

**EPS**

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Mecànica. Pla 2002

Títol: Disseny d'un motllo i components per a la seva fabricació

Document: MEMÒRIA

Alumne: Jaume Ferré Martínez

Director/Tutor: Dr. Lluís Ripoll Masferrer

Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria Mecànica

Convocatòria (mes/any): Setembre/2011

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	3
1.1. ANTECEDENTS	3
1.2. OBJECTE	5
1.3. DADES DE L'EMPRESA	7
1.4. ESPECIFICACIONS I ABAST	8
2. ANÀLISI DE LA PEÇA	10
2.1. FUNCIÓ	10
2.2. MATERIAL	11
2.3. GEOMETRIA	14
2.4. TOLERÀNCIES DE PRODUCCIÓ	14
2.5. CONTRACCIÓ	15
2.6. REGLAMENTACIÓ	17
2.7. ACABAT SUPERFICIAL	18
2.8. DESEMMOTLLAMENT	20
3. DESCRIPCIÓ DEL MOTLLO	21
3.1. INTRODUCCIÓ	21
3.2. CONDICIONS DE DISSENY	24
3.3. ESPECEJAMENT	36
3.4. REFRIGERACIÓ DEL MOTLLO	47
3.5. FUNCIONAMENT DEL MOTLLO	52
4. COMPONENTS NORMALITZATS	55
4.1. PORTA MOTLLOS	55
4.2. COMPONENTS MOTLLO	58
4.3. CÀMERA CALENT	61

5. MATERIALS I TRACTAMENTS	64
5.1. MATERIALS	64
5.3. TRACTAMENTS	67
5.4. RESUM DE MATERIALS DEL MOTLLO	69
6. FABRICACIÓ DEL MOTLLO	70
6.1. MECANITZAT	70
6.2. DISSENY PER FABRICACIÓ	74
6.3. CAD/CAM	80
6.4. MÈTODE DE TREBALL	81
6.5. FASE DE FABRICACIÓ	82
6.6. RESIDUS	84
7. RESUM ECONÒMIC	86
8. CONCLUSIONS	86
9. RELACIÓ DE DOCUMENTS	87
10. BIBLIOGRAFIA	88

1. INTRODUCCIÓ

1.1. ANTECEDENTS

Partint del disseny en 3D i del plano d'una peça de plàstic, es vol fabricar un motllo d'injecció de plàstic per a la seva producció.

En enginyeria, l'emmotllament per injecció és un procés que consisteix en injectar un polímer en estat fos en un motllo tancat a pressió i fred, a través d'un orifici petit anomenat punt d'injecció. En aquest motllo el material es solidifica segons la forma de la cavitat. La peça o part final s'obté en obrir el motllo i expulsar de la cavitat la peça modelada.

En el procés d'injecció és el motllo qui dona la forma desitjada al plàstic, determina la textura superficial, les dimensions i toleràncies de la peça final.

La popularitat d'aquest mètode s'explica amb la versatilitat de peces que es poden fabricar, la rapidesa de fabricació, el disseny escalable des de processos de prototips ràpids, alts nivells de producció i baixos costos, alta o baixa automatització segons el cost de la peça, geometries molt complicades que serien impossibles per altres tècniques.

Al llarg del segle XX, l'ús del plàstic es va fer extremadament popular i va arribar a substituir altres materials tant dins l'àmbit domèstic com a l'industrial. Donat aquesta importància que es reflecteix en els índexs de creixement mantinguts al llarg d'alguns anys des principis de segle, superen gairebé totes les altres activitats industrials i grups de materials. El 1990 la producció mundial de plàstics va arribar als 100 milions de tones i l'any 2000 va arribar a 160 milions de tones.

El consum de plàstics només es troba per sota del consum del ferro i l'acer, però s'ha de prendre en compte que aquests tenen una densitat entre sis i sets vegades major a la dels plàstics. Per aquesta raó, el volum produït de plàstics és major.

Els plàstics seguiran creixent en consum ja que comencen a introduir com a alternativa en els mercats del vidre, paper i metalls, causa de les seves bones propietats i la seva bona relació cost - benefici.

En el pas del anys, s'ha investigat molt per aportar noves millores a la conformació de plàstics. Tradicionalment les màquines d'injecció aprofitaven el mateix moviment d'obertura del motllo per empènyer tot el mecanisme d'expulsió, que posteriorment havia de ser retret a la posició inicial normalment aprofitant de nou el moviment de tancada. Actualment, amb les millores electròniques, les màquines són capaces de memoritzar programes d'execució, i realitzar les operacions amb actuadors independents de forma ordenada.

Les propietats finals d'un producte de plàstic es veuran influenciades per factors com el tipus i disseny del motllo així com les condicions del procés d'injecció.

A continuació es destaquen algunes avantatges i desavantatges generals en l'ús de motllos d'injecció de plàstic.

- Avantatges
 - o Temps de cicle ràpids
 - o Bon control de dimensions
 - o Facilitat de processat d'espessors petits
 - o Producció econòmica
- Desavantatges
 - o Necessitats elevades de coneixements del procés
 - o Maquinaria i motllos costosos
 - o Existència de rebuig de material
 - o Inadequat per producció de lots petits

1.2. OBJECTE

L'objectiu del projecte serà el disseny d'un motllo d'injecció de cavitats múltiples per a la seva producció, amb un bon disseny comercial i un cost acceptable per al mercat actual.

El present document recollirà totes les consideracions preses per dur a terme el disseny, dimensionat i fabricació d'un motllo per la posterior producció per injecció de la peça sol·licitada per el client.

També s'indicarà tot el procés necessari per a la seva total fabricació, partint dels plànols i disseny en 3D de la peça de plàstic (FIG.1), fins a la seva etapa última d'injecció on la peça serà totalment acabada i llesta per la seva funció. Es tractarà l'estudi de la fabricació del motllo, indicant el procés i els costos.

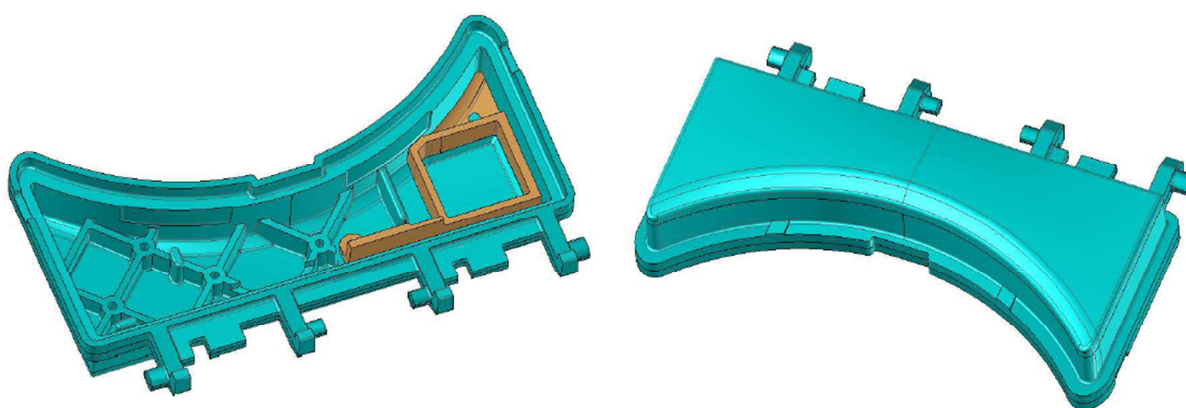


FIG. 1. Peça composta

La peça és composta, formada per dos diferents tipus de materials de diferent color i amb diferents característiques. Està formada per dos tipus de policarbonat(PC), amb que el procés d'injecció constarà de dos etapes clarament diferenciades.

Aquest procés es denomina injecció bimatèria o bicolor. Mitjançant la injecció bimatèria es fabriquen peces en les quals els components queden clarament delimitats. Aquest sistema productiu, a més de realitzar peces injectades de diversos colors i materials en un sol procés sense necessitat de muntatge posterior, ofereixen una infinitat d'avantatges.

Les peces injectades són resistents a agents externs, com a càrregues mecàniques, tèrmiques o químiques i presenten una gran força d'unió si es combinen materials adequats.

La peça serà el botó/pulsador "ASL" (AUTOMATIC SPEED LIMIT) del quadre de comandament del model de cotxe "JAGUAR XF". A sota de la peça anirà un let per il·luminar les zones indicades en ambients foscos o de nit, per l'indicació al usuari de la seva funció i per a l'estètica de la mateixa.



FIG. 2. Quadre comandament JAGUAR XF

El motiu de fer un motllo bimatèria és per l'il·luminació de la peça, sent exigida la concentració de llum del let en les zones indicades i no en tota la peça.

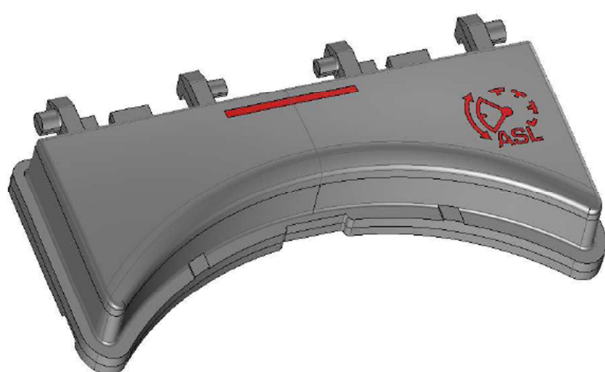
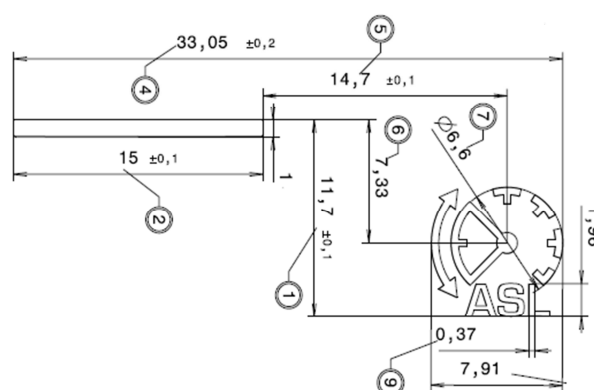


FIG. 3. Zones a il·luminar



Un cop injectada la peça de plàstic, es procedeix a un recobriment superficial amb pintura especial per a plàstics amb el color específic segons l'acabat interior del model del cotxe.

Seguidament es procedirà al despreniment de pintura amb làser industrial on es farà l'indicador i el dibuix de 'ASL' mostrat a la FIG.3, però aquest procediment quedarà fora de l'abast del actual projecte.

Els dos materials injectats tenen diferents característiques, com la seva opacitat i transmitància lluminosa, per un fer passar la llum del let i per l'altre banda, redirigir la llum a la zona indicada i privar a la resta d'aquesta. La descomposició de la peça composta i el seu material es mostra a les FIG.4. I FIG.5. a continuació.

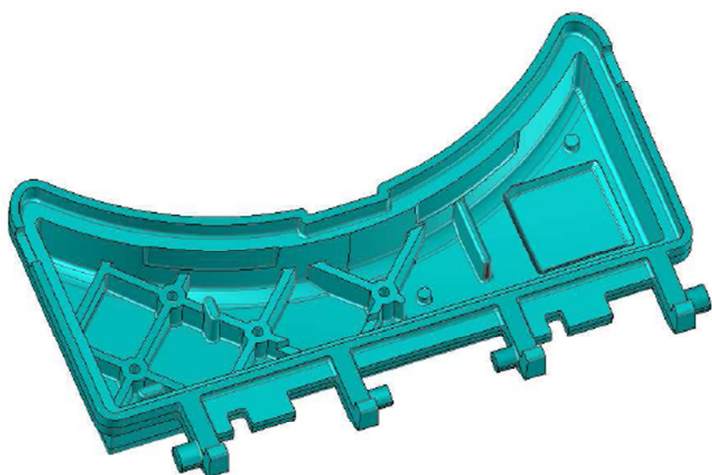


FIG. 4. PC MAKROLON 2805 BLACK

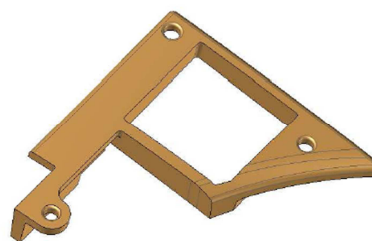


FIG. 5. PC ALCOM 740/4 GY

La peça de la FIG.4. Serà translúcida per fer passar la il·luminació del let en les zones indicades, mentre que la de la FIG.5. redirigirà la llum del let i privarà d'aquesta il·luminació per la seva opacitat a la resta de la peça.

Les peces modelades requereixen molt poc o nul acabat, ja que són acabades amb la rugositat de superfície desitjada, color i transparència o opacitat, bona tolerància dimensional de peces modelades i amb diferents colors.

1.3. DADES DE L'EMPRESA

El present projecte es desenvoluparà íntegrament a l' oficina tècnica de l'empresa "DR.Mold", un taller de motllos situat al polígon industrial Montguit, carrer Llinars núm. 2, 08480 a l'Ametlla del Vallès, sota la supervisió i total disposició del director de producció i gerent David Martín Molina, on treballa en qualitat de projectista.

1.4. ESPECIFICACIONS I ABAST

Al llarg del procés de disseny es farà servir criteris industrials utilitzats normalment en l'àmbit d'injecció de plàstic, mantenint un objectiu comú, l'eficiència màxima al mínim cost. També s'utilitzarà elements normalitzats i normatives pròpies del motllos.

Es fixaran de manera exhaustiva totes les dades i condicions que demana el client del present projecte. En la comanda es poden apreciar els requisits que ha de complir el motllo, tant en disseny com en qualitat de materials i costos.

Requisits de motllo

- Tipus de motllo bimatèria rotatiu de 4(quatre) cavitats
- Porta motllo
 - o Qualitat material 2311/12 (110 Kg/mm²)
 - o Fabricació en porta motllo normalitzat
 - o Motllo encolumnat amb guies 60-62 Hrc
 - o Plaques aïllants tèrmiques
 - o Bagas de M16
- Postisseria
 - o Qualitat material 1.2343/44
 - o Tractament tremp 52:54 Hrc
- Acabat superficials d'erosió molt fina (22%24 VDI) en zona vista
- No hi son inclosos datadors ni dimensionals
- Inclosos gravats de referència i anagrames
- Motllo automàtic
- Utilització del màxim d' elements normalitzats en la execució del motllo
- Optimitzar el disseny del motllo per a que les seves dimensions siguin les necessàries per a el correcte funcionament.
- Cargols 120 Kg/mm²
- Les zones de fricció seran postisses amb regates per a la disposició del lubricant

- Expulsió
 - Rosca de placa expulsora M16
 - Expulsors normalitzats de cap cilíndric i nitrurats
 - Expulsors laminars per extracció peça
- Materials peça
 - PC MAKROLON 2805 BLACK
 - PC ALCOM 740/4 GY
- Contracció peça
 - Longitudinal 0.5%
 - Transversal 0.5%
- Alimentació plàstic
 - Abeurador calent per els dos policarbonats (PC)
 - Tractament Abeurador trempat 52-54 Hrc
- Distribució plàstic
 - PC MAKROLON càmera calent amb distribució puntual
 - PC ALCOM Abeurador calent més ramal fred amb entrada submarina
- Refrigeració
 - Envoltant figura i plaques fixació càmeres calentes
 - Connexions, sempre que sigui possible, al costat oposat al operari
 - Connexions amb ràcords i circuits totalment tancats sense pous morts
- Connexió elèctrica de dos zones
 - 1 connector de 16 pols mascle (tensió)
 - 1 connector de 16 pols femella (termopar)

Les mides màximes del porta motllo ho delimitarà la màquina d'injectar. La màquina d'injectar serà el model 'ENGEL 750 200 Tm'.

- Mides del plat 920x750 mm
- Obertura màxima entre plats 1100 mm
- Fusell horitzontal Ø 40 mm
- Fusell vertical Ø 30 mm

2. ANÀLISI DE LA PEÇA

2.1. FUNCIÓ

La peça és el botó/polsador ASL(AUTOMATIC SPEED LIMIT)del model de cotxe“JAGUAR XF”. És el limitador automàtic de velocitat , que en sincronia amb el control de velocitat de creuer, el “ASL” permet al conductor seleccionar la velocitat màxima que no s'ha de superar en cap cas.



FIG. 4. JAGUAR XF

El botó/polsador “ASL” està integrat a la controla central “JAGUARDRIVE”. El ASL és independent del sistema de control de creuer adaptable (ACC).



FIG. 5. Quadre comandaments JAGUAR XF

Quan s'activa el “ASL”, l'accelerador respon a la pressió del conductor fins que arriba al límit establert. Arribat aquest punt, si no es redueix la pressió del pedal, el vehicle mantindrà la velocitat programada.

2.2. MATERIAL

La peça composta està formada de dos diferents tipus de policarbonat (PC), el policarbonat PC MAKROLON 2805 BLACK i per una altre banda, el PC ALCON 740/4 GY.

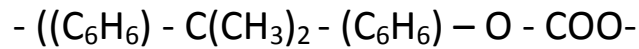
El policarbonat és un grup de termoplàstics fàcil de treballar, modelar i termoconformar, i són utilitzats àmpliament en la manufactura moderna. Les aplicacions del policarbonat comença a ser molt comú tant en les llars com en laboratoris i en la indústria, per causa de les seves tres principals qualitats: gran resistència als impactes i a la temperatura, així com a les seves propietats òptiques. Entre les característiques principals del policarbonat, si troben:

- Bona resistència a l'impacte i a la temperatura, ideal per aplicacions que requereixen esterilització
- Bona estabilitat dimensional
- Bones propietats dielèctriques i escassa combustibilitat
- És amorf, transparent i tenaç, amb tendència a l'esquerdament
- Té bones propietats mecàniques, tenacitat i resistència química
- És atacat pels hidrocarburs halogenats, els hidrocarburs aromàtics i les amines
- És estable enfront del aigua i els àcids
- Bon aïllant elèctric i no és biodegradable

El policarbonat ve sent usat en una gran varietat de camps:

- Òptica, usat per crear lents per a tot tipus d'ulleres.
- Matèria prima per a CD i DVD i components d'ordinadors
- Seguretat, vidres antibales i escuts antidisturbis de la policia
- Disseny i arquitectura, cobriment d'espais i aplicacions de disseny
- Motllos de pastisseria per a l'elaboració de bombons i figures de xocolata
- Ampolles i embalatge, biberons, ampolles d'aigua i llet, recipients microones.

És un termoplàstic amorf en gran part, no ramificat, amb escassa tendència a cristal·litzar. Molt poca absorció de l'humitat, insípid i no irritant. La seva estructura és la següent:



Entre el seus noms comercials destaquen

- CALIBRE (DOW CHEMICAL)
- LEXAN (GEP)
- MAKROLON (BAYER)
- NOVAREX (MITSUBISHI)
- ORGALAN (ATO)

A continuació es detallarà les característiques tècniques de cada material en concret.

2.2.1. PC MAKROLON 2805 BLACK

En les principals característiques i mes destacades del policarbonat 'MAKROLON 2805' es troba que és un plàstic d'ús general, viscositat mitja, amb un fàcil alliberament, disponible en transparent i colors translúcids i opacs.

Té una transmitància lluminosa del 89 % i una opacitat del 0.8 %, lo que li fa un material ideal per fer passar llum a través seu.

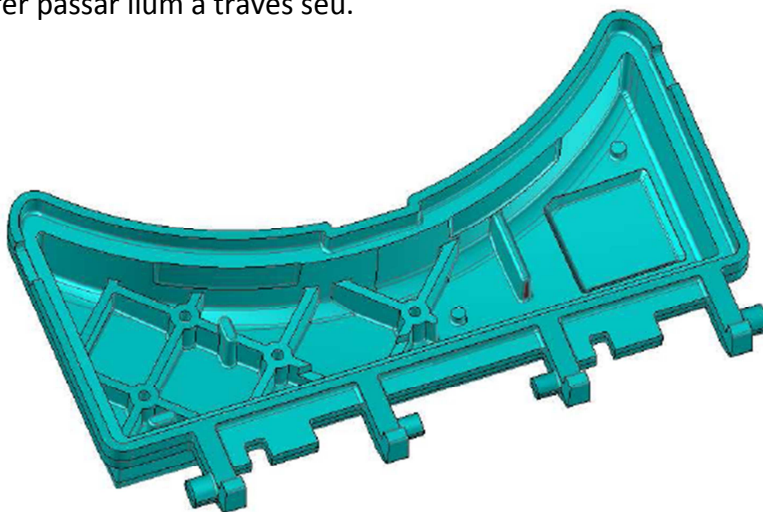


FIG. 6. Policarbonat MAKROLON 2805 BLACK

En l'emmotllament per injecció, la temperatura de fusió és de 280 a 320 °c. Té una densitat de 1200 kg/m³, el volum és de 3.51 cm³, i la peça té 4.21 grams de pes.

La resta de propietats mecàniques, tèrmiques, elèctriques, reològiques i d'altres característiques tècniques hi son detallades al ANNEX A. CARACTERÍSTIQUES TÉCNIQUES MATERIAL PEÇA, del present projecte.

2.2.2. PC ALCOM 740/4 GY

Per les seves propietats específiques del polímer i les seves excel·lents característiques òptiques, el policarbonat ALCOM és altament apropiat per als conductors de llum en elements d'indicació i comandament.

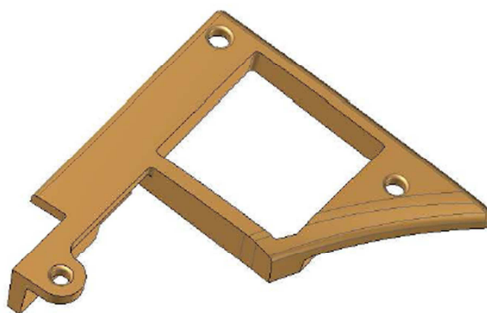


FIG. 7. Policarbonat ALCOM 740/4 GY

Ofereix alguns avantatges com la seva duresa, funcionalitat o resistència a la flama. Entre les seves principals característiques es destaquen la seva bona conductivitat elèctrica i protecció electromagnètica, elevada resistència, rigidesa i estabilitat dimensional, propietats d'excel·lent resistència a la fricció, amb un desgast o deformació molt reduït i la característica que fa al ALCOM un producte exclusiu en el mercat dels policarbonats, les seves propietats de difusió de la llum.

