

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

***Relazione per la prova finale
«Analisi numerica del processo di
stampaggio di lamiera metalliche»***

Tutor universitario: Prof. Andrea Ghiotti

Laureando: *Davide Schiavon*

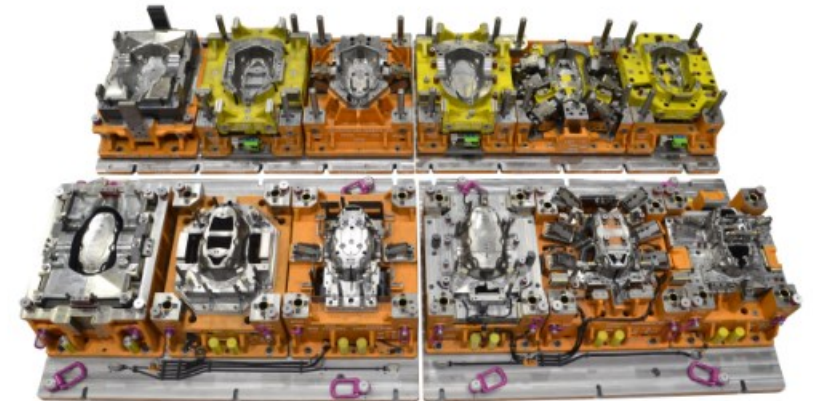
Padova 15/09/2022

Questa relazione finale è stata sviluppata in collaborazione con l'azienda La.me.s s.r.l., specializzata nella progettazione e realizzazione di stampi.



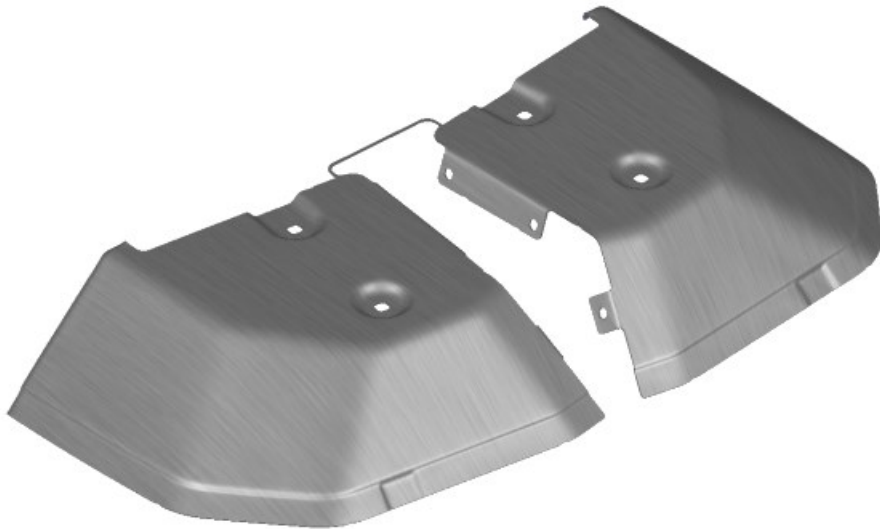
Contenuti:

- Problematica analizzata;
- Materiale e stampi;
- Risultati simulazione in azienda;
- Software utilizzato e analisi numerica;
- Risultati;
- Conclusioni.

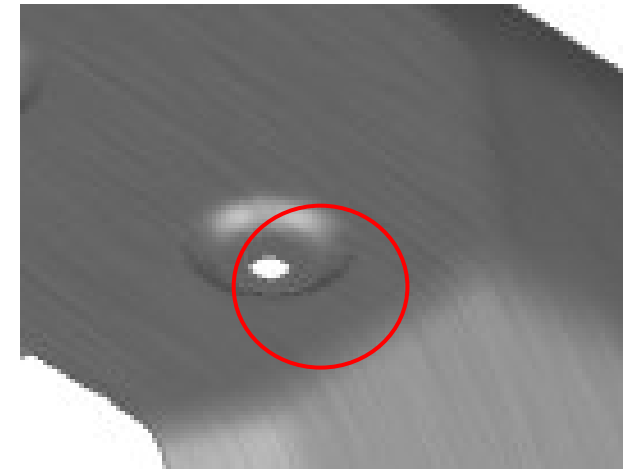


Esempio di Stampo transfer

Discrepanza di risultati tra simulazione con *Autoform* (software utilizzato in azienda) e realizzazione del pezzo in lamiera metallica.



Pezzo finale



Zona soggetta a lieve rottura

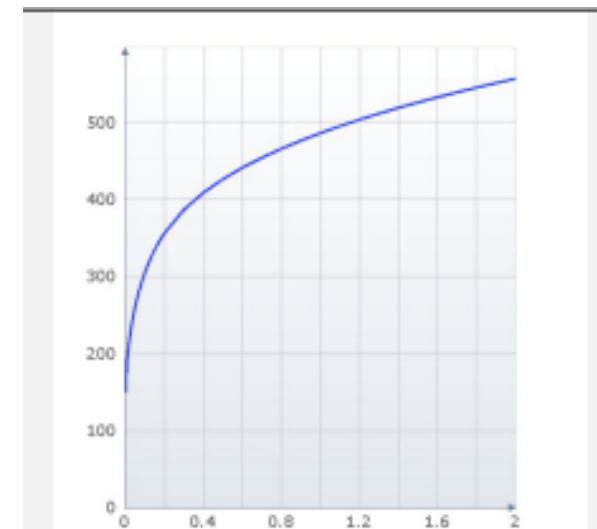
Lo spessore della lamiera è di 1,5 mm.

L'acciaio della lamiera utilizzato per la realizzazione del pezzo è un *low strength steel*, un acciaio basso legato a alta resistenza (HSLA).

Basic	
Material Type	Low Strength Steel
Young's Modulus	1.72E+05 MPa
Young's Modulus Lower	
Young's Modulus Upper	
Poisson's Ratio	0.30
Specific Weight	7.80E-05 MPa/mm

