

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*

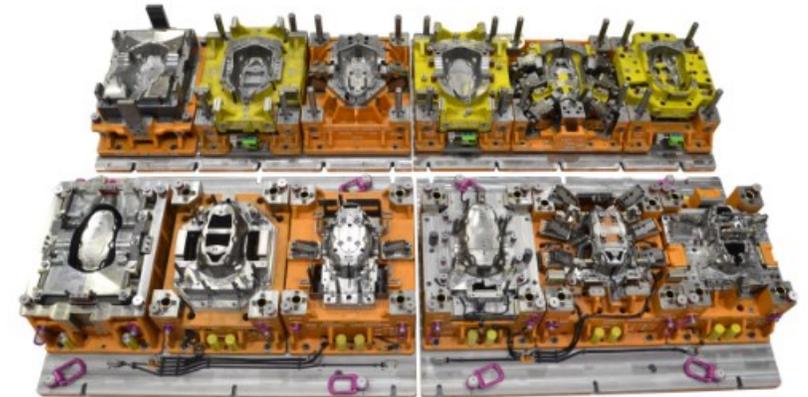
Padova 15/09/2022

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



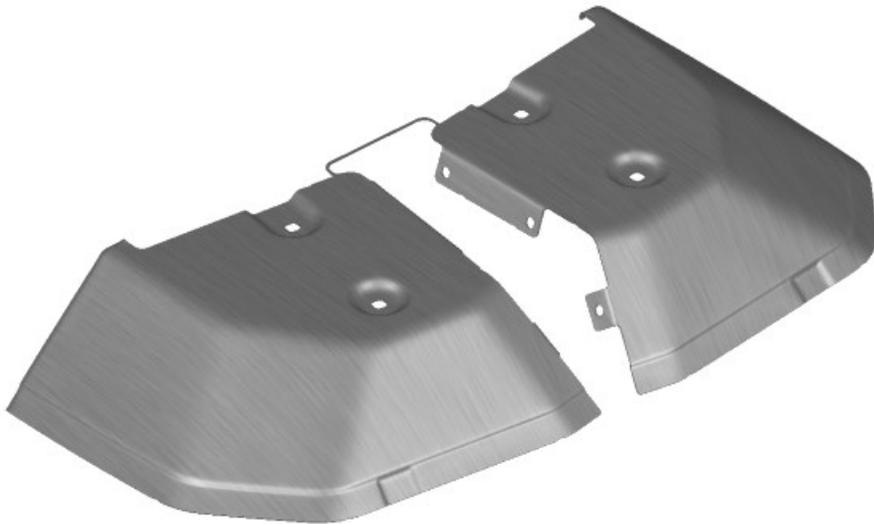
Contenuti:

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

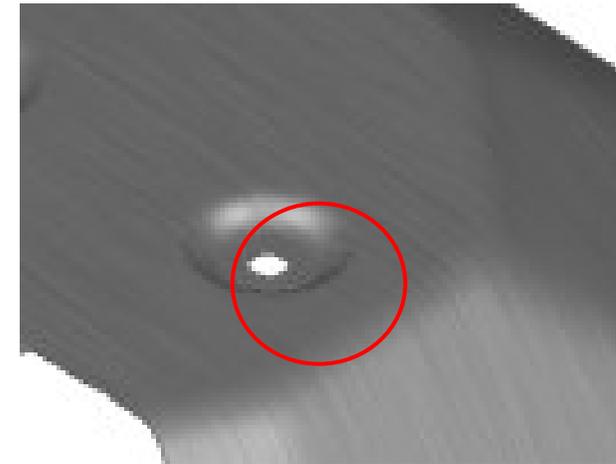


Esempio di Stampo transfer

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

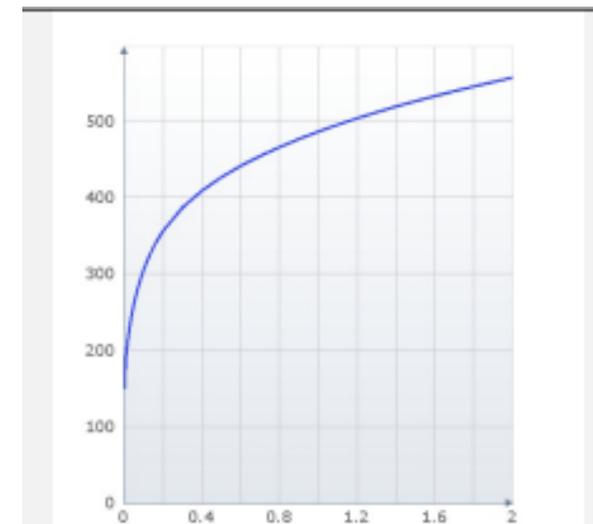
Lo spessore della lamiera è di 1,5 mm.

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 %

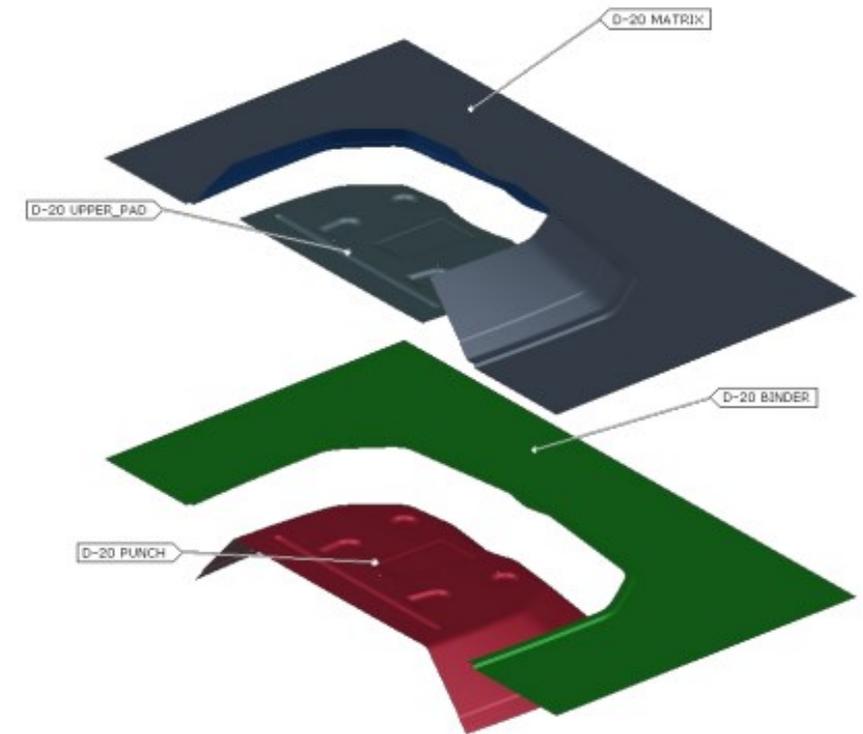
Curva sigma-epsilon del materiale



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:

