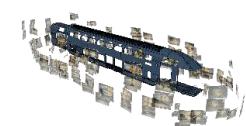
ATOS

Scanner 3D de Campo Completo



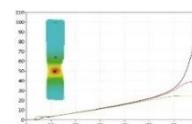
TRITOP

CMM Óptica Móvel



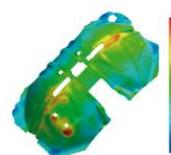
ARAMIS

Analise de Deformação 3D



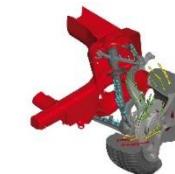
ARGUS

Analise Óptica de Formabilidade



PONTOS Live

Analise de Movimento 3D e posicionamento de componentes



GOM Inspect



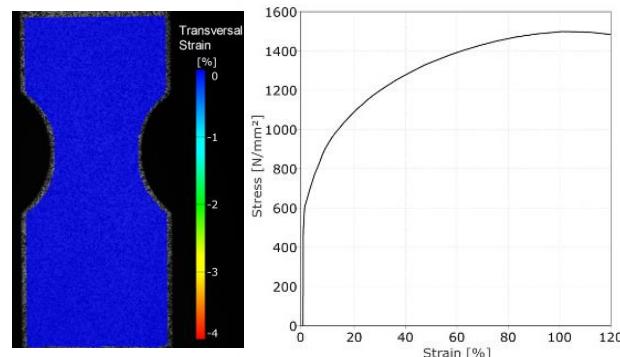
GOM Correlate

Determinação das propriedades do material e teste de componentes

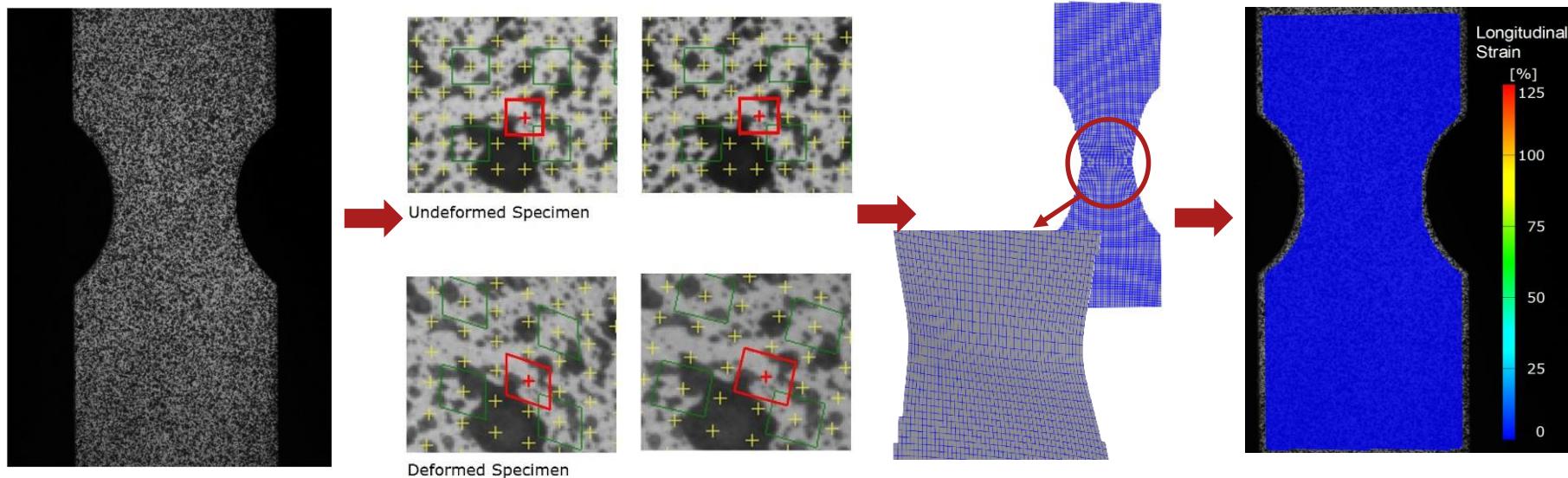
- Coordenadas 3D da superfície
- Deslocamento 3D, velocidade e aceleração
- Taxas de deformação
- Resistência

Aplicações

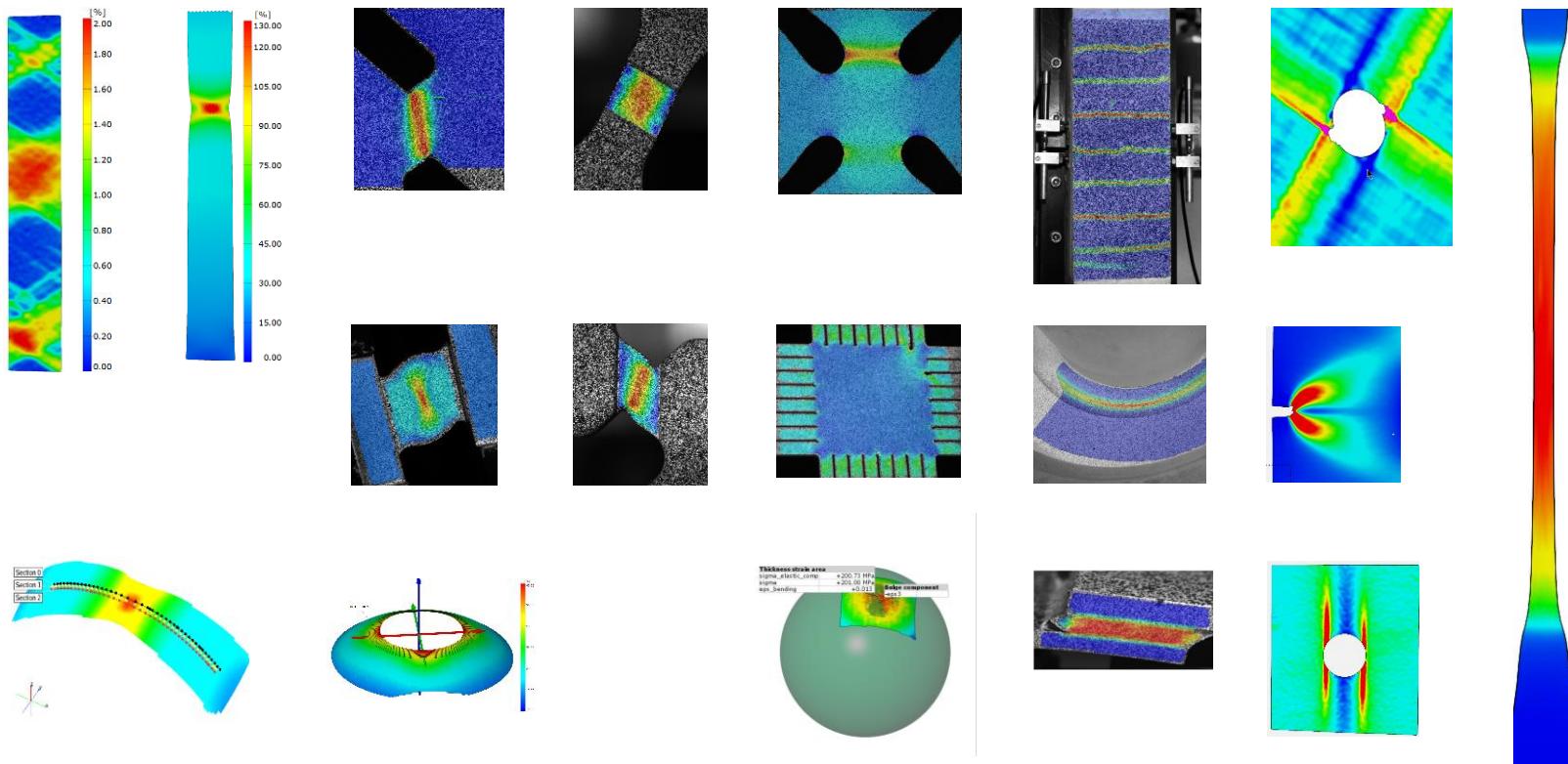
- Determinação das propriedades dos materiais
- Comportamento dinâmico dos componentes
- Análise de componentes
- Teste estrutural e vibrações
- Verificação de simulações de Elementos Finitos
- Controle de máquinas de teste em tempo real
- Testes de colisão e de impacto
- Estudos de durabilidade e fadiga