El PC ALCOM 740/4 té una densitat de 1320 kg/m³.

La resta de propietats mecàniques i d'altres característiques tècniques hi son específicament detallades al ANNEX A. CARACTERÍSTIQUES TÉCNIQUES MATERIAL PEÇA, del present projecte.

2.3. GEOMETRIA

La geometria de la peça composta està àmpliament detallada en el plànol general de peça, indicant clarament la descomposició de la mateixa. El plànol es troba al VOLUM PLÀNOLS, 1.PEÇA DE PLÀSTIC, del present projecte.

També en el disseny 3d que el client ha adjuntat en format '.STEP' es mostra clarament la totalitat de la geometria de la peça.

2.4. TOLERÀNCIES DE PRODUCCIÓ

Les toleràncies de producció de la peça composta serà la marcada, establerta i exigida al mateix plànol general de la peça descrit en l'apartat anterior.

En la FIG.8 es mostra un exemple de l'especificació de les toleràncies exigides en la producció de la peça on es tindrà en compte la contracció de la peça, que serà de 0.5%, tant en el sentit longitudinal com transversal. Aquest percentatge ho facilitarà el fabricant de plàstic al client.

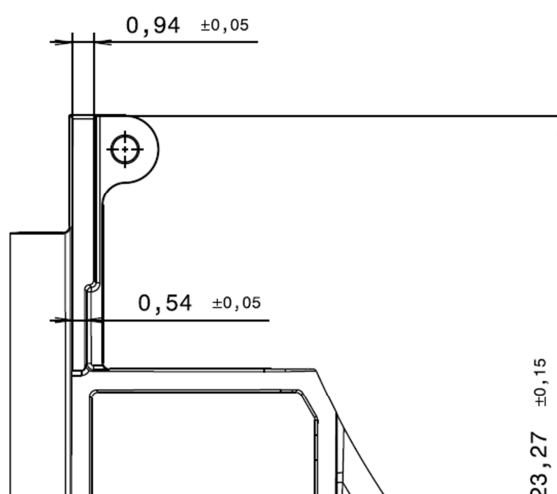


FIG. 8. Toleràncies peça

Per les cotes sense especificació de tolerància, s'aplicarà la norma DIN 16901 (Plastics moldings. Tolerances and acceptance conditions for linear dimensions).

S'ha de tenir especial atenció en les toleràncies especificades contra la cota. La determinació de les toleràncies està basat en la norma DIN 16901 per a peces plàstiques.

Les desviacions de les dimensions nominals són inevitables en la fabricació de formes plàstiques. Les toleràncies per aquesta norma s'han establert tenint en compte aquests factors i nombroses mesures a la pràctica. Els plàstics en aquesta norma es divideix en files tolerància.

Nominal dimension area

over up to	0 1	1 3	3 6	6 10	10 15	15 22	22 30	30 40	40 53	53 70	70 90
A	±0.18	±0.19	±0.20	±0.21	±0.23	±0.25	±0.27	±0.30	±0.34	±0.38	±0.44
B	±0.08	±0.09	±0.10	±0.11	±0.13	±0.15	±0.17	±0.20	±0.24	±0.28	±0.34

over up to	90 120	120 160	160 200	200 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000
A	±0.51	±0.60	±0.70	±0.90	±1.10	±1.30	±1.60	±2.00	±2.50	±3.00
B	±0.41	±0.50	±0.60	±0.80	±1.00	±1.20	±1.50	±1.90	±2.40	±2.90

Grup de toleràncies, segons la norma DIN 16901 per un policarbonat:

- Grup 140, per les dimensions sense tolerància especificada al plànol.
- Per dimensions amb tolerància al plànol, es comprova que estiguin al grup 130.

Totes aquelles cotes que no estan acompanyades de límits dimensionals explícites hauran de complir les exigències de les normes de Toleràncies generals (DIN 16901) que es defineixen.

2.5. CONTRACCIÓ

Es defineix contracció d'una peça modelada com la diferència entre les dimensions del motllo i les dimensions de la peça. La contracció és un canvi de volum que pateix una peça de plàstic quan es refreda un cop ja transformada.

És la quantitat per la qual una peça modelada és menor que la mida de la cavitat en la qual aquesta és produïda per la injecció de plàstic, sota alta pressió i altes temperatures. Per a usos pràctics la contracció és usualment donada en %.

L'obtenció de la figura s'ha realitzat partint del fitxer 3D facilitat pel client. A la peça continguda en aquest fitxer se li ha aplicat un escalat equivalent a la contracció del material. La contracció dels dos materials és de 0.5%, tant en el sentit longitudinal com transversal.

En el cas dels plàstics amorfs, la contracció és isotròpica, que és constant en les 3 dimensions de l'espai, mentre que en el cas dels cristal·lins és anisòtropa, on la contracció és molt més gran en la direcció en què es va produir el flux del material que en la transversal. No obstant això, no hi ha cap termoplàstic que sigui 100% cristal·lí ni, al revés, 100% amorf. Sempre coexisteixen una part cristal·lina i una altra amorfa, encara que hagi sempre una majoritària que defineix la classificació del material.

Les principals consideracions i factors que afecten la contracció en una peça es poden resumir segons les seves característiques, exposades a continuació.

- Material

Els materials amorfs presenten menys contracció que els materials semi cristal·lins. Les fibres augmenten la sensibilitat a l'orientació però presenten una contracció menor.

- Ubicació de l'entrada

La ubicació de l'entrada determina l'orientació del material, que al seu torn pot afectar en gran manera a la contracció.

- Forma de l'entrada

La mida i el tipus d'entrada influeixen en el nivell d'orientació i, per tant, en el comportament de la contracció. La grandària de l'entrada i del canal fred determina l'eficàcia de la fase que afecta la contracció.

- Gruix de paret

El gruix de paret influeix en el nivell d'orientació de les peces de plàstic. Així com més prima és la paret, més orientació haurà deguda als temps d'injecció més curts.

- Nervis

Els nervis solen ser més prims que el gruix de la paret principal per tal de reduir les depressions superficials o xuclets. Això provoca contraccions diferents entre el nervi i la paret principal i origina distorsions en la peça.

- Velocitat d'injecció

La velocitat d'injecció té relació amb l'orientació del material. Així com més gran és la velocitat, més orientació haurà. L'efecte és considerable, sobretot en combinació amb entrades capil·lars. El resultat final serà un increment de la contracció diferencial entre la direcció del flux i la direcció transversal al flux.

- Pressió de manteniment

L'efecte de la magnitud i durada de la pressió de manteniment és un dels factors més determinants en relació amb la contracció. Les pressions de manteniment altes i llargues creen menys contracció que les breus i baixes. La mida del sistema d'entrades també s'ha de tenir en compte. Així, un sistema petit pot reduir radicalment els efectes de la pressió de manteniment.

- Refrigeració del motllo

Les diferències en la temperatura del motllo també afecten a la contracció. Les variacions tèrmiques a la paret de la cavitat poden provocar diferents velocitats de refredament i, amb elles, diferents graus de contracció. Per tant, convé mantenir el més constant i uniforme possible la temperatura del motllo.

2.6. REGLAMENTACIÓ

A les especificacions del plànol de fabricació de la peça, es fa referència a la reglamentació per aquest tipus determinat de peces d'interior de vehicles.

- Directiva EEC78/632,
- Regulació ECE Nº. 21,

També fa referència a la normativa del client final que ha de complir el test de resistència a la flama del material (NES M0094-1995), que respon a les següents legislacions:

- Europa : Finland 56-4
- USA: FMVSS 302, [4].

En aquest estudi s'ha considerat la legislació que fa referència al material utilitzat.

2.7. ACABAT SUPERFICIAL

En les especificacions donades per el client i en plànol de la peça hi son les exigides. Es demana un acabat exterior de erosió molt fina (22%24 VDI) en zona vista.

El criteri VDI és un paràmetre de rugositat en que s'indica l'aspresa produïda per l'arc elèctric en la superfície de mecanitzat. El seu valor s'indica en la taula següent.

VDI 3402	Ra=CLA μm	Ra=CLA μinch	ISO 1302
0	0,10	4	N3
1	0,11	4,4	▽▽▽▽
2	0,12	4,8	
3	0,14	5,6	
4	0,16	6,4	
5	0,18	7,2	
6	0,20	8	N4
7	0,22	8,8	
8	0,25	10	
9	0,28	11,2	
10	0,32	12,8	
11	0,35	14	
12	0,40	16	N5
13	0,45	18	
14	0,50	20	
15	0,56	22,4	
16	0,63	25,2	
17	0,70	28	
18	0,80	32	
19	0,90	36	N6
20	1,00	40	▽▽▽
21	1,12	44,8	
22	1,26	50,4	
23	1,40	56	
24	1,60	63	
25	1,80	72	N7
26	2,00	80	
27	2,2	88	
28	2,5	100	
29	2,8	112	
30	3,2	125	N8
31	3,5	140	
32	4,0	160	
33	4,5	180	
34	5,0	200	
35	5,6	224	
36	6,3	250	N9
37	7	280	▽▽
38	8	320	
39	9	360	
40	10	400	
41	11,2	448	
42	12,6	500	N10
43	14	560	▽
44	16	640	
45	18	720	

$$VDI = 20 \cdot \log(10 \cdot R_a)$$

R_a = Rugositat mitja [μm]

1 μm R_a = VDI 20

10 μm R_a = VDI 40

En les mides d'estat superficial s'admet una tolerància màxima de 3 VDI.

Atenent a les especificacions i criteris expressats per el client, la peça tindrà una rugositat de $1.40 \pm 0.16 \mu\text{m}$ a la cara vista.

Taula 1. Criteri VDI de rugositat superficial

Les propietats superficials tenen una influència considerable sobre algunes de les propietats de la peça.

- Precisió dimensional
- Coeficient de fricció
- Resistència al desgast
- Resistència tèrmica
- Comportament a la fatiga

A més d'altres aspectes com l'aparença i el cost. Per aquests motius és important analitzar, identificar i definir de manera objectiva i rigorosa les característiques d'una superfície per tal de poder avaluar les seves propietats i qualitat.

Hi ha altres variacions que poden ser degudes al procés fabricació, que també tenen influència sobre les propietats superficials. Aquestes propietats defineixen el que s'anomena integritat superficial i inclouen alteracions a la superfície de la peça com absorció d'impureses, canvis de duresa, zones afectades pel calor, recristal·litzacions, esforços residuals, etc.

La rugositat és una característica mesurable basada en petites desviacions respecte una superfície nominal, que depèn del material i el procés de fabricació. L'acabat superficial és un concepte més subjectiu per parlar de la qualitat d'una superfície.

Les imperfeccions són irregularitats que es poden trobar ocasionalment a la superfície com cràters, rascades o ratllades, petits forats, etc.

La ondulació són les variacions que poden aparèixer de manera més espaiada degudes a flexions, calor o tractaments tèrmics. La rugositat es troba impresa sobre l'ondulació.

Segons el procés de fabricació poden aparèixer textures o direccions predominants. En operacions de mecanitzat la direcció predominant coincideix amb la petjada de l'eina de tall.

2.8. DESEMMOTLLAMENT

Per a evitar que les peces quedin travades dins del motllo s'han de dotar de conicitats a la peça de plàstic que permeti un desemmotllament simple, sense excessiva força. Aquestes conicitats depenen en part, de la longitud de la pendent.

En la FIG.9. es mostra una relació general entre l'alçada de la cara vertical de desemmotllament i l'amplada que és aconsellable donar.

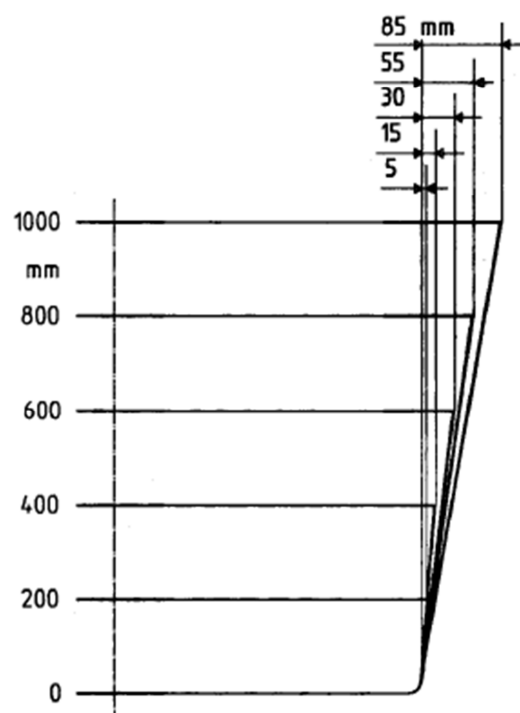


FIG. 9. Relació de desemmotllament

Les conicitats de la peça hi son especificades per el client a les exigències de la peça. En la majoria de les cares verticals hi ha 1º de conicitat.

3. DESCRIPCIÓ DEL MOTLLO

3.1. INTRODUCCIÓ

La funció del motllo és donar forma al material que l'hi és injectat al interior. És un procés de conformat consistent en escalfar un polímer i introduir-lo mitjançant altes pressions. El motllo d'injecció és un utilatge de precisió, que està sotmès a centenars de milers de cicles d'alta pressió i canvis de temperatura. Els motllos constitueixen la part més important d'una màquina d'injecció donada la seva complexitat.

Per poder començar amb el disseny del motllo, primerament s'ha de conèixer la disposició espacial que tindrà dins de la màquina d'injectar. Aquesta disposició marcarà sense cap dubte el posicionament dels diferents elements que constitueixen el motllo.

Un cop es té el model de la peça definitiu es pot començar a dissenyar el motllo, i en aquest instant, ja s'ha de tenir present els mètodes de mecanitzat perquè la seva fabricació i muntatge es realitzi sense incidents.

La part del disseny del motllo és la fase sens dubte més important per a la consecució del objectiu d'aquest projecte. S'hi descriurà pas a pas la morfologia i característiques principals d'aquest. Els punts descrits en aquest apartat són una representació fidel de la cronologia seguida en el disseny del motllo, la qual cosa fa entendre les dificultats que es poden plantejar en el mateix.

Consta de dues meitats, fixades directament a les plaques de la màquina d'injecció mitjançant brides i altres tipus de subjeccions. Les dues meitats, la meitat d'injecció i la meitat d'expulsió, apareixen a qualsevol tipus de motllo, independentment de la seva morfologia de construcció.

Aquestes dues parts es separaran en el procés per tal d'obtenir la peça final. La part d'injecció serà la part on s'integrarà el conjunt que subministrarà plàstic al motllo, i la part d'expulsió serà on s'accionarà el mecanisme encarregat de l'extracció de la peça.

El motllo serà un bimatèria rotatiu de vuit (8) cavitats, de doble cicle (4+4).

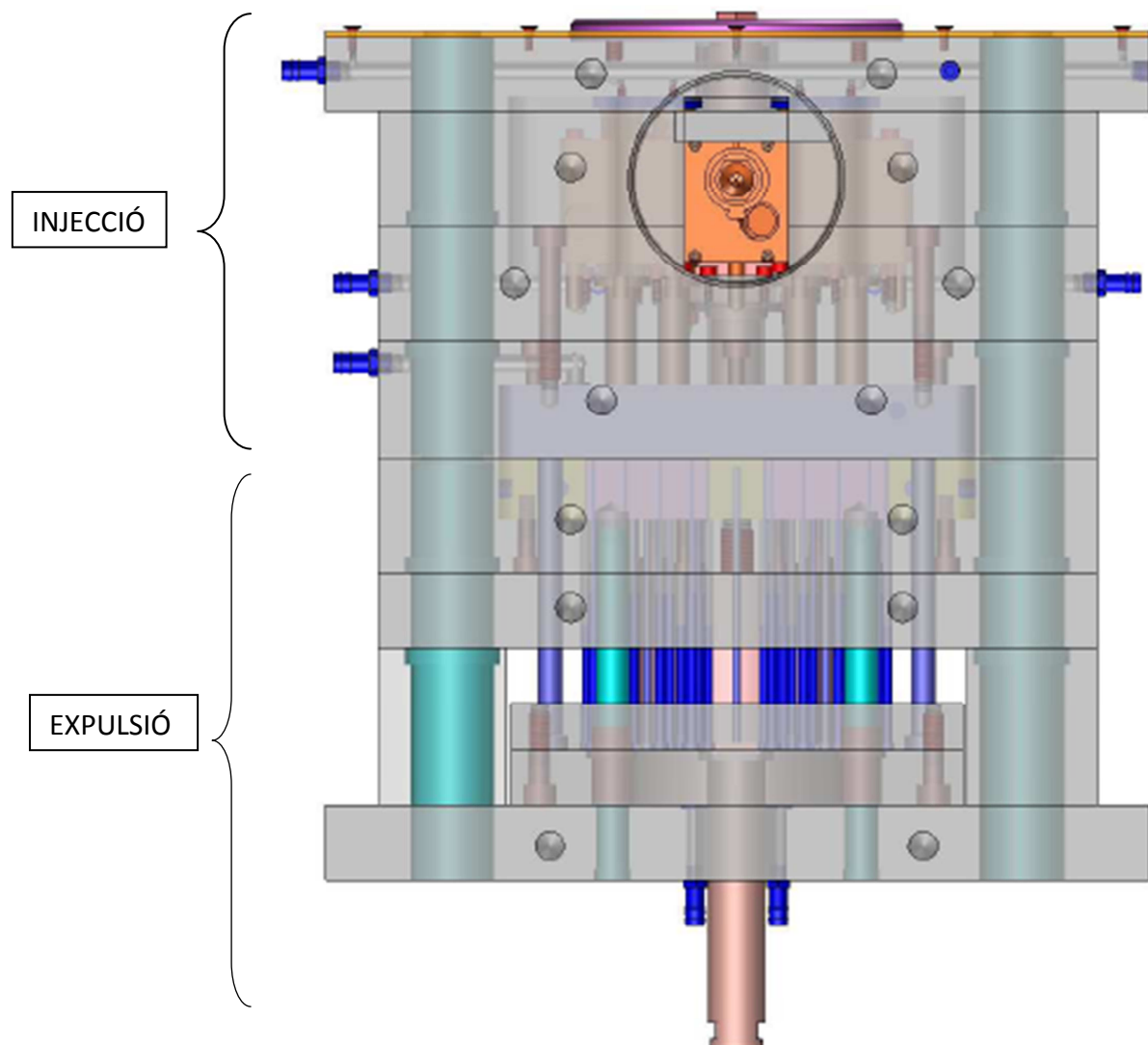


FIG. 10. Motllo. INJECCIÓ I EXPULSIÓ

La part d'injecció és la part fixa del motllo, que en cada cicle injectarà simultàniament amb les dos càmeres calentes a l'interior de les cavitats. Té dos cavitats d'injecció diferents, amb quatre (4) figures a cada cavitat.

La part d'expulsió és la part mòbil, amb 2 cavitats iguals amb 8 figures en total. És la part on està compost el mecanisme per l'expulsió de la peça. Degut a que el motllo és de 4+4, l'expulsió s'activarà només a la banda on hi son les 4 peces de plàstic amb un cicle complet.

Una peça totalment acabada tindrà el següent cicle. Primer és injectat PC ALCOM, obre el motllo i la peça queda a l'expulsió, rota el motllo 180º i després torna a tancar. S'injecta a sobre amb PC MAKROLON, es solidifica i torna a obrir el motllo per procedir a l'expulsió de les 4 peces acabades de la cavitat que porten un cicle complet.

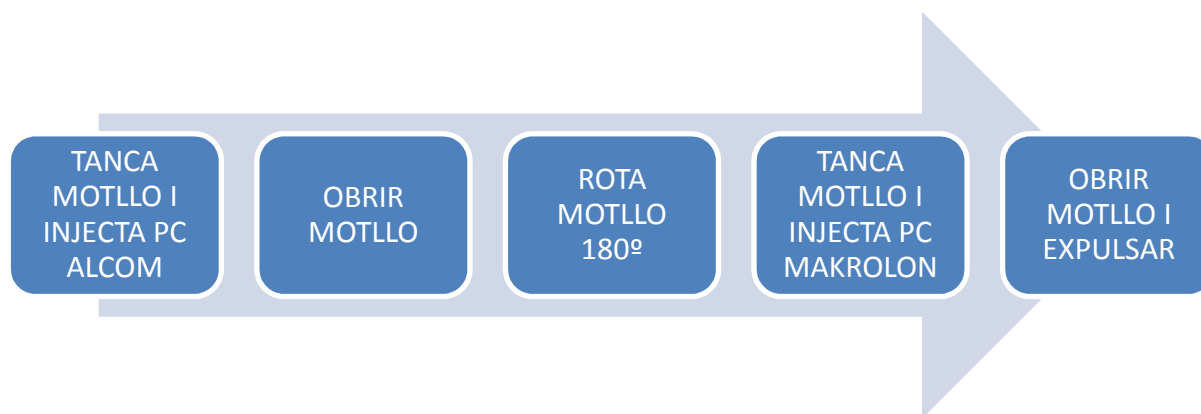


FIG. 11. Cicle complet d'una peça acabada

La primera expulsió del motllo no serà vàlida perquè serà incompleta, ja que no se li haurà injectat PC ALCOM. Després d'aquesta primera expulsió, cada cop que el motllo s'obri procedirà a l'expulsió de quatre peces totalment acabades.

Per tot el disseny del motllo s'ha fet servir el programa TOPSOLID, així com en el disseny dels elèctrodes i utilitatges de fabricació. També els plànols 2D s'han fet amb aquest programa.

Per l'anàlisi i càlculs de la peça de plàstic s'ha fet servir el programa MOLDFLOW, i per realitzar els mecanitzats, MASTERCAM. Tot el software que s'ha fet servir per l'execució d'aquest projecte ve detallat en el ANNEX G. SOFTWARE.

3.2. CONDICIONS DE DISSENY

3.2.1. DELIMITACIÓ DE LA PARTICIÓ

En el motllo hi hauran dos parts clarament diferenciades, la d'expulsió i la d'injecció, i serà la partició la que les delimiti. Aquesta delimitació fixarà per on s'obrirà el motllo per extreure les peces acabades.

3.2.1.1. Línea de partició

La línea de partició és, un cop col·locada la peça en posició en el motllo, la delimitació en l'eix de desemmotllament i expulsió de la peça. En un costat i altre d'aquesta línea totes les cares tindran el mateix sentit a desemmotllar, per evitar qualsevol negatiu de sortida a l'extracció de les peces.

