

Laboratório de Conformação Mecânica

Coordenador:

Prof. Dr. Sergio Tonini Button

Fone: 19-35213317

Fax: 19-32893722

E-mail: sergio1@fem.unicamp.br

Laboratório de Conformação Mecânica

Histórico da estampagem a quente

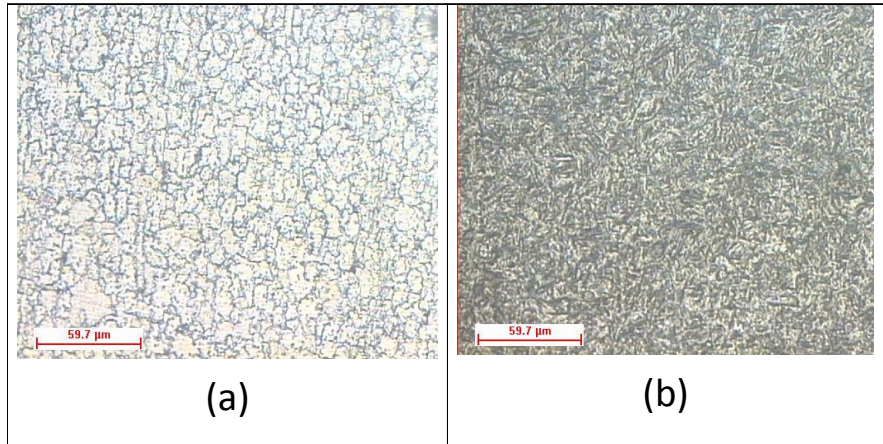
Trabalhos já concluídos nessa área desde seu início em 2006:

- Uma dissertação de mestrado;
- Um artigo publicado em periódico especializado internacional;
- Sete iniciações científicas;
- Seis trabalhos de graduação;
- Quatro trabalhos apresentados em congressos internacionais e publicados nos anais;
- Cinco trabalhos apresentados em congressos nacionais e publicados nos anais.

Histórico da estampagem a quente (Pedro Bergonzi)

As pesquisas foram iniciadas em 2006 quando iniciou-se a análise da temperabilidade de chapas com 1,8 mm de espessura do aço DIN 22MnB5, gentilmente cedidas pela Usiminas.

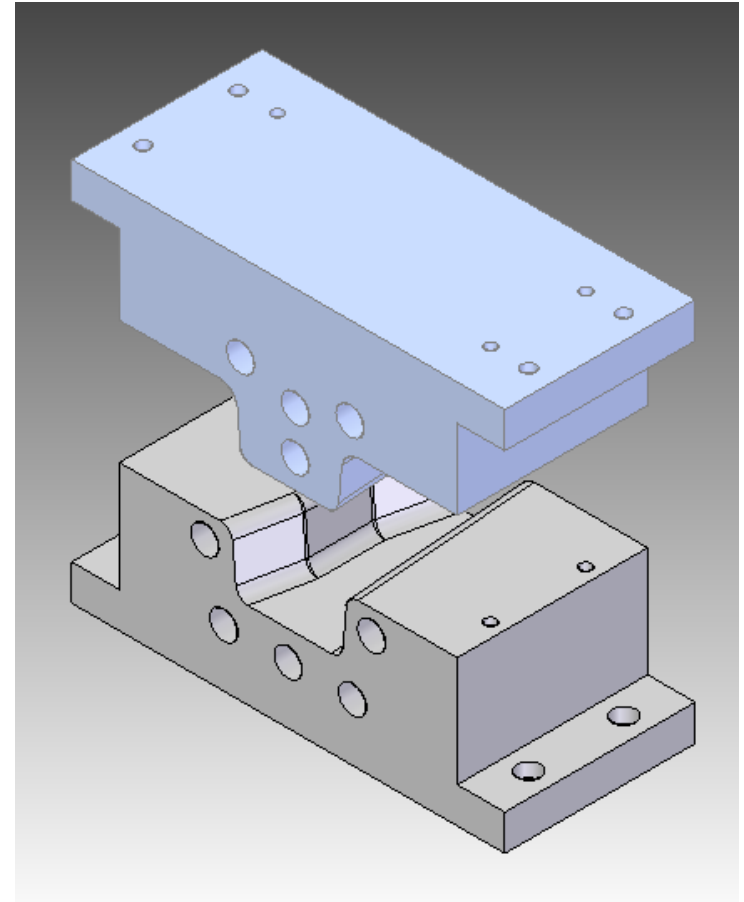
Meio de resfriamento	Temperatura de aquecimento (°C)	Dureza
Ar	800	146 HB
Ar	900	180 HB
Água	800	183 HB
Água	900	55 HRC
Placa metálica (a)	800	156 HB
Placa metálica (b)	900	47 HRC
Óleo	800	160 HB
Óleo	900	52 HRC



Histórico da estampagem a quente (Gustavo Tanaka)

Também em 2006, foi projetado o primeiro conjunto de matrizes utilizadas em muitos dos ensaios de estampagem a quente.

Elas foram projetadas para produzir um componente similar a um trecho do pilar “B” de automóveis e que posteriormente, receberam furos para resfriamento por circulação de água gelada.