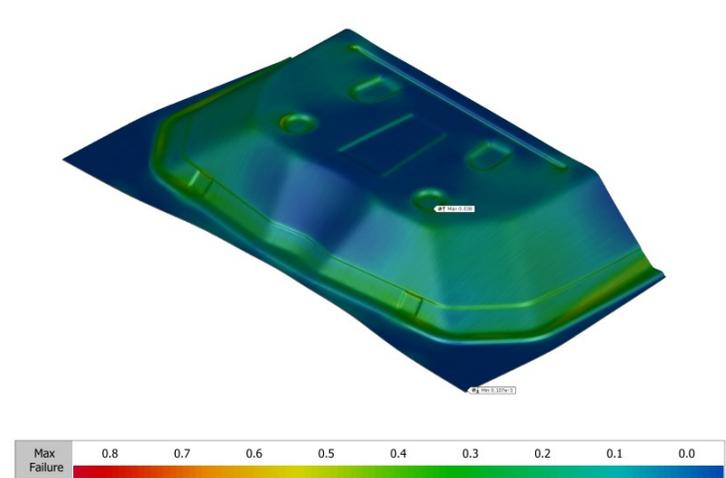
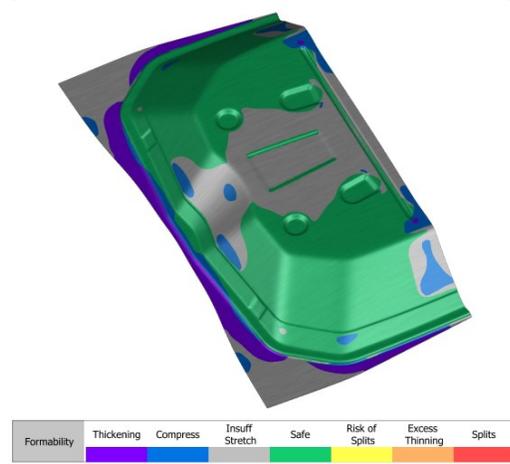
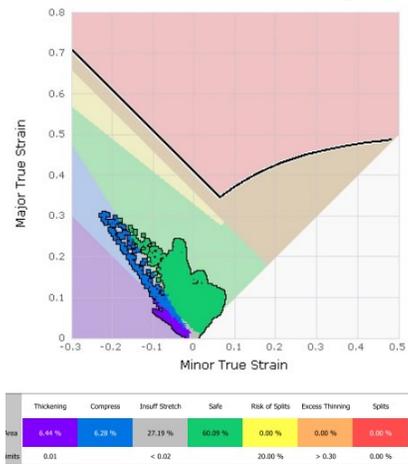
Operation View Legends		
Tools	Legend Color	Max Force
MATRIX		1060.7 kN
PUNCH		1437.7 kN
BINDER		425.4 kN
UPPER_PAD		777.0 kN
Weight		47.90 N

Forze componenti a fine corsa

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

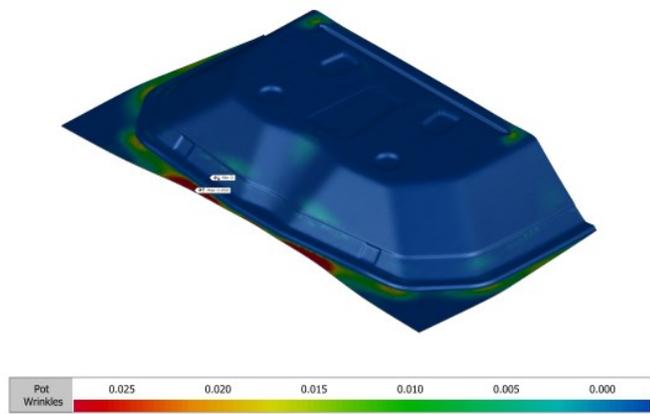
Forza e incremento durante la corsa del premi-lamiera