El motllo, per la doble injecció, està compost de dos peces clarament diferenciades. Cada peça tindrà la seva pròpia línea de partició, marcada en blau en la FIG. 12.

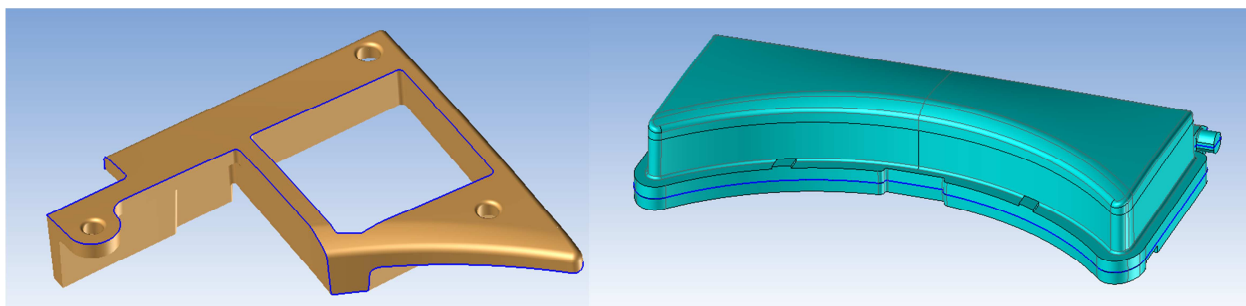


FIG. 12. Línea de partició

3.2.1.2. Superfície de partició

Les superfícies de partició són les creades a partir de les línies de partició, amb la finalitat de crear les cares que delimitaran les parts del motllo. L'angle de sortida es situa en totes les superfícies normals a la línia de partició del motllo i per tant, de la peça.

La superfície de partició garanteix que el disseny de la cavitat sigui el adequat, i que la peça de plàstic es pugui extreure de la cavitat del motllo i tingui un bon desemmotllament.

El pla de partició pot estar en un pla o correspondre a una geometria principal com la part superior de la peça o la línia central. Pot ser lineal, esglaonada o angular, en funció de la geometria de la peça. La condició és que la peça tingui un bon desemmotllament per una correcta extracció i una marca de partició lo mínim visible possible.

La creació d'una superfície de partició correcte suposa un pas essencial en el disseny d'un motllo de injecció. En el disseny s'ha d'evitar dibuixar cares en les peces amb parets perpendiculars al pla de partició, ja que amb l'ús d'aquest tipus de parets és necessari el exercir grans forces d'empenta per obrir el motllo i per extreure la peça.

3.2.2. NÚMERO DE CAVITATS

La ubicació de la peça i el nombre de cavitats que ha de tenir el motllo ve determinat per un seguit de condicions tècniques i econòmiques que imposa el client. D'una banda tenim la geometria de la peça i el volum del total de peces a produir a l'any, i per l'altre, la disponibilitat econòmica del client.

El motllo serà de vuit (8) cavitats, però degut a les seves especials característiques de ser un motllo bimatèria i rotatiu, tindrà un cicle doble (4+4), amb lo que en l'etapa d'extracció de la peça expulsarà quatre (4) peces acabades.

3.2.3. PUNT D'INJECCIÓ

És el punt d'entrada del material plàstic fos a les cavitats. És aconsellable buscar les zones amb més gruix per situar el punt d'entrada per tenir un flux continu. S'ha de posar de tal manera que el material flueixi per una secció transversal constant o decreixent o per seccions transversals diferents però decreixents. Això es recolza en què s'ha d'evitar caigudes de pressió en el material.

Hi ha dissenys en què és inevitable omplir de major a menor secció però en aquests casos s'ha d'utilitzar una major pressió, temperatura, motllos més resistents, temps de refredat majors, i en general això genera un major cost. De tota manera s'ha de buscar la manera d'evitar canvis bruscos en les seccions transversals.

En el disseny de la peça s'ha de considerar ubicar el punt d'injecció en una posició tal que promogui orientació en la direcció del major esforç. D'altra banda quan es té una peça que pateix múltiples esforços s'ha de minimitzar tant com sigui possible l'orientació. Els canvis de direcció en el flux són de particular importància i s'han d'evitar les cantonades.

El lloc escollit i el tipus de punt d'injecció tenen influència sobre les propietats del producte final i sobre l'exercici de les fases del procés d'injecció. Aquesta decisió s'ha de prendre en com un resultat en conjunt entre el disseny del producte i el disseny del motllo. Per la cavitat on s'injecta PC ALCOM, s'ha seleccionat el punt representat en la FIG. 13, ja que al no ser cara vista facilita la seva col·locació en el punt més òptim possible.

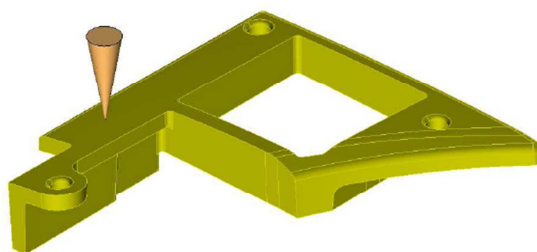


FIG. 13. Entrada material PC ALCOM

El procediment és aplicar el punt d'injecció a la zona més favorable per el flux i que no serà cara vista. En la cavitat on s'injectarà PC MAKROLON ja hi haurà la peça de PC ALCOM solidificada, amb lo que s'injectarà a sobre. La següent figura mostra la direcció del flux de plàstic a l'entrada el material.

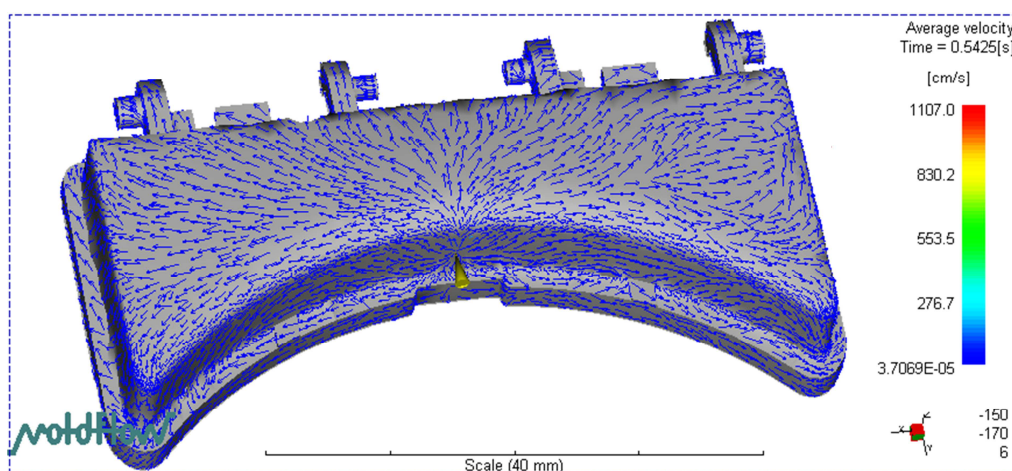


FIG. 14. Punt d'injecció i direcció del flux PC MAKROLON

Amb el punt d'entrada de material seleccionat obtindrem un ompliment de la cavitat uniforme, evitant així zones sobrealimentades i refredaments desiguals. La següent figura mostra el temps d' omplert i com el flux s'expandeix equidistant i uniformement per la cavitat. El temps total d'injecció és de 0.55 segons.

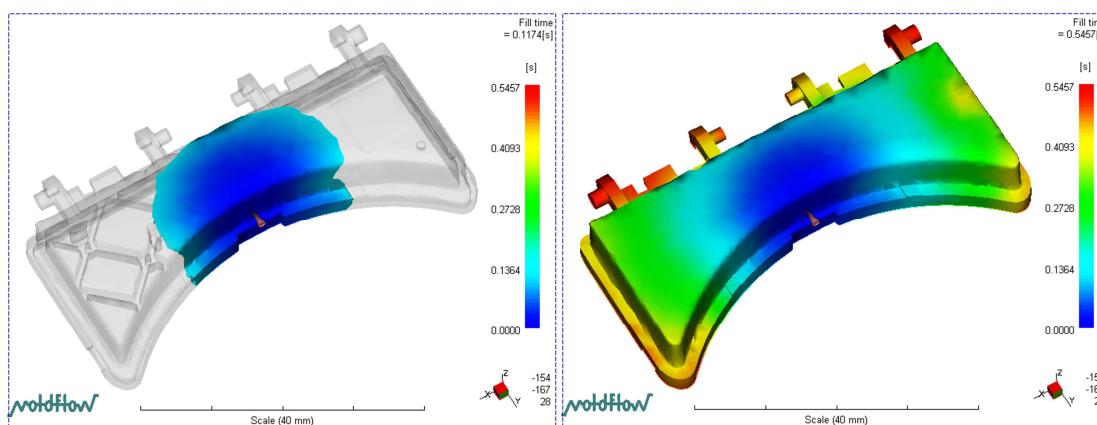


FIG. 15. Temps d'injecció

Amb el software MOLDFLOW s'ha calculat tot el procés d' omplert. Totes aquestes dades hi son àmpliament detallades al ANNEX B. CÀLCULS MOLDFLOW.

3.2.4. SORTIDES D'AIRE

L'entrada del plàstic en la cavitat del motllo idealment tancat produeix un desplaçament de l'aire. El material en estat fos també produeix gasos que cal expulsar. Aquest aire present a la cavitat en el moment de la injecció ha de ser capaç de desplaçar-se al exterior amb facilitat, sobretot si es treballa a un règim elevat de producció, ja que la pressió generada per l'aire comprimit i el calor localitzat en aquesta àrea augmenten ràpidament, causant falles potencials de peces incompletes o cremades. Si el mecanisme no disposa d'una bona fuga d'aire es poden produir complicacions en el procés d' omplert.

La majoria d'aquest s'escapa pel pla de partició i per els sistemes expulsors però moltes vegades no es suficient i cal dissenyar sortides d'aire, que solen ser ranures de 0.01 mm de profunditat. Aquestes ranures poden tancar-se a causa de la força de tancament de la màquina d'injecció, reduint o eliminant la possibilitat de expel·lir l'aire fora de la cavitat. Ranures molt grans poden provocar rebaves en les peces modelades.

En la següent figura es mostra les zones on quedarien les majors concentracions d'aire atrapat al injectar, en lo que s'haurà de tenir en compte a l'hora de dissenyar el sistema d'expulsió.

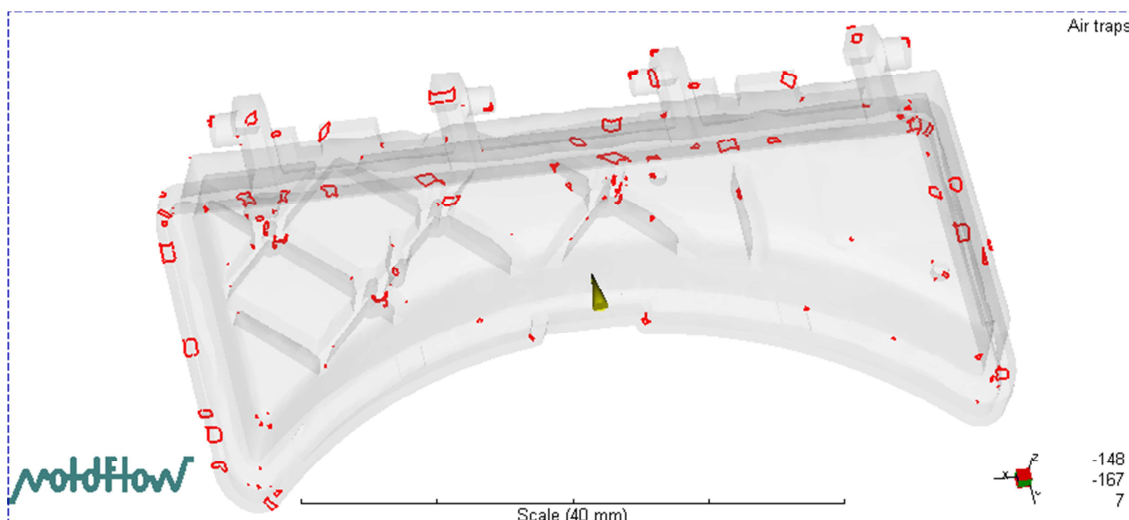


FIG. 16. Concentracions d'aire atrapat

3.2.5. FORÇA DE TANCAMENT

La força de tancament del motllo contraresta la força exercida per el polímer fos al ser injectat al motllo. Durant el procés d' omplert, la cavitat pateix l'anomenada força expansiva. Aquesta és la força resultant que provoca el material, a elevada pressió, en contacte amb les parets de la cavitat. La pressió d'emplenar depèn de la resistència al flux del material, velocitat d'emplenar, la temperatura del material i del motllo. La força expansiva és mostra en la següent equació.

$$F_{expansiva} = (P_{interior} \cdot A_{projectada}) \cdot n^o_{cavitats}$$

Equació 1. Força expansiva

La força de tancament del motllo haurà de ser superior a la força expansiva per evitar que les dues meitats del motllo es separin. Si la maquina d'injecció no fos capaç d'oferir una força de la mateixa magnitud es produirien fugues a la línia de partició generant rebaves.

L'àrea projectada en un motllo és l'àrea que serà omplerta amb plàstic fos en la línia de partició.

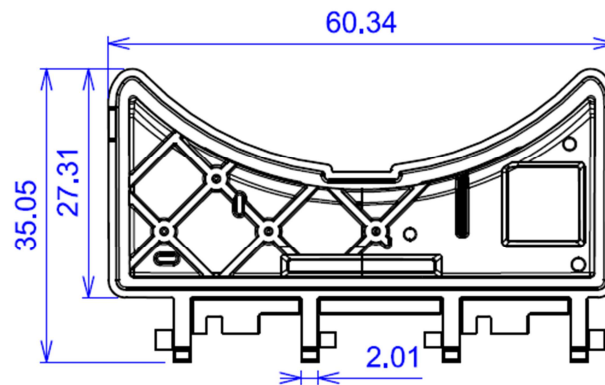
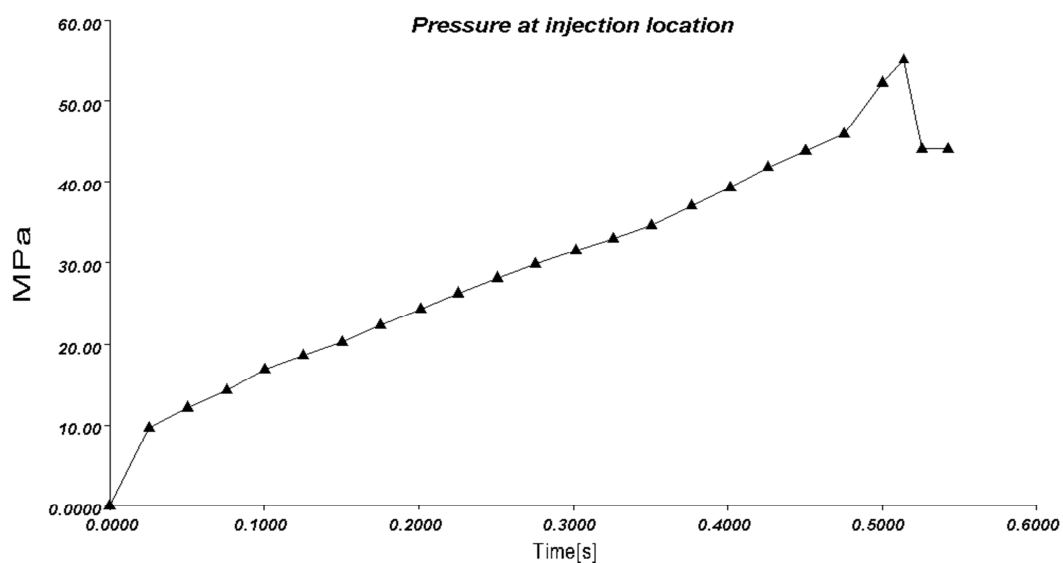


FIG. 17. Area projectada

La area projectada és de 1584 mm^2 . Aquesta area és una simplificació de l'àrea projectada real, doncs no contempla el gruix dels nervis que hi son a la peça ni les diferents geometries de volum. Tot i així s'assumeix que la diferència és menyspreable.

En l'estudi de la peça amb MOLDFLOW hem obtingut la comparació de les dades de la pressió a l'interior de la cavitat i el temps transcorregut en l'injecció. En l'eix de les ordenades de la Taula.2 es representa la pressió en MPa, i en les abscisses el transcurs del temps.



Taula 2. Pressió a la cavitat

El temps d' omplert de la cavitat és de 0.55 segons. Obtenim que quan hi ha més pressió a dins de la cavitat és als 0.51 segons, amb un valor de 55.06 MPa.

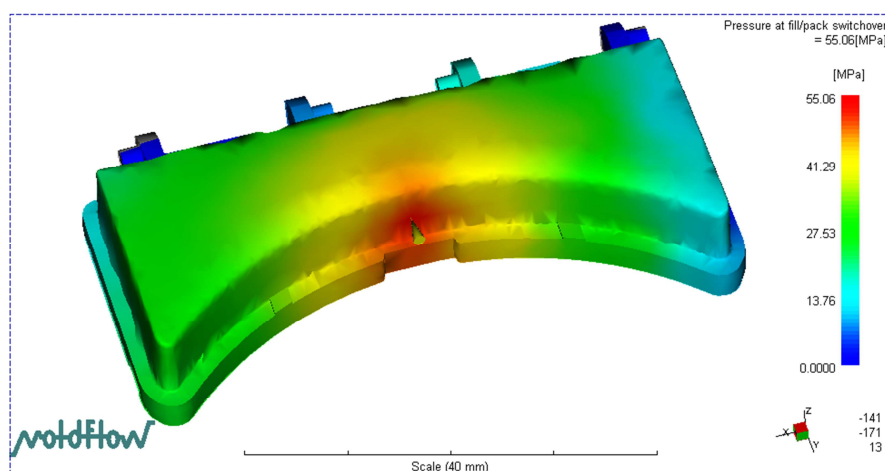


FIG. 18. Pressió d'injecció

És en aquest moment quan ja s'ha injectat que comença el refredament i solidificació de la peça, que es manté aplicant una pressió de sosteniment a l'entrada abans que es solidifiqui per tal de contrarestar la contracció de la peça durant el refredament.

Amb les dades obtingudes es fa el càlcul de la força expansiva que farà el motllo al injectar material al seu interior, comptant que seran quatre cavitats les que s'ompliran.

$$F_{expansiva} = 34,8 \text{ Tm}$$

Segons dades tècniques de la màquina d'injectar, té una força de tancament de 200 Tm, molt per sobre de lo necessari en el motllo.

3.2.6. CAPACITAT DE PLASTIFICACIÓ

La capacitat de plastificació és un paràmetre que mesura la quantitat de plàstic que la màquina pot condicionar per unitat de temps per ser injectat.

Durant el cicle d'injecció, el temps disponible per condicionar el plàstic per a la següent injectada és l'equivalent al temps de refrigeració de la peça. Si no es calcula bé aquest paràmetre es pot incórrer a que la màquina necessiti un temps excessiu per condicionar el

material per la següent injectada, de manera que augmentaríem considerablement el temps de cicle i per tant el temps de processat. La capacitat de plastificació ve expressada per la següent equació.

$$C_p = \frac{P_{pc}}{t}$$

- $C_p \rightarrow$ Capacitat de plastificació [g/s]
- $P_{pc} \rightarrow$ Pes del policarbonat [grams]
- $t \rightarrow$ temps de refredament [segons]

El volum és de 3.51 cm^3 , la densitat de 1200 kg/m^3 i per tant la peça té 4.21 grams de pes, amb lo que s'obté la capacitat de plastificació.

$$C_p = 7.65 \frac{g}{s}$$

3.2.7. ESTUDI DE LA ZONA D'EXPULSIÓ

Els expulsors actuen sobre la superfície de la peça en paral·lel al motllo per a la seva extracció. S'aprofita la geometria de la peça per exercir la força d'expulsió sobre superfícies més rígides que transmetin l'esforç d'expulsió a tota la peça. Es farà servir una combinació d'expulsors de tipus cilíndrics i tipus laminars. A continuació es mostra una figura on es pot observar la situació dels expulsors.

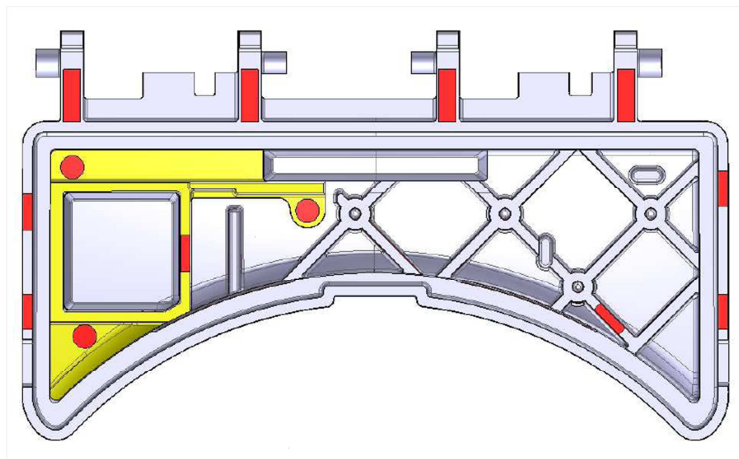


FIG. 19. Situació expulsors

Es situaran els expulsors a les zones estratègiques de la figura les quals tinguin més tendència a quedar atrapades dins del motllo i tinguin una difícil extracció. També es té en compte l'estudi fet anteriorment sobre aire atrapat a la cavitat en el moment d'injectar per facilitar la sortida per els expulsors.

L'estudi de la zona d'expulsió està íntimament relacionat amb la refrigeració de la peça. Això vol dir que l'espai disponible per a la extracció de la peça del motllo queda reduït a causa del espai necessari per als canals de refrigeració dins del motllo.

3.2.8. DEFINICIÓ DE CAVITATS

Està constituït per les parts que engloben l'interior de la cavitat de la peça a reproduir. Al ser un motllo bimatèria rotatiu hi han dos grups de cavitats, sent les dos cavitats d'expulsió iguals i dos diferents en d'injecció. Al injectar, serà la cavitat d'injecció la que dictaminarà la forma conformada. S'ha fet un apartat de cada grup de cavitats per descriure-les.

3.2.8.1. Cavitats PC ALCOM

A les figures següents es mostra les cares de les cavitats d'expulsió i injecció que emmotllaran el PC ALCOM, marcat en groc.