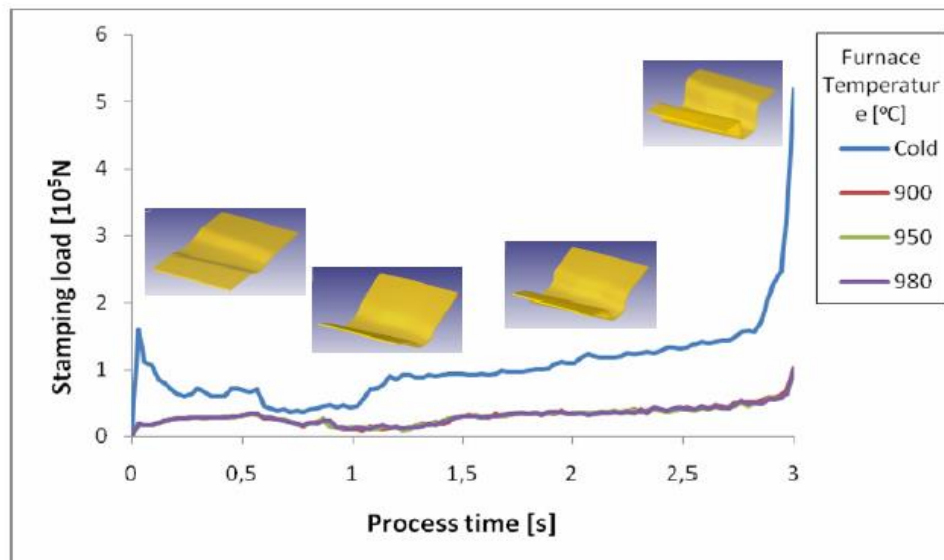


Ferramental utilizado na estampagem a quente e produto estampado



Histórico da estampagem a quente (Fernando Flandoli)

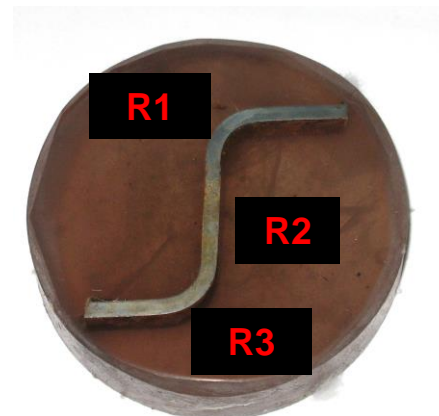
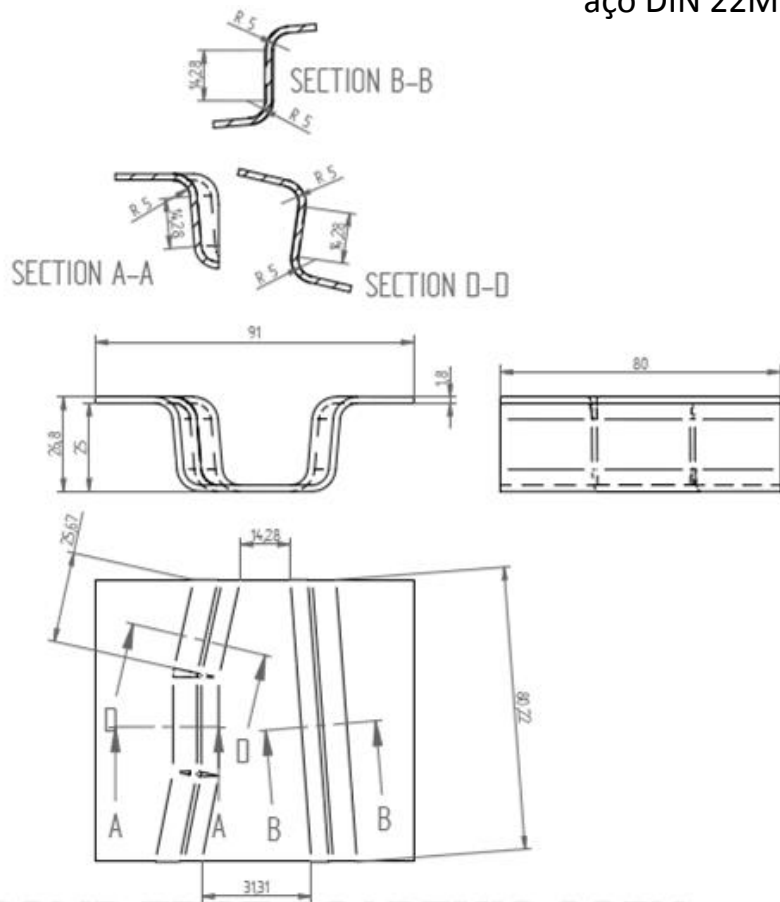
Em 2008, a partir dos resultados obtidos na análise da temperabilidade do aço DIN 22MnB5 e com as matrizes já fabricadas, foram simulados os primeiros modelos por elementos finitos e realizados os primeiros ensaios de estampagem a quente que resultaram na apresentação do trabalho no IDDRG realizado em Graz, Áustria em 2010. *“Improvement of Mechanical Properties and Microstructure of 22MnB5 Steel by Hot Stamping and Direct Cooling”*



Varição da força de estampagem em função do tempo de processo e da temperatura inicial do blanque do aço DIN 22MnB5

Resultados obtidos nos primeiros ensaios de estampagem a quente

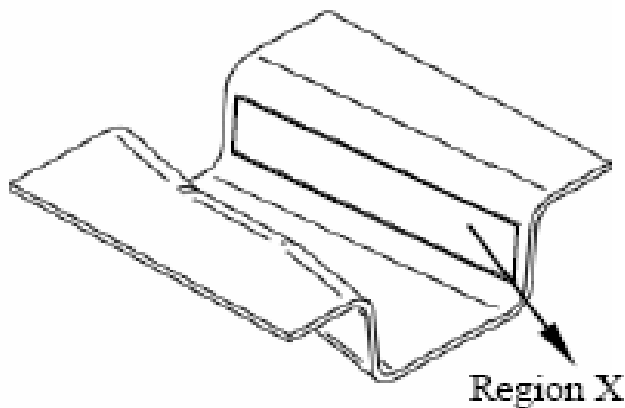
Avaliação da microdureza Vickers em regiões de corpos-de-prova do aço DIN 22MnB5 estampados em diferentes temperaturas