Hardening Curve	
Type	Table
σ_0	150.30 MPa
R_m	291.88 MPa
n	0.210
A_G	22.1 %

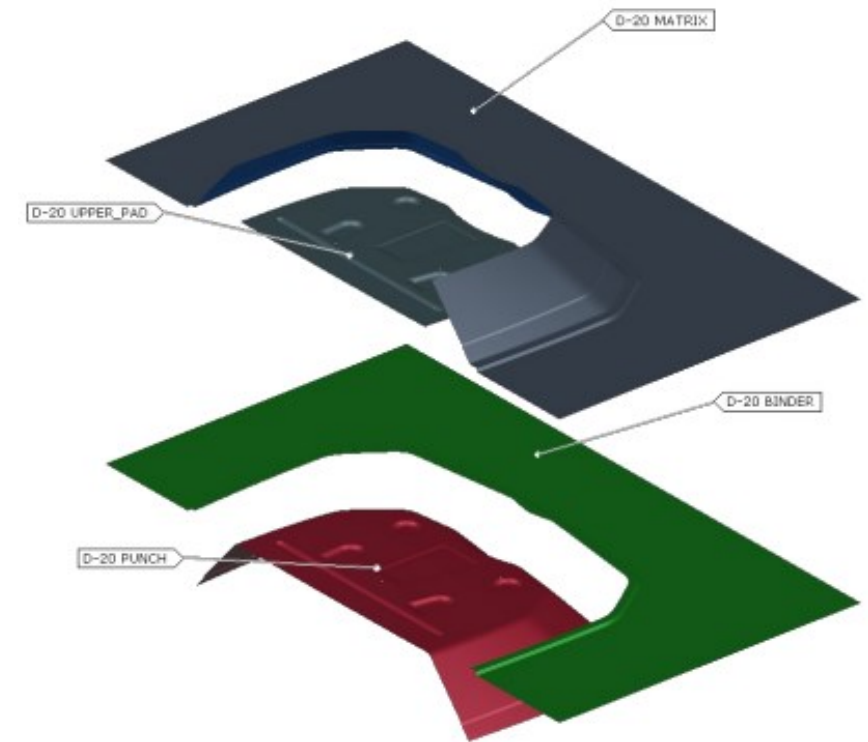
Curva sigma-epsilon del materiale



Le geometrie fanno parte di uno stampo *transfer*, azionato da una pressa.

Nell'immagine sono presenti:

- Matrice (componente grigio);
- Premi-lamiera (componente verde);
- Punzone (componente rosso).



Dati iniziali formatura in La.me.s:

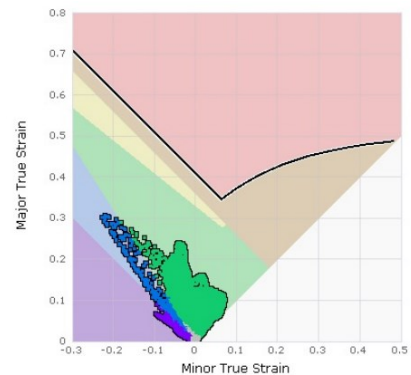
Operation View Legends		
Tools	Legend Color	Max Force
MATRIX		1060.7 kN
PUNCH		1437.7 kN
BINDER		425.4 kN
UPPER_PAD		777.0 kN
Weight		47.90 N

Forze componenti a fine corsa

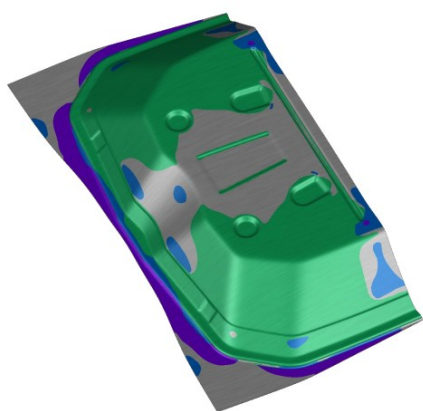
Corsa premi-lamiera [mm]	Forza Iniziale [kN]	Incremento per millimetro [kN/mm]
125	331,4	2,560

Forza e incremento durante la corsa del premi-lamiera

Qui di seguito riportati i risultati dopo la simulazione in azienda:

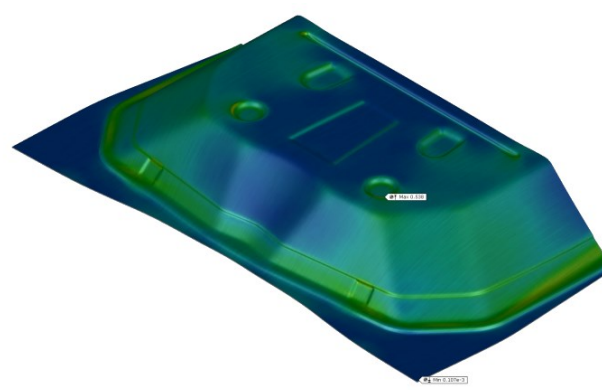


Thickening	Compress	Ineff Stretch	Safe	Risk of Splits	Excess Thinning	Splits
6.44 %	6.29 %	27.19 %	60.29 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
0.01	< 0.02	20.00 %	> 0.30	0.00 %		



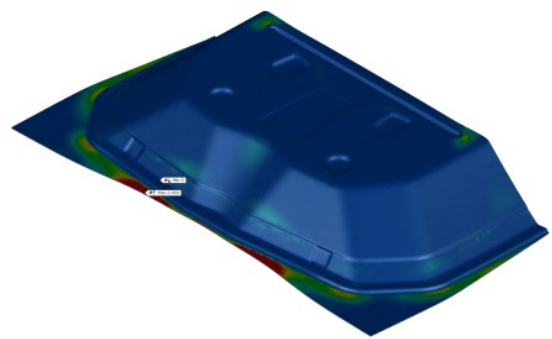
Formability	Thickening	Compress	Ineff Stretch	Safe	Risk of Splits	Excess Thinning	Splits

Formabilità



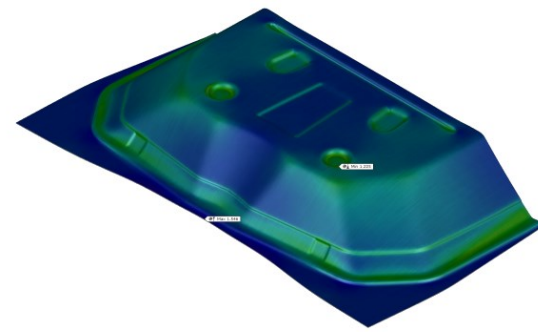
Max Failure	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0

Max deformazione



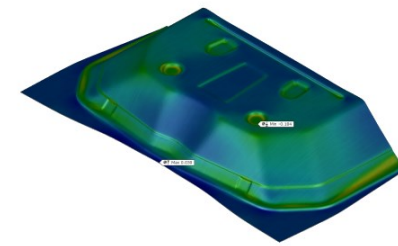
Pot Wrinkles	0.025	0.020	0.015	0.010	0.005	0.000