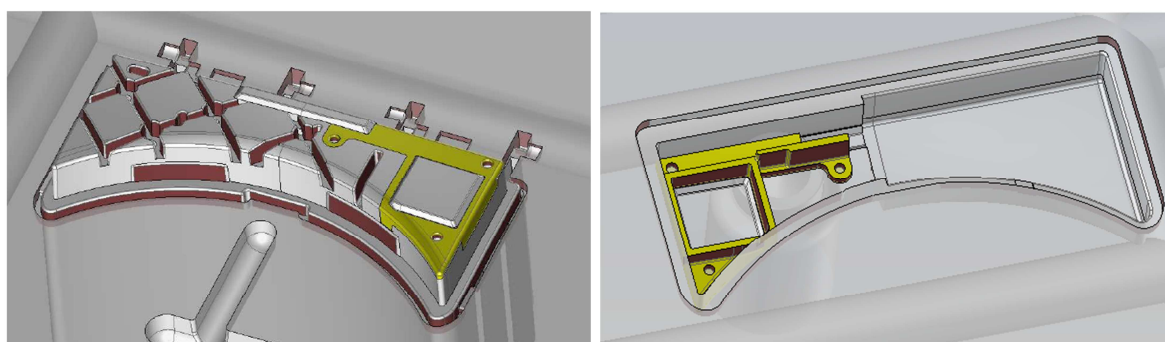


FIG. 20. Emmotllament PC ALCOM

Tal i com s'ha explicat anteriorment, el punt d'entrada s'ha situat en el la zona amb més gruix per tenir un flux continu, i al no ser cara vista facilita la seva col·locació en el punt més òptim possible.

L'entrada de material serà amb injecció directa en punt d'entrada des de la càmera calent sèrie MT22. A la càmera calent es fa una anàlisi de flux del material fos per establir la mida del canal de material fos i els canvis de nivell i així confirmar la distribució uniforme del material fos per a cada boqueta. Un índex de cisallament i sortida de pressió del sistema optimitzat proporcionen un ompliment equilibrat de la peça.

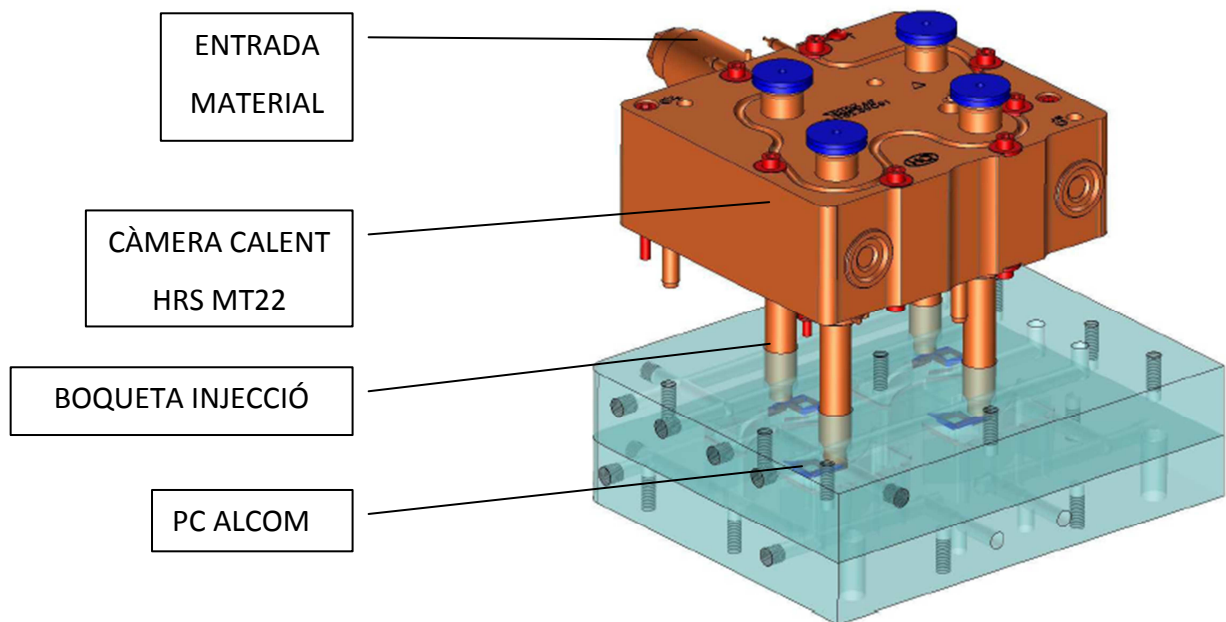


FIG. 21. Càmera calent MT22

La selecció de la boqueta és molt important per obtenir un funcionament òptim i dins dels estàndards de qualitat esperats. La selecció de la boqueta s'ha dut a terme seguint les instruccions i recomanacions del fabricant.

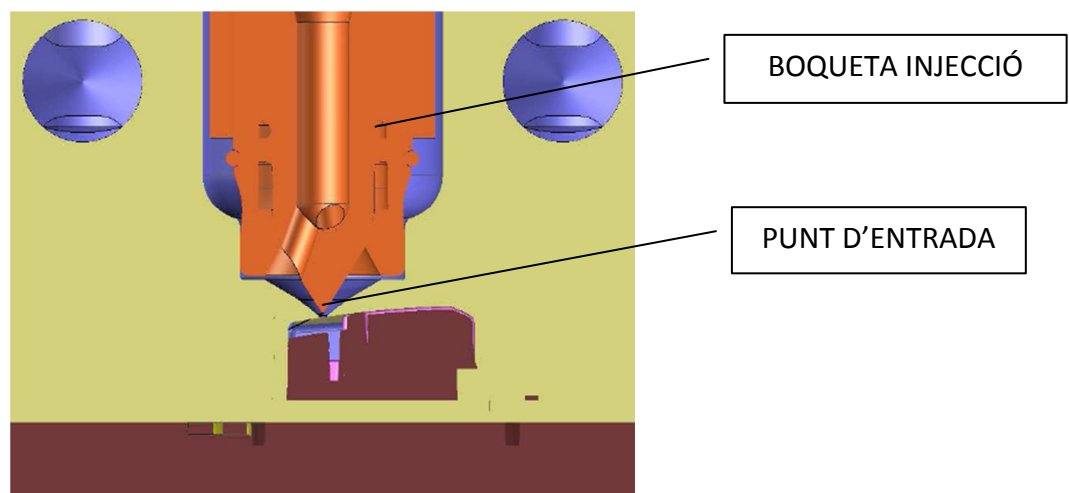


FIG. 22. Injecció PC ALCOM

3.2.8.2. Cavitats PC MAKROLON

Les cavitats s'han dissenyat d'acord amb les línies de partició de la peça. És així doncs perquè el postís d'injecció i el d'expulsió tanquen la figura en un pla.

En aquesta cavitat s'injectarà on ja s'ha injectat PC ALCOM. En la següent figura es mostra l'estat a la cavitat abans i després d'injectar PC MAKROLON.

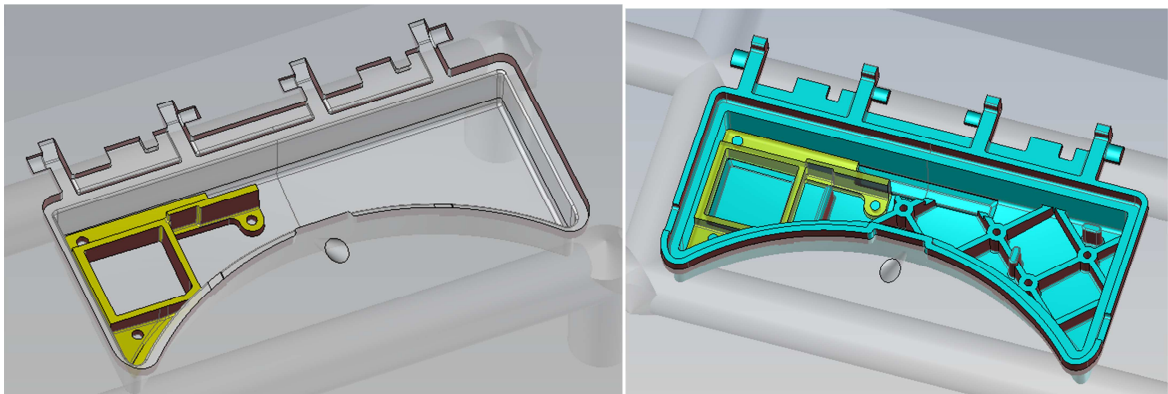


FIG. 23. Emmotllament PC MAKROLON

Aplicat el punt d'injecció més òptim, se li aplica el tipus d'entrada submarina amb l'objectiu de crear un flux uniforme i continu.

L'entrada submarina consisteix en un túnel cònic des del final del canal fred fins a la cavitat del motllo. Aquest tipus d'entrada es separa automàticament de la colada durant el procés d'expulsió i deixa marques d'entrada relativament suaus.

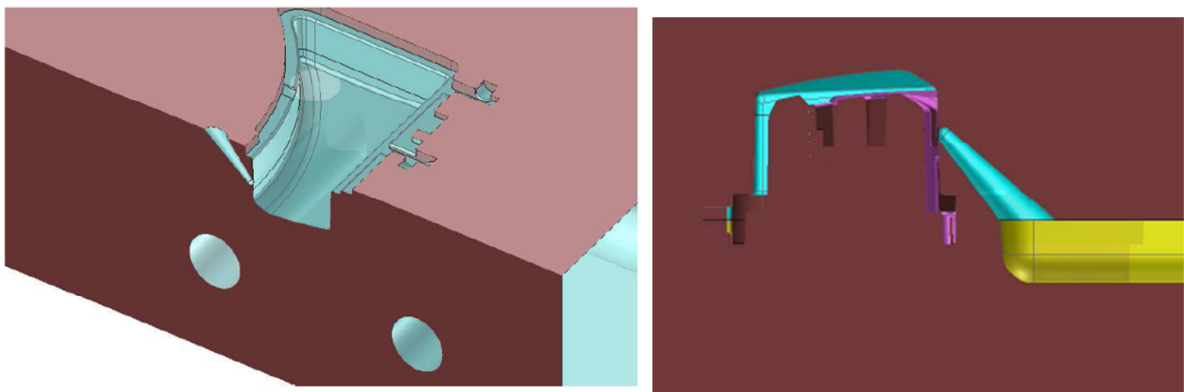


FIG. 24. Entrada submarina

Per l'alimentació es farà servir canals freds com mostra la FIG.25. Els canals d'alimentació o colada serà del tipus radial, distribuïts amb braços en forma de mitja canya. El diàmetre de tots els canals té el mateix valor. El flux de material en aquesta distribució és equilibrat, tal com mostra la figura següent, marcant la direcció de flux amb fletxes.

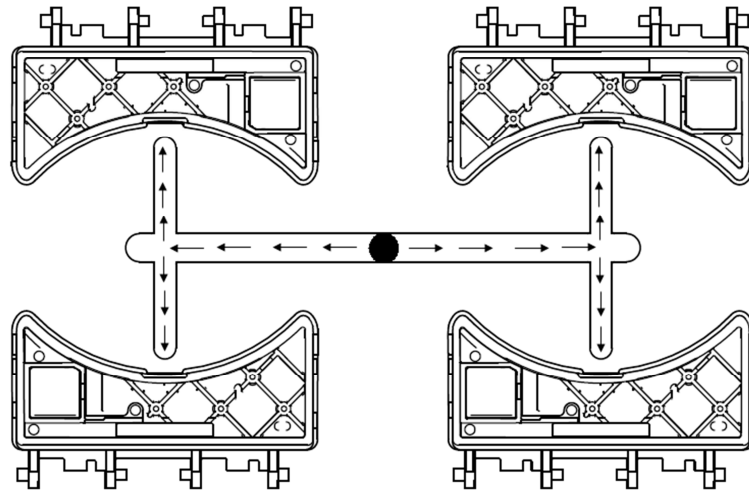


FIG. 25. Distribució canal fred

L'entrada a la cavitat es produirà amb la càmera calent sèrie MT39.

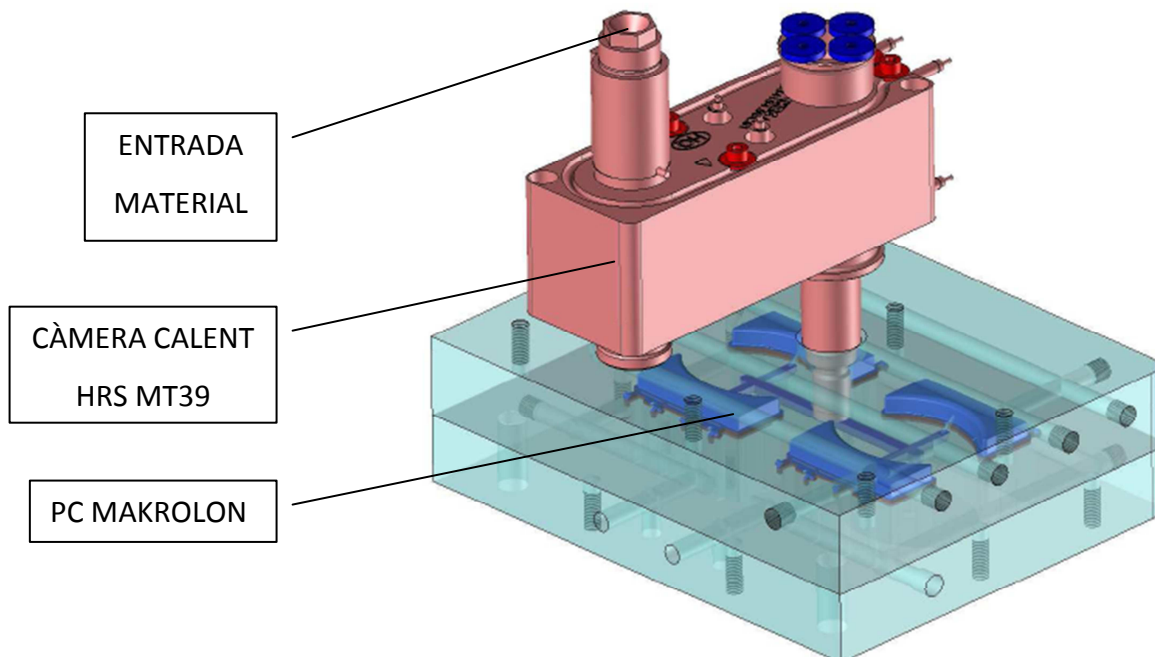


FIG. 26. Càmera calent MT39

3.3. ESPECEJAMENT

3.3.1. CONJUNT GENERAL

S'ha fet un especejament complet separat en les parts d'expulsió i injecció per un major i més ràpid enteniment que es detallarà seguidament.

- PART EXPULSIÓ

El costat d'expulsió del motllo és aquell que es troba solidari amb la part mòbil de la màquina d'injecció. Està format pels elements necessaris per a la reproducció d'una part de la peça, la refrigeració de la mateixa i porta un mecanisme encarregat de expulsar la peça un cop s'ha solidificat.

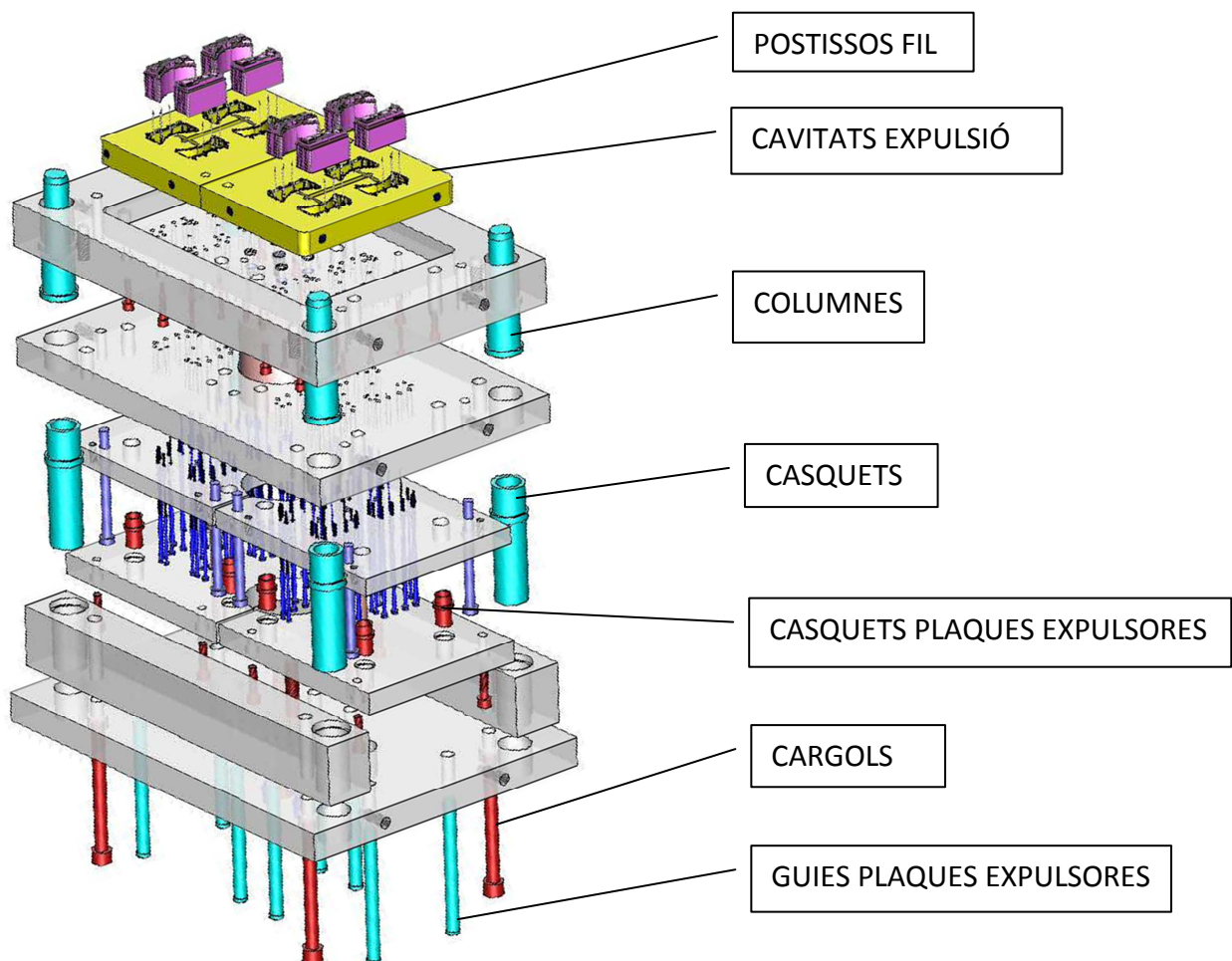


FIG. 27. especejament expulsió

- PART INJECCIÓ

El costat d'injecció del motllo és aquell que es troba solidari amb la part fixa de la màquina d'injecció. Aquest està format pels elements necessaris per a la reproducció de la part de la peça complementària a la del costat expulsió, el sistema que fa arribar el plàstic fins a la cavitat i la refrigeració necessària per a aquest.

En aquest costat del motllo s'ubiquen les preses de refrigeració del costat de injecció i els connectors i cablejats necessaris per al funcionament de la càmera calenta. A la superfície del motllo que fa contacte amb la màquina injectora es posa una planxa aïllant.

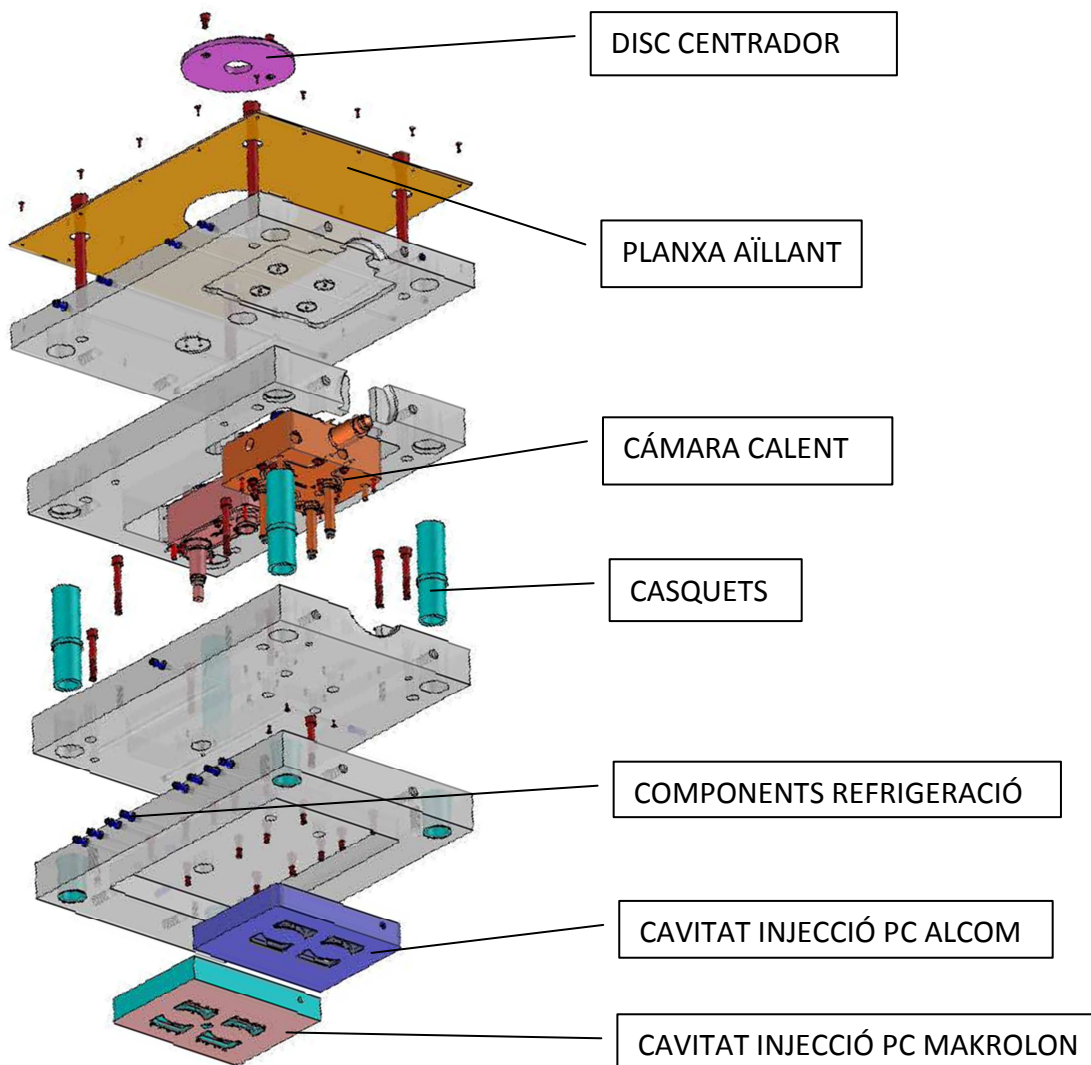


FIG. 28. espejament injecció

3.5.2. PORTA MOTLLO

Les dimensions del motllo són 346x546mm, del motllo prefabricat en el catàleg ORYMO, detallat a L'ANNEX C. CATÀLEG PORTA MOTLLO.