Furnace temperature [° C]	Region R1	Region R2	Region R3
900	414±30	468±27	329±28
950	421±35	529±48	455±37
980	404± 49	549± 26	461±32

Resultados obtidos nos primeiros ensaios de estampagem a quente

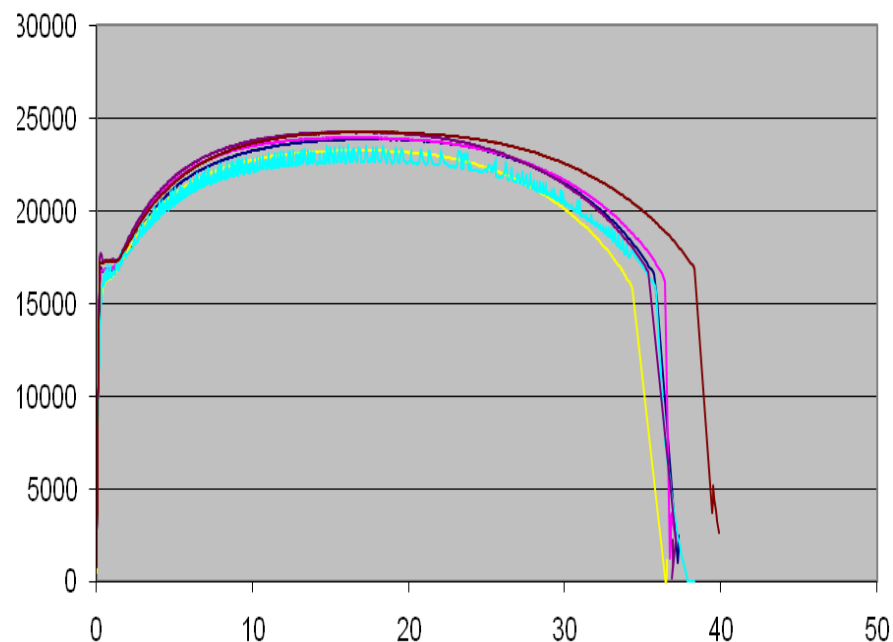
Propriedades obtidas em ensaios de tração realizados com corpos-de-prova retirados das peças estampadas do aço DIN 22MnB5



Furnace Temperature [°C]	Yield strength (0.2% offset) [MPa]	Ultimate strength [MPa]	Elongation at fracture [%]
Cold	436± 24	491± 16	26.6± 5
900	1156± 34	1543± 24	6.4± 3
950	1296± 28	1700± 27	6.1± 4
980	1273± 14	1734± 31	7.5± 5

Histórico da estampagem a quente (Bruno Henriques)

Em 2009, foram realizados os primeiros ensaios para avaliar a temperabilidade de chapas com 4,0 mm de espessura do aço DIN 27MnCrB5 gentilmente cedidas pela Brasmetal Waelzholz.



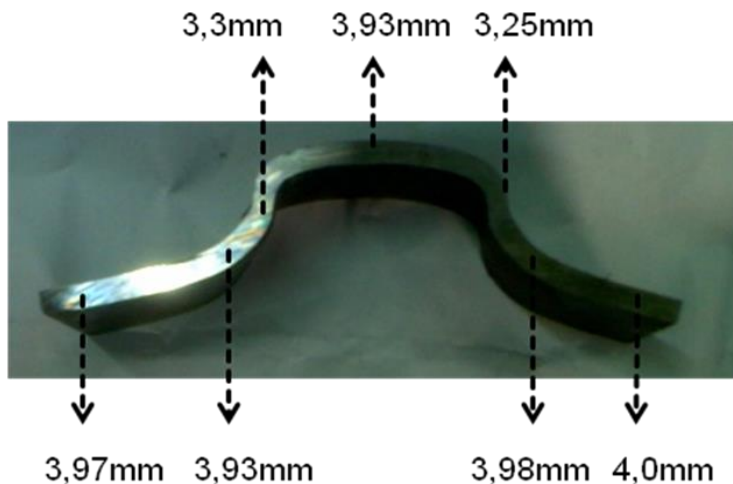
Avaliação da anisotropia e uniformidade das propriedades mecânicas de duas chapas do aço 27MnCrB5

Resultados obtidos nos primeiros ensaios de estampagem a quente com o aço DIN 27MnCrB5

Propriedades obtidas em ensaios de tração a frio e a quente com o aço 27MnCrB5

Propriedades	A frio	850 °C	900 °C
Limite de Escoamento (MPa)	366	48	40
Limite de Resistência (MPa)	491	66	52
Alongamento total (%)	35	76	60

Resultados obtidos nos primeiros ensaios de estampagem a quente com o aço DIN 27MnCrB5



Avaliação da dureza Vickers em regiões de corpos-de-prova do aço DIN 27MnCrB5 com diferentes condições de resfriamento



Peça\Posição		Resfriamento ao ar	Resfriamento entre chapas	Resfriamento misto
850 C	1	192,8	278,4	220,8
	2	233,2	478,1	211,2
	3	216,1	402,3	210,2
900 C	4	302,9	553,0	388,6
	5	317,9	458,2	426,0
	6	342,2	494,3	383,8

Histórico da estampagem a quente (Alessandro Longhi)

Em 2011 iniciaram-se os estudos da estampagem a quente de blanques soldados a laser com materiais, espessuras e orientações diversas.