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

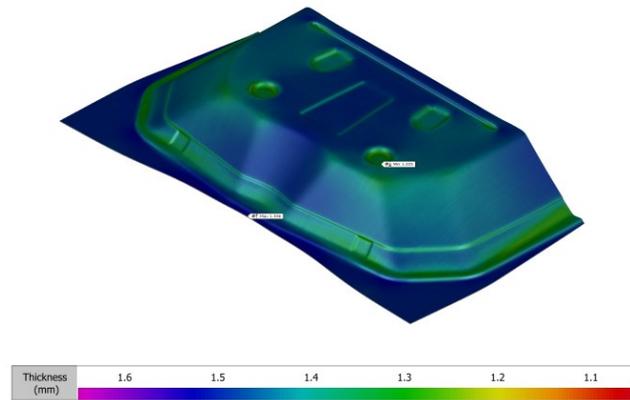


Formabilità

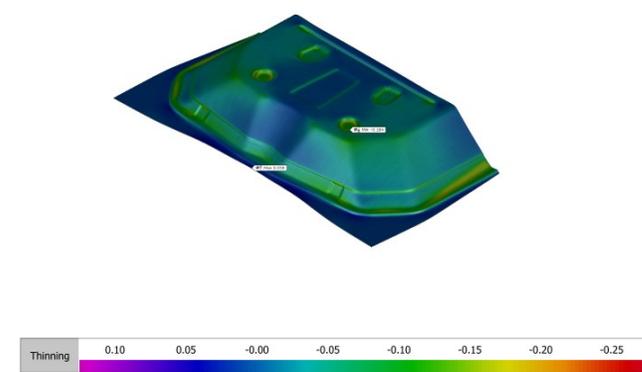
Max deformazione



Potenziale formazione di grinze



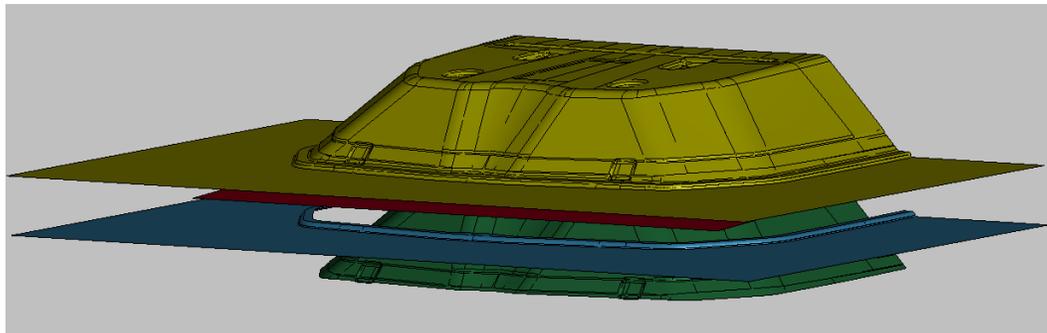
Spessore



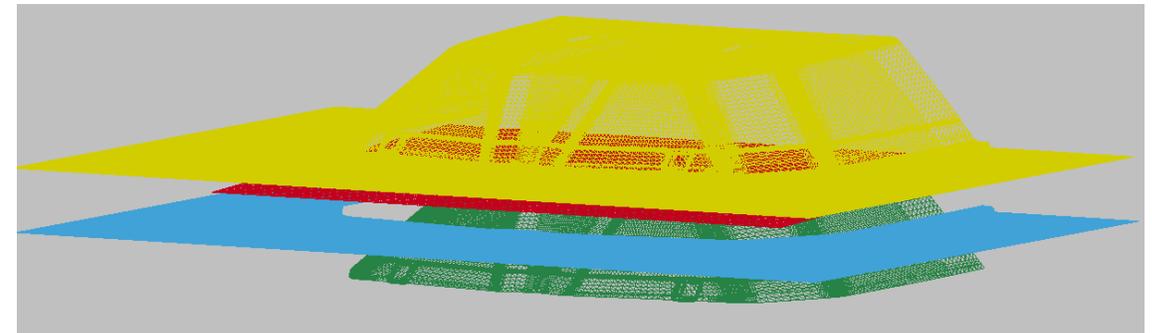
Assottigliamento

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

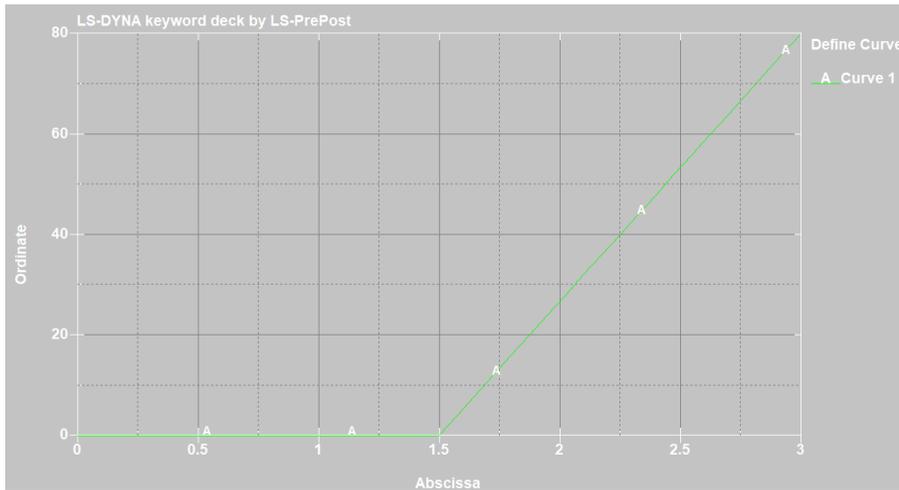


Geometrie «meshate»

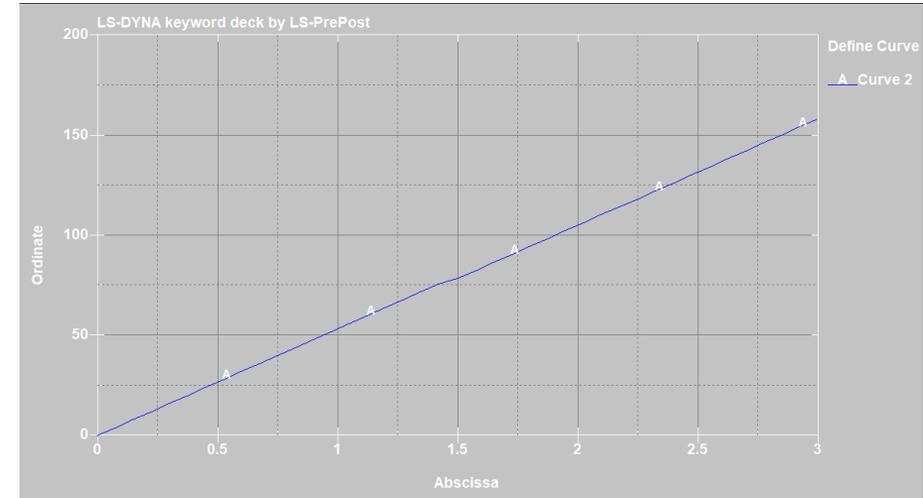
I principali parametri e *cards* impostati per la simulazione sono i seguenti:

- 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*).

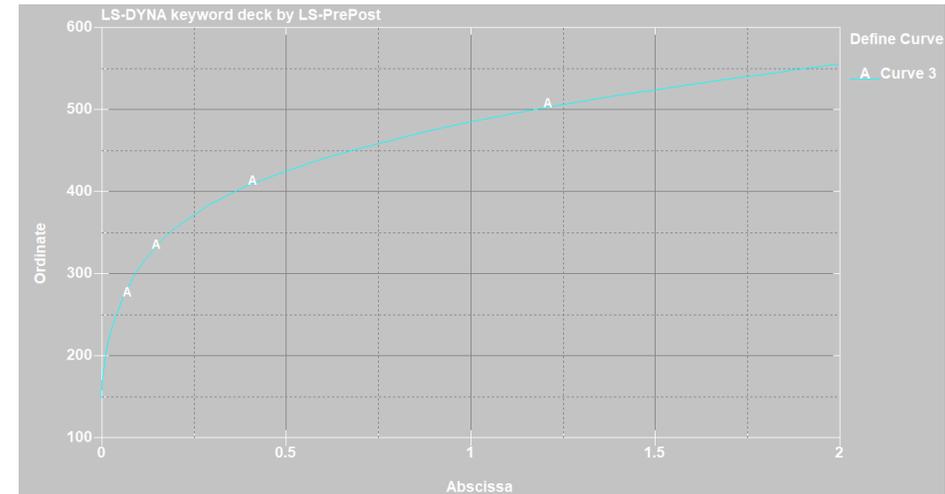
Sono qui riportate le curve del moto delle geometrie e la curva sigma-epsilon del materiale usate in simulazione