Potenziale formazione di grinze



Thickness (mm)	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1

Spessore

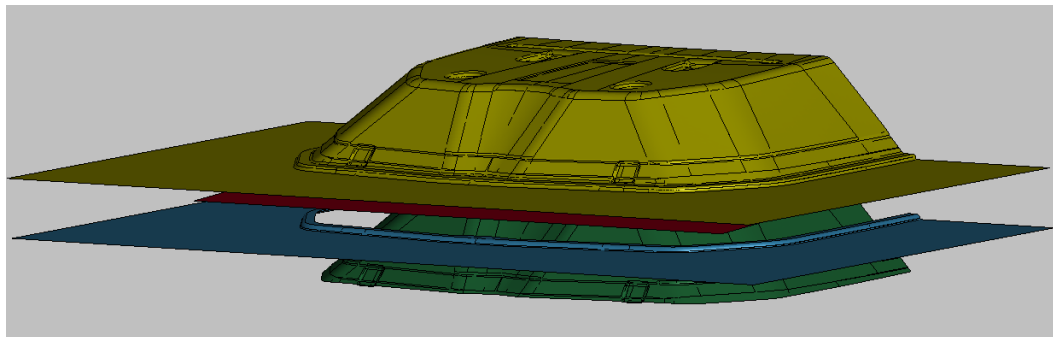


Thinning	0.10	0.05	-0.00	-0.05	-0.10	-0.15	-0.20	-0.25

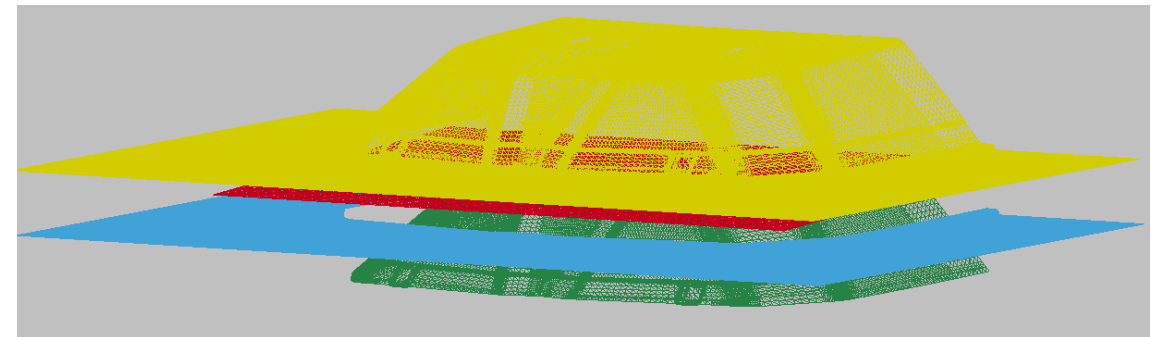
Assottigliamento

Qui sotto vengono riportate le principali caratteristiche e impostazioni del sw:

- Per eseguire la simulazione si è utilizzato *Ls Dyna*, un software ad elementi finiti;
- Le geometrie sono elementi shell, con *mesh* che variano da una pezzatura di 8 mm per le parti piani a una pezzatura di 0,2 mm per raggi di raccordo, rientranze e sporgenze;
- Dopo aver impostato i principali parametri e dati, è stata avviata la simulazione tramite il *Lauch Manager* di *Ls Dyna*



Assieme delle Geometrie

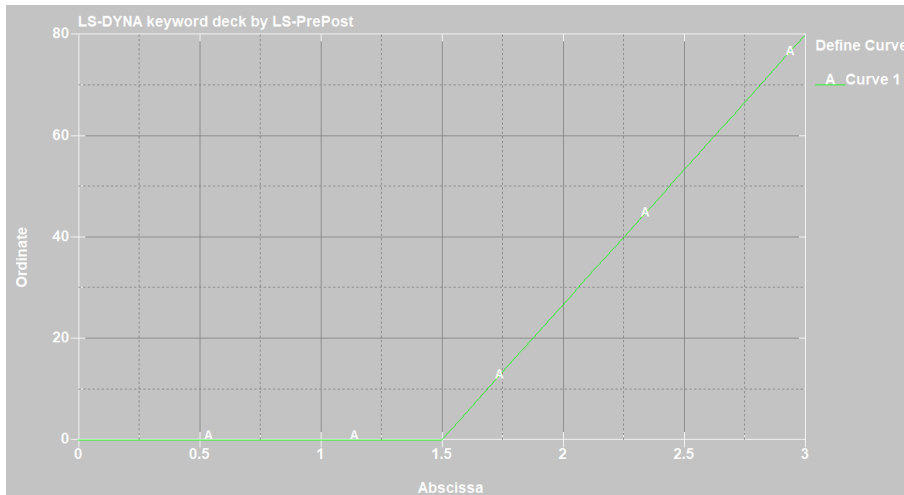


Geometrie «meshate»

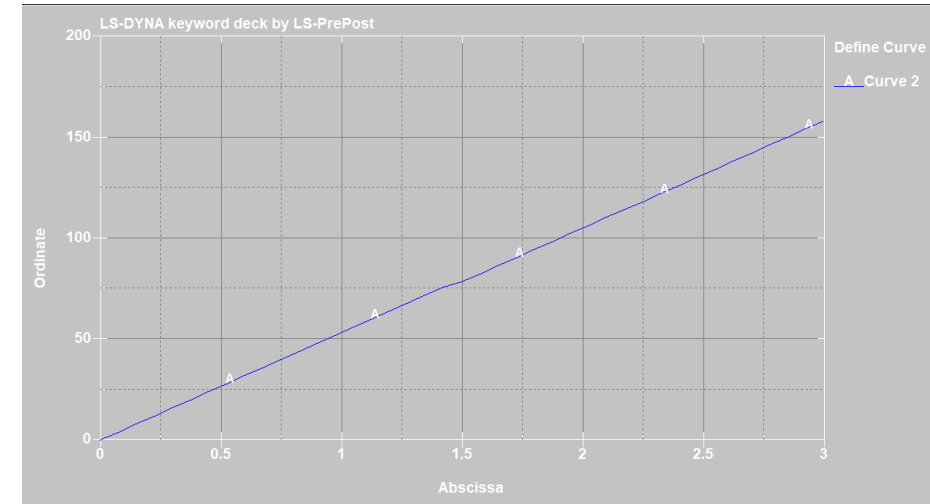
I principali parametri e *cards* impostati per la simulazione sono i seguenti:

- Materiale: *rigid* per gli stampi e *piecewise linear plasticity* per la lamiera;
- Curve del moto per la matrice e per il premi-lamiera;
- Curva sigma-epsilon del materiale;
- Opzioni di contatto (*automatic surface to surface*);
- Condizioni di movimento (*prescribed motion rigid*) per le parti «rigide»;
- Altre impostazioni nel database per il salvataggio dei dati (*ascii option, d3plot*).

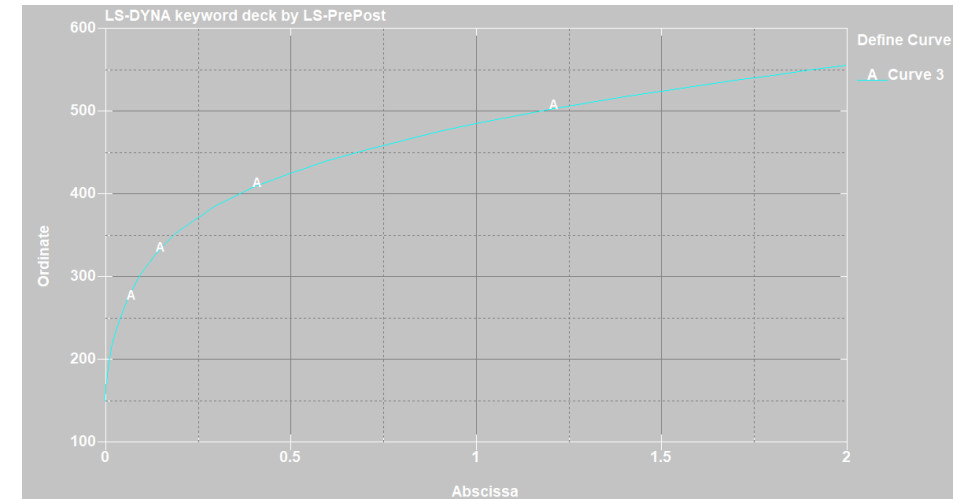
Sono qui riportate le curve del moto delle geometrie e la curva sigma-epsilon del materiale usate in simulazione