Totes les plaques adjunten el seu corresponent plànol en el VOLUM PLÀNOLS. Cadascuna de les plaques ha estat numerada amb el objectiu de fer més senzill el desglossament del motllo. A continuació es mostren les diferents plaques que el componen, tractant-les individualment seguidament.

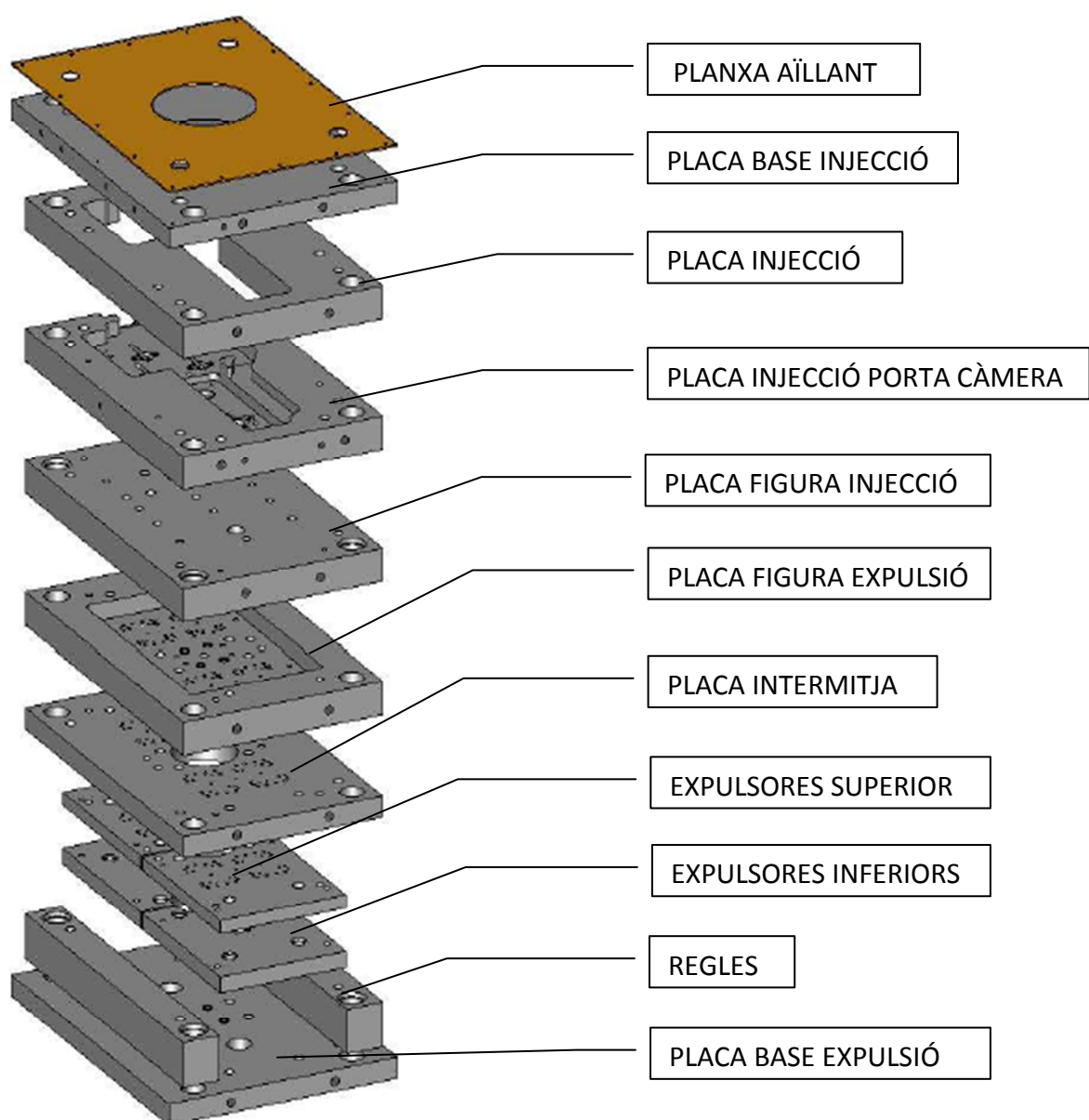


FIG. 29. Especejament porta motllo

3.5.2.1. Placa base injecció [1]

La principal funció és la de ser la placa que serveix d'unió entre el motllo i la màquina d'injecció. L'ample d'aquesta placa és superior a la de la resta del motllo, per on sobresortiran unes ales per collar al plat de la màquina d'injecció mitjançant brides.

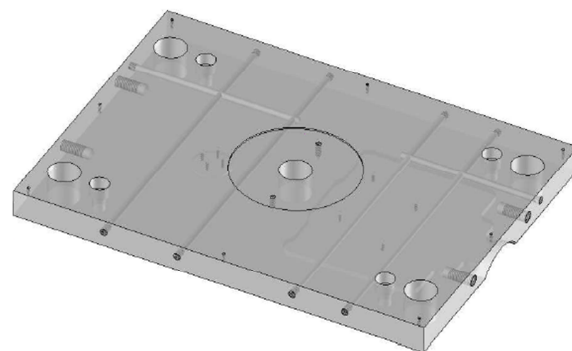


FIG. 30. Placa base injecció

La placa disposa dels allotjaments necessaris per als cargols que serviran per immobilitzar el bloc. Sobre aquesta placa s'ha mecanitzat l'allotjament i fixació del disc centrador del motllo, el qual serà un dels responsables del centratge del motllo en la màquina injectora. També hi son els forats del circuit de refrigeració de les càmeres calents.

3.5.2.2. Placa injecció [2]

Porta el mecanitzat del pas de l'allotjament de les càmeres calents i els forats corresponents a les columnes i pas de cargols

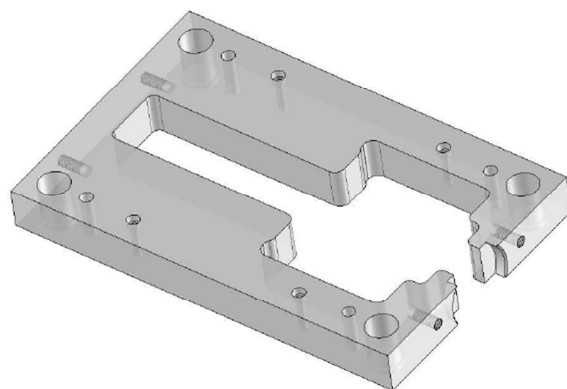


FIG. 31. Placa injecció

3.5.2.3. Placa injecció porta càmera [3]

La placa porta càmera és l'encarregada d'allotjar el distribuïdor de les càmeres calentes i assentar les boquetes de la mateixa.

Tal com indica el fabricant de la càmera calenta, a aquesta placa se li han practicat els mecanitzats necessaris per allotjar i fixar les boquetes calents, les ranures per a la sortida dels cables, resistències i termoparells.

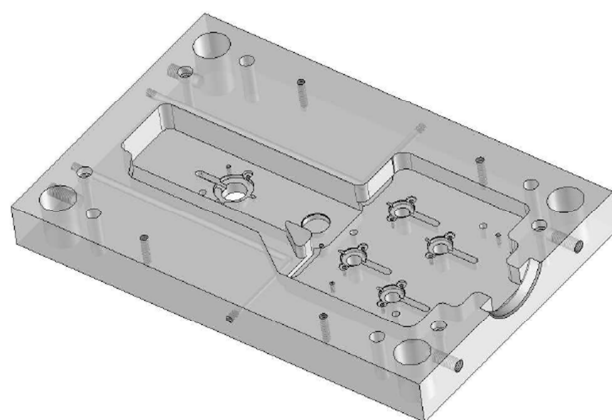


FIG. 32. . Placa porta càmera

3.5.2.4. Placa figura injecció [4]

La placa figura del costat d'injecció és la responsable d'albergar les cavitats del costat d'injecció. Aquesta placa formarà part activa en la refrigeració del costat d'injecció. Els endolls ràpids per a la connexió de l'entrada i sortida del circuit de refrigeració també estaran allotjats en aquesta placa.

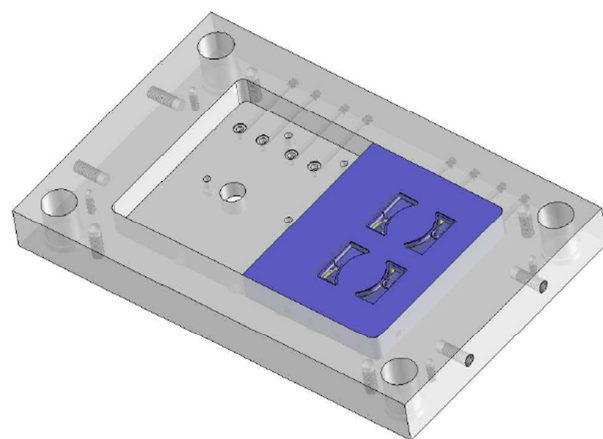


FIG. 33. Placa figura injecció

3.5.2.5. Placa figura expulsió [5]

És on s'allotjaran les cavitats d'expulsió. En la FIG.38. es pot observar una gran caixa central, la qual està destinada a albergar les 2 cavitats d'expulsió.

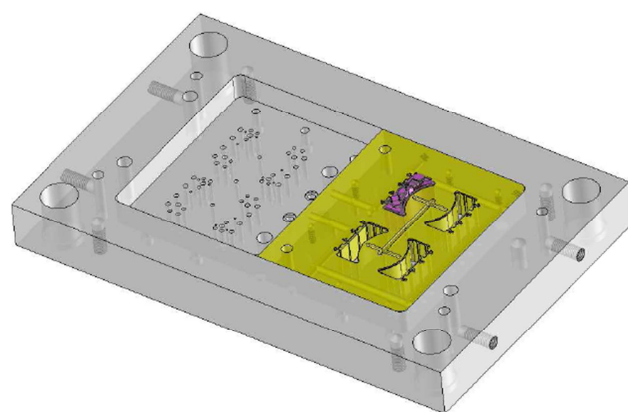


FIG. 34. Placa figura expulsió

Hi ha forats per el pas del sistema d'expulsors i dels cargols, per collar els diferents postissos que hi van integrats.

Hi és mecanitzat l'allotjament de les juntes tòriques per el pas de la refrigeració de placa a cavitat. Aquesta placa alberga les columnes del motllo.

3.5.2.6. Placa intermèdia [6]

La placa intermèdia és la que rebrà l'impacte de les plaques expulsors al accionar-se el mecanisme per expulsar la peça. Els forats son de pas de columnes, cargols i expulsors.

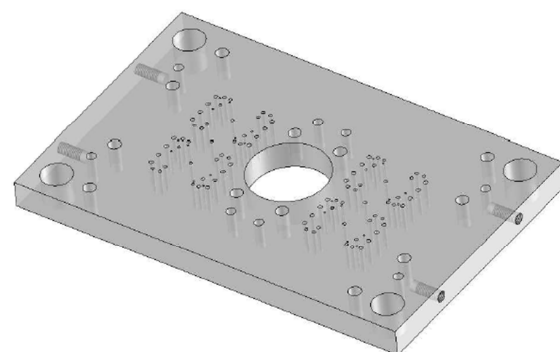


FIG. 35. Placa intermèdia

3.5.2.7. Regles [7]

Els regles tenen com missió fer de separadors entre la placa base i la placa intermèdia del costat d'expulsió. Aquesta part es sol conèixer com a pont. Aquesta separació és la necessària per garantir un correcte recorregut de les plaques expulsors.

3.5.2.8. Càlcul del recorregut de plaques expulsors

El recorregut és la carrera necessària per poder expulsar completament la peça de la cavitat un cop s'ha solidificat. La mínima distància que s'ha de cobrir és l'alçada de la peça.

Tota distància addicional a aquesta és conseqüència de criteris constructius dels elements que intervenen en l'expulsió, tal com poden ser l'alçada dels regles o els gruixos de les plaques expulsors. En el gràfic que es presenta a continuació, pot apreciar-se el recorregut del conjunt de plaques expulsors, que és de 27 mm.

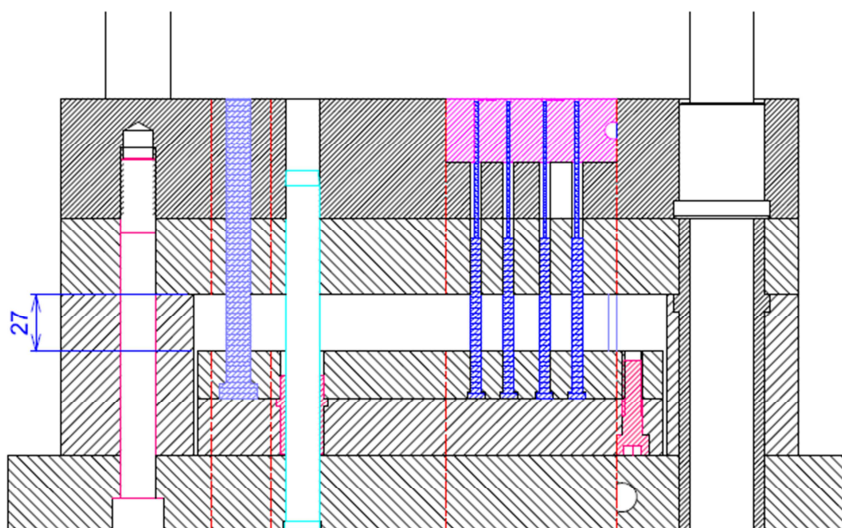


FIG. 36. Recorregut de plaques expulsors

3.5.2.9. Plaques expulsors superior [8 i 9]

La placa expulsora superior és l'encarregada d'allotjar els expulsors i tancar-los amb l'ajuda de la placa expulsora inferior. Son dos plaques iguals.

En aquesta placa s'han disposat els allotjaments per als caps dels expulsors i dels recuperadors així com el pas de la canya d'aquests. Així mateix, s'executen els allotjaments per als casquets necessaris per al guiat de la placa expulsora.

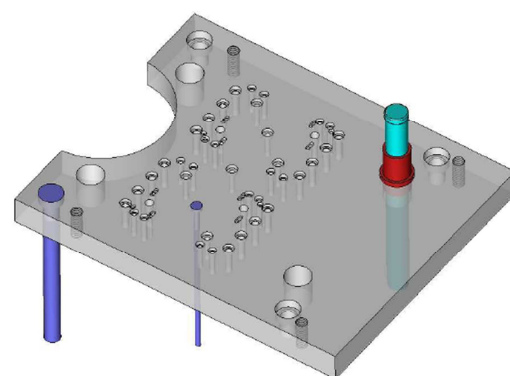


FIG. 37. Placa expulsora superior

3.5.2.10. Plaques expulsors inferiors [10 i 11]

La placa té com missió tancar el cap dels expulsors perquè no surtin. Porta integrada els allotjaments per als casquets necessaris per al guiat de les plaques expulsors i per el mecanisme d'expulsió amb un pla per el seu posicionament.

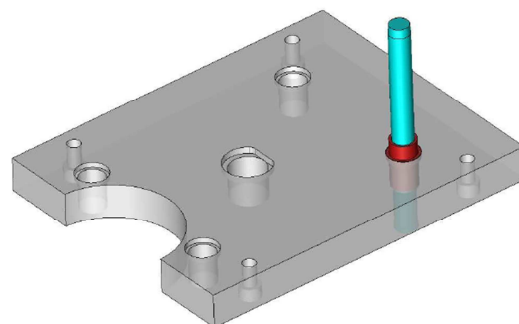


FIG. 38. Placa expulsora inferior

3.5.2.11. Guiat de les plaques expulsors

El guiat de les plaques expulsors es necessari per assegurar el moviment en un sol eix sense que existeixin desalineacions que provoquin la fricció dels expulsors fent-los malbé. A més, el guiat serveix com a suport de la placa expulsora dins el motllo, ja que lliscarà per les columnes de guiatge, les quals seran solidàries per un extrem amb la placa intermèdia i per un altre amb la placa base d'expulsió.

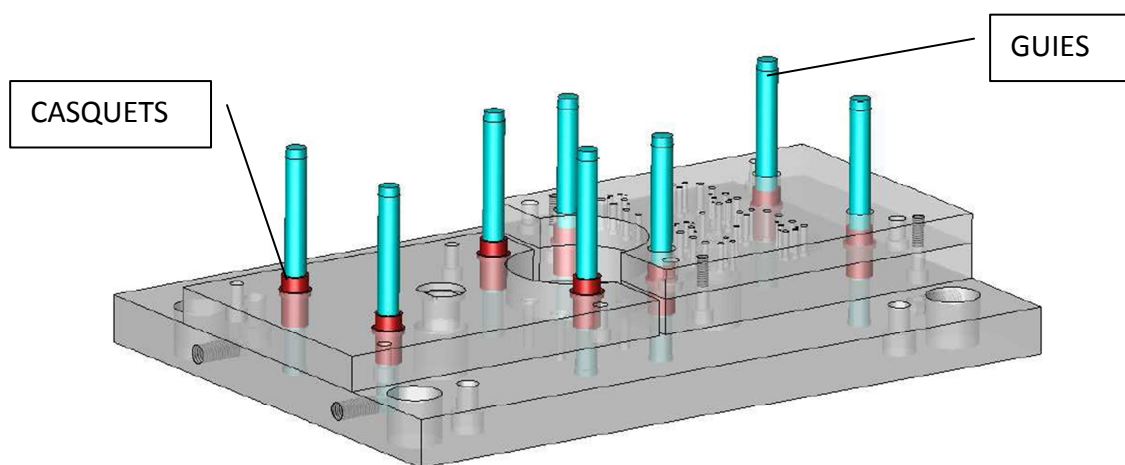


FIG. 39. Guiat de les plaques expulsors

Atès que l'accionament de l'expulsió s'efectua independentment entre elles segons la posició del motllo en la màquina d'injectar, s'ha disposat 4 columnes guies repartides simètricament a cada grup de plaques, amb l'objectiu de minimitzar la flexió produïda en el moviment del seu accionament.

3.5.2.12. Placa base expulsió [12]

La placa base expulsió és la que estarà en contacte amb la banda d'expulsió o costat mòbil de la màquina injectora. El costat d'expulsió del motllo quedarà íntimament fixat al costat mòbil de la màquina injectora acompanyant-lo en tots els seus moviments gràcies a l'espai habilitat per a tal efecte en aquesta placa. Porta l'allotjament per les juntes tòriques.

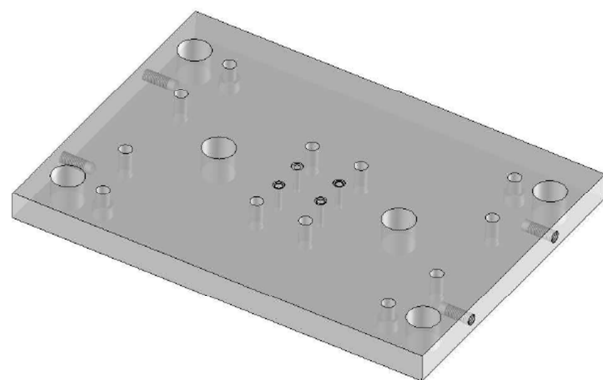


FIG. 40. Placa base expulsió

3.5.2.13. Planxa aïllant [13]

La seva funció es ajudar a conservar la temperatura del motllo i evitar les pèrdues de calor per contacte amb les platines de la màquina injectora.

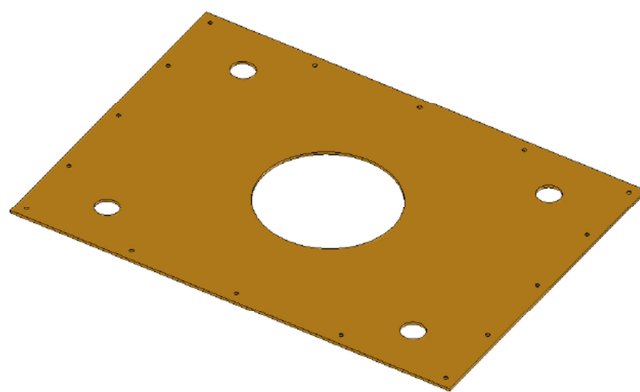


FIG. 41. Planxa aïllant

Les funcions principals de les planxes aïllants són:

- Economitzar energia tèrmica → pot arribar a nivells del 50%
- Protegir els components crítics d'escalfament → hidràulica
- Disminuir fins prevenir tensions i deformacions en premses i eines del motllo
- Compensar la temperatura del motllo → qualitat del producte final

Cada cas d'aplicació té la seva característica, precisant d'una anàlisi individual, per un aïllant eficaç i econòmic.

Per a la selecció de l'aïllament tèrmic més indicat s'ha de considerar criteris com la conductivitat tèrmica, la radiació tèrmica, temperatura de treball, absorció de l'aigua, la resistència química i la resistència a la pressió. La placa aïllant del motllo tindrà una densitat pròxima a $2,0 \text{ g/cm}^3$ i serà pràcticament insoluble en aigua. El punt d'inflamació de la planxa aïllant serà sempre superior a 350°C .

3.5.3. CAVITATS

3.5.3.1. Cavitats expulsió

Son 2 cavitats exactament iguals. En Aquestes cavitats s'hi troben allotjats 8 postissos, 4 per cada cavitat. Dins d'aquets postissos s'hi troben 4 punxons per cada postís, 32 en total.