ARAMIS Análise Óptica de Deformação 3D a



ARAMIS Para Teste de Materiais



Aplicações ArcelorMittal Utilizando ARAMIS



ARAMIS Adjustable Base 6M

Adquirido em Março de 2017

Objetivos:

- Ensaio de Tração
- Ensaio de Expansão de Furo
- Ensaio para determinação da CLC
- Ensäio Bulge (Futuro)



Ensaio de Tração



Ensaio de Tração



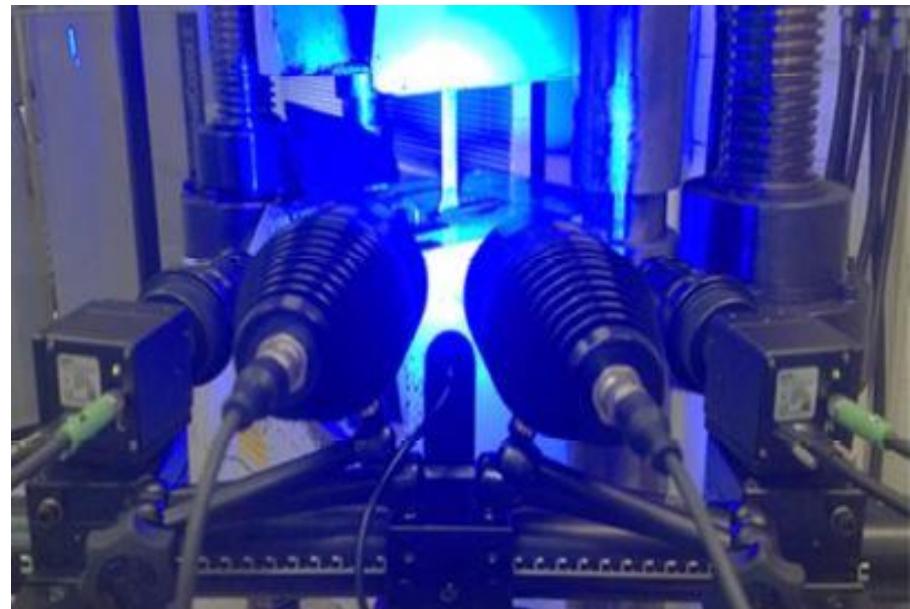
Medição de Campo Completo 3D com ARAMIS

Determinação dos
parâmetros dos materiais

Aços longos e Aços Planos

Distribuição de Deformações

Analise de efeitos locais



Ensaio de Tração



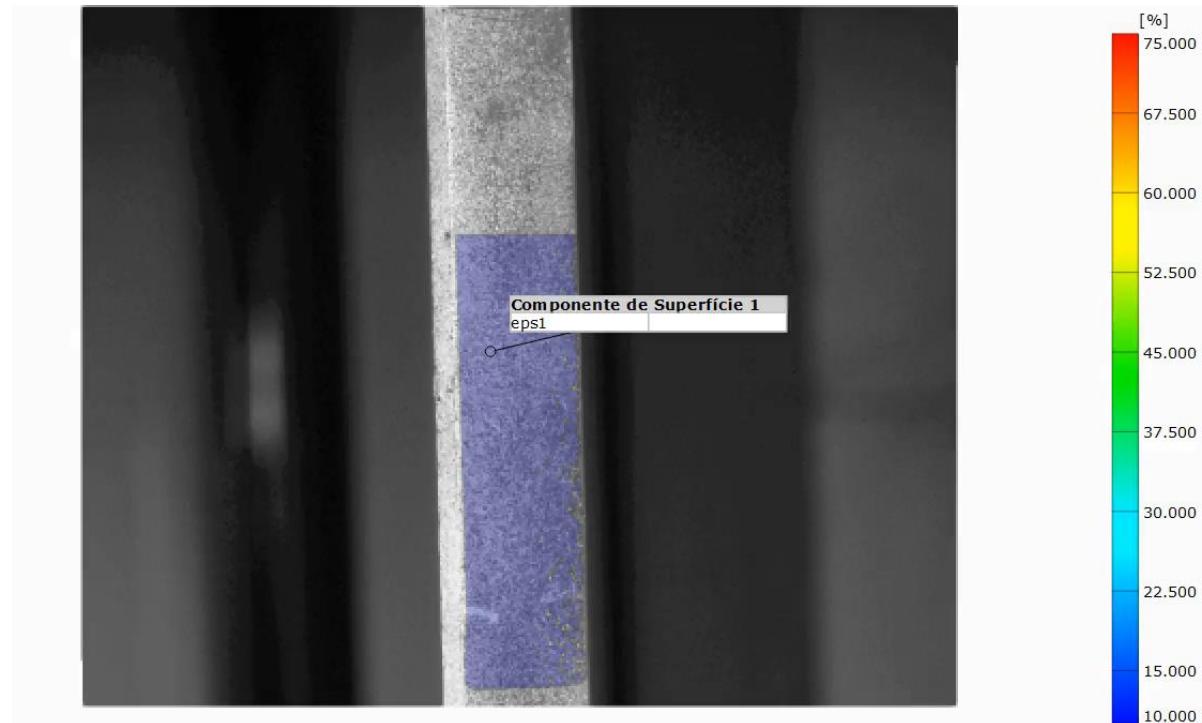
Medição de Campo Completo 3D com ARAMIS

Determinação dos
parâmetros dos materiais

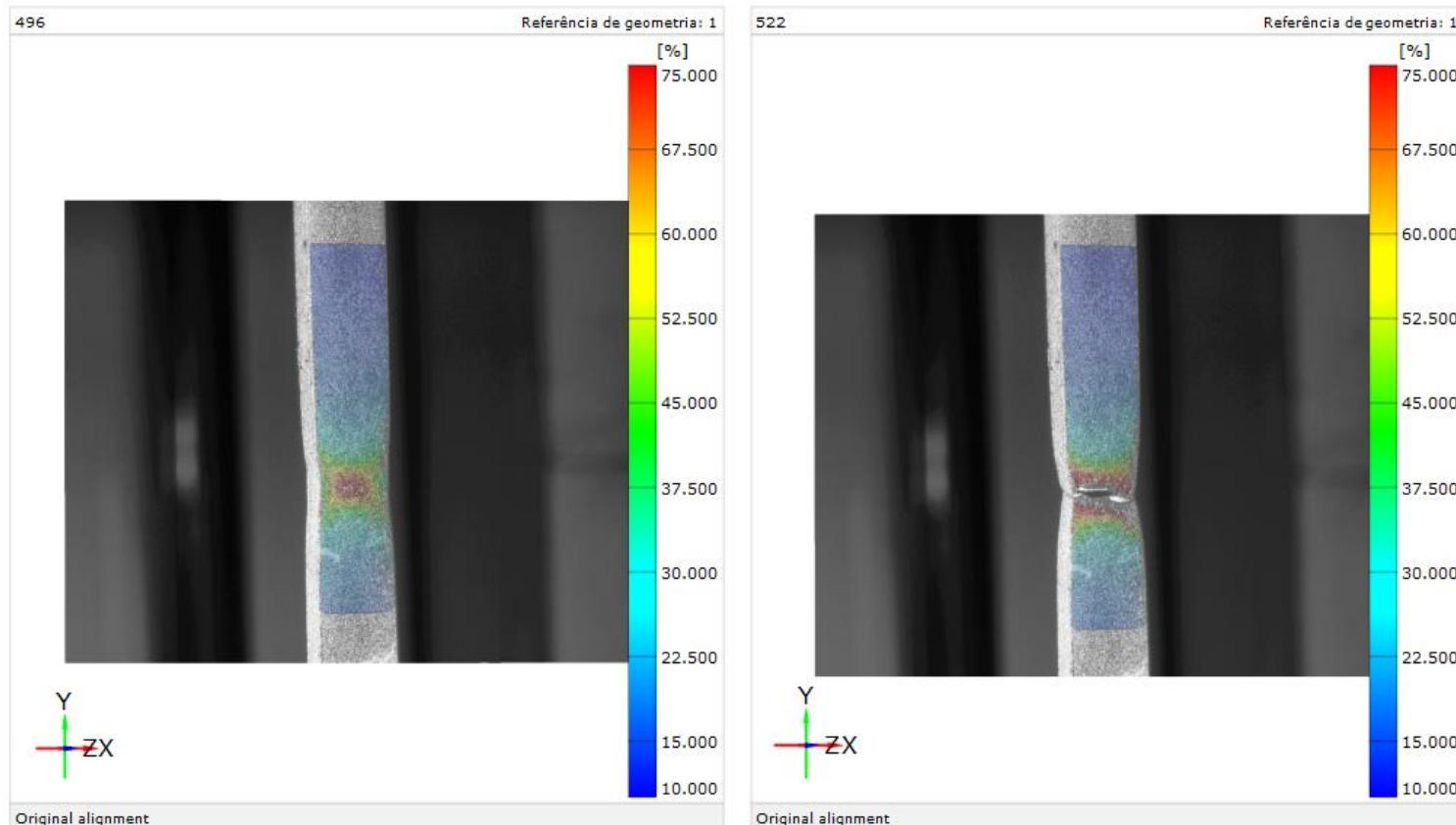
Aços longos e Aços Planos

Distribuição de Deformações

Analise de efeitos locais



Ensaio de Tração



Ensaio de Tração

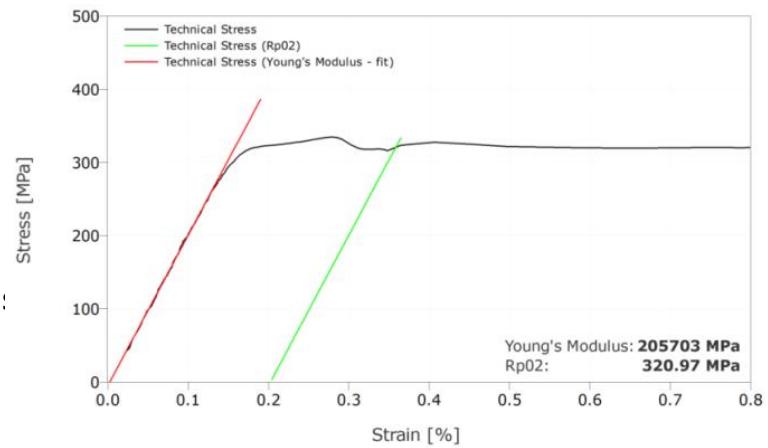
Avaliação de Resultados Utilizando ARAMIS