Curva corsa premi-lamiera

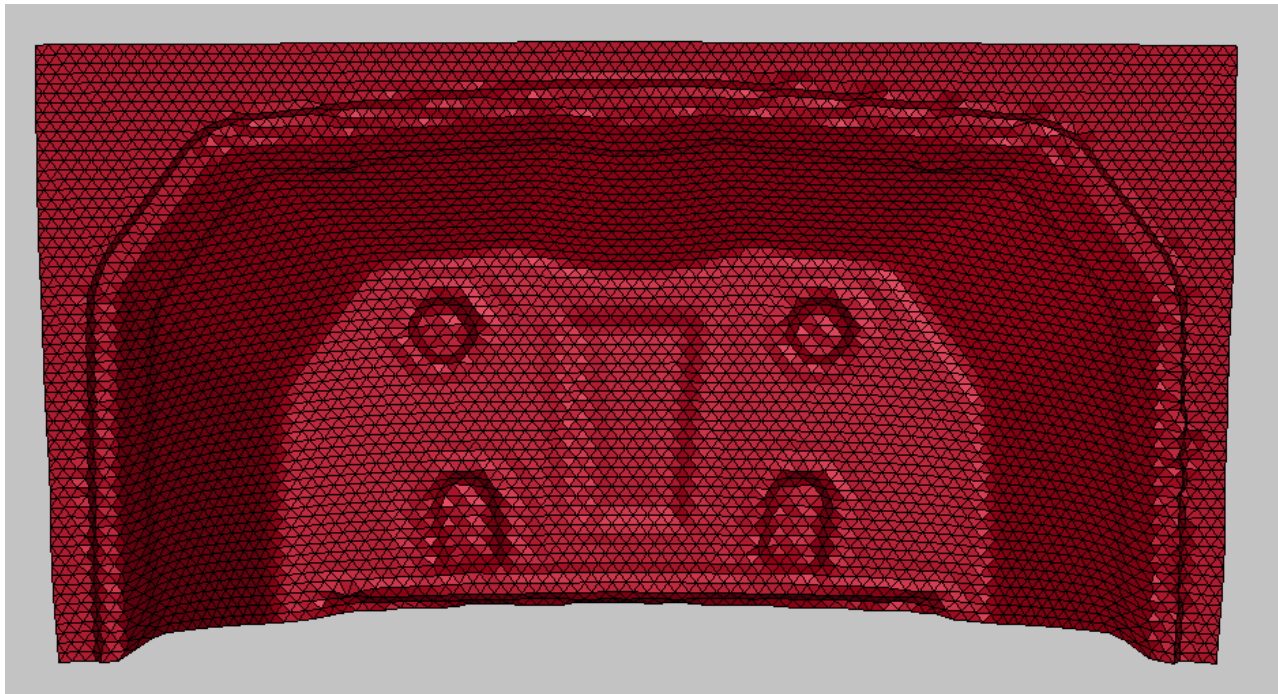


Curva corsa matrice



Curva sperimentale sigma-epsilon materiale

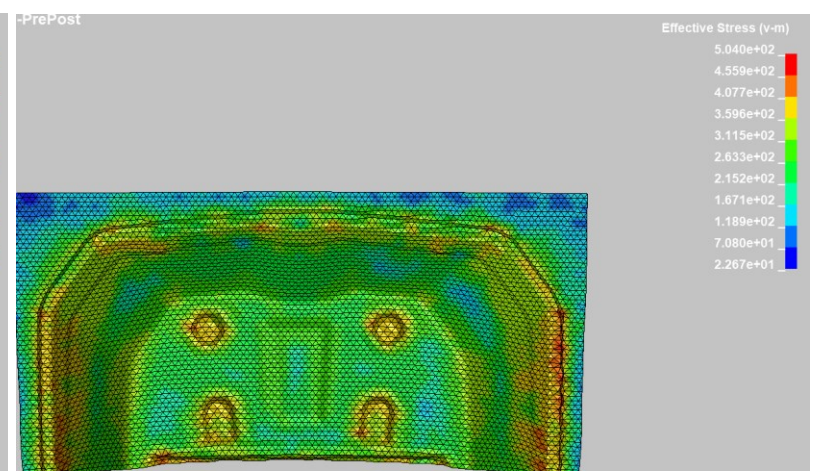
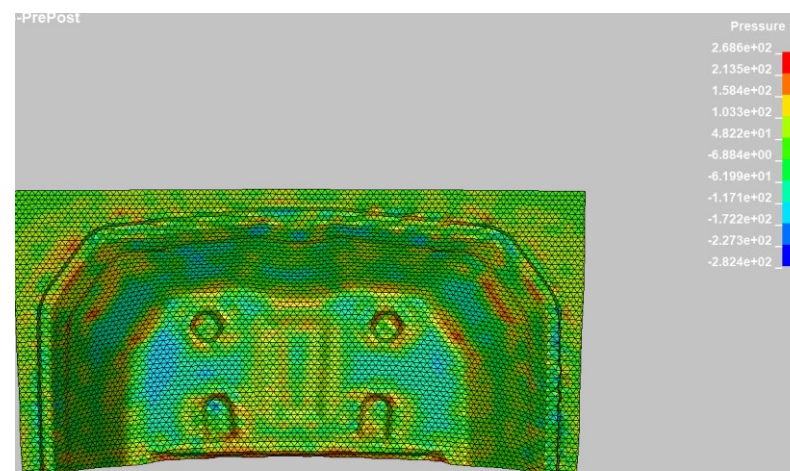
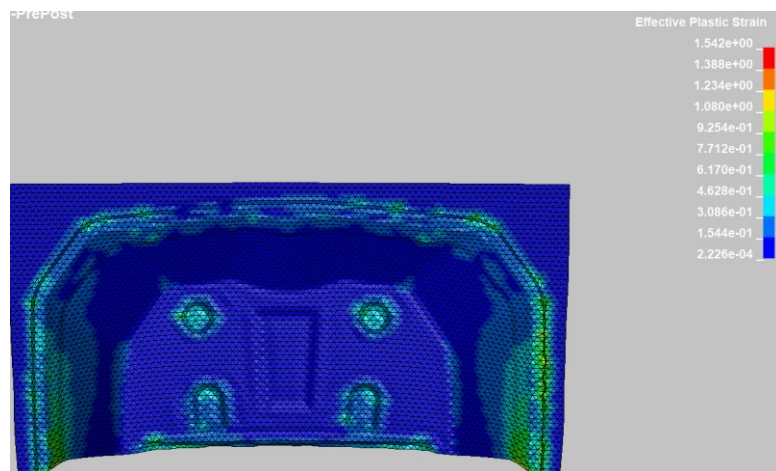
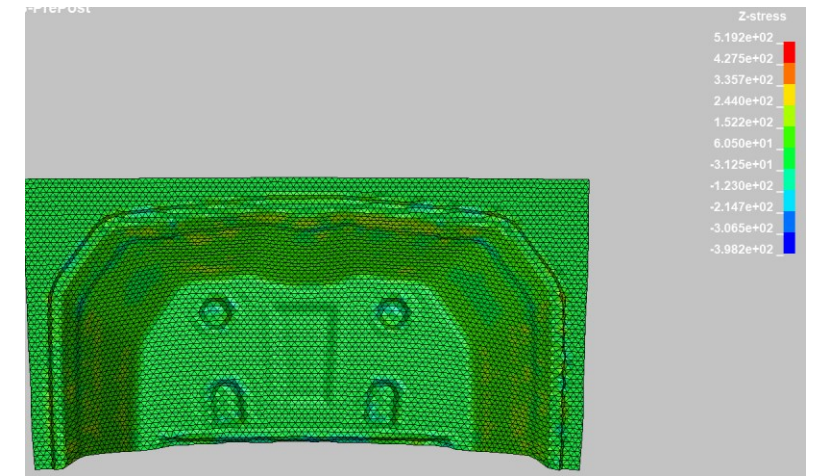
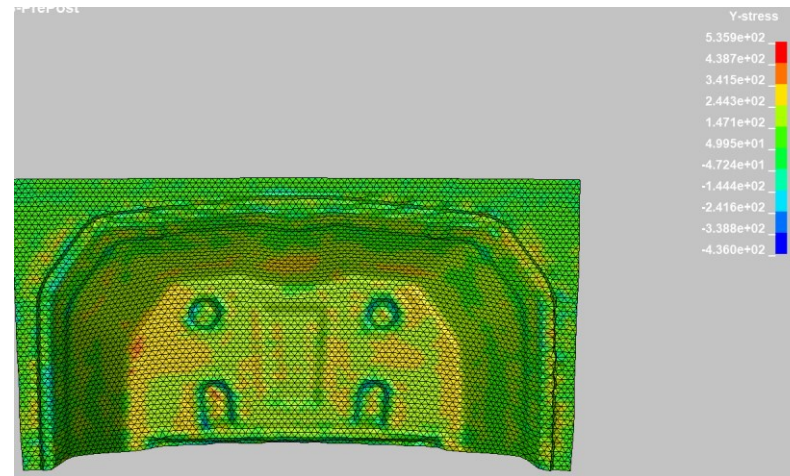
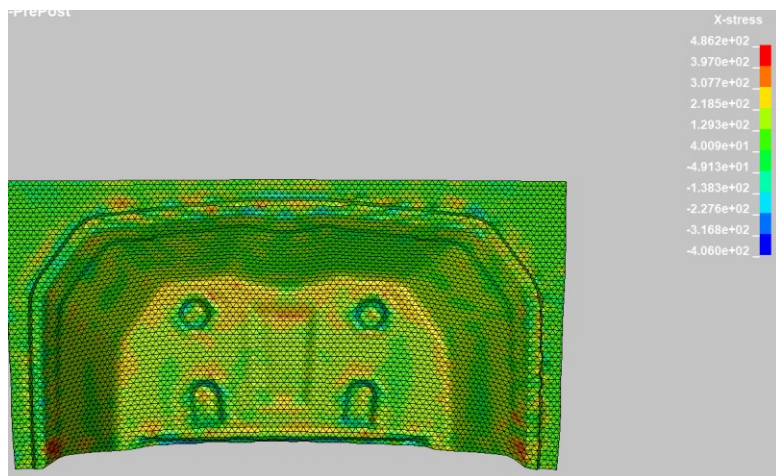
