

**Treball final de grau**

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:** Experimentació i comparació de peces fabricades mitjançant les variants SPIF i TPIF

**Document:** Resum

**Alumne:** Martí Puig Sanchez

**Director/tutor:** Maria Luisa Garcia-Romeu i Isabel Bagudanch

**Departament:** Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** Enginyeria de Processos de Fabricació

**Convocatòria (mes/any):** Juny 2015

## RESUM

En els últims anys un nou mètode de deformació de xapa ha estat guanyant importància, ja sigui per la seva simplicitat o bé per la seva versatilitat. Aquest mètode és el de deformació incremental de xapa (Incremental Sheet Forming, ISF, en anglès).

Aquest procés és bastant senzill d'explicar: consisteix en una deformació local sobre la xapa, que està subjecta en un Centre de Control Numèric (CNC). Aquesta deformació és realitzada per un punxó, que va al lloc on normalment hi ha la fresa. El punxó té punta semiesfèrica, i en el procés s'utilitza lubricant per tal de reduir la fricció i els efectes negatius d'aquesta sobre la xapa. Existeixen diferents tipus de punxó (semiesfèric, de punta de bola etc.) i un mateix punxó pot ser utilitzat per a fabricar diferents peces, la única cosa que canviarà serà el programa del CNC per tal d'efectuar trajectòries del punxó diferents i així obtenir diverses peces. És per això que l'ISF és una tecnologia ideal per a la fabricació de lots reduïts de peces, o de peces úniques fins i tot.

La deformació esmentada anteriorment, produïda pel punxó, es realitza quan aquest segueix una trajectòria programada en un pla. Un cop realitzada aquesta primera trajectòria, l'eina baixa una profunditat determinada que dependrà de diferents paràmetres com poden ser el tipus d'eina, el material de la xapa, el gruix i la rugositat d'aquesta, etc. Un cop l'eina ha baixat aquesta profunditat, realitzarà una nova trajectòria en el nou pla, que és paral·lel a l'anterior. La successió d'aquestes trajectòries, ens permet obtenir la forma final de la peça.

Dins de l'ISF hi ha diverses variants, d'entre les quals en destaquen i se'n descriuran dues, que són les més importants. Per una banda hi ha la variant anomenada Single Point Incremental Forming, SPIF, en què la xapa està subjecta únicament per les cantonades i l'eina li aplica una deformació a l'aire.

Per altra banda existeix la variant Two Point Incremental Forming, TPIF, que té el mateix funcionament que la variant SPIF amb la particularitat que s'hi afegeix un motlle de manera que la xapa es veurà deformada per l'eina quan alhora tindrà contacte amb el motlle.

L'objecte d'aquest projecte consisteix en comparar les variants SPIF i TPIF de la tècnica de deformació de xapa ISF per als polímers Policarbonat (PC) i Policlorur de vinil (PVC). Així doncs es complementarà l'experimentació en ISF sobre polímers que ja hi ha feta, en aquest cas sobre xapes de PC i PVC utilitzant la tècnica TPIF. Es realitzaran els mateixos experiments amb la tècnica TPIF que s'han fet amb anterioritat utilitzant la tècnica SPIF per tal de poder-ne comparar els resultats.

L'interès del projecte rau en el fet de ser el primer estudi que es fa de l'ISF en la variant TPIF sobre materials polimèrics. Fins al moment, tots els estudis s'han centrat en el SPIF, i els pocs que hi ha sobre el TPIF estan realitzats en materials metàl·lics.

La geometria utilitzada en l'experimentació del projecte és una piràmide truncada amb generatriu circular, per la qual cosa l'angle de la paret varia a mesura que s'augmenta la profunditat. La forma doncs que pren l'experiment, és com la mostrada a la Figura 0.1 b).

La màquina utilitzada per tal de dur a terme els experiments de TPIF, és un Centre de Control Numèric (CNC), Kondia® HS1000. A la taula de treball del CNC s'hi ha collat una taula dinamomètrica Kistler® 9257B que ha servit per mesurar les forces que pateix la xapa durant el moment de la deformació. Aquestes forces són capturades i processades gràcies a la targeta d'adquisició de dades DaqBoard® 505 i el software DaqView 9.0.0.

El conjunt del muntatge experimental per aquest projecte d'estudi de TPIF és el que es veu a Figura 0.1 a), que mostra la subjecció de la xapa al motlle en l'instant previ a l'execució de l'experiment.