Correlação Digital de Imagem (DIC)

Pós Processamento de dados da Medição 3D

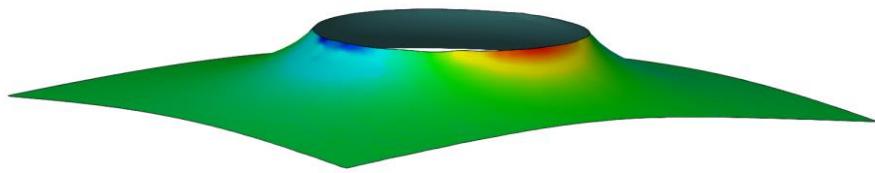
Permite o Cálculo de Importantes Características dos materiais:

- Young's modulus
- Poisson ratio
- $R_{p0.2\%}$
- R_m , A_g
- R-Value
- N-Value



Ensaio de Expansão de Furo

Análise da Sensibilidade das Trincas de Borda

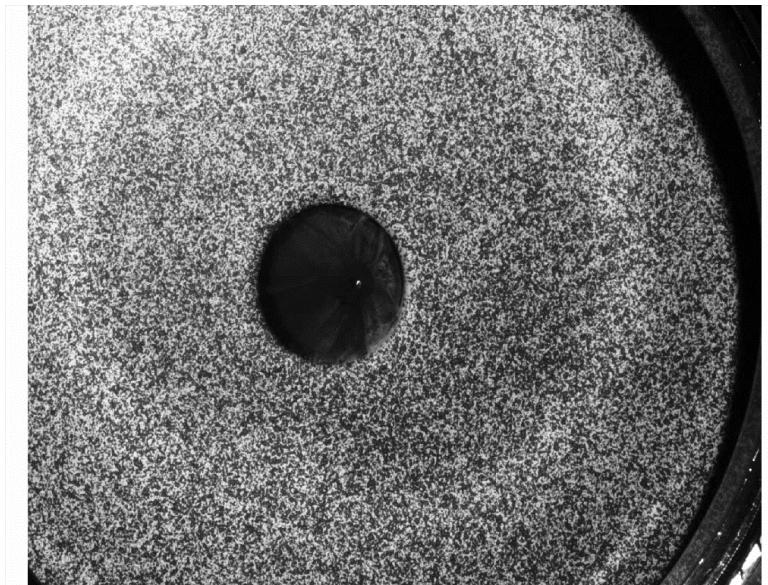


Ensaio de Expansão de Furo

Aços de alta resistência possuem elevada sensibilidade para formação de trincas nas bordas

Trincas de borda estão elacionadas ao processo de fabricação dos blanks por:

- Corte a Laser
- Corte por Jato D'agua
- Fresagem
- Estampagem progressiva
- Corte fino
- Eletroerosão (EDM)



Ensaio de Expansão de Furo

ISO 16630

blanks com furo extrudado

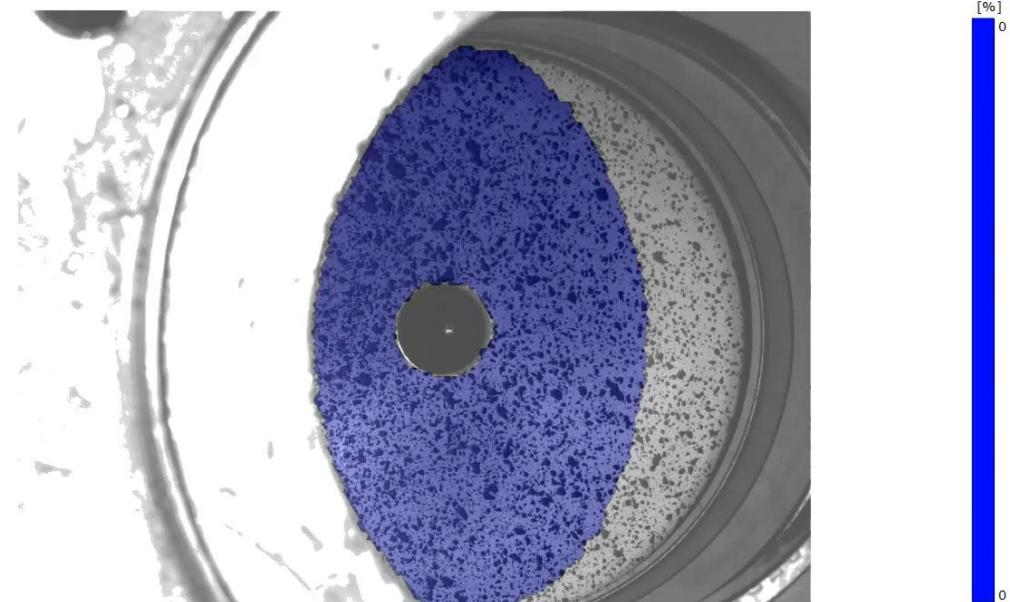
Punção cônico para expandir o furo

Teste é finalizado após o surgimento da primeira trinca

Taxa de Expansão de Furo λ [%] é calculado:

$$\lambda = \frac{D_h - D_0}{D_0} \times 100$$

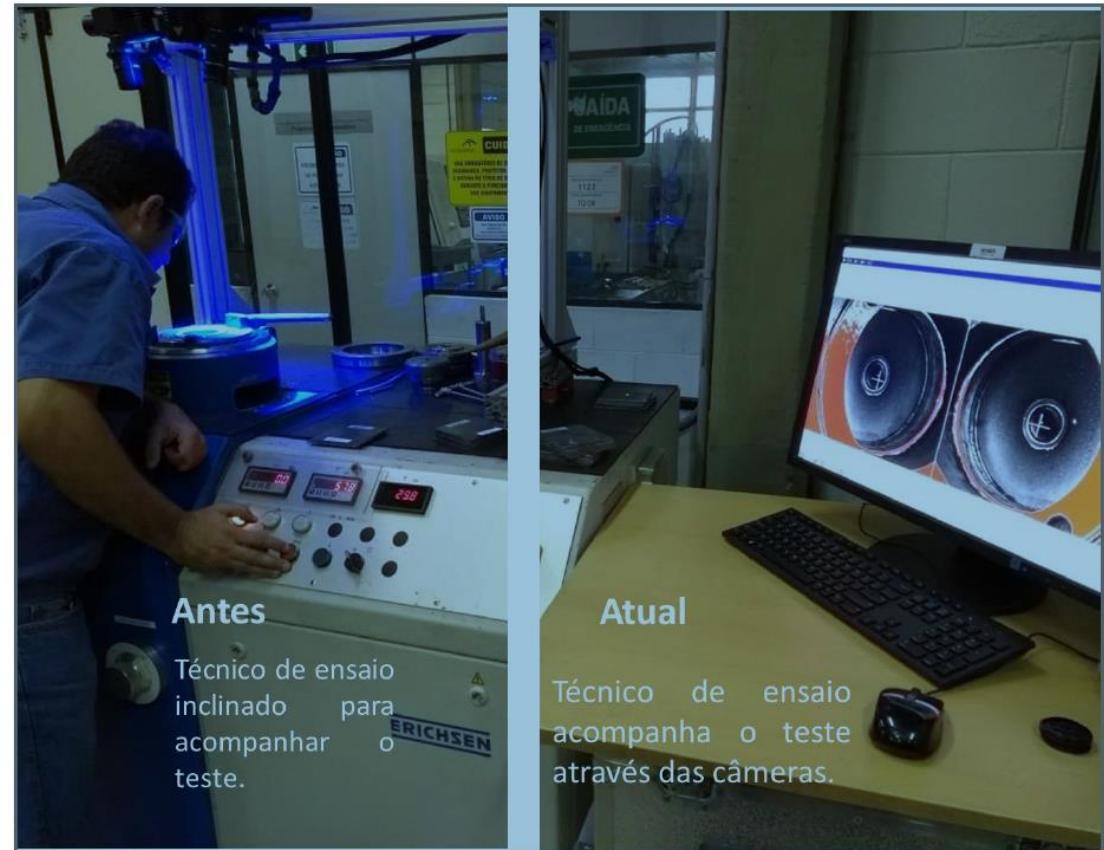
λ	Taxa de Expansão do Furo [%]
D_0	diametro inicial [mm]
D_h	diametro final [mm]



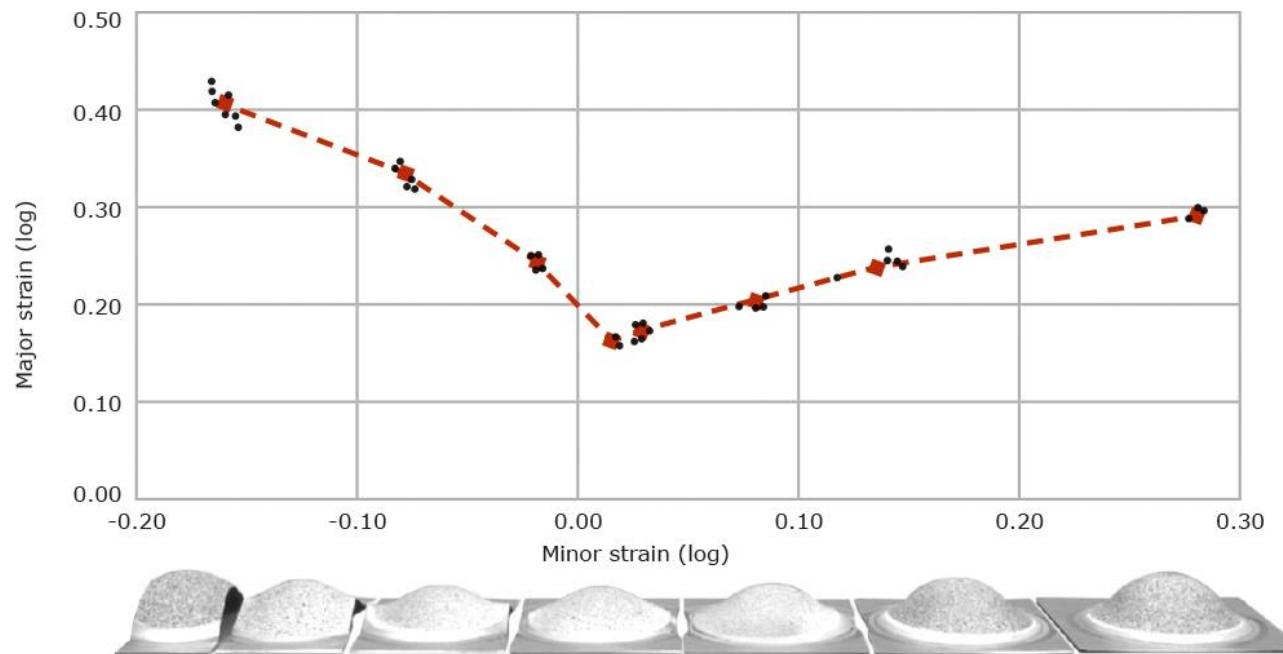
Ensaio de Expansão de Furo



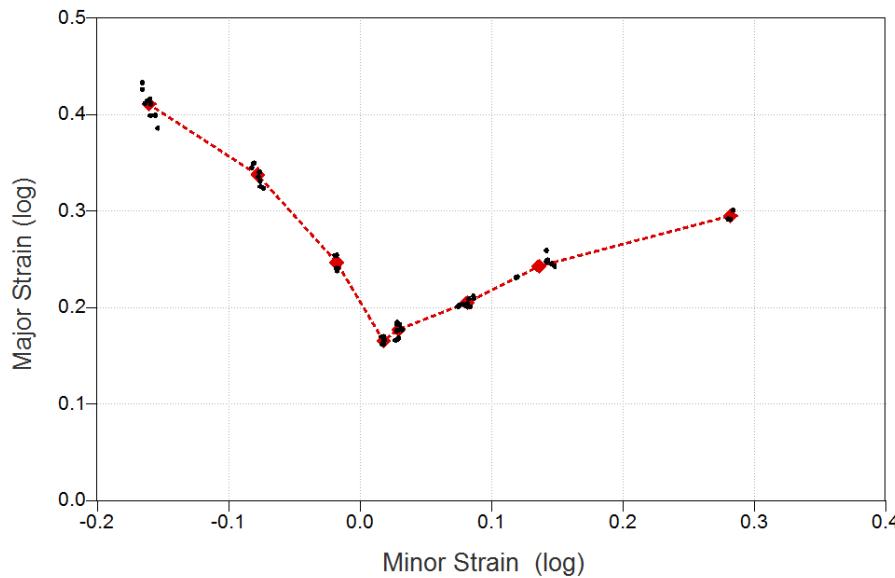
Ganho na precisão dos resultados e na Ergonomia do técnico do ensaio.



Aplicação ARAMIS para Levantamento da CLC



O que é Curva Limite de Conformação?

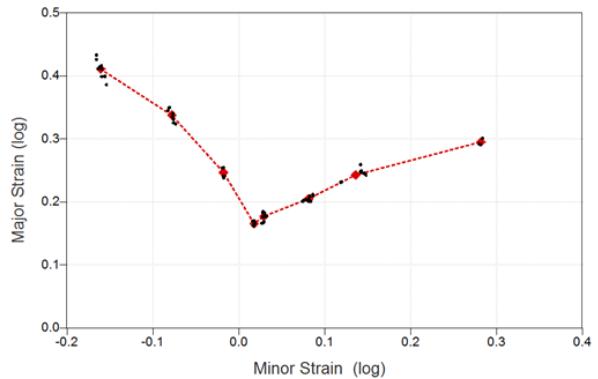
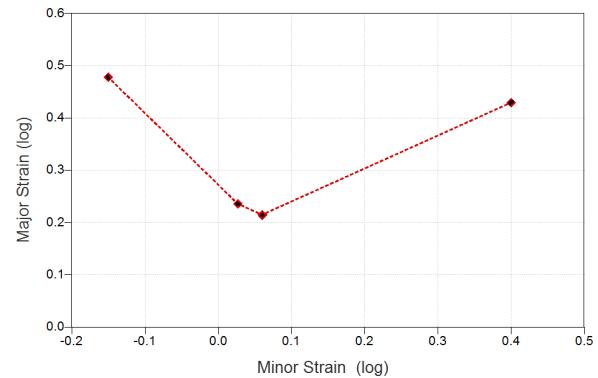


Análise de Estampabilidade

O que é Curva Limite de Conformação (CLC)?