Tipo	Direção	Aço/espessura (mm)		
		22MnB5/1,90	27MnCrB5/1,57	27MnCrB5/1,80
1		x	x	
2	1	x		x
3			x	x
4	2	x	x	

Peça estampada a quente a partir de blanque orientado na Direção 2

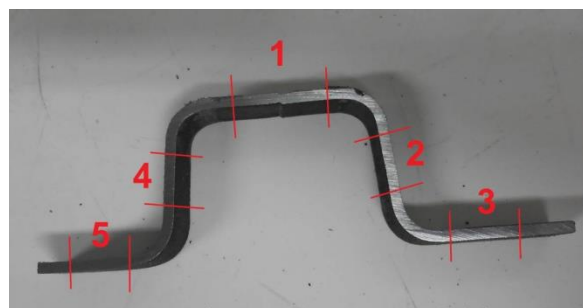


Estampagem a quente de blanques soldados a laser

Estampado a quente

Tipo	T (°C)	Região	Material	HV
1	880	1	27MnCrB5	299,3
		1	22MnB5	313,5
		1	Solda	288,5
		2	27MnCrB5	299,3
		3	27MnCrB5	264,6
		4	22MnB5	253,8
		5	22MnB5	302,2
		1	27MnCrB5	409,3
		1	22MnB5	417,2
		1	Solda	401,1
2	950	2	27MnCrB5	572,1
		3	27MnCrB5	435,4
		4	22MnB5	503,2
		5	22MnB5	442,5
		1	1-27MnCrB5	520,2
		1	2-27MnCrB5	538,5
3	950	1	Solda	431,1
		2	1-27MnCrB5	452,8
		3	1-27MnCrB5	319,3
		4	2-27MnCrB5	455,3
		5	2-27MnCrB5	373,6

Avaliação da dureza Vickers em cinco regiões dos corpos-de-prova



Temperado e revenido

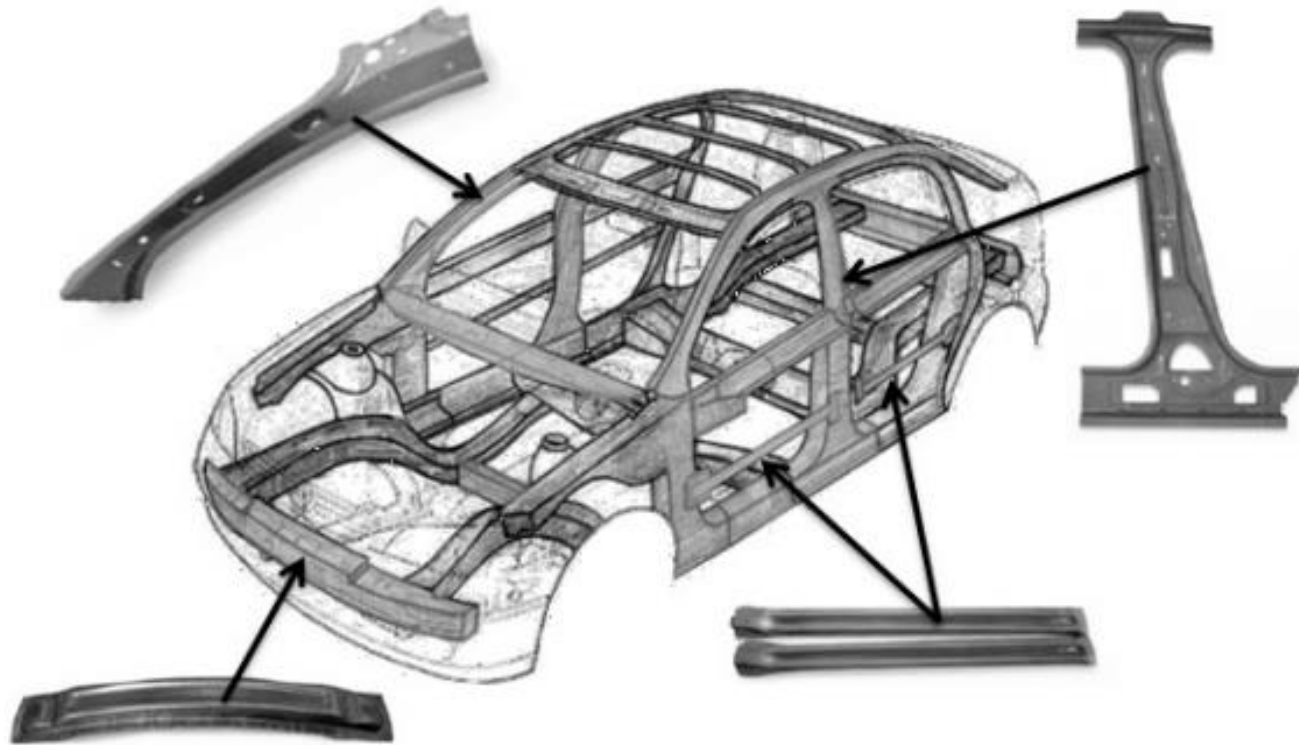
Tipo	T (°C)	Região	Material	HV
1	880	1	27MnCrB5	523,2
		1	22MnB5	513,5
		1	solda	514,2
		2	27MnCrB5	489,2
		3	27MnCrB5	524,5
		4	22MnB5	453,1
		5	22MnB5	430,2