Curva corsa premi-lamiera

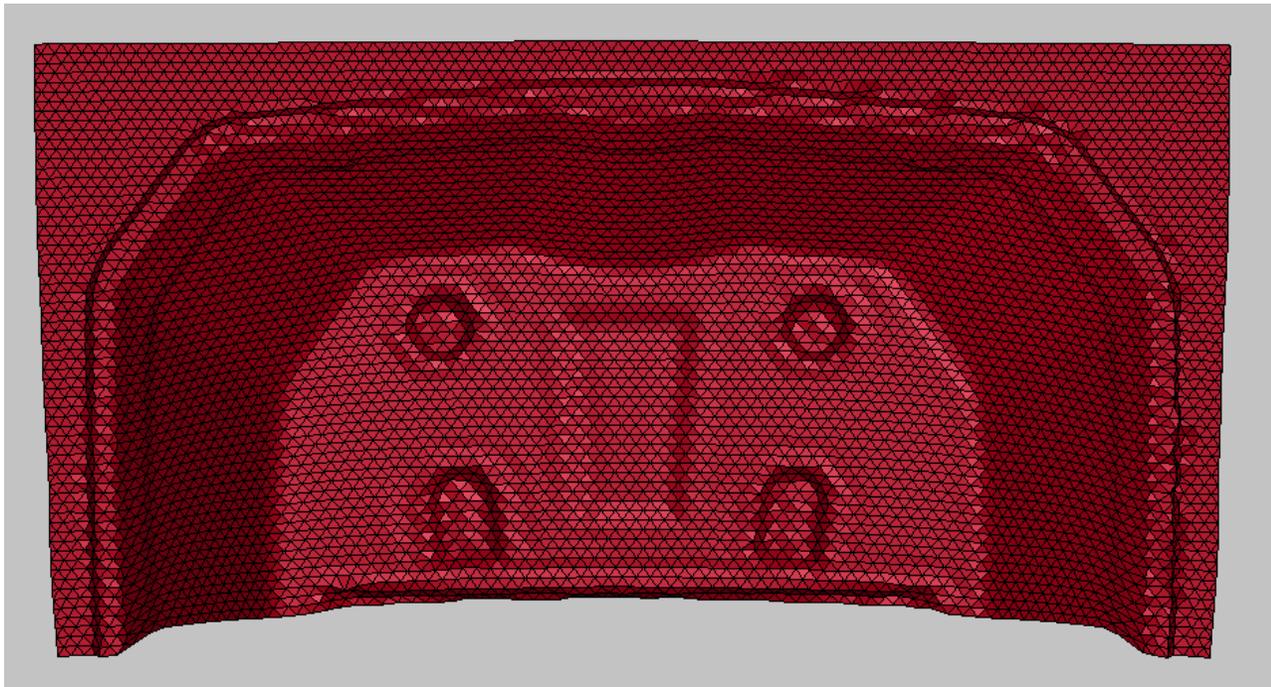


Curva corsa matrice



Curva sperimentale sigma-epsilon materiale

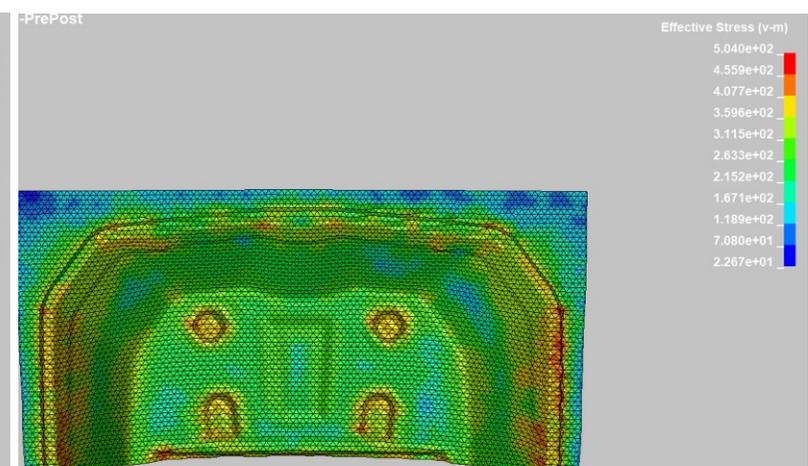
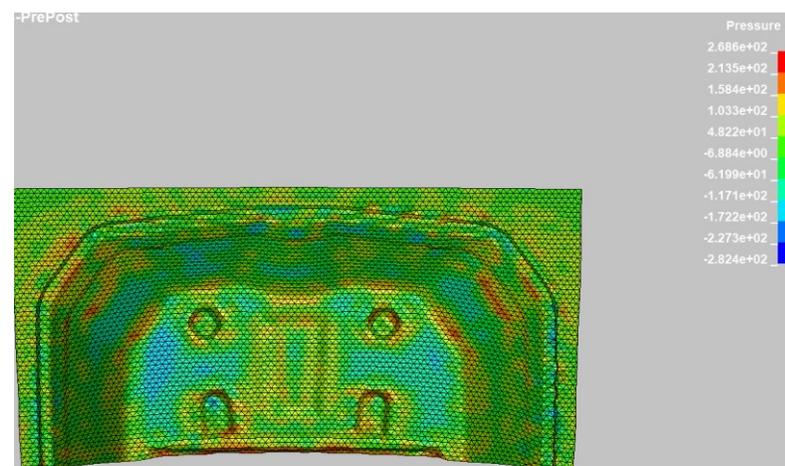
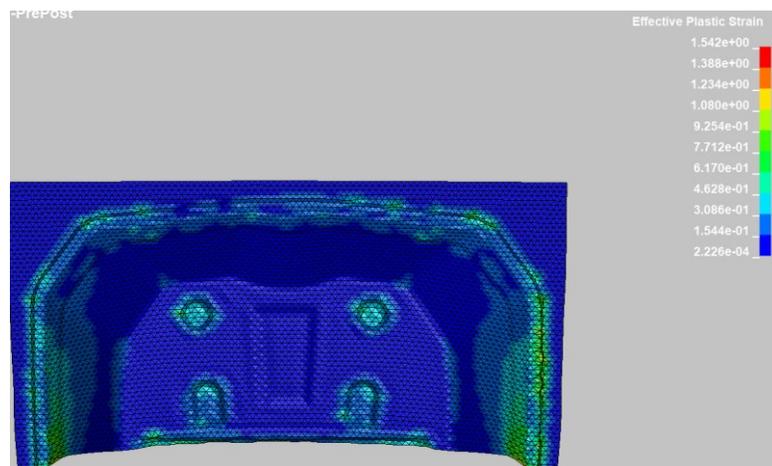
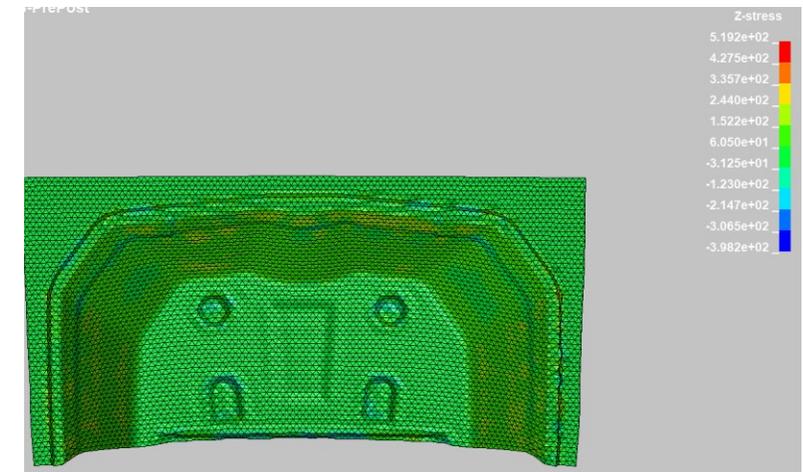
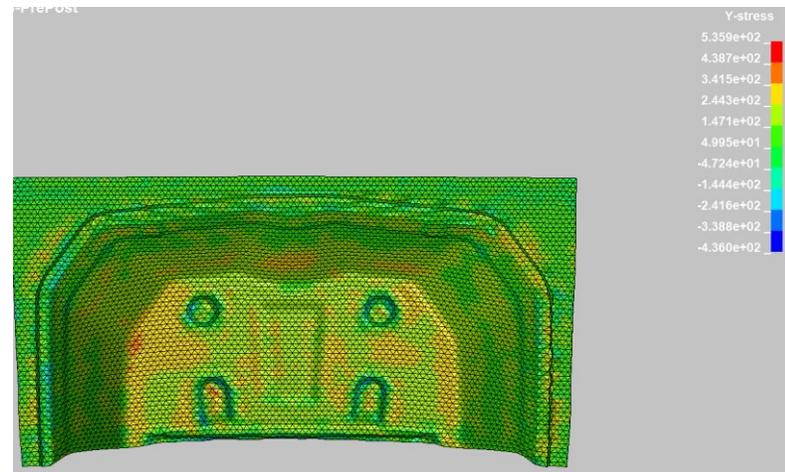
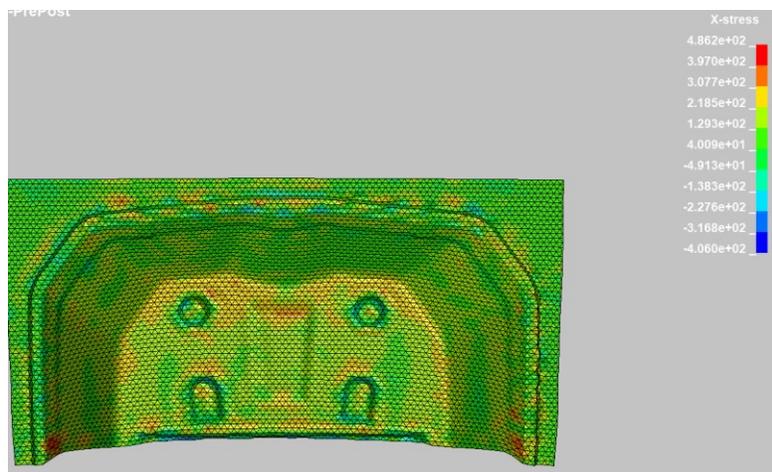
La prima simulazione avviata con una trama della *mesh* triangolare di 8mm ha dato i seguenti risultati:



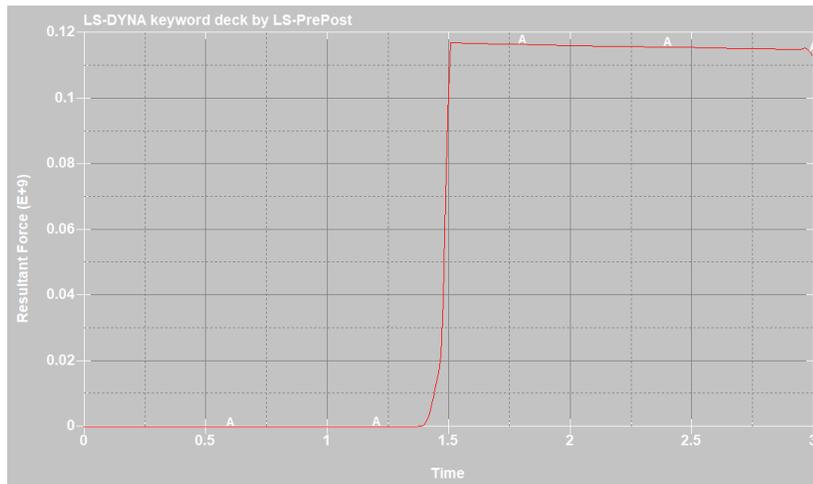
Come si nota, a causa della taglia della *mesh*, i raggi di raccordo e le parti cave non sono definite al meglio

Nelle slides successive sono riportati nel dettaglio gli esiti della simulazione

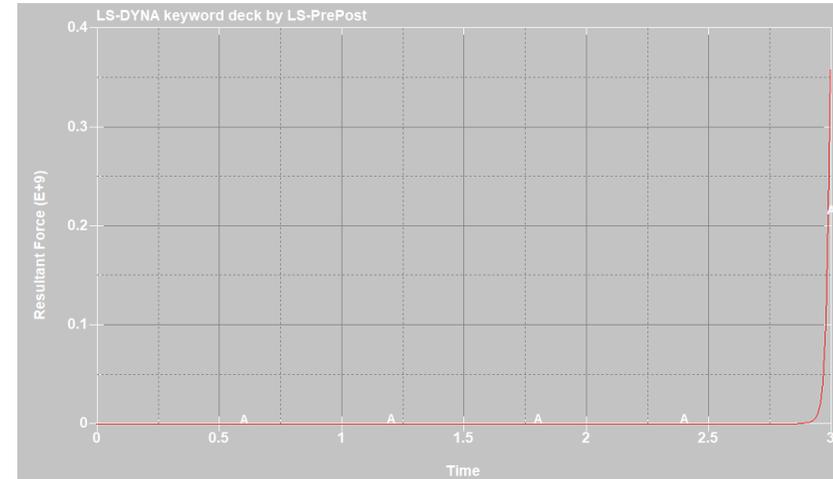
Vengono qui riportati i risultati di maggiore interesse della prima simulazione:



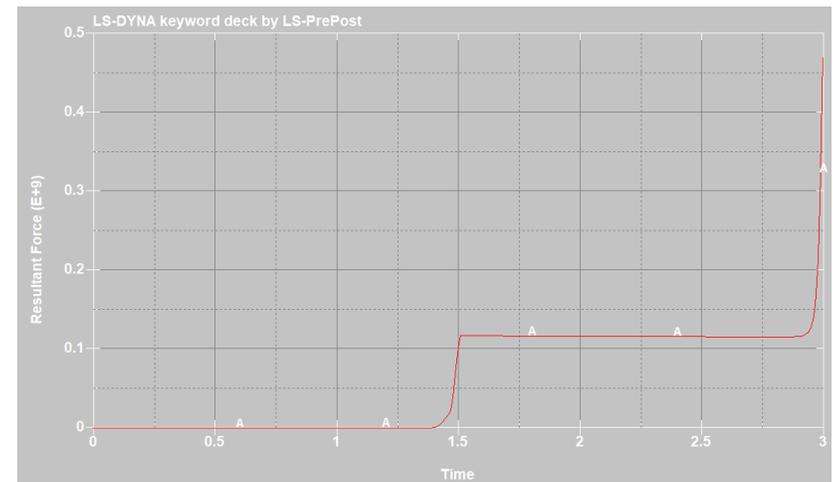
I grafici qui rappresentati indicano lo sviluppo della risultante delle forze nei vari componenti dello stampo durante la prova:



Rcf force premi-lamiera



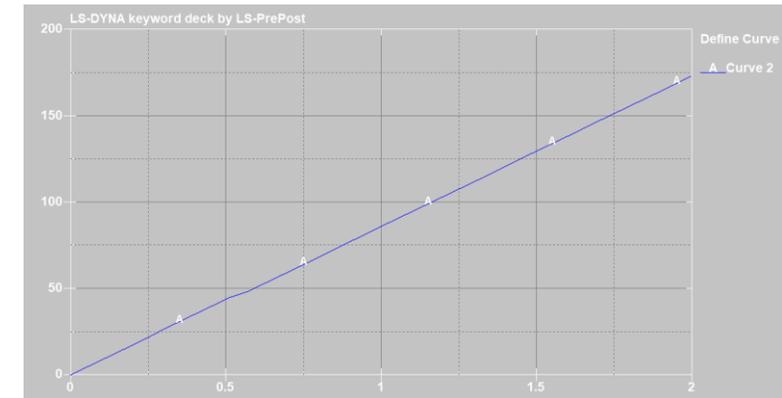
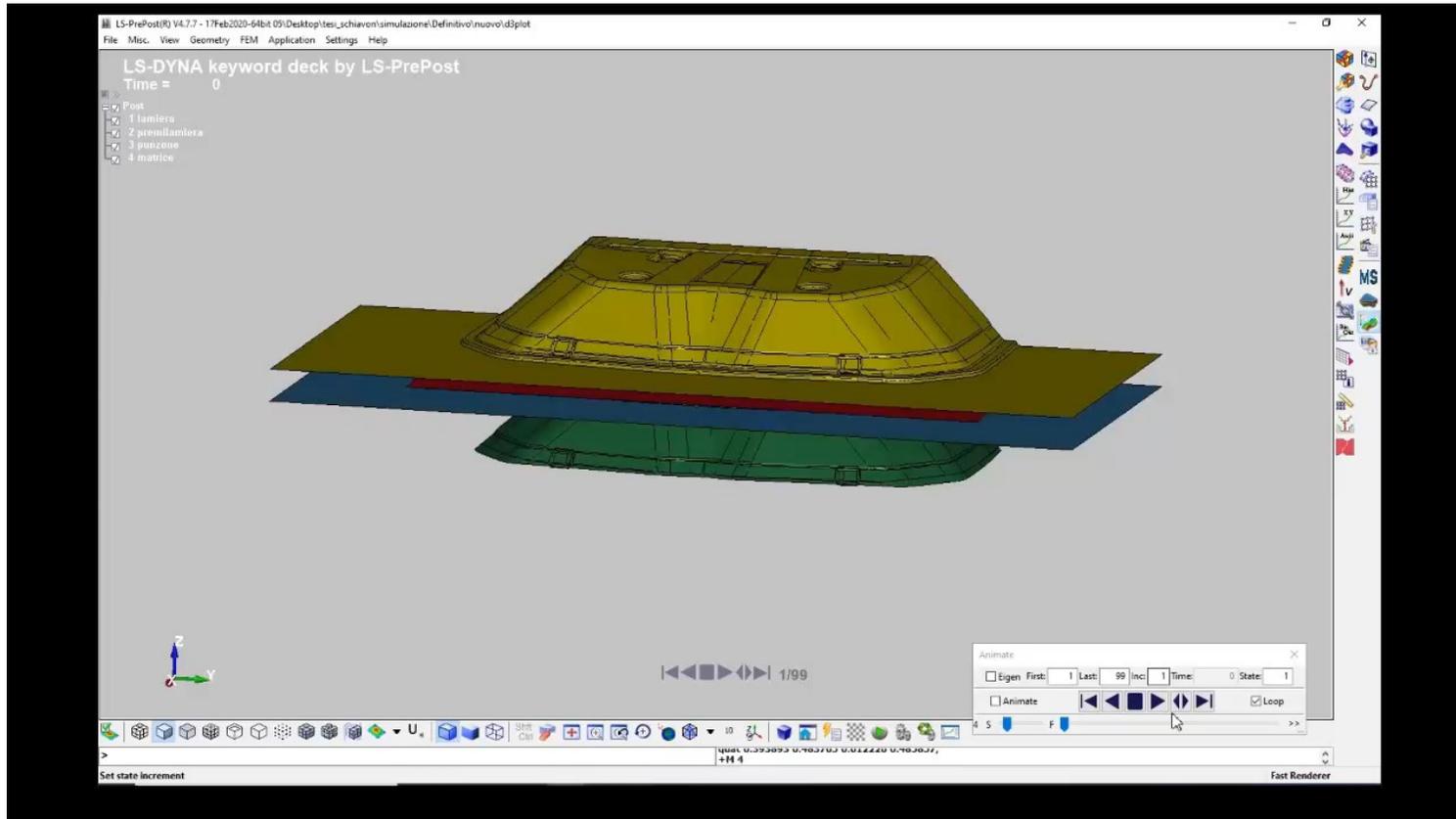
Rcf force punzone