Curva dos parametros do material descrita pelo limite de formabilidade de chapas

A CLC representa o range de formabilidade entre a deformação uni-axial e bi-axial



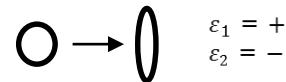
Condições de Deformação

O que é Curva Limite de Conformação (CLC)?

Curva dos parametros do material descrita pelo limite de formabilidade de chapas

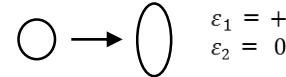
A CLC representa o range de formabilidade entre a deformação uni-axial e bi-axial

1: Deformação Uni-axial



$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= + \\ \varepsilon_2 &= -\end{aligned}$$

2: Deformação Plana

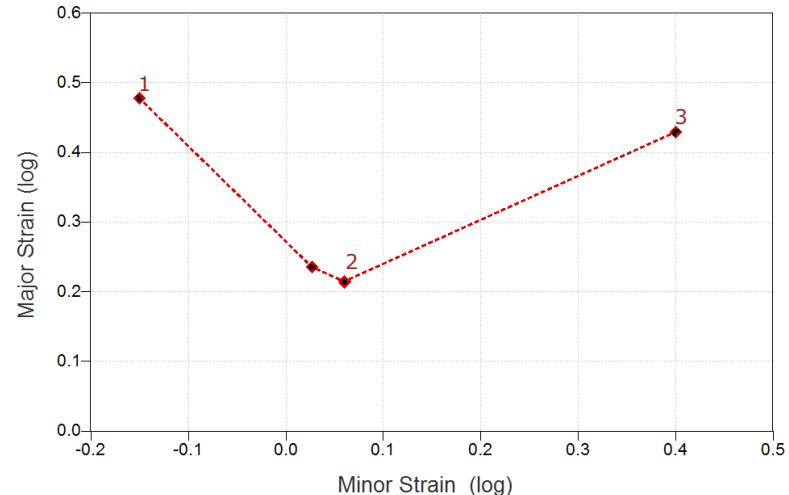


$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= + \\ \varepsilon_2 &= 0\end{aligned}$$

3: Estiramento Bi-axial



$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= + \\ \varepsilon_2 &= +\end{aligned}$$



Aplicações

Aplicações

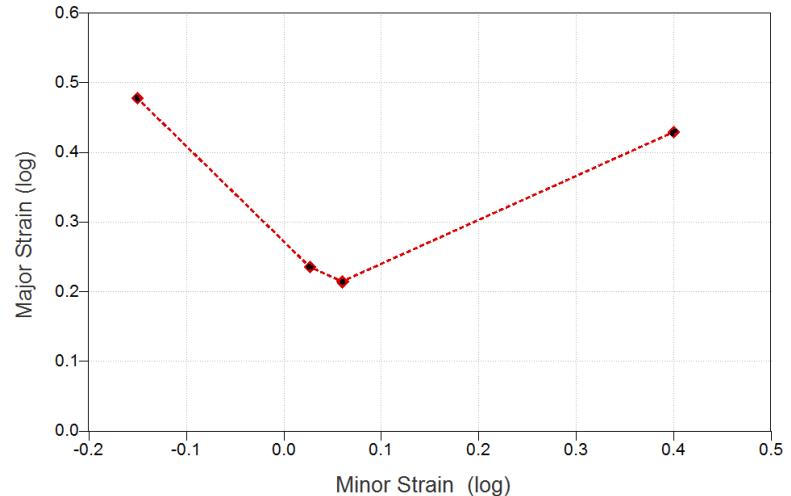
Analise de Formabilidade

Caracterização do Material

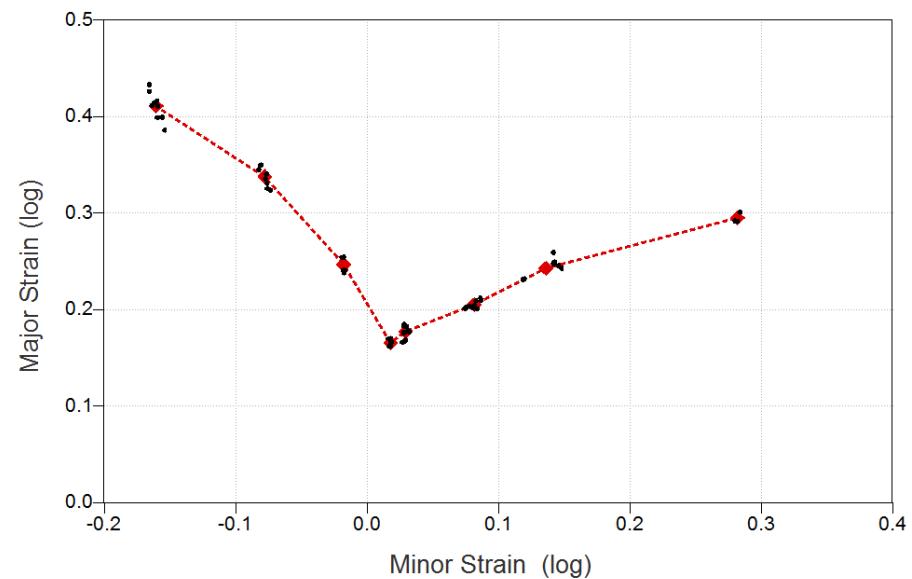
Validação dos fornecedores de Aço e Aluminio

Industria Automotiva

Industria de Bens de Consumo



Procedimento para o Teste CLC

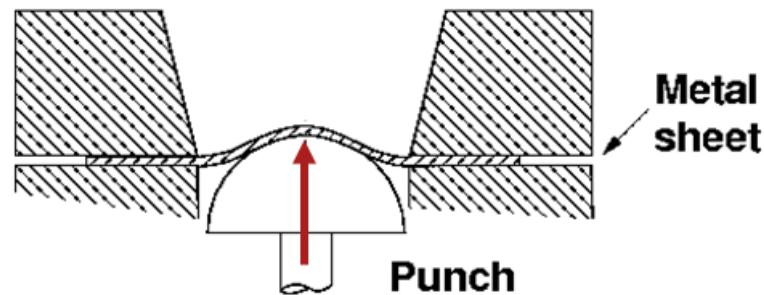
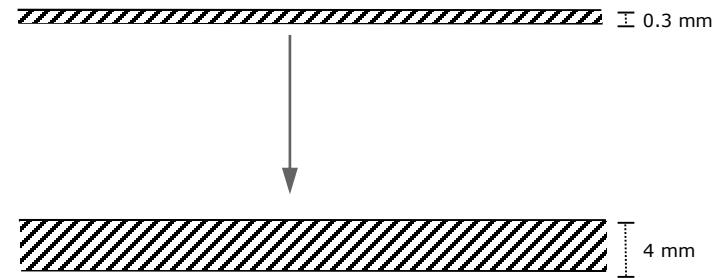


Setup do Teste

Procedimento para o teste CLC

A ISO 12004 descreve o procedimento para o teste e avaliação da determinação da CLC para chapas com espessura entre 0.3mm and 4mm

O teste de Nakajima é realizado com corpos de prova metálicos mecanicamente deformados com um punção semisférico com diâmetro de 100mm e velocidade de 1mm/s - 2mm/s



Máquinas para o Ensaio



Procedimento para o teste CLC

A ISO 12004 descreve o procedimento para o teste e avaliação da determinação da CLC para chapas com espessura entre 0.3mm and 4mm

O teste de Nakajima é realizado com corpos de prova metálicos mecanicamente deformados com um punção semisférico com diâmetro de 100mm e velocidade de 1mm/s - 2mm/s

Máquinas padrões para o teste

- Erichsen, Interlaken, Zwick, etc.
- Ferramentas padrões integradas

Ferramentas customizadas utilizadas em prensas

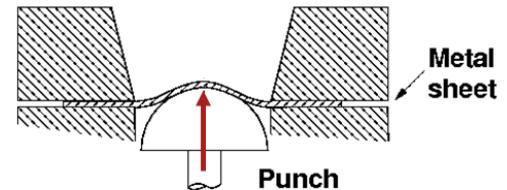


Geometrias dos Corpos de Prova

Procedimento para o teste CLC

O teste de Nakajima é realizado com corpos de prova metálicos mecanicamente deformados com um punção semisférico com diâmetro de 100mm e velocidade de 1mm/s - 2mm/s