Estampado a quente

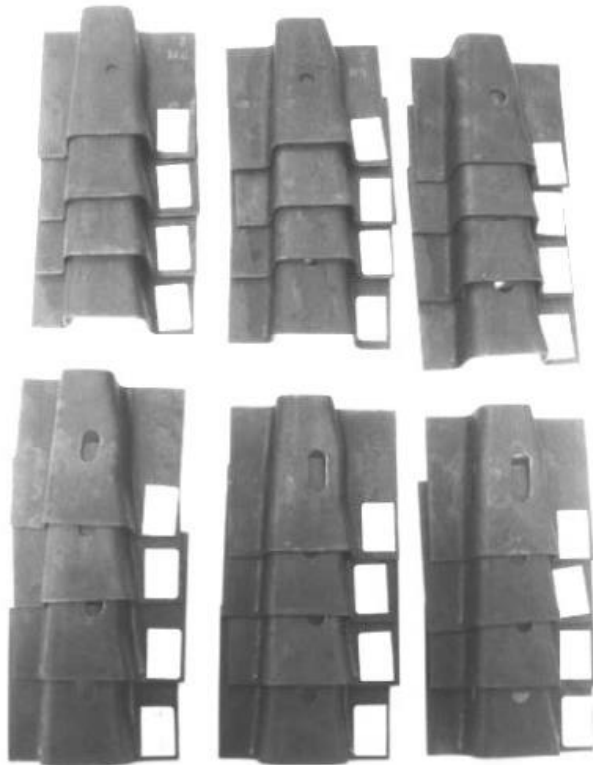
Tipo	T (°C)	Região	Material	HV
4	880	1	22MnB5	263,0
		1	27MnCrB5	298,9
		1	solda	325,6
		4	22MnB5	365,45
		4	27MnCrB5	334,4
		4	solda	332,4
		5	22MnB5	231,9
		5	27MnCrB5	258,1
		5	solda	266,5
		1	22MnB5	473,0
4	950	1	27MnCrB5	494,0
		1	solda	512,5
		4	22MnB5	514,4
		4	27MnCrB5	542,9
		4	solda	483,3
		5	22MnB5	508,7
		5	27MnCrB5	501,2
		5	solda	448,7

Histórico da estampagem a quente (Mario Gioto)

Também em 2011 estudou-se a distorção de furos circulares e oblongos em produtos estampados a quente, a fim de projetar blanques com furos modificados para obter produtos funcionais e qualificados.

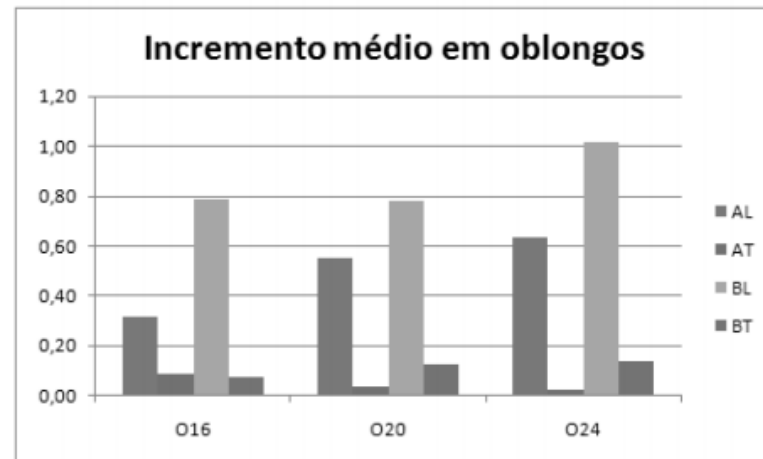
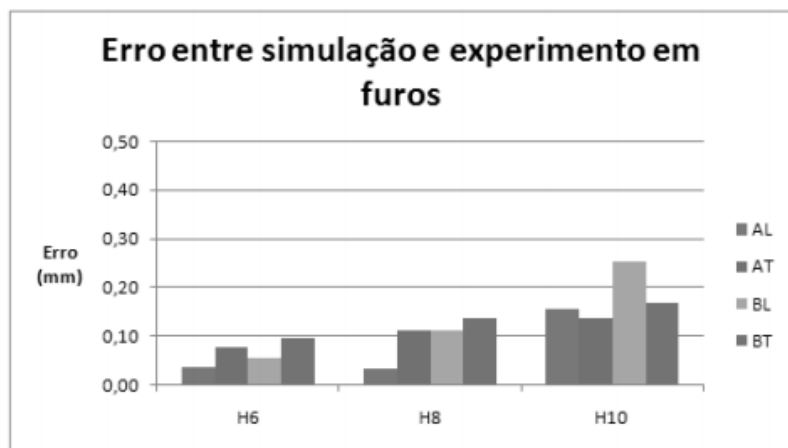
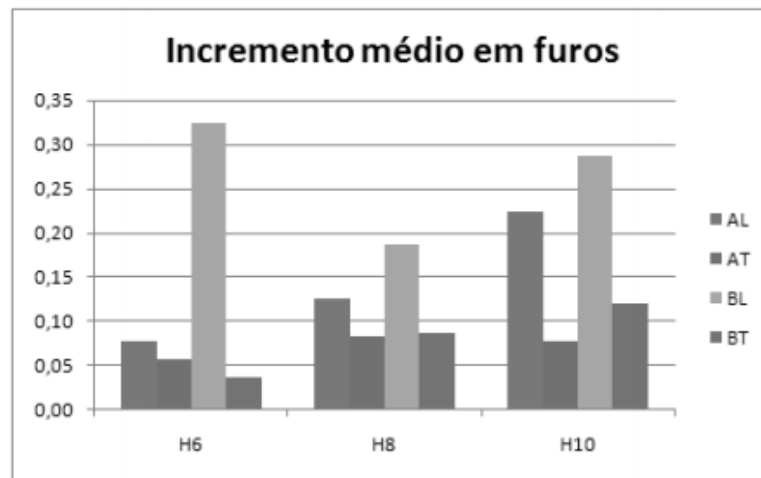
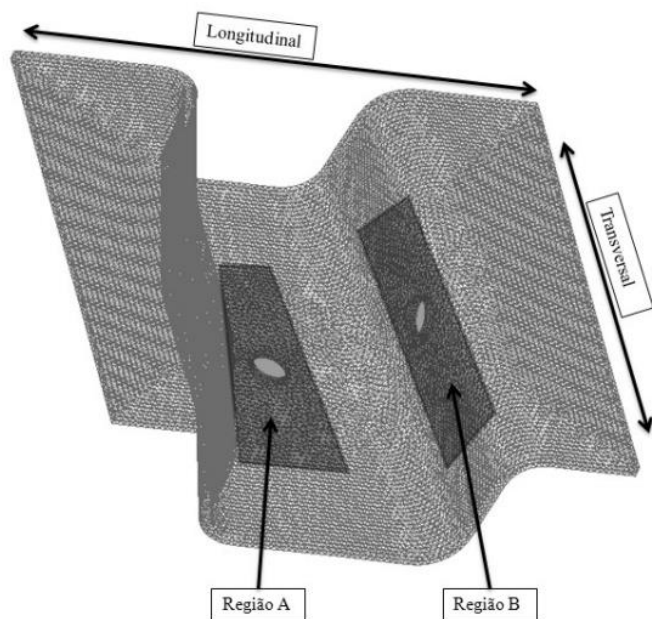