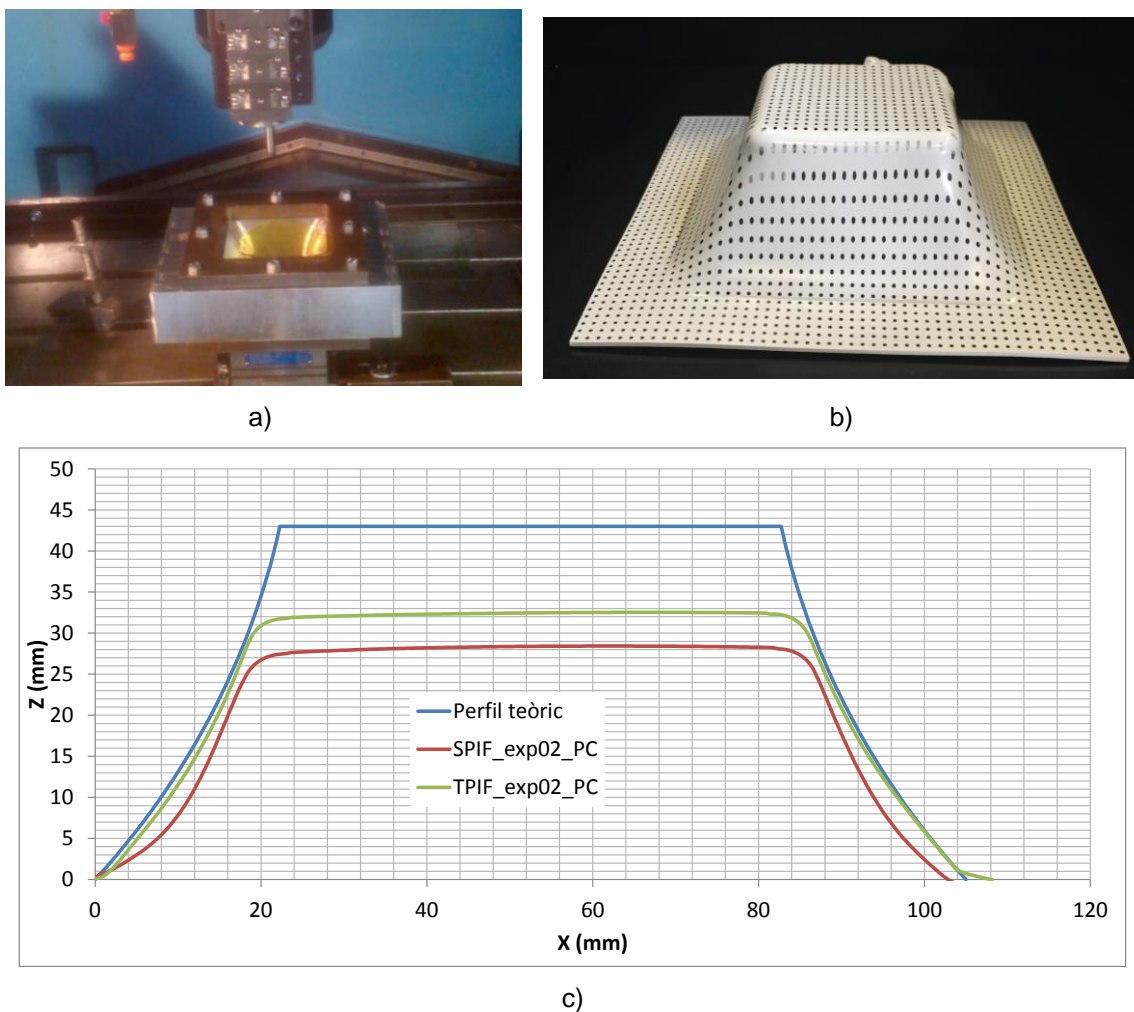


Figura 0.1 a) Muntatge experimental, b) Piràmide de PVC, c) Comparació perfils SPIF, TPIF i teòric

Amb la proposta de disseny d'experiments (DOE) i mitjançant una anàlisi estadística ANOVA s'ha determinat , que el factor que més influeix en la força de conformat per TPIF és el diàmetre de l'eina, igual que passa amb SPIF. Per a l'alçada màxima en canvi el factor més influent és la velocitat de rotació. Aquests factors que milloren la formabilitat del material reduint la força necessària per deformar-lo, augmentant l'alçada màxima assolida i disminuint l'efecte de recuperació elàstica, estan relacionats amb un augment de la temperatura. Per tal d'executar la deformació, l'eina està constantment en contacte amb la xapa i depenent de certs paràmetres, com per exemple la velocitat de rotació, la fricció que aquesta genera augmenta considerablement la temperatura de la xapa. A l'augmentar la temperatura de la xapa, aquesta s'aproxima a la temperatura de transició vítria, on deformar-la resulta més fàcil.

És per aquest motiu, que el PVC arribava a alçades màximes més grans que el PC, perquè la seva temperatura de transició vítria, de 81°C, és molt baixa comparada amb la del PC, que és de 150°C.

Finalment s'ha vist que el paràmetre que més penalitza l'acabat superficial és altre cop la velocitat de rotació. El calor produït per aquesta degrada més el material. Queda clar doncs que la velocitat de rotació juga un paper clau en la deformació de xapa de polímers mitjançant la tècnica TPIF. Però per determinar la influència dels altres paràmetres i arribar a resultats concloents, s'haurien de fer més rèpliques en un futur treball, i així descartar valors atípics que puguin alterar els resultats.

Ha estat però, gràcies a la màquina de coordenades, que permet obtenir gràfics com el que es mostra a la Figura 0.1 c), que s'ha pogut constatar la millora dels resultats obtinguts amb al tècnica TPIF respecte la tècnica SPIF. En SPIF s'ha vist com en l'inici de la deformació de la xapa aquesta pateix una deformació per doblegat, fet que l'allunya de la geometria desitjada. Posant un motlle, s'evita en gran part aquest efecte. Aquest motlle també ha resultat ser útil de cares a la disminució del fenomen de la recuperació elàstica, que tot i estar també present en el cas de TPIF, és molt menys pronunciat. Finalment, la tecnologia TPIF assegura la desaparició en gran part de la torsió de la peça, tot i que en certs experiments en PVC i degut a l'elevada temperatura, ha estat inevitable veure com la piràmide s'acabava torsionant.