Diferentes geometrias dos corpos de prova são necessários para resultar as deformações uniaxial a bi-axial



Ensaiando o Menor Ponto de Deformação

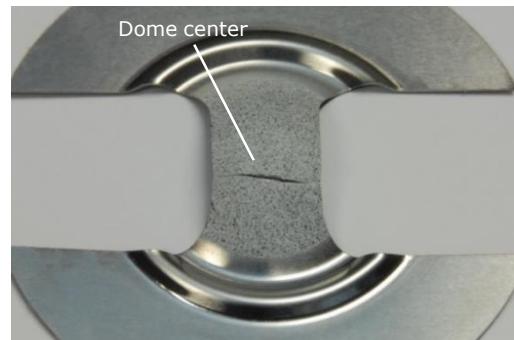
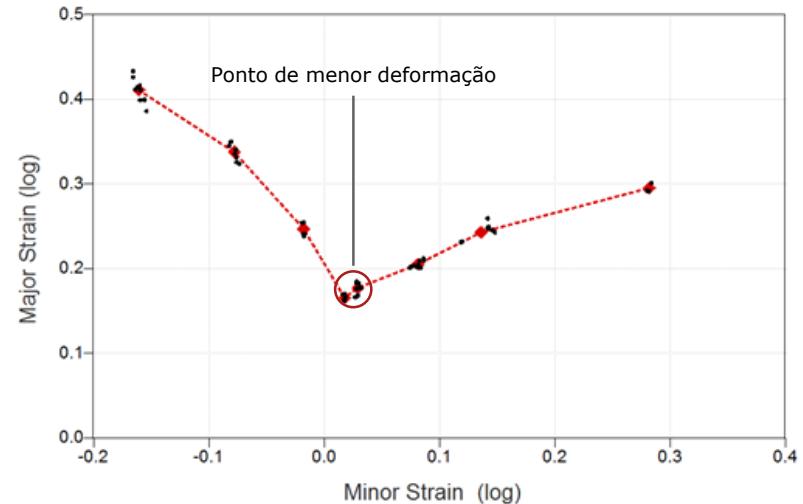
Procedimento para o teste CLC

Diferentes geometrias dos corpos de prova são necessários para resultar as deformações uniaxial a bi-axial

A ISO 12004 especifica no minimo 5 diferentes geometrias com três repetições de cada

È importante ensaiar na CLC o ponto de menor deformação principal

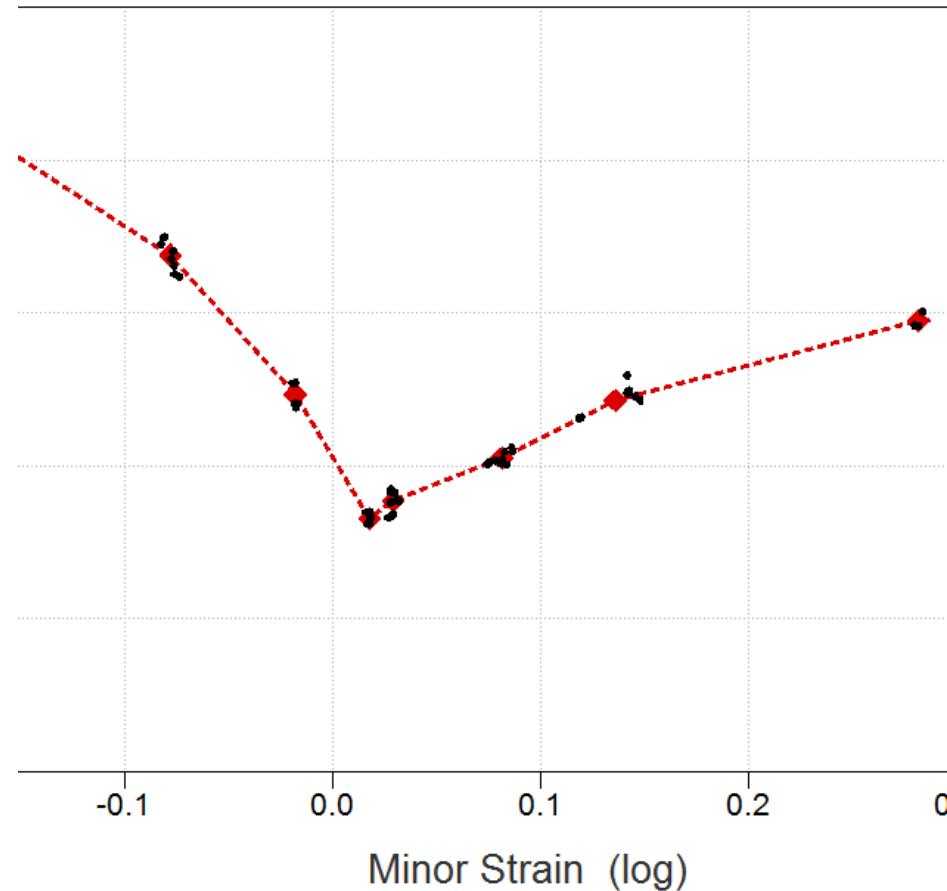
A fratura do corpo de prova de Nakajima deve estar no centro da amostra caso contrario o ensaio é invalidado pela ISO 12004



Trinca localizada fora do centro



Princípios para o Cálculo da Curva Limite de Conformação

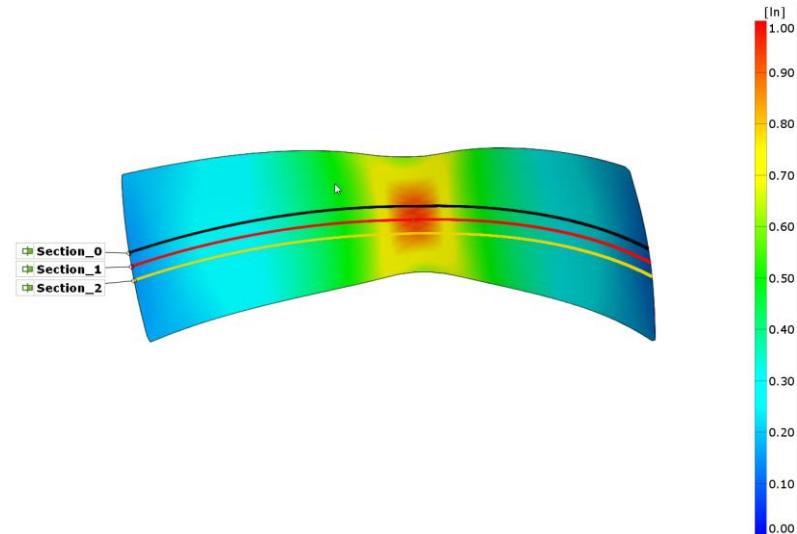


Requisitos para as Análises das Seções

ISO 12004 – Método das Seções

Taxa mínima de aquisição para o ensaio é de 10Hz

Três secções com a distância de 2mm são definidas perpendicularmente a trinca no estagio anterior a ruptura do corpo de prova



Avaliação das Seções das Deformações Principais e Secundárias

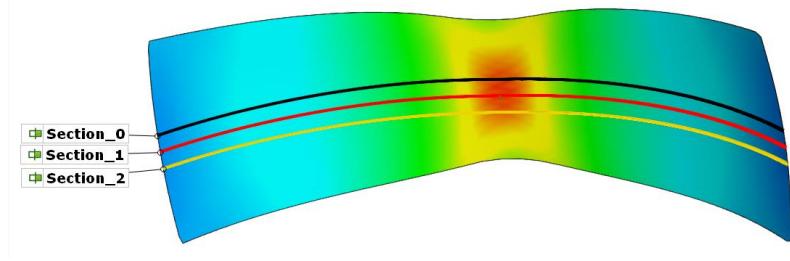
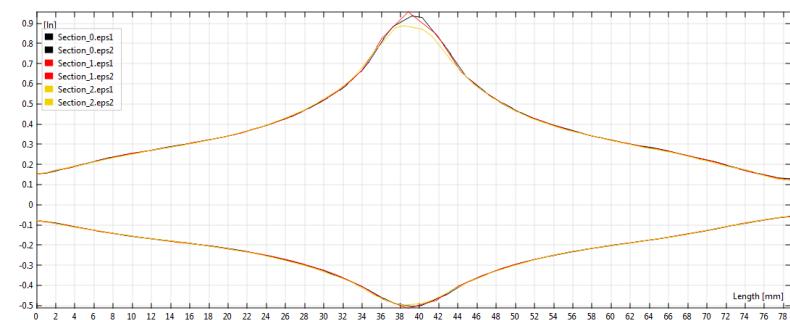
ISO 12004 – Método das Seções