La prima simulazione avviata con una trama della *mesh* triangolare di 8mm ha dato i seguenti risultati:



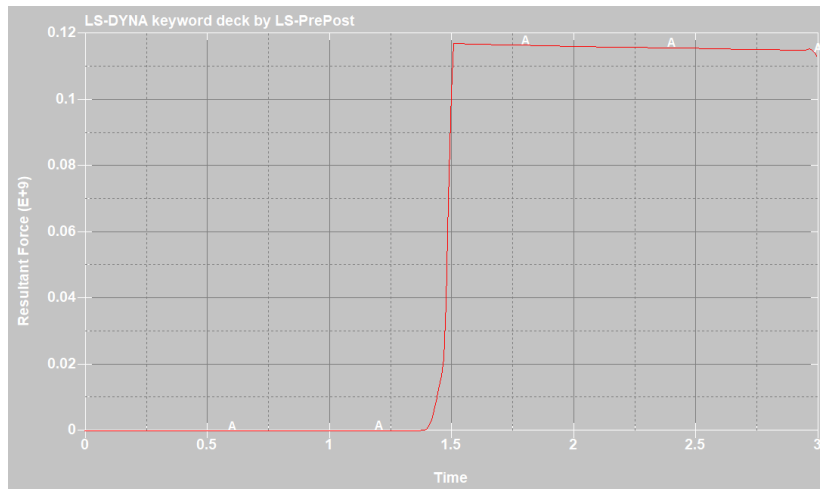
Come si nota, a causa della taglia della *mesh*, i raggi di raccordo e le parti cave non sono definite al meglio

Nelle slides successive sono riportati nel dettaglio gli esiti della simulazione

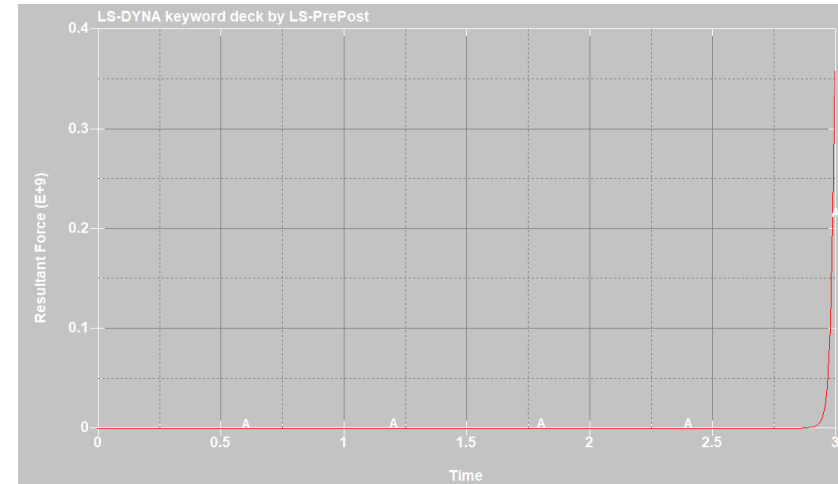
Vengono qui riportati i risultati di maggiore interesse della prima simulazione:



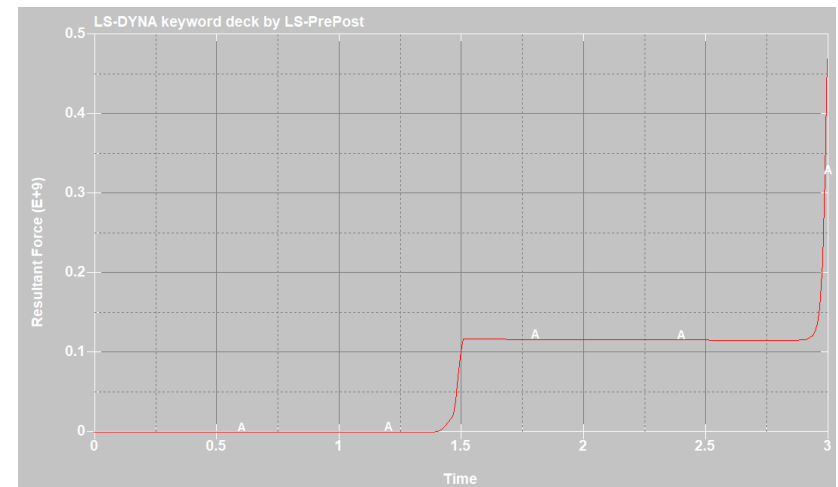
I grafici qui rappresentati indicano lo sviluppo della risultante delle forze nei vari componenti dello stampo durante la prova:



Rcf force premi-lamiera



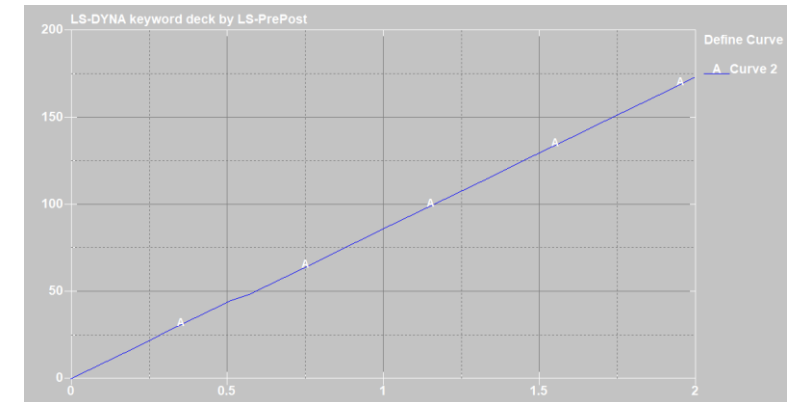
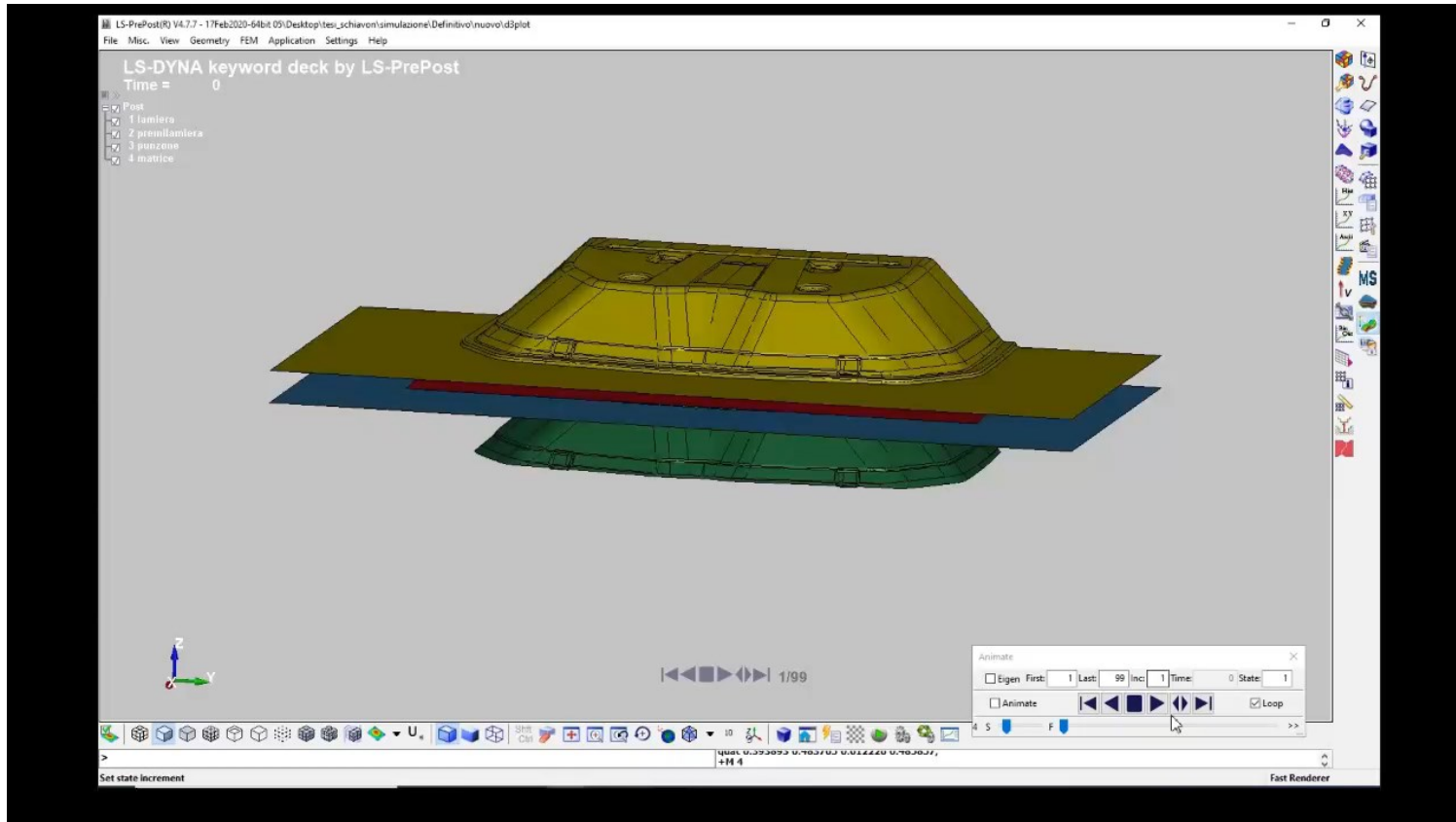
Rcf force punzone