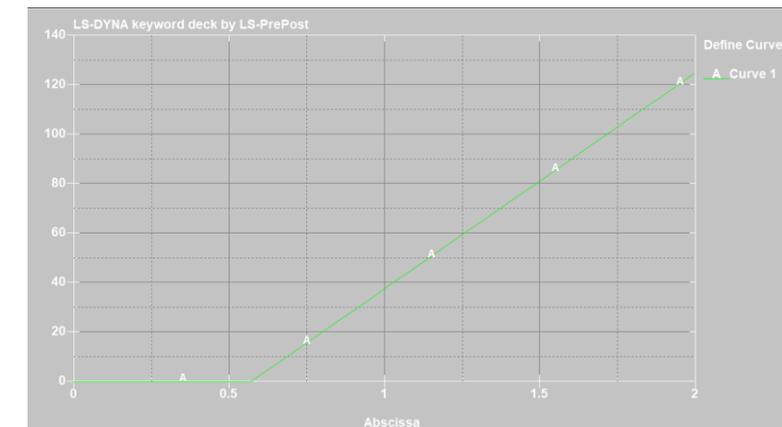
Rcf force matrice

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

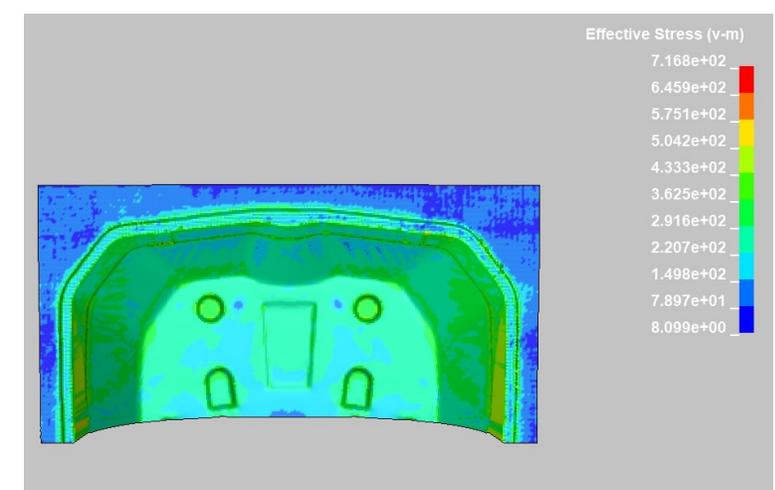
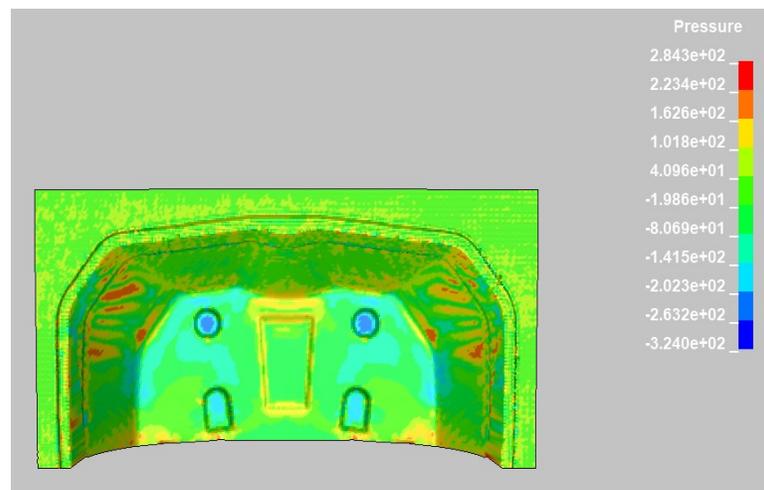
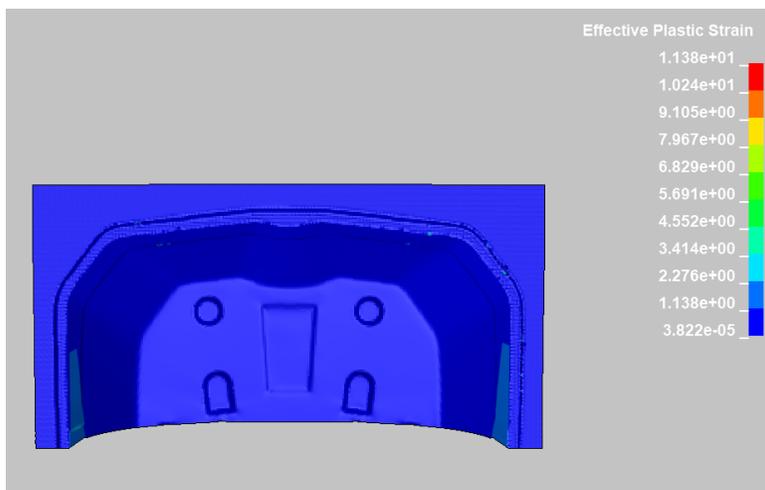
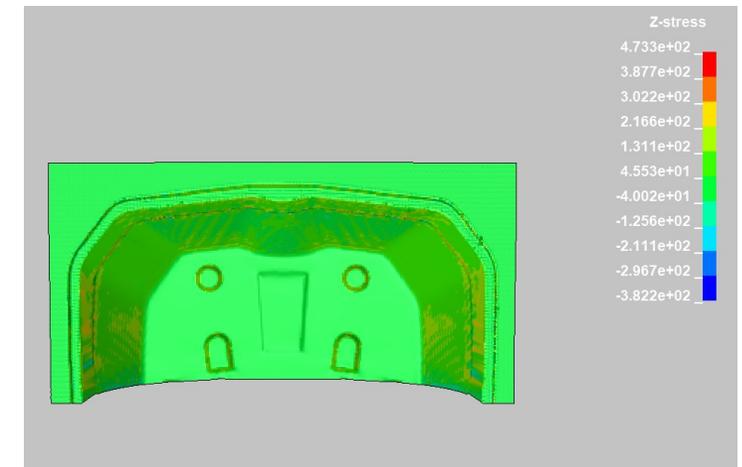
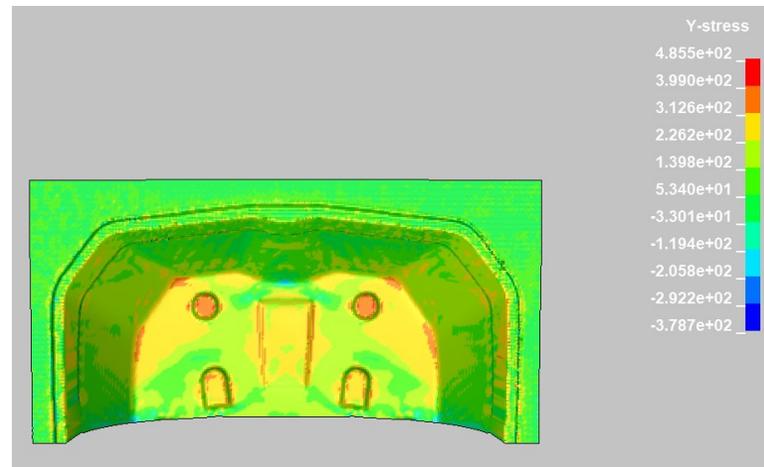
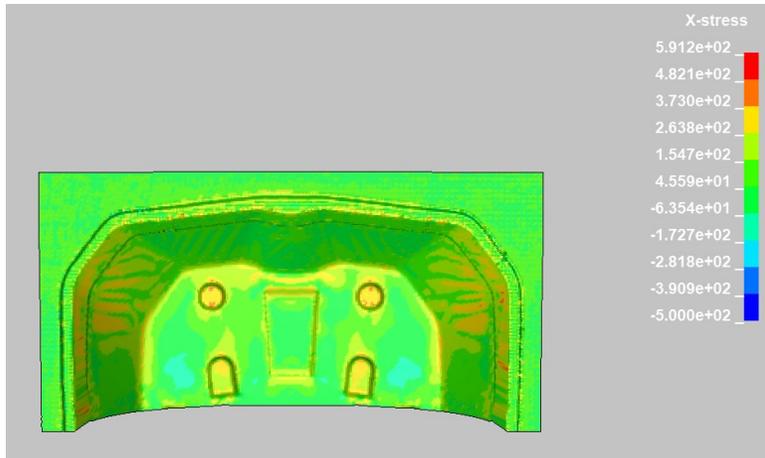