ISO 12004 descreve o método das seções para o cálculo de valores limites de forma da CLC

Mínima taxa para o ensaio é de 10Hz

Três seções com a distância de 2mm são definidas perpendicularmente a trinca no estágio anterior à ruptura do corpo de prova

Valores de deformações Major e Minor são retiradas ao longo do comprimento das três seções definidas



Velocidade do Ensaio e Posicionamento do Punção

ISO 12004 – Método do tempo

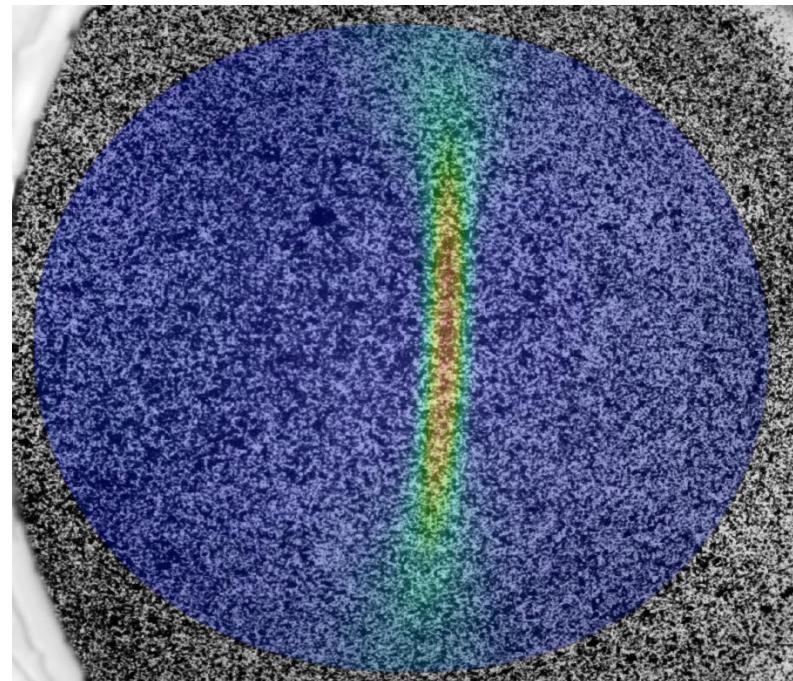
Método do tempo para o cálculo dos valores limites de formabilidade da CLC

O método do tempo linear best-fit requer uma taxa mínima para o ensaio de 0.1mm de deslocamento do punção, executando uma medição de deformação

- Ex: uma velocidade do punção de 1mm/s, a taxa mínima para medir a deformação é de 10Hz

Pelo menos uma faixa de 4mm para o posicionamento do punção deve ser gravada

- Ex. Utilizando uma velocidade do punção de 1mm/s a 10Hz irá gerar 40 deformações antes da ruptura



Taxa de afinamento do penultimo estágio antes da ruptura (aprox. 0.2mm antes da ruptura)

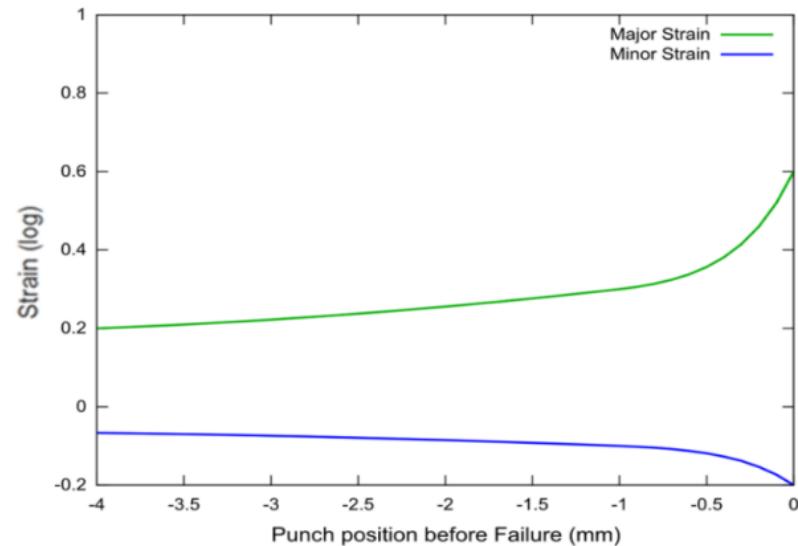
Valores Médios Major e Minor da Area de Empescoçaento

ISO 12004 – Método do tempo

Utilizando o maior valor da taxa de afinamento, uma área continua de pontos é selecionada utilizando pontos com os maiores valores de taxa de afinamento

Em seguida, o cálculo estatístico é executado utilizando as deformações Major e Minor destes pontos

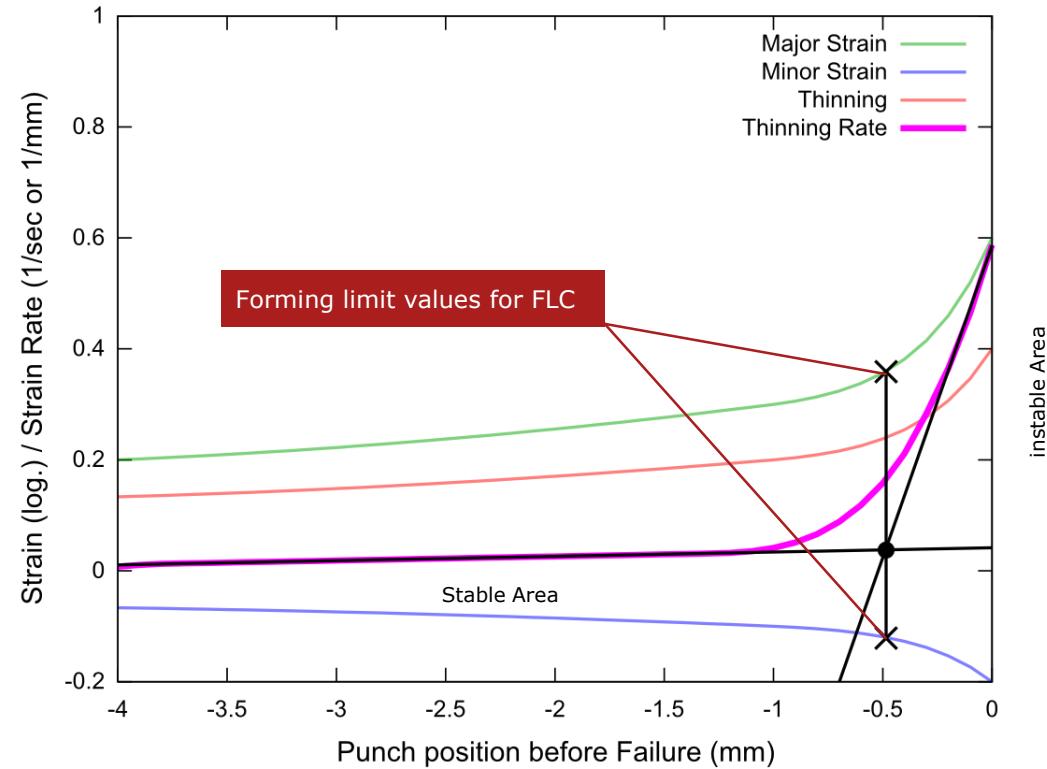
Os valores médios das deformações Major e Minor são então utilizados para calcular os valores limites de formabilidade