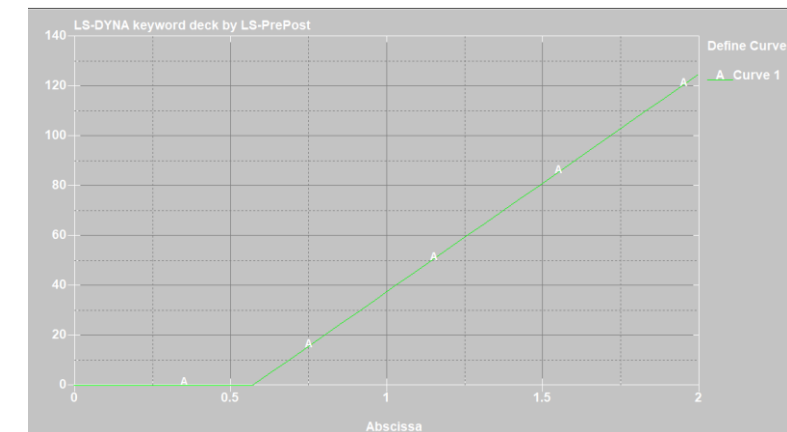
Rcf force matrice

In questa simulazione sono state introdotte delle modifiche rispetto alla precedente:

- Modifica della posizione iniziale del premi-lamiera e della matrice
- Modifica corsa geometrie
- Modifica dimensione *mesh* (quadrata): da 8mm a 3mm

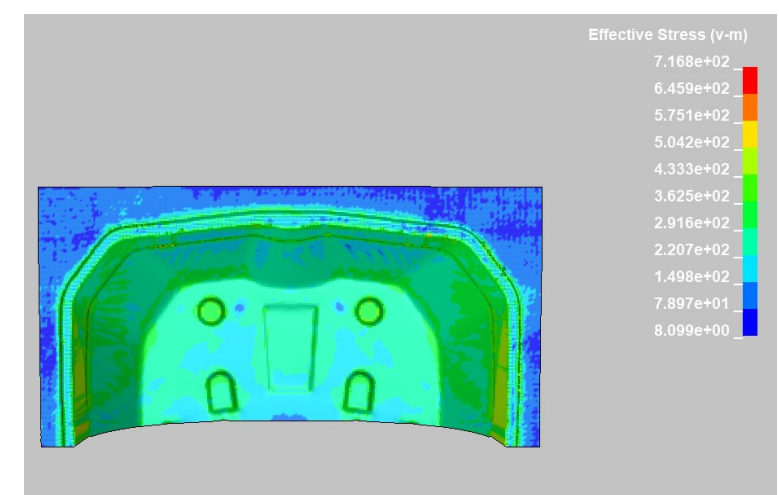
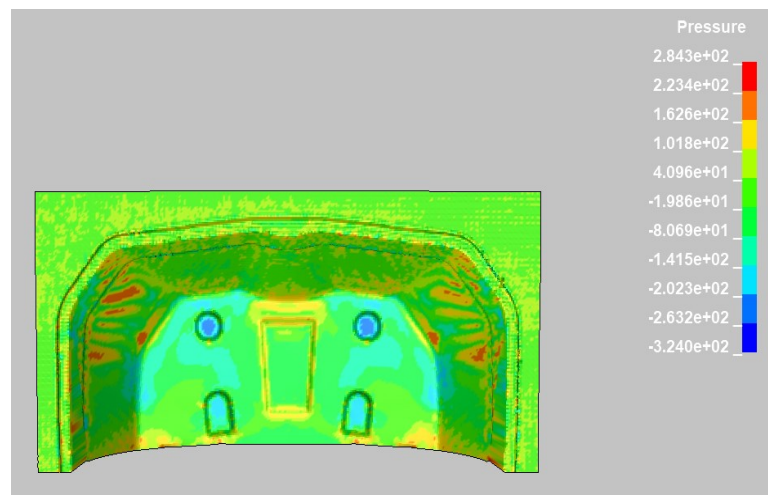
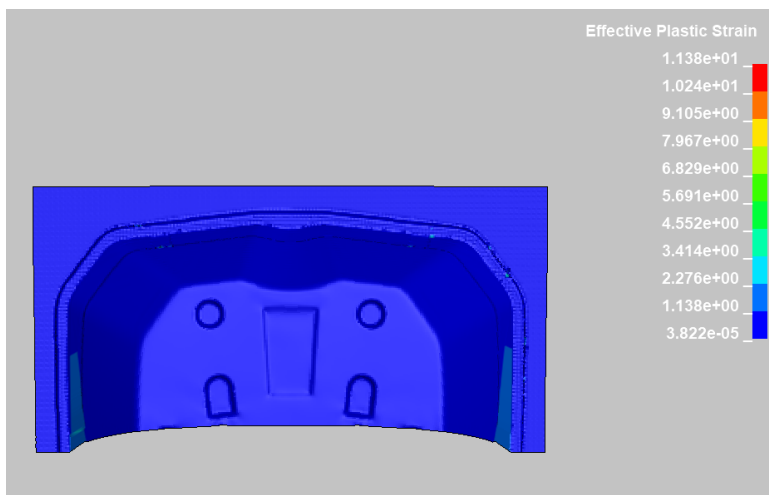
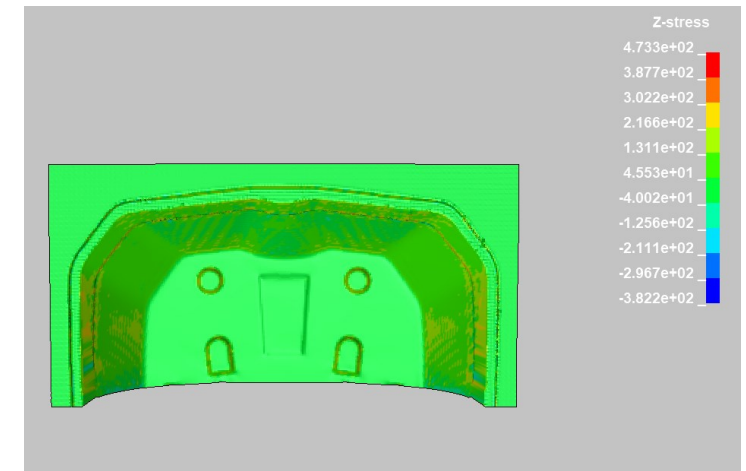
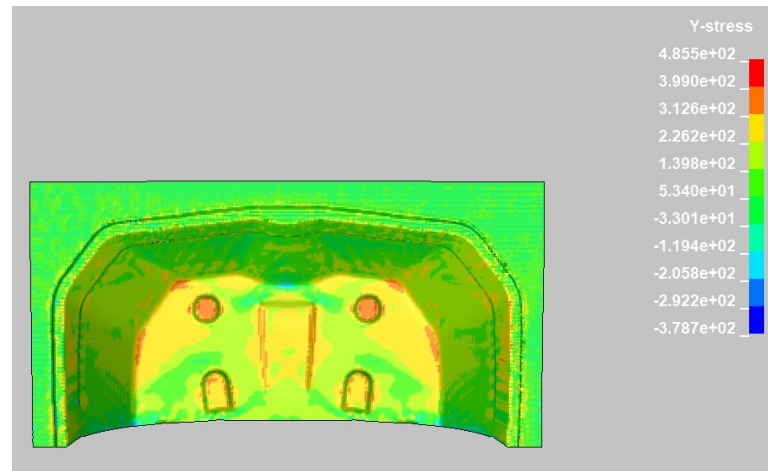
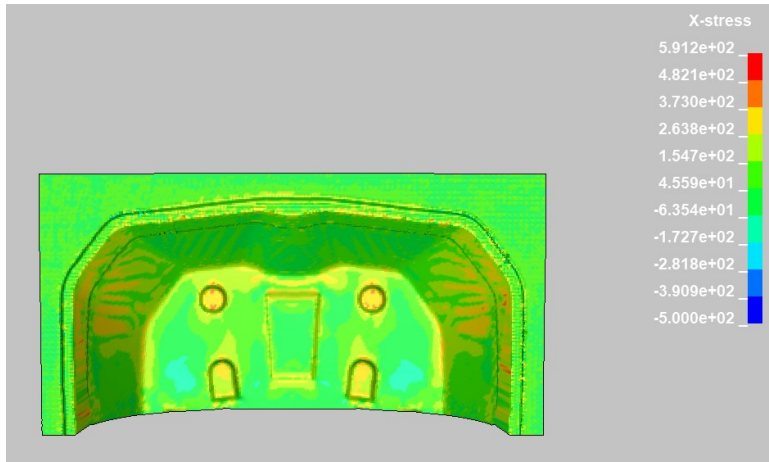