Estampagem a quente de blanques com furos e oblongos



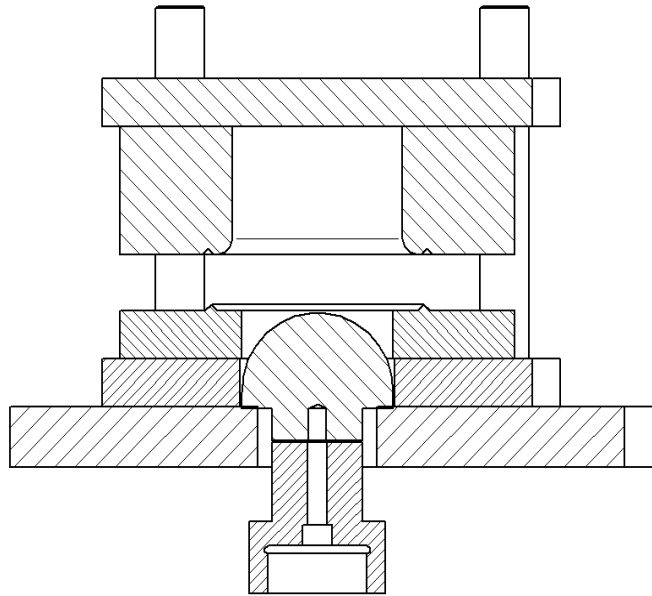
Corpos-de-prova, aço DIN 22MnB5, com furos de 6, 8 e 10mm de diâmetro e oblongos de 8mm de diâmetro e 16, 20 e 24mm de comprimento, estampados a 950°C

Estampagem a quente de blanques com furos e oblongos

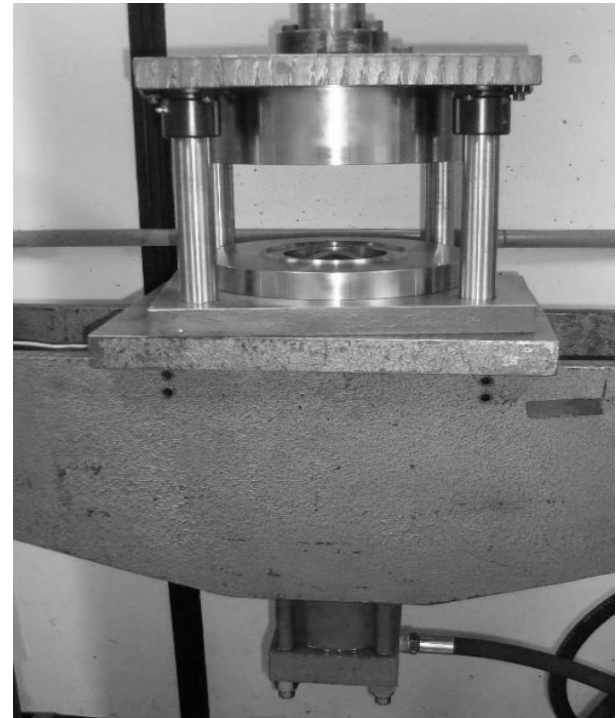


Histórico da estampagem a quente (Mario Batalha)

Em 2011 iniciaram-se os estudos sobre a estampabilidade a quente com estiramento controlado de chapas de 4,0mm de espessura do aço DIN27MnCrB5, com o objetivo de determinar qual seria o maior afinamento possível de espessura sem a ocorrência de falhas.