Derivação dos Valores Limite de Formabilidade para a CLC

ISO 12004 – Método do tempo

Linear best-fit

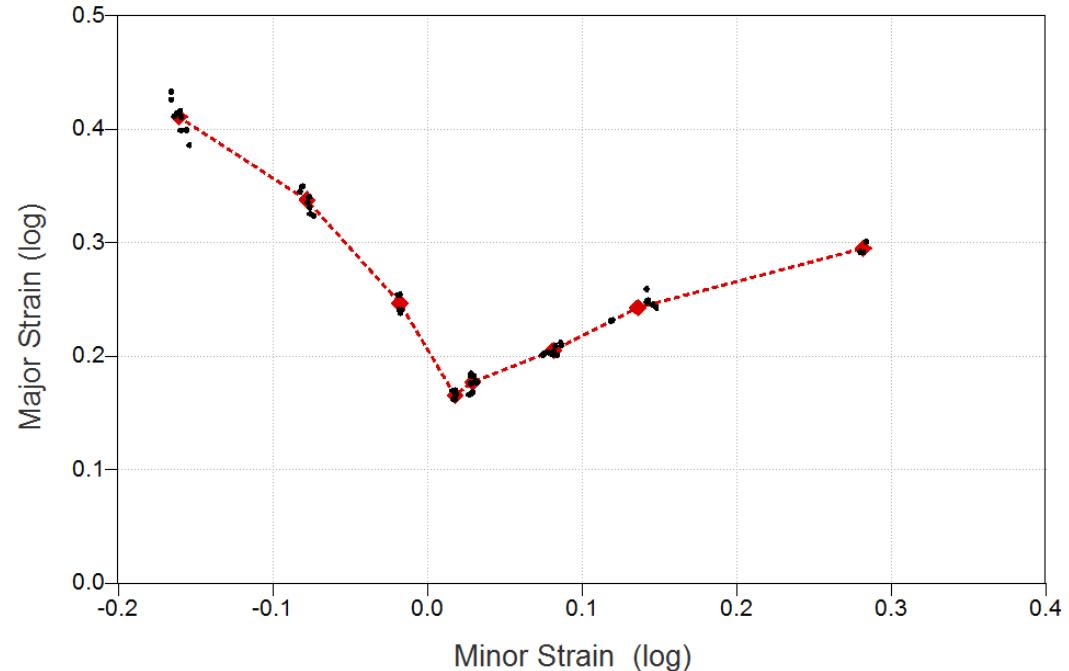


Curva Limite de Conformação Completa

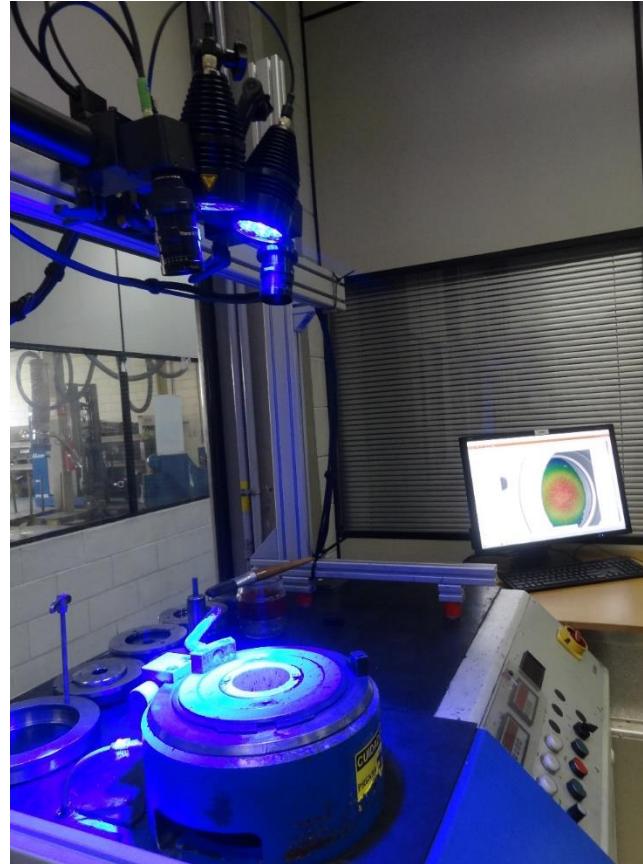
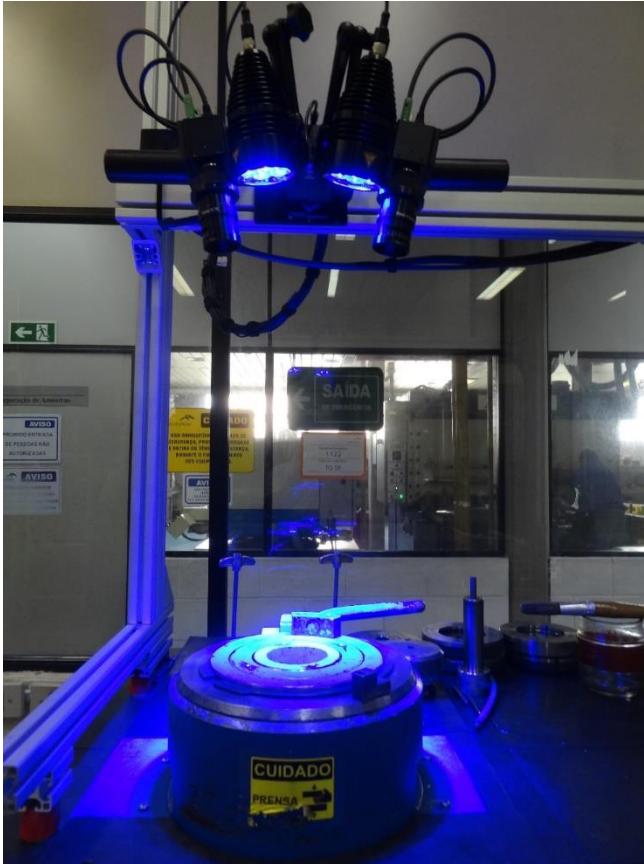
ISO 12004 – Método do tempo

Linear best-fit

A CLC é definida considerando os resultados das medições de deformações de todos os corpos de prova



ArcelorMittal - Curva Limite de Conformação



Determinação de curvas CLC e FLC: Case ArcelorMittal
Eng Marden Souza | UserMeeting 2018

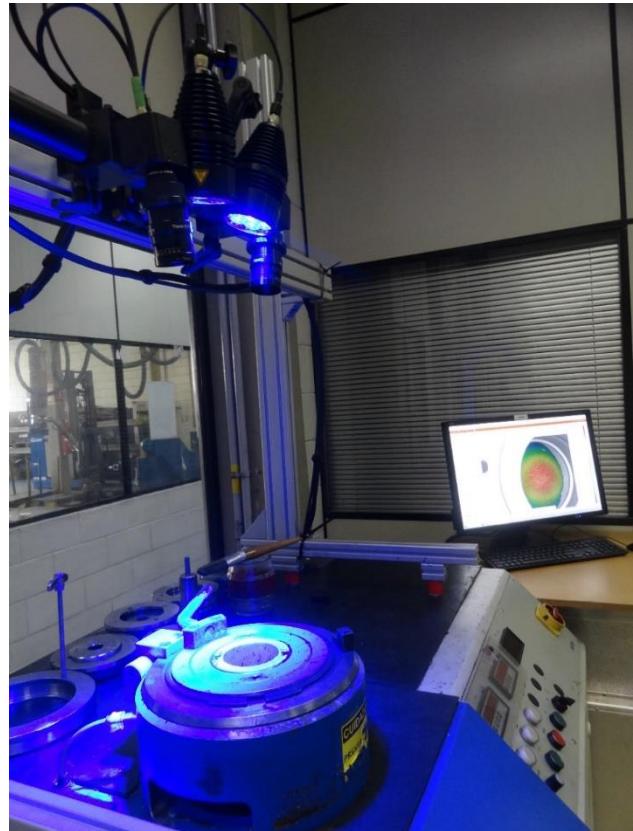
Workflow ARAMIS - Curva Limite de Conformação



Curva Limite de Conformação Completa

A utilização do ARAMIS para a determinação da CLC está permitindo:

- Maior precisão nos dados dos materiais.
- Mais dados em cada teste.
- Resultados mais rápidos
- Teste mais baratos.
- Melhora na qualidade do produto entregue ao cliente



Muito Obrigado pela Atenção !!!

www.gom.com

www.vtech-br.com

info@vtech-br.com

Siga-nos:



Vtech Consulting Ltda



@vtechconsulting