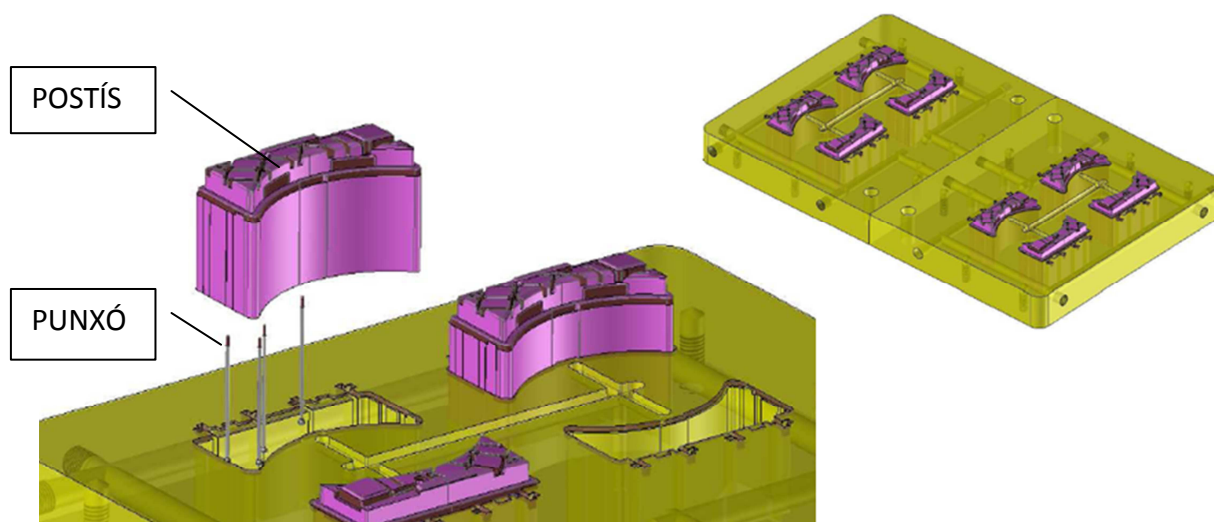


FIG. 42. Cavitat expulsió

En la figura següent es veu un tall de l'allotjament d'un postís i els corresponents punxons en la cavitat, en color fosc.

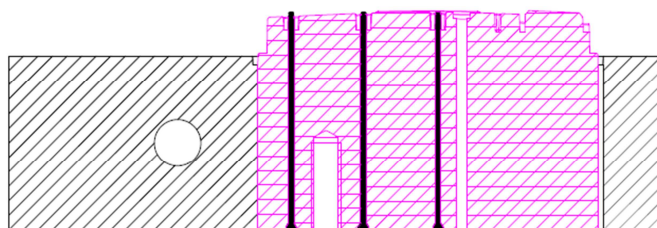


FIG. 43. Tall cavitat expulsió

En aquestes cavitats és on s'allotja el ramal de colada, que és el que proveirà de PC MAKROLON en l'injecció de la peça. S'ha mecanitzat la figura i el tall de fil per l'allotjament dels postissos. Aquest mecanitzat per fil s'ha fet degut als laminars, aprofitant el tall dels postissos per fer-los, ajudant així a la sortida de gasos de la cavitat.

Tant el postís com la cavitat d'expulsió estan proveïts amb els forats necessaris per el seu centratge i fixació a les plaques del porta motllo, així com els expulsors. També tenen fets els forats necessaris per a la refrigeració de la peça, la qual s'explicarà en l'apartat corresponent.

3.5.3.1.1. Postissos

Son 8, 4 per cada cavitat. Porten l'allotjament per els punxons, el pas per els expulsors i el mecanitzat de la figura. També les rosques per la seva fixació a la placa figura expulsió.

El seu perfil ha sigut extret d'un bloc de fil d'on s'han tallat els 8 postissos.

Aquesta forma de fabricar aquesta peça es degut a la seva geometria, amb un perfil corb, i que incorpora el pas dels laminars. El fer un bloc d'on es tallaran amb la màquina de fil el perfils de tots el postissos és un estalvi enorme del cost final de la peça, ja que la seva fabricació seria molt més costosa mecanitzat un per un. Al apilar els postissos en un bloc d'acer, es pot mecanitzar i passar al procés d'electroerosió tot junt, amb l'últim procés de la màquina de fil que tallarà les peces totalment acabades.

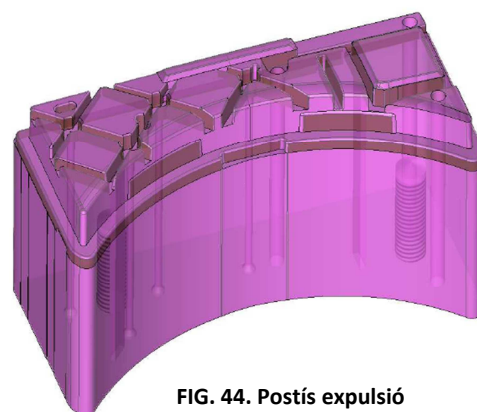


FIG. 44. Postís expulsió

3.5.3.1.2. Punxons

L' inserit d'aquets punxons es degut principalment a que, en la geometria de la peça de plàstic, hi ha quatre petits allotjaments per on es fixarà al quadre de comandaments del cotxe. Aquesta fixació ha de ser molt precisa, amb lo que al ser els punxons intercanviables facilitaria molt un possible canvi de geometria degut a les toleràncies de contracció, ja que seria desmuntar només el punxó i mecanitzar-lo, i seria molt més costós modificar-ho si estigués integrat al postís. També ajuden a la sortida de gasos.



FIG. 45. Punxó

3.5.3.2. Cavitats injecció

Les cavitats d'injecció son diferents entre si per l' injecció a l'interior de la cavitat explicat anteriorment. S'ha anomenat cada cavitat segons el material que s'injectarà,

Tenen les mateixes mides exteriors ja que van allotjades a la mateixa caixa en el porta motllo. Tenen les rosques per la fixació i els seus respectius canals de refrigeració, on el líquid refrigerant entra per la part posterior de la cavitat des de la placa figura injecció.

3.5.3.2.1. Cavitat injecció PC ALCOM

A cada figura hi ha un punt d'injecció directe, amb lo que es mecanitzarà l'allotjament per les boquetes d'injecció de la càmera calent de quatre(4) punts (sèrie MT22).

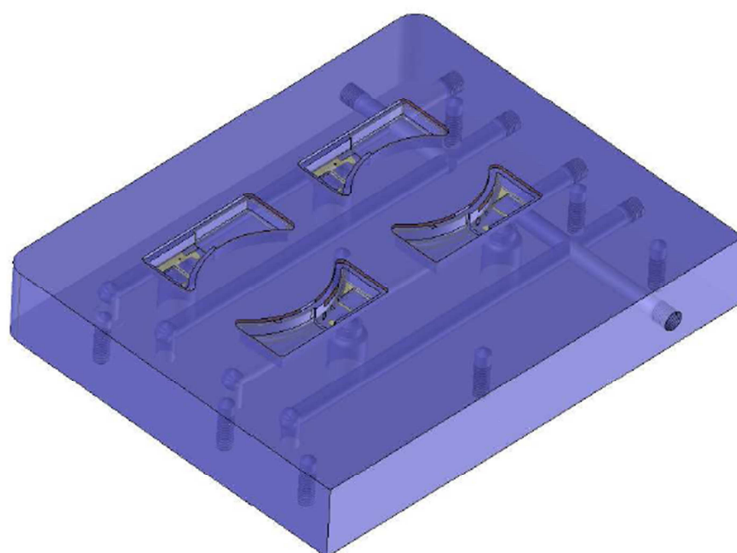


FIG. 46. Cavitat injecció PC ALCOM

3.5.3.2.2. Cavitat injecció PC MAKROLON

Hi ha un punt d'entrada de material que s'encara directament amb el ramal fred de colada mecanitzat a la banda d'expulsió. Es mecanitzarà l'allotjament per la boqueta d'injecció de la càmera calent d'un punt (sèrie MT39).

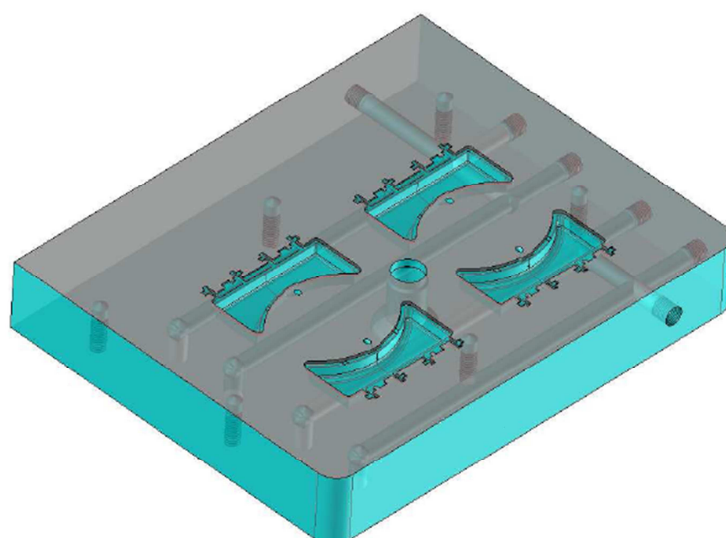


FIG. 47. Cavitat injecció PC MAKROLON

3.4. REFRIGERACIÓ DEL MOTLLO

L'objectiu del sistema de refrigeració es el d'assolir i mantenir la temperatura adequada de emmotllament de forma estable. El calor generat per la injecció de la massa fosa, al no poder dissipar-se prou ràpid, queda acumulat al motllo retardant l'intercanvi tèrmic entre aquest i el material, impedit el refredament i endurint la peça. La eficiència del sistema de refrigeració dependrà de la quantitat de calor es que pugui dissipar del plàstic en el mínim temps possible. En la següent figura es mostra el càlcul fet amb l'eina MOLDFLOW, on s'ha analitzat la temperatura al fi del ompliment a la cavitat.

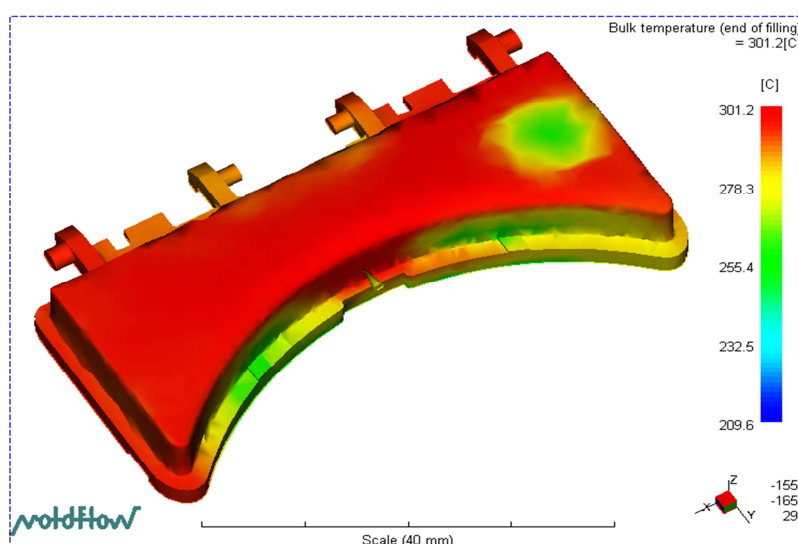
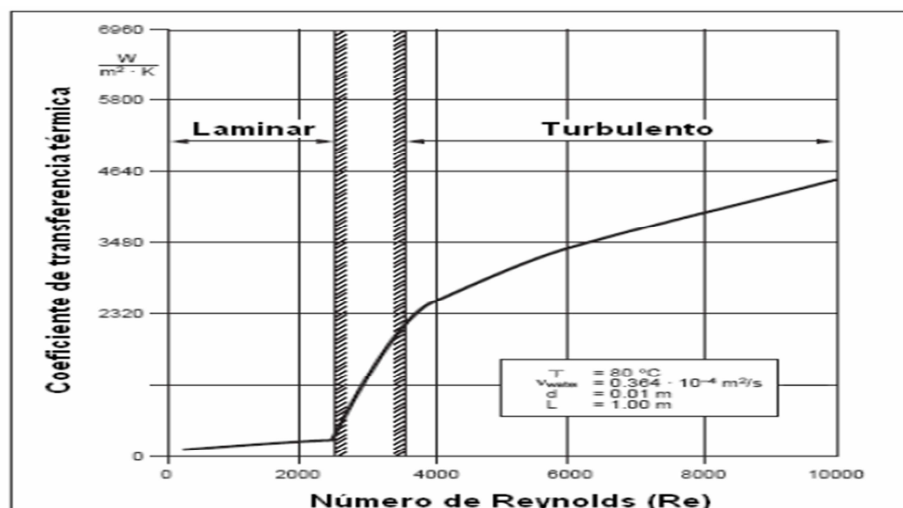


FIG. 48. Temperatura al fi d'ompliment

Una temperatura alta al motllo produeix menor contracció, poques tensions, bona fluïdesa del material i superfícies brillants, però en canvi un llarg període de refredament i una menor rendibilitat del motllo. Una temperatura baixa en el motllo produeix menors temps de refredament però peces amb menor qualitat.

Per aquest motiu és important trobar equilibri de temperatures amb l'objectiu de reduir el temps de refredament conservant la qualitat de la peça. El refredament ha de ser uniforme i el dimensionat serà en funció de la mida i gruixos de la peça. S'ha de tenir especial atenció en la pressió que requereix el circuit així com el diàmetre dels canals. Una elevada pèrdua de càrrega en el circuit necessita un major consum, cosa que es tindrà en compte per reduir les pèrdues de líquid refrigerant.

El flux serà turbulent i contra més gran sigui el nombre de Reynolds, major coeficient de transmissió tèrmica tindrà el refrigerant. A major intercanvi tèrmic, menor àrea d'intercanvi. En la següent taula es relaciona la condició de flux segons el número de Reynolds [Re] i el coeficient de transferència tèrmica $[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$, en un règim laminar o turbulent.



Taula 3. coeficient de transferència tèrmica

Hi ha altres tipus de condicionants que possiblement no siguin tan obvis però que s'han tingut en compte en el disseny, com el separar la zona de refrigeració de la zona elèctrica. S'ha dividit aquest apartat segons la funció i les zones a refrigerar.

3.4.1. REFRIGERACIÓ PART EXPULSIÓ

En la part d'expulsió s'ha de refrigerar les cavitats, però degut a que la part d'expulsió és la part mòbil del motllo no es podrà posar els elements de refrigeració als laterals de les plaques per refrigerar-les, com les connexions, tubs o ràcords, ja que donarien problemes o col·lisions amb el moviment del plat de la màquina d'injectar al rotar el motllo.

Com a solució s'ha dissenyat un sistema per refrigerar les cavitats d'expulsió on s'aconsegueix fer arribar el líquid refrigerant des de la part posterior del motllo fins a les cavitats, sense cap element exterior al motllo, eliminant així qualsevol incident amb el moviment del plat.

S'ha afegit un component de refrigeració, un cilindre d'acer 1.1730 de 50mm de diàmetre, que va des de la placa base d'expulsió fins a la cara anterior de la placa figura, travessant les plaques expulsors i la placa intermèdia, on en tots els canvis de plaques al component s'han afegit juntes tòriques per evitar les pèrdues de líquid. Aquest cilindre portarà els forats de circulació del líquid refrigerant de diàmetre 8mm, un allotjament per collar-lo amb un cargol i dos clavilles per fixar la seva posició. En la següent figura es mostra la posició al motllo.

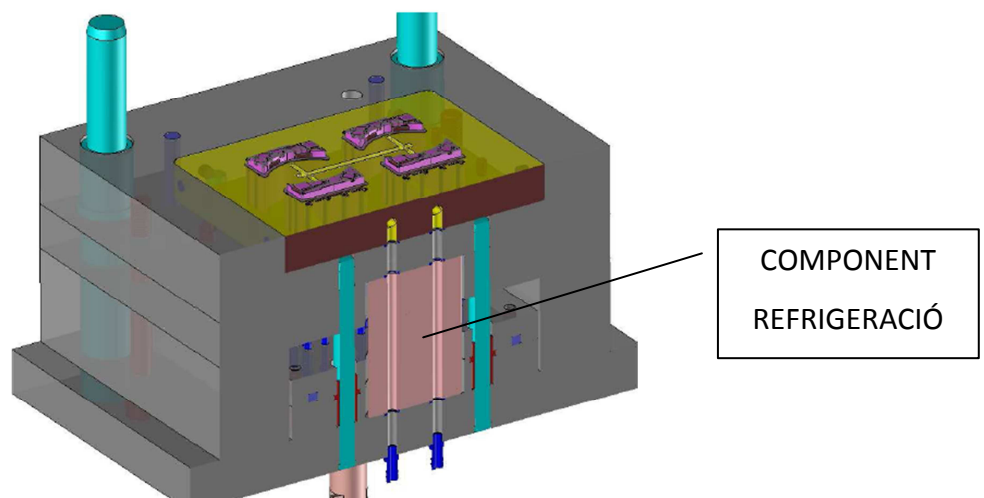
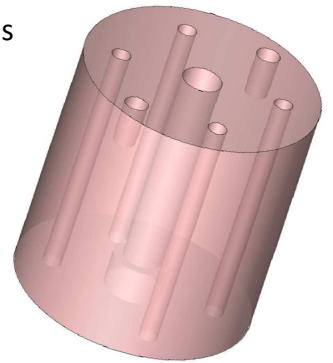


FIG. 49. Refrigeració expulsió vista vertical

Cada cavitat té una única entrada i una única sortida, amb lo que s'aconsegueix un circuit directe sense divisions ni estancaments. En la següent figura es mostra la circulació del líquid envoltant les cavitats, amb un circuit independent per a cada cavitat, separat per taps.

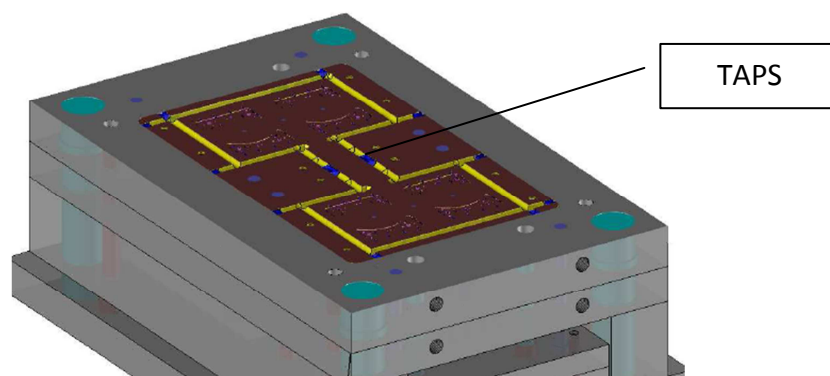


FIG. 50. Refrigeració expulsió vista horitzontal

Per els canals que calgui tapar s'empraran taps roscats 1/8 GAS amb rosca fina.

3.4.1. REFRIGERACIÓ PART INJECCIÓ

S'han de refrigerar les cavitats i les plaques que engloben les càmeres calents. Serà la part fixa i si es podrà posar connexions laterals per fer arribar el líquid al interior del motllo.

3.4.2.1. Refrigeració cavitats injecció

Les sortides i entrades estan ubicades totes a la mateixa cara del motllo, que és la del operari, per fer les connexions pertinents per a la refrigeració del motllo. A la cavitat entrarà el líquid refrigerant fent-lo circular des de la placa figura, amb dos entrades a cada cavitat.

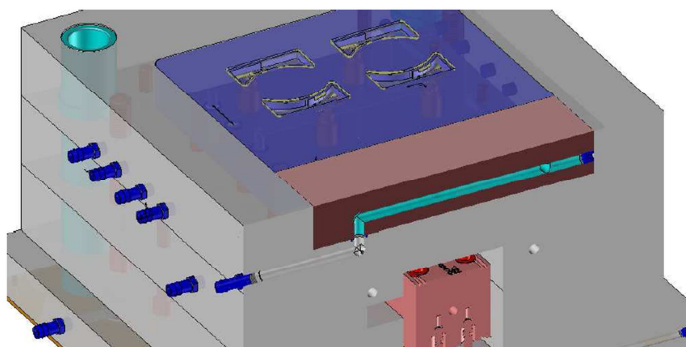


FIG. 51. Refrigeració cavitats injecció vertical

Amb aquesta forma s'ha aconseguit fer un circuit directe, sense divisions ni estancaments de líquid refrigerant, d'una entrada i una sortida ajudat d'elements com tubs de refrigeració.

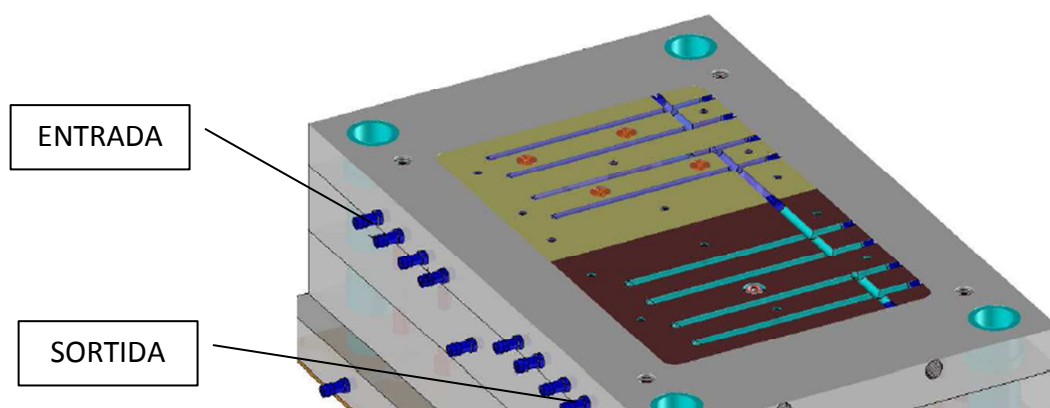


FIG. 52. Refrigeració cavitats injecció horitzontal

Per els canals que calgui tapar s'utilitzaran taps roscats a 1/8 GAS rosca fina, i a tots els canvis de placa a la cavitat s'han afegit juntes tòriques per evitar les pèrdues.

3.4.2.2. Refrigeració de càmeres calents

La funció i necessitat és refredar el porta motllo degut a les altes temperatures que prenen les càmeres calents ja que no porten cap mètode refrigerant. És un circuit de refrigeració en les plaques que envolten les càmeres, que son la placa porta càmera i la placa base. Al ser la part fixa es pot posar tubs de circulació per fora del porta motllo sense perill de col·lisió.