Corsa matrice

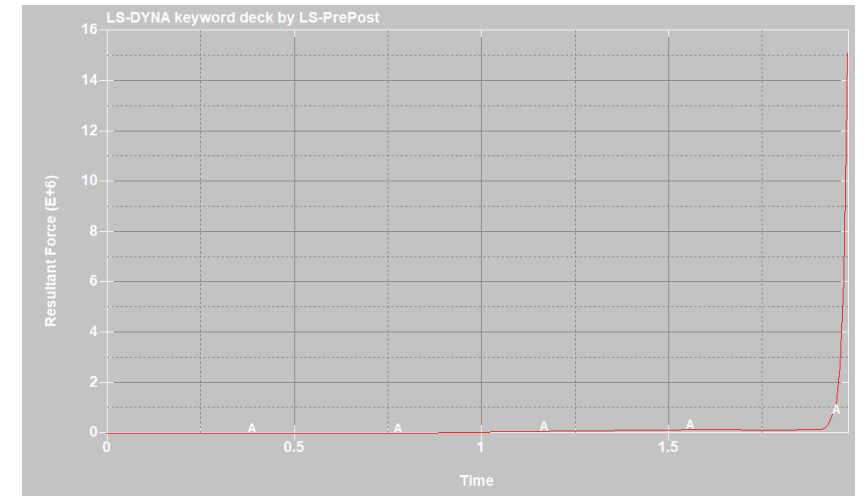


Corsa premi-lamiera

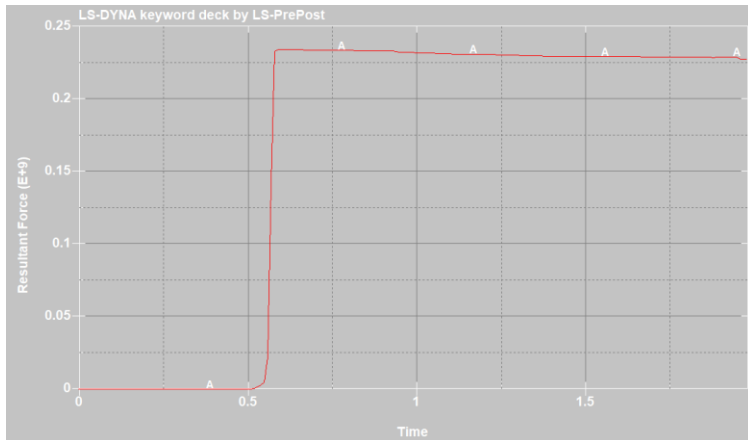
Sono qui riportati i principali risultati della seconda simulazione:



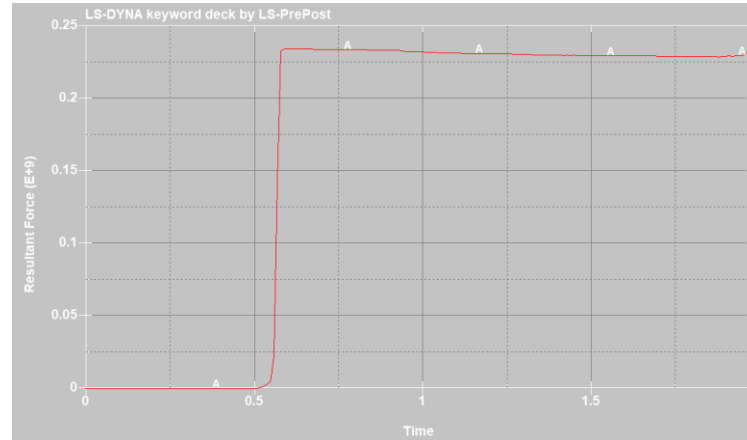
I grafici qui rappresentati indicano lo sviluppo della risultante delle forze nei vari componenti dello stampo durante la prova, inoltre è possibile visualizzare come è variato lo spessore della lamiera in alcuni punti:



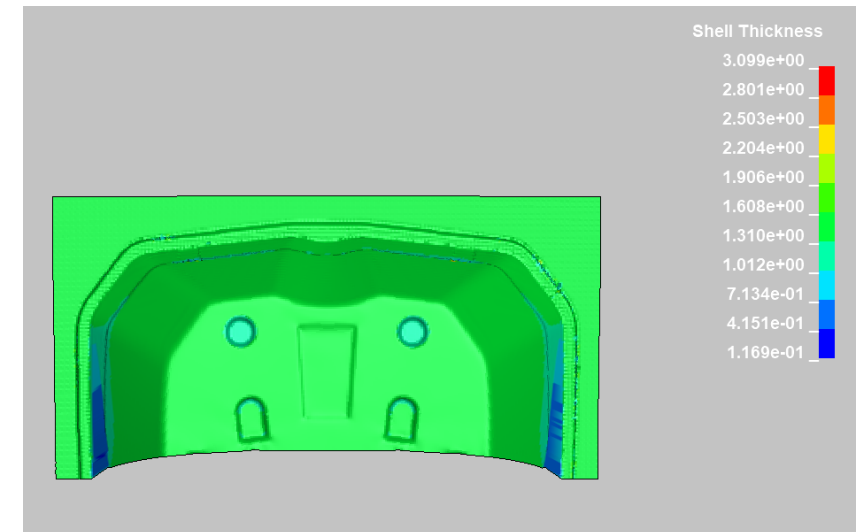
Rcforce punzone



Rcforce premi-lamiera



Rcforce matrice



Spessore lamiera dopo stampaggio

Alla luce dei risultati ottenuti si può constatare che:

- Le forze sono aumentate tra prima e seconda prova;
- Le zone critiche riscontrate in azienda si sono riproposte in queste simulazione;
- Strizione della lamiera accentuata ai lati rispetto alla simulazione effettuata in azienda;
- La Deformazione plastica è di pochi mm.

Grazie dell'attenzione