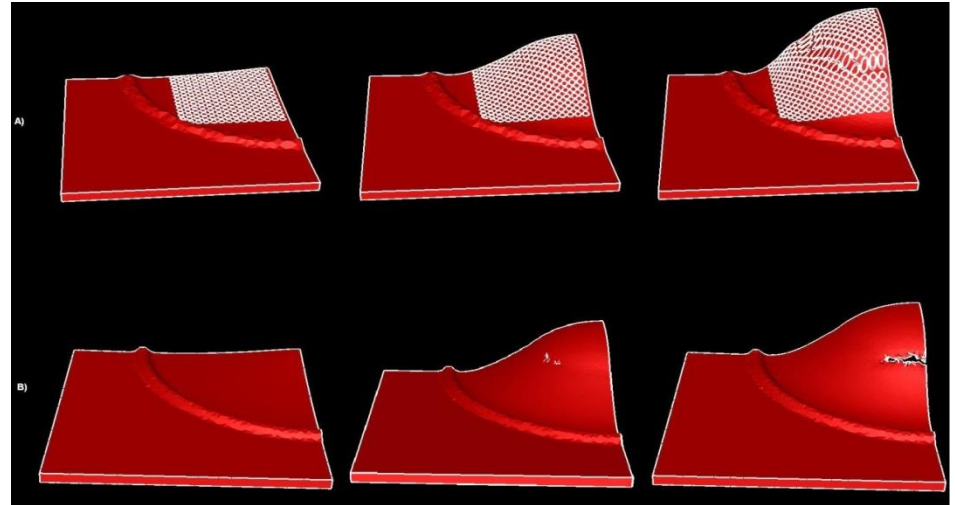


Conjunto de ferramentas projetado e montado para os ensaios Nakazima a quente

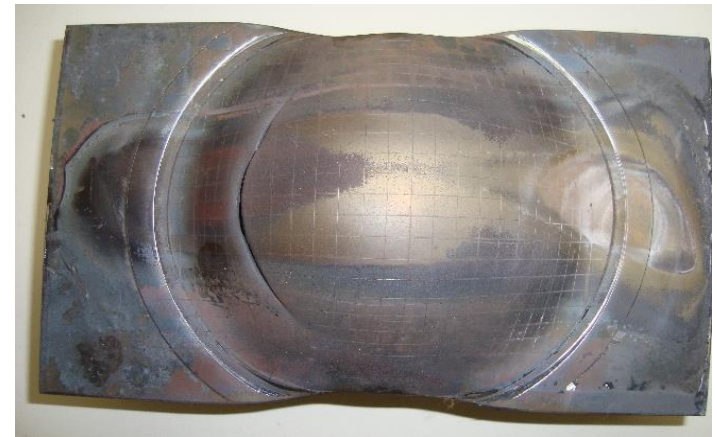
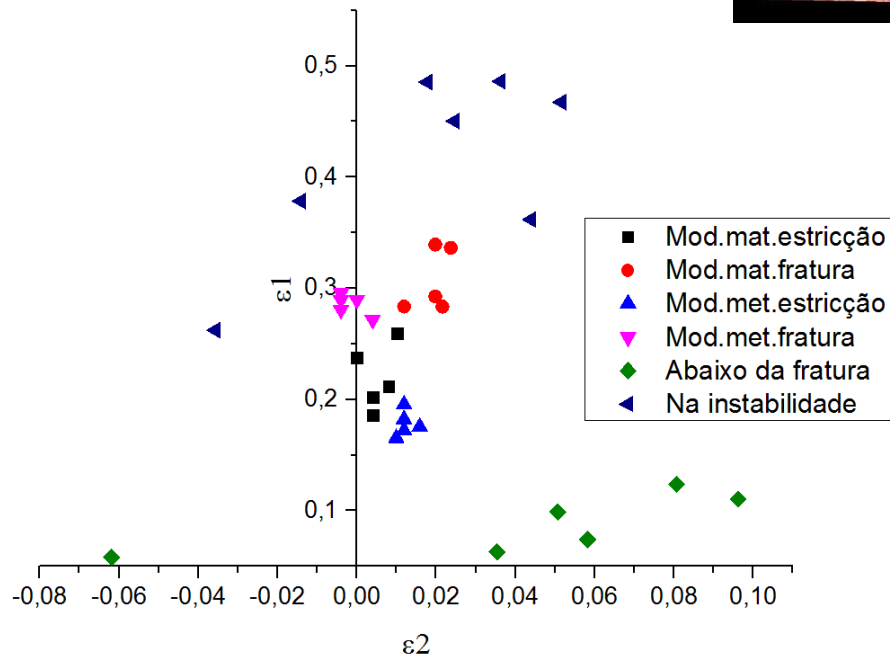


Estampagem a quente com estiramento controlado

Resultados da simulação e de experimento do ensaio Nakazima

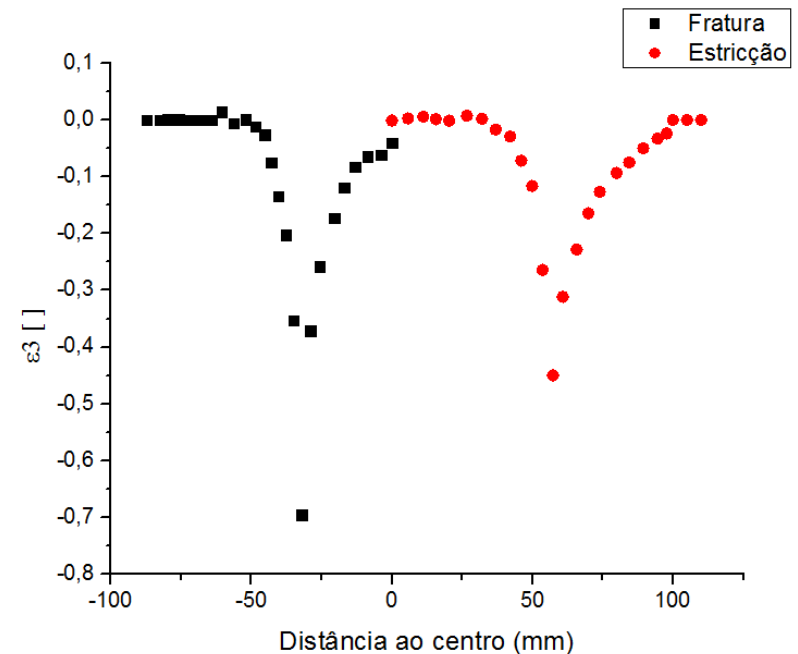
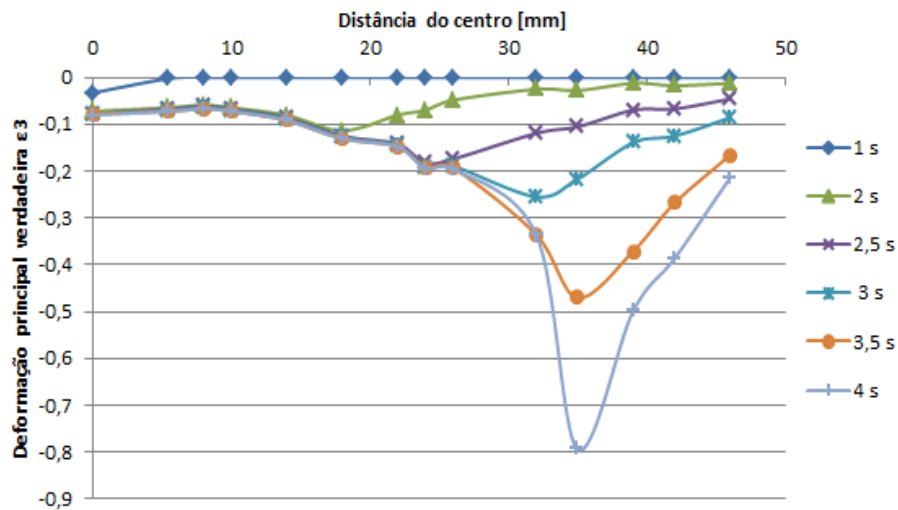