El circuit a la placa porta càmera s'ha fet amb una entrada i ajudat amb tubs de refrigeració en la part del ample, una sortida de líquid refrigerant. És un circuit simple degut a la dificultat en aquesta placa per els forats integrats per els diferents elements del motllo.

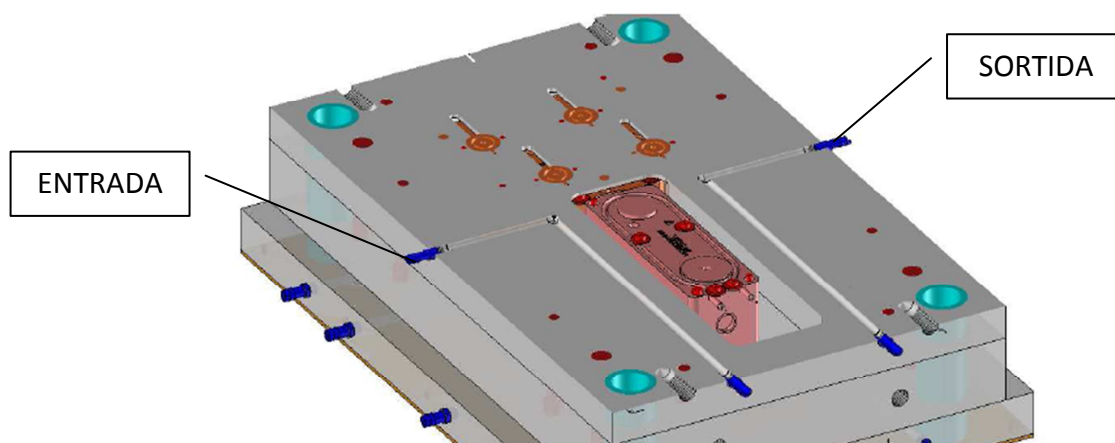


FIG. 53. Refrigeració placa porta càmera

A la placa base s'ha fet el circuit de la FIG.54, on la seva refrigeració serà global. Amb l'ajuda de tubs externs de refrigeració serà un circuit d'una sola entrada i sortida. Aquesta placa serà la que mitjançant la planxa aïllant estarà en contacte amb el plat de la màquina.

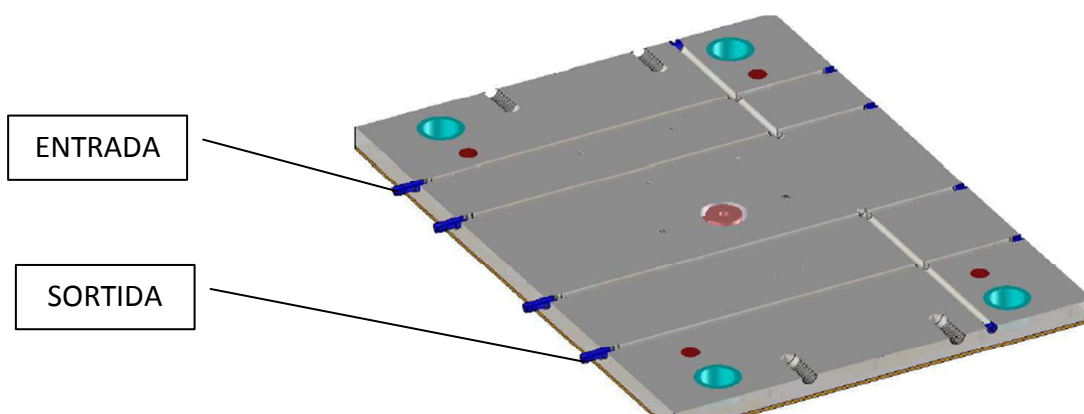


FIG. 54. Refrigeració placa base

3.5. FUNCIONAMENT DEL MOTLLO

3.5.1. SEQÜÈNCIA GENERAL

La part d'injecció és la part fixa que serà embridada al plat de la màquina d'injectar i no tindrà cap moviment. Té dos cavitats d'injecció diferents, amb quatre (4) figures a cada cavitat, on s'hi injectaran els dos tipus de policarbonat(PC) al mateix temps.

La part d'expulsió és la part mòbil, amb 2 cavitats iguals amb 8 figures en total. És la part on està compost el mecanisme per l'expulsió de la peça.

La màquina injectora disposarà d'un mecanisme, independent de l'encarregat de l'obertura del motllo, per accionar l'expulsió del motllo. Amb els paràmetres de la màquina s'actua sobre la velocitat de tancament del motllo. Tots aquests moviments són programables des de la unitat de control de la màquina d'injectar minimitzant els temps de cicle.

El cicle del motllo serà el següent:

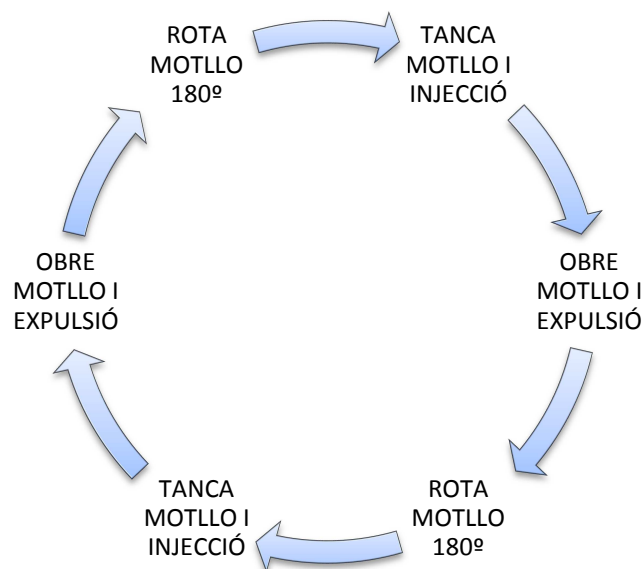


FIG. 55. Cicle del motllo

S'ha de tenir present que la primera injectada de totes serà invàlida degut a que s'expulsarà quatre peces amb un cicle incomplet, ja que només tindrà un material injectat.

A continuació es detallen els passos del cicle del motllo.

- **TANCA MOTLLO I INJECCIÓ**

El motllo es tanca en tres passos. Primer amb alta velocitat i baixa pressió, després disminueix la velocitat i es manté baixa pressió fins que les dues parts del motllo fan contacte, on finalment s'aplica la pressió necessària per assolir la força de tancament requerida. El motllo injectarà sempre amb les dos càmeres calents simultàniament.

- **OBRE MOTLLO I EXPULSIÓ**

Un cop finalitzat el procés de omplert i de solidificació del plàstic, el motllo s'obre per la línia de partició deixant les peces i la colada a la meitat d'expulsió.

Quan la peça ha sigut totalment solidificada és quan té la consistència necessària per ser expulsada.

El motllo s'obre per la partició i s'activa l'expulsió. Degut a que el motllo és rotatiu, l'expulsió actuarà només a la banda on hi son les 4 peces amb un cicle complert.

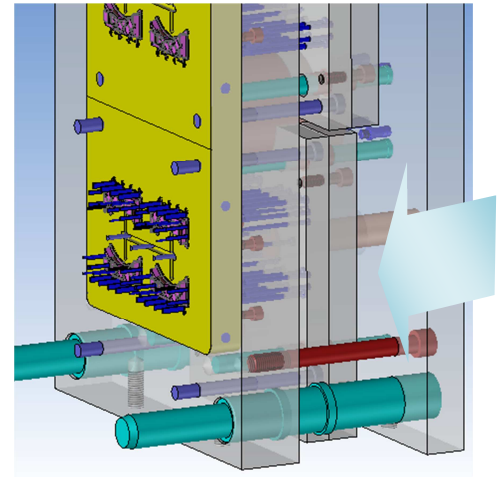


FIG. 56. Cicle expulsió

- **ROTA MOTLLO 180°**

Acabat el moviment i el mecanisme d'expulsió està retret, el plat de la màquina d'injectar gira des de el centre del motllo 180°, encarant així un altre cop el guiat del motllo per un posterior tancament i començament d'un nou cicle.

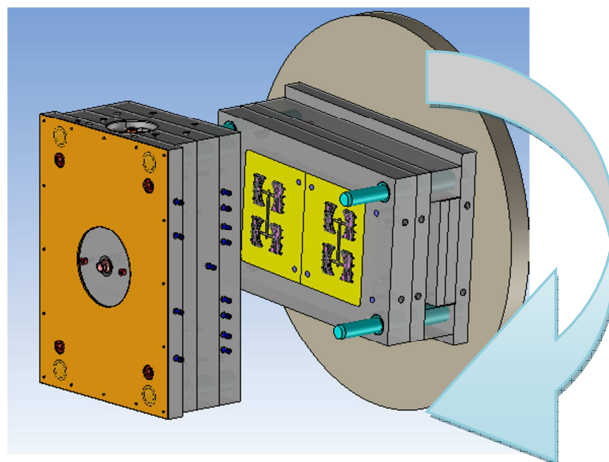


FIG. 57. Rotació plat màquina

3.5.2. MECANISME EXPULSIÓ

Per les condicions de disseny especials de ser un motllo rotatiu, l'accionament de les plaques expulsors s'acciona per separat mitjançant un mecanisme d'expulsió.

Aquest mecanisme anirà encastat amb el seu cap d'un dels seus extrems entre les dos plaques d'expulsió, tal i com mostra la figura, i serà totalment solidari a elles. Tindrà un pla per posicionar-lo dins de les plaques.

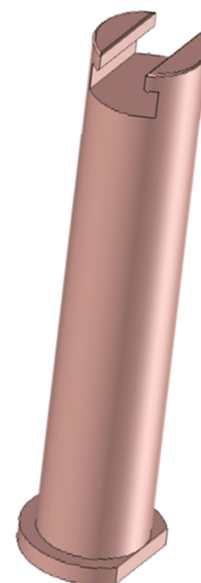
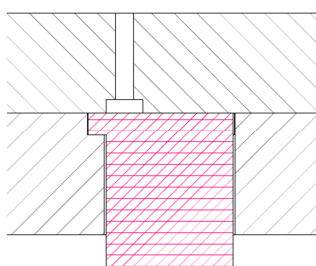


FIG. 58. Encastament mecanisme expulsió

En la part on està mecanitzat de la regata coincidirà amb l'element mascle de la màquina d'injectar quan es produeixi la rotació del plat, sent aquest element de posició fixa respecte el plat de la màquina i actuant només en l'eix d'expulsió. Aquest mecanisme serà el que rebrà la força de la màquina d'injectar fent actuar les plaques expulsors, tal i com mostra la figura següent.

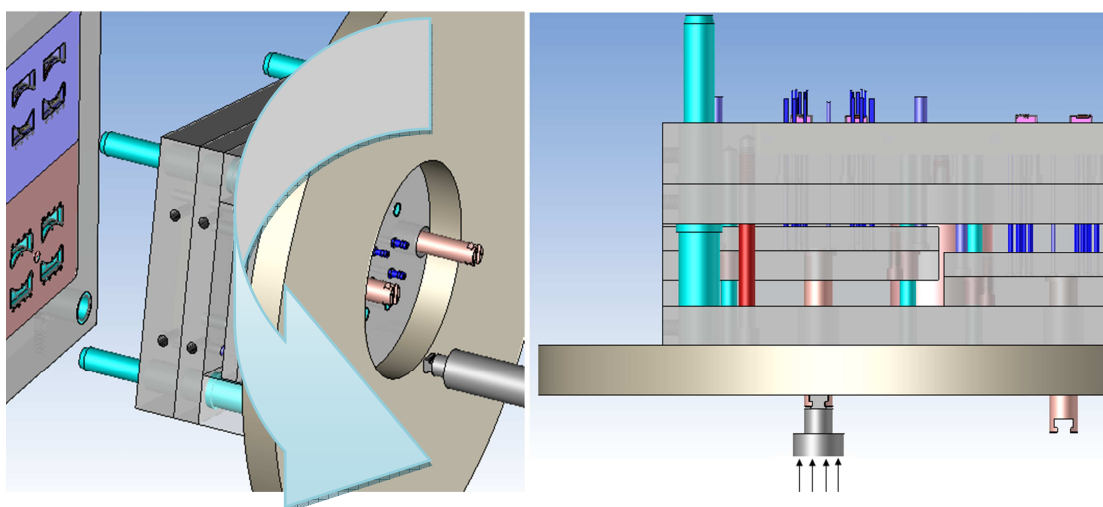


FIG. 59. Accionament expulsió motllo

4. COMPONENTS NORMALITZATS

Entenem com components normalitzats del motllo tots aquells components els quals són adquirits comercialment des catàleg.

4.1. PORTA MOTLLOS

4.1.1. PLAQUES

Tots els elements que formen el motllo van continguts en el porta motllo, que és l'encarregat de guiar el moviment d'obertura i tancat.

Existeix una gran oferta de porta motllos normalitzats on hi poden anar inclosos tots els elements, així com el mecanitzat necessari per poder-los muntar. Molts també inclouen els elements d'expulsió. Normalment s'inclouen les guies del motllo, plaques expulsors, centrador i cargols.

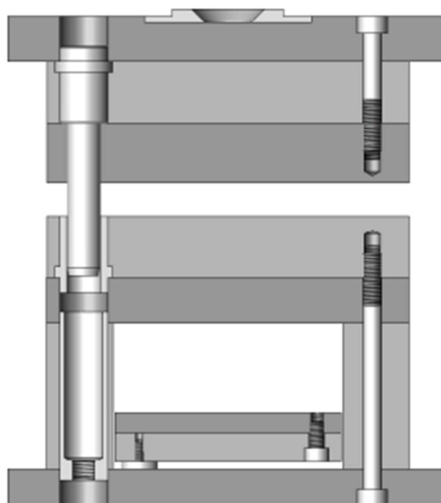


FIG. 60. Porta motllo normalitzat

Aquestes plaques ja es comercialitzen amb el mecanitzat bàsic inclòs, que consta de quatre forats per les columnes i casquets de centratge, i el forats per unir les plaques amb cargols.

Entre les avantatges de utilitzar plaques normalitzades hi ha l' estalvi a la sol·licitud de material, l' estalvi de temps i diners de mecanitzat i una garantia de bons acabats dimensionals.

S'ha seleccionat un porta motllo model "OS-D1 PLATE" de 346x546 de la comercial "ORYMO", compostat de:

PORTA MOTLLO OS-D1 PLATE			
DESCRIPCIÓ	MATERIAL	QUANTITAT	MIDES [mm]
Placa base	1.730	2	396x546x36
Placa figura	1.2311	3	346x546x36
Regle	1.730	2	546x76x62
Placa intermèdia	1.2311	1	346x546x36
Placa expulsíó superior	1.730	1	546x76x22
Placa expulsíó inferior	1.730	1	546x76x27

Taula 4. Porta motllo OS-D1 PLATE

Per que les plaques es puguin desplaçar i després tornar a la mateixa posició amb seguretat cal un sistema de guiat i centratge. Tot i que ja venen inclosos en el paquet de porta motllo, especifiquem quins models són.

4.1.2 COLUMNES I CASQUETS

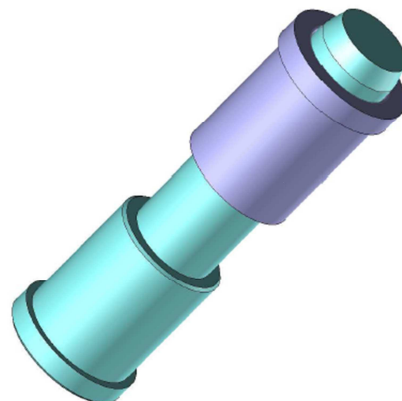
El guiat del motllo es realitza mitjançant 4 columnes amb els seus respectius casquets. El guiat consisteix en la col·locació de les columnes i casquets en la partició del motllo, de tal manera que l'obertura i tancament del mateix es produeixi sempre sobre la mateixa línia.

S'ha previst la instal·lació de 4 columnes, referència de les quals és GC/30X54X100. La primera xifra que indica la referència és el diàmetre de la columna, i les dues següents es refereixen a la longitud, sent la primera la longitud de encast a la placa, i la segona la longitud de guiatge.

Així mateix es preveu la instal·lació de 4 casquets guia també de referència de les quals és CV/30x55, on la primera xifra es refereix al diàmetre de la columna, i la segona a la longitud del casquet. Ambdues referències poden consultar-se en el ANNEX C. CATÀLEGS.

Elements centratge motllo		
Descripció	Material	Quantitat
Columnes GC/30X54X100	1.7264	4
Casquets CV/30X55	1.7264	4

Taula 5. Columnes i casquets



4.1.4. CARGOLS

Per fixar els diferents elements utilitzarem cargols també subministrats en el paquet de la comanda del porta motllo. Els cargols que es faran servir compliran la norma DIN 912-12.9, cargols de cap cilíndric Allen, amb hexàgon interior, qualitat 12.9.

La qualitat dels cargols ve marcada al cap obligatòriament segons la norma din-97 amb dos números amb un punt entremig. El primer d'ells indica el valor nominal del límit de trencament per 100 (fub) en n/mm², i el segon valor nominal del límit elàstic (fyb) en n/mm², sent aquest valor el producte del límit de trencament per aquest segon número dividit per 10.

Per l'unió de plaques s'utilitzaran 4 cargols de cabota cilíndrica Allen TOK/16X160, subministrats juntament amb el porta motllo. Per les plaques expulsors 4 cargols Allen TOK/10x35, també subministrats amb la comanda del porta motllo.

CARGOLS	QUANTITAT
ALLEN TOK/16X160	4
ALLEN TOK/10X35	4

Taula 6. Cargols

4.2. COMPONENTS MOTLLO

A més de la comanda del porta motllo, s'ha fet un llistat d'elements necessaris per a la fabricació del mateix. La quantitat d'elements està a l'estat d'amidaments amb tot detall, i les referències poden consultar-se en el ANNEX C. CATALEGS

4.2.2. EXPULSORS

4.2.2.1. Cilíndrics

Expulsors de geometria i cap cilíndric, de material 1.2344 amb un tractament nitrurat.

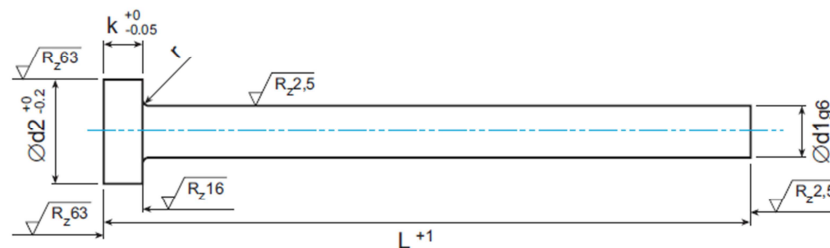


FIG. 61. EXPULSOR CILÍNDRIC

4.2.2.2. Laminars

Expulsors de cap cilíndric amb geometria final rectangular. Son d'un material d'alta resistència, amb una duresa de 140 Kg/mm^2 . Tots els expulsors aniran amb un tractament nitrurat.

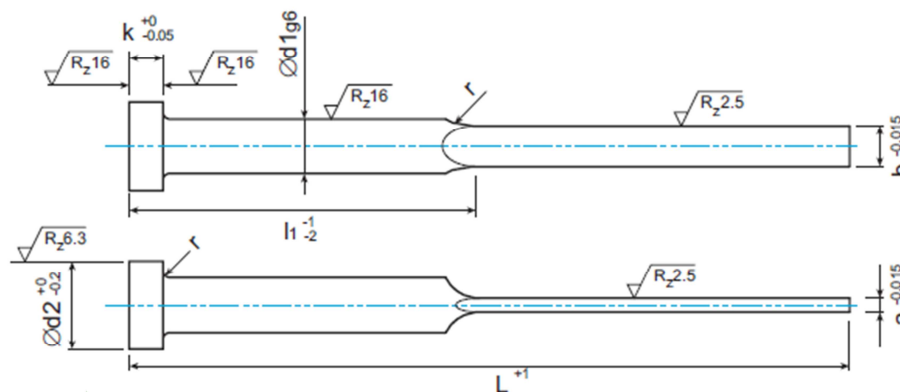


FIG. 62. EXPULSOR LAMINAR

4.2.3. GUIES I CASQUETS PLAQUES EXPULSORES

Per el guiatge de les plaques expulsors es fan servir guies i casquets, que guiaran les plaques en l'etapa d'expulsió de la peça. Els casquets aniran allotjats entremig de les plaques expulsors, tal i com mostra la figura següent.

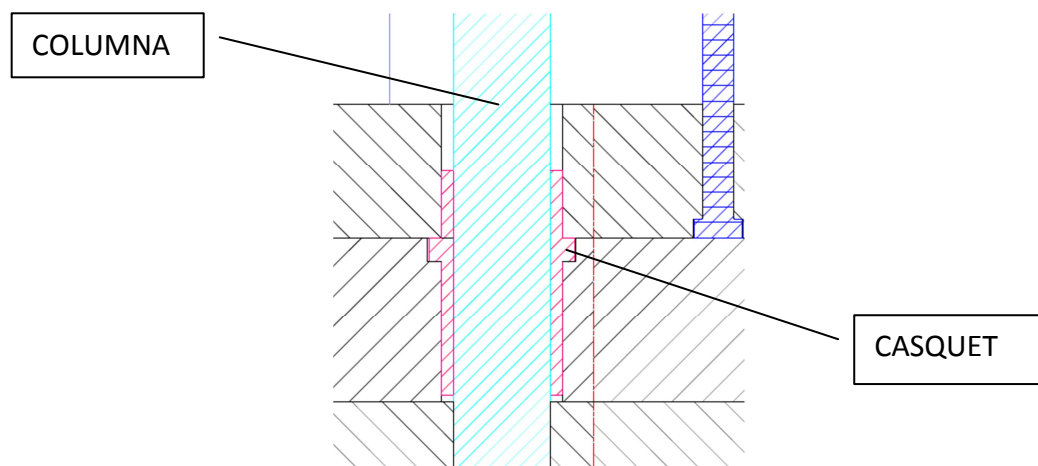


FIG. 63. Allotjament casquets

Les guies seran vuit (8), quatre per cada placa expulsora, material 1.7264 amb una duresa de 60-62 Hrc. Els corresponents casquets també seran vuit(8), del mateix material i tractament.