Corsa matrice

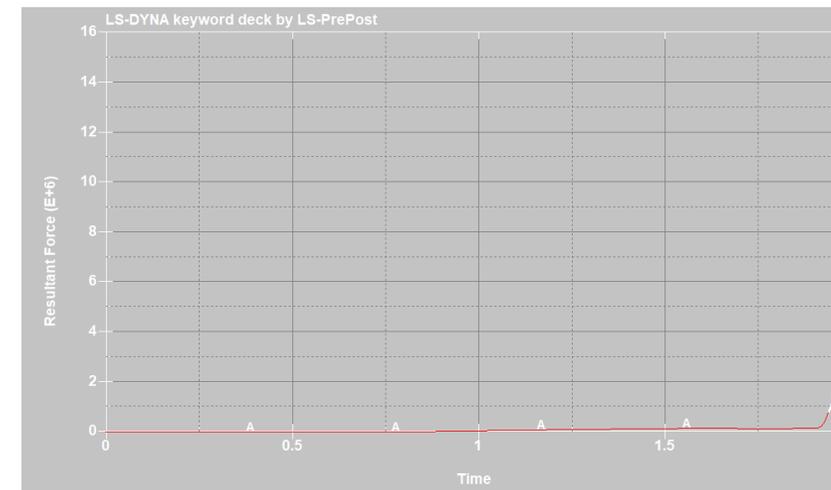


Corsa premi-lamiera

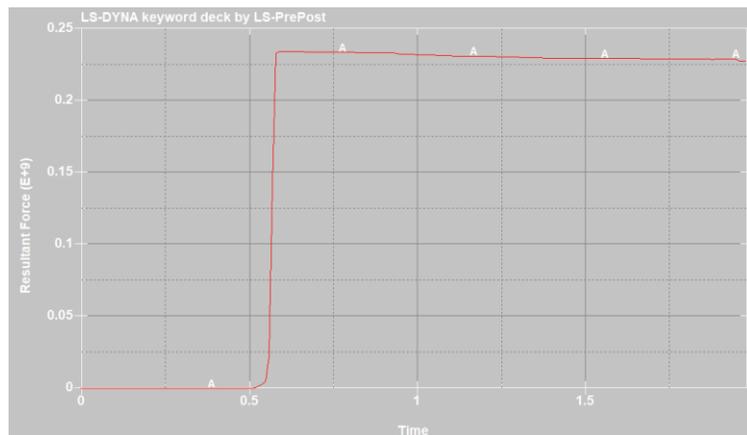
Sono qui riportati i principali risultati della seconda simulazione:



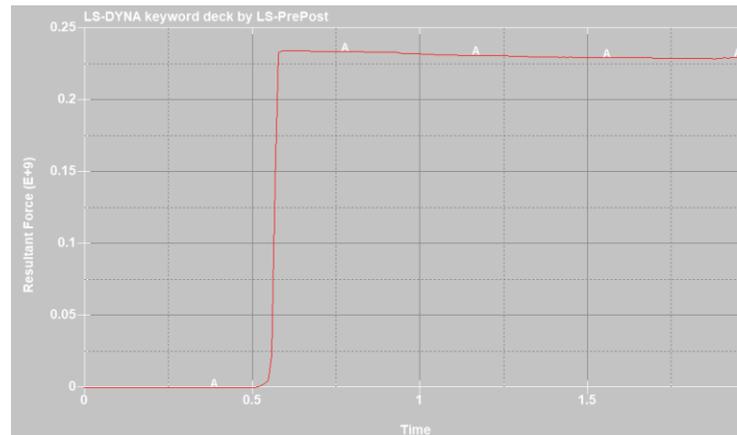
I grafici qui rappresentati indicano lo sviluppo della risultante delle forze nei vari componenti dello stampo durante la prova, inoltre è possibile visualizzare come è variato lo spessore della lamiera in alcuni punti:



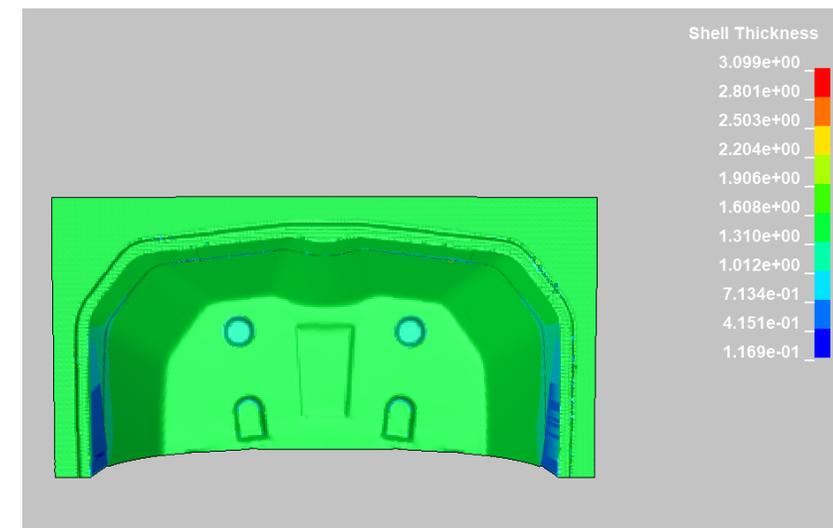
Rforce punzone



Rforce premi-lamiera



Rforce 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