Curva limite de conformabilidade



Estampagem a quente com estiramento controlado

Variação da espessura ao longo da peça estampada

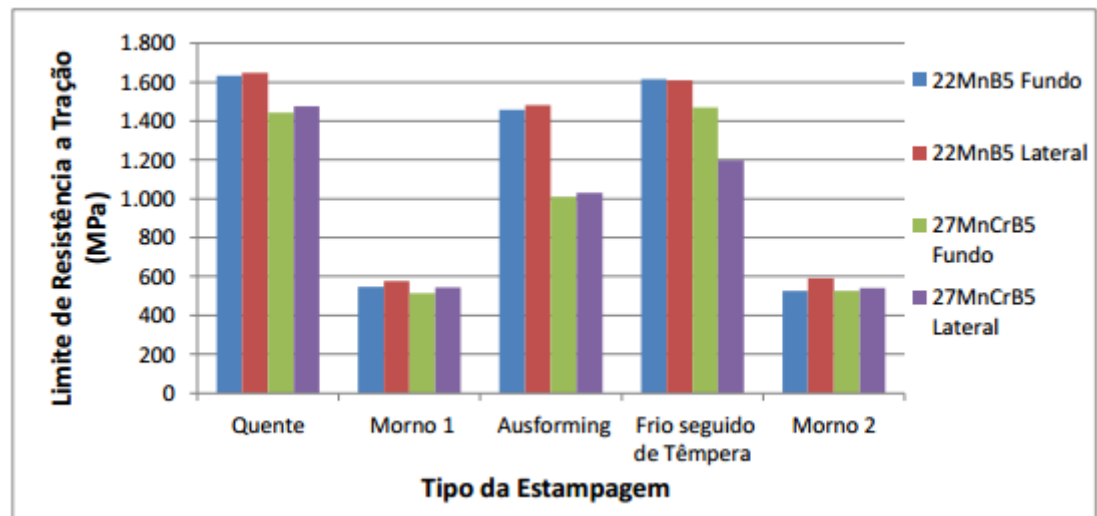
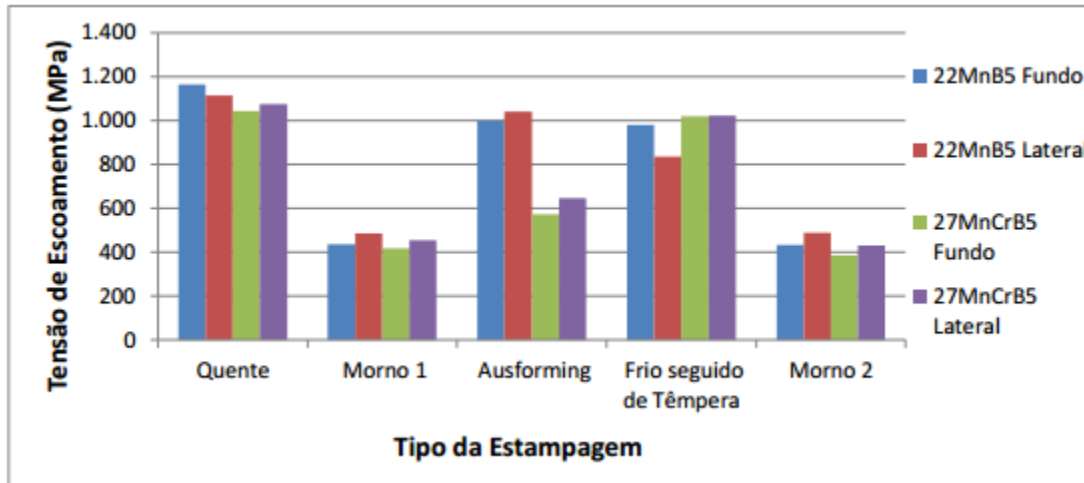


Histórico da estampagem a quente (Gabriel Zapata)

Em 2012 iniciaram-se os estudos sobre quatro variações da estampagem empregando chapas dos aços DIN 22MnB5 e 27MnCrB5, com 1,9 e 1,7 mm de espessura. Foram estudadas a estampagem a quente convencional, a frio seguida de têmpera e revenido, a morno e o que se denominou “aus-stamping”.

Estampagem	Temperatura de aquecimento (°C)	Temperatura de deformação (°C)	Meio de resfriamento
Frio/Tempera	950	25	óleo
Quente	950	950	nas matrizes
Morno #1	650	650	nas matrizes
Morno #2	750	750	nas matrizes
Aus	950	650	nas matrizes

Influência da temperatura de deformação nas propriedades mecânicas de produtos estampados



Influência da temperatura de deformação nas propriedades mecânicas de produtos estampados