4.2.1.DISC CENTRADOR

El disc centrador serà també un producte adquirit de catàleg. Té la funció d'allotjar la punta del fusell per l'accés al motllo. Porta incorporat l'allotjament per el dos cargols de M8. Té un diàmetre de 160 mm i el material és d'acer 1.1730.

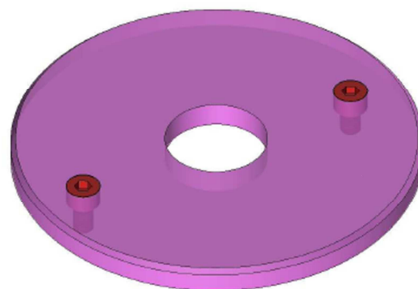


FIG. 64. Disc centrador

4.2.4. ELEMENTS DE REFRIGERACIÓ

Els elements de refrigeració són aquells normalitzats utilitzats per conduir el fluid per el camí marcat per la seva funció i també evitar fuites que puguin deteriorar el motllo. Operen en conjunt i connectats entre si per tal de generar el fenomen de refrigeració.

4.2.4.1. Ràcords

Peça amb una rosca a un costat per collar al motllo, i a l'altre se li podrà acoblar amb endoll ràpid un tub o altres perfils cilíndrics. Per fer la connexió, simplement s'empeny el tub amb la mà. El sistema manté el tub fermament en el seu lloc. El seu acoblament serà ràpid i àgil.

4.2.4.2. Juntes tòriques

La junta tòrica és una junta de forma toroïdal, habitualment de goma, on la funció és la d'assegurar l'estanquitat de fluids en un circuit. Les juntes tòriques es posen en ranures dissenyades per a tal efecte.

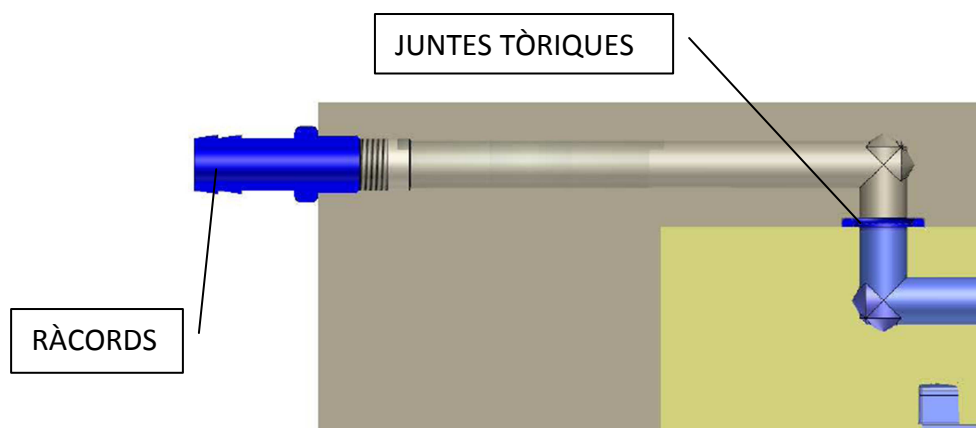


FIG. 65. Elements de refrigeració

4.2.4.3. Taps

Per els canals que calgui tancar s'empraran taps roscats 1/8 GAS amb rosca fina, fets de llautó, on en el seu muntatge s'envoltarà la rosca amb tefló per garantir la seva estanquitat.

4.3. CÀMERA CALENT

Hi ha diversos fabricants de càmeres calents, els quals proporcionen al client un gran nombre d'accessoris perquè el dissenyador o fabricant de motllos pugui adaptar els seus productes en els nous dissenys. Però en aspectes generals, tots els fabricants ofereixen els mateixos components. En aquest apartat s'intentarà descriure els components que componen un sistema de càmera calent.

- BOQUETA D'ACCÉS

La boqueta d'accés és el nexa d'unió entre el filtre de la unitat de injecció de la màquina i el motllo. La massa de plàstic fosa és introduïda en el motllo pel filtre d'accés, la qual la fa passar al bloc distribuïdor i aquest al seu torn a les boquetes.

- BLOC DISTRIBUIDOR

El distribuïdor és l'encarregat de portar el plàstic des de la boqueta d'accés a les del motllo.

- BOQUETES

La boqueta és l'encarregada de portar la massa de plàstic fosa des del distribuïdor fins a la cavitat.

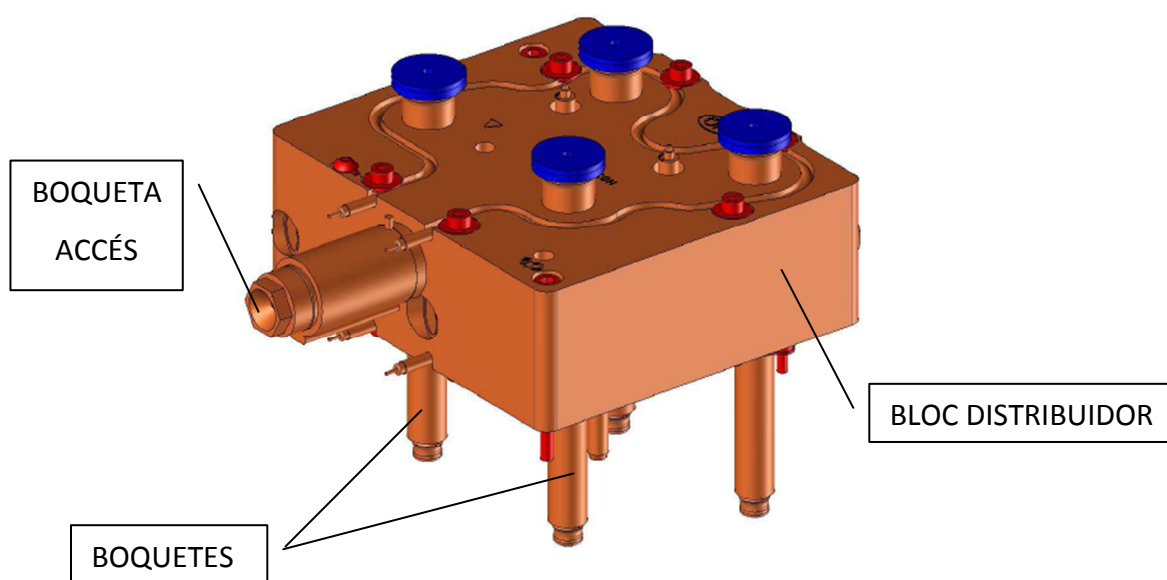


FIG. 66. Càmera calent MT22

La tecnologia patentada de punteres proporciona una barreja incomparable del material fos. L'homogeneïtat millorada del material fos permet aconseguir menor tensió en el motllo, peces més homogènies estructuralment, l'eliminació de línies de flux, millor coherència del color i distribució del material fos.



FIG. 67. Punta de boqueta d'injecció

El seu funcionament proporcionen avantatges com rangs de temperatura més amplis sense estirament ni solidificació i temps de cicle més ràpids

Després d'estudiar totes les dades, es realitza una proposta de càmera calenta per poder distribuir el plàstic fos des de la unitat d'injecció de la màquina injectora fins a les entrades a peça del motllo en les millors condicions, mitjançant una distribució equilibrada de fluxos en el bloc.

A cada càmera calent es fa una anàlisi de flux del material fos per establir la mida del canal de material fos i els canvis de nivell i així confirmar la distribució uniforme del material fos per a cada boqueta. Un índex de cisallament, temps de residència i sortida de pressió del sistema optimitzat, proporcionen un ompliment equilibrat de la peça i redueixen el risc de dany en els materials.

S'ha fet una comanda segons les necessitats d'injecció del motllo. El proveïdor és 'SISTEMAS DE CANAL CALIENTE IBÉRICA, S.L.'



S'han seleccionat dos sistemes d'injecció detallats a continuació.

- Sistema especial de quatre(4) punts, sèrie MT22, abeurador calefactat, sense carenat elèctric, línia clàssica
- Sistema especial d'un punt, sèrie MT39, abeurador calefactat, sense carenat elèctric, línia clàssica

4.3.1. REGULADOR DE CÀMERA CALENT

El regulador de càmeres calents té la funció de recollir la temperatura de la càmera calent del motllo mitjançant els termoparells que són allà, comparar aquesta temperatura amb la que hem prefixat en el regulador i escalfar o no escalfar d'acord a la diferència de temperatures existent . Com més diferència hi hagin, major nombre d'impulsos elèctrics perquè s'aproximi ràpidament a la temperatura de consigna. A mesura que es va acostant a la temperatura de consigna van disminuint el nombre d'impulsos elèctrics.

El regulador té un display on s'introdueix la temperatura de consigna i també s'observa la temperatura que va arribar la zona que s'escalfa.

Del regulador surt d'una banda un conjunt de cables que van a la resistència i porten la part de potència a les resistències, i d'altra banda un conjunt cables que porten la baixa potència als termoparells.

Els conjunts de cables que surten del regulador acaben en connectors, que en el cas de resistències són femelles i en el cas de termoparells són mascles. Aquests es connecten en els connectors del motllo.

Encara que hi ha moltes màquines que tenen l'opció d'incorporar en el microprocessador un sistema de control i regulació auxiliar de calefacció, per utilitzar en els motllos amb càmeres calents, altres no ho tenen o resulta més avantatjós des del punt de vista econòmic tenir-lo exteriorment com un perifèric.

5. MATERIALS I TRACTAMENTS

5.1. MATERIALS

5.1.1. ACER

Per a la transformació de polímers mitjançant el procés d'injecció, són indispensables motllos de gran qualitat amb una elaboració molt precisos, i que siguin molt resistents per que tinguin una vida útil llarga.

Quan un producte té unes especificacions molt exigents, com per exemple, bon acabat superficial, mesures exactes, elevada velocitat de producció, gran nombre de peces, etc., els motllos s'elaboren exclusivament per arrencada de ferrita o per premsat en fred. A més, per a la construcció de aquests motllos s'utilitzen blocs d'acer refinat, forjat o laminat o materials ceràmics. En aquests casos s'accepten majors costos de fabricació del motllo en comparació amb motllos amb menys exigències.

Escollir el millor material que s'adapti a les necessitats del motllo assegura la qualitat final del motllo des de l'etapa inicial. Per obtenir un rendiment bo del motllo, és essencial seleccionar l'acer adequat, un bon disseny i un correcte tractament tèrmic, a més d'haver de satisfer les condicions imposades a la peça acabada i els esforços que ha de suportar el motllo.

Segons les necessitats, aquests elements es poden subministrar en diferents materials. Per el disseny del motllo és convenient emprar elements normalitzats, ja que ens proporcionen una reducció del temps en la fabricació i en el preu final. Els materials seleccionats per a l'execució del motllo venen especificades per el client.

Tenint tot això en compte, les propietats que han de tenir els acers són les següents:

- És imprescindible una bona maquinabilitat del material amb el què es construeix el motllo per a una ràpida elaboració, ja que el termini de lliurament d'un motllo sol ser curt.
- Bona capacitat per al polit per aconseguir acabats superficials de qualitat per peces amb grans exigències estètiques.
- Alta resistència al desgast. Hi ha peces de plàstic que a causa de les seves especificacions són altament abrasives per el motllo.
- Alta resistència a la corrosió. Hi ha materials plàstics que vénen acompanyats amb productes químics. Per tant, és aconsellable utilitzar acers d'alta resistència a la corrosió o amb recobriments en la superfície.
- Alta resistència a les deformacions. Hi ha plàstics que al injectar a temperatures elevades arriben als 250 ° C. En aquests casos, s'han d'utilitzar acers amb una elevada temperatura de revingut.

De no tenir en compte aquestes exigències, es poden produir canvis en l'estructura del motllo i com a conseqüència un canvi en les mesures de la peça que es desitja fabricar. Es farà un breu resum de les característiques principals dels materials que s'han fet servir en el motllo. Es detallarà el material i tractament de cada peça.

- Acer 1.1730

És un acer no aliat que resulta molt atractiu econòmicament ja que el material és de menors prestacions. És fàcil de mecanitzar i té una gran tenacitat, es subministra amb una duresa baixa de 190 HB encara que pot augmentar amb un tractament tèrmic posterior al mecanitzat.

Aquest tipus d'acer és el més utilitzat en la construcció de porta motllos. Es farà servir en les plaques del porta motllos més allunyades de la figura.

- Acer 1.2311

És un acer específic per a motllos, de maquinabilitat rentable, bona capacitat de polit, permet el cromat, tremp i nitruració.

És un acer apropiat per nitruració. Mitjançant tremp i revingut podem obtenir dureses d' entre 280-325 HB.

- Acer 1.2344

Es tracta d'un acer per a treballs en calent amb una duresa d' aproximadament 225 HB. Aquest és un acer resistent al desgast.

Mitjançant tremp i revingut podem obtenir una duresa total fins 50hrc i molt bones propietats per a la nitruració per a altes exigències de desgast i deformacions a altes temperatures. Alt grau de puresa. Aquest tipus d'acer és el més utilitzat en els postissos figura del motllo.

5.1.2. COURE

El principal material fet servir en la fabricació d'elèctrodes és un aliatge de coure i tungstè. Aquest aliatge (coure tungstè) és un pseudo - aliatge. Com el coure i tungstè no són mútuament solubles, el material està compost de partícules d'un metall diferent disperses en una matriu de l'altra. La microestructura tant, és més aviat un compost de matriu metàl·lica que d'un aliatge de veritat.

L'aliatge combina les propietats d'ambdós metalls, donant lloc a un material que és resistent a la calor, resistent a l'ablació, altament tèrmica i elèctricament conductiu i fàcil de mecanitzar. L'alta conductivitat elèctrica i tèrmica del coure es combina amb les propietats de resistència al arc i de no soldadura del tungstè.

Els aliatges refractàries es produeixen mitjançant les tècniques metal·lúrgiques de la pols, pressió, sinteritzat i infiltració, amb un alt grau d'uniformitat que es troba a la microestructura granular molt fina del material.

Els materials per EDM i WEDM es fabriquen amb processos sotmesos a un rigorós control i severs controls de qualitat. Això assegura uns elèctrodes de gran eficàcia que permet una major estabilitat del tall, un excel·lent mecanitzat i temps d'aturada menors. Per treballar amb uns nivells de tolerància molt estrets, aquests materials mantenen la seva precisió dimensional i té una vida operativa superior, gràcies a la uniformitat metal·lúrgica dels nostres materials per elèctrodes de coure – tungstè

5.3. TRACTAMENTS

5.3.1. TRACTAMENTS TÈRMICS

L'objectiu dels tractaments tèrmics és millorar o modificar les propietats del metall i aliatges mitjançant alteracions en la seva estructura, amb la finalitat que gràcies a les noves propietats es pugui realitzar amb garanties els treballs per als quals han estat destinats. A tot i que la major part de metalls admeten tractaments tèrmics, els aliatges de tipus fèrric són les millors per aplicar els tractaments.

Els tractaments tèrmics consisteixen en escalfar l'acer una temperatura determinada, mantenir-lo a aquesta temperatura durant un cert temps fins que es forma l'estructura desitjada i aleshores es refreda a la velocitat convenient.

Els factors temperatura/temps depenen del material, mida i forma de la peça. D'aquesta manera s'aconseguirà una modificació microscòpica, transformacions de tipus físic, canvis de composició o una determina estructura interna les propietats de la qual permetran algun dels objectius buscats, com augmentar la duresa, millor mecanitzat, eliminar tensions internes, evitar deformacions, etc.

Els tractaments tèrmics que es poden aplicar a l'acer sense canviar la seva composició química són els esmentats a continuació.

- Tremp

La seva finalitat és augmentar la duresa i la resistència de l'acer. Per això, s'escalfa l'acer a una temperatura entre 900-950 ° C i es refreda després més o menys ràpidament en un mitjà com aigua o oli.

- Reveniment

Només s'aplica a acers prèviament temperats, per disminuir lleugerament els efectes del tremp, conservant part de la duresa i augmentar la tenacitat. El reveniment aconsegueix disminuir la duresa i resistència dels acers temperats, es s'eliminen les tensions creades en el tremp i es millora la tenacitat, deixant a l'acer amb la duresa o

resistència desitjada. Es distingeix bàsicament del temple pel que fa a temperatura màxima i velocitat de refredament.

- Recuit

Consisteix bàsicament en un escalfament a una temperatura de 800-925 ° C seguit d'un refredament lent. Amb aquest tractament s'aconsegueix augmentar la elasticitat, mentre que disminueix la duresa. També facilita el mecanitzat de les peces al homogeneïtzar l'estructura, afinar el gra i estovar el material, eliminant l'acritud que produeix el treball en fred i les tensions internes.

5.3.2. TRACTAMENTS TERMOQUÍMICS

Els tractaments termoquímics són tractaments tèrmics en què, a més dels canvis en l'estructura de l'acer, també es produeixen canvis en la composició química de la capa superficial, afegint diferents productes químics fins a una profunditat determinada. Aquests tractaments requereixen l'ús d'escalfament i refredament controlats en atmosferes especials.

Entre els objectius més comuns d'aquests tractaments hi ha augmentar la duresa superficial de les peces deixant el nucli més tou i tenaç, disminuir el fregament augmentant el poder lubricant, augmentar la resistència al desgast, augmentar la resistència a fatiga o augmentar la resistència a la corrosió. A continuació es detallen els més reconeguts.

- Cementació

Augmenta la duresa superficial d'una peça d'acer dolç, augmentant la concentració de carboni en la superfície. S'aconsegueix tenint en compte el medi o atmosfera que envolta el metall durant l'escalfament i refredament.

El tractament aconsegueix augmentar el contingut de carboni de la zona perifèrica, obtenint després, per mitjà de tremps i revinguts, una gran duresa superficial, resistència al desgast i bona tenacitat en el nucli.

- Nitruració

Igual que la cementació, augmenta la duresa superficial, encara que ho fa en major mesura, incorporant nitrogen en la composició de la superfície de la peça.

S'aconsegueix escalfant l'acer a temperatures compreses entre 400 i 525 ° C, dins d'un corrent de gas amoníac més nitrogen.

- Carbonitruració

Igual que la cianuració, introdueix carboni i nitrogen en una capa superficial, però amb hidrocarburs com metà, età o propà; amoníac (NH₃) i monòxid de carboni (CO). En el procés es requereixen temperatures de 650 a 850 ° C i és necessari realitzar un tremp posterior.

5.4. RESUM DE MATERIALS DEL MOTLLO

POTAMOTLLO OS-D1 PLATE	
PLACA BASE INJECCIÓ	ACER 1.1730
PLACAS FIGURA	ACER 1.2311
REGLES	ACER 1.1730
PLACA INTERMÈDIA	ACER 1.2311
PLACA BASE EXPULSIÓ	ACER 1.1730
PLAQUES EXPULSORES	ACER 1.1730

CAVITATS		
CAVITAT EXPULSIÓ	ACER 1.2343	50-52 HRC
CAVITAT INJECCIÓ	ACER 1.2343	50-52 HRC
BLOC DE FIL	ACER 1.2343	50-52 HRC

ELEMENTS MOTLLO		
COLUMNES	ACER 1.7264	60-62 HRC
CASQUETS	ACER 1.7264	60-62 HRC
EXPULSORS	ACER 1.2343	NITRURAT

CARGOLS	
ALLEN TOK	DIN912-12.9

ELECTRODES	COURE
------------	-------

6. FABRICACIÓ DEL MOTLLO

6.1. MECANITZAT

6.1.1 MECANITZAT PER ARRANC DE FERRITJA

6.1.1.1. Centre de mecanitzat

És el procediment de fabricació per arrencament de ferritja, mitjançant el qual una eina proveïda de múltiples arestes tallants disposades simètricament al voltant d'un eix que gira amb moviment uniforme i arrenca el material a la peça.



FIG. 68. Mecanitzat per arrencament de ferritja

Hi ha diferents geometries d'eina segons el tipus de mecanitzat. Poden ser planes amb canto viu o amb un petit radi a la punta del llavi, anomenades tòriques o toroïdals. També amb la punta totalment radiada, conegudes com eines esfèriques.



La seva programació serà íntegrament en CAD/CAM, facilitant així al operari la posta en marxa i execució dels programes.

En el procés de mecanitzat per arrencada de material intervenen dos moviments, el moviment de tall, pel qual l'eina talla el material, i el moviment d'avanç, pel qual l'eina troba nou material per tallar. En el mecanitzat per arrencada de ferritja es donen primer el procés de desbast, que hi ha una eliminació de molt material amb poca precisió, i un procés d'acabat, que hi ha una eliminació de poc material amb molta precisió. És el procés final.

6.1.1.2. Fresadora convencional

Per fer treballs de planejat i refrentat de blocs d'acer, feines senzilles de puntejat o mecanitzats de formes simples, com regates i caps cilíndrics, s'utilitzen les fresadores convencionals ja que degut al seva variabilitat es una màquina versàtil i àgil per aquest tipus de feines sense gaire precisió.

6.1.1.3. Torn

Operacions fetes amb el torn, que és una màquina que permet mecanitzar peces de forma geomètrica de revolució. Aquestes màquines operen fent girar la peça a mecanitzar, subjecta en el capçal o fixada entre els punts de centratge, mentre una o diverses eines de tall són empeses en un moviment regulat de avanç contra la superfície de la peça, tallant d'acord amb les condicions tecnològiques de mecanitzat.

6.1.1.3. Trepant vertical

És una operació d'arrencada de ferritja que consisteix a produir un forat en una peça de treball.

El trepat es realitza en general amb una eina cilíndrica rotatòria, coneguda com broca, la qual té dos vores tallants en els seus extrems. És considerat com un dels processos més importants a causa del seu ampli ús.



6.1.1.4. Rectificadora

Per al rectificat s'utilitzen discos abrasius robusts, anomenats moles. Té per finalitat corregir les imperfeccions de caràcter geomètric i dimensional que es produeixen durant les operacions de fabricació de peces.



FIG. 69. Rectificat

El rectificat s'aplica després que la peça ha estat sotmesa a altres màquines eines que han tret les impureses majors, deixant només un petit excedent de material per a ser eliminat per la rectificadora amb precisió.

6.1.2. MECANITZAT PER PRINCIPIS ELÈCTRICS

6.1.2.1. Electroerosió - EDM

El procés d'electrodescàrrega també es coneix com electroerosió. És un procés de mecanització que utilitza principis elèctrics per arrancar material. Consisteix en la generació d'un arc elèctric entre una peça i un elèctrode en un medi dielèctric, no conductor, per arrancar partícules de la peça fins aconseguir reproduir la forma de l'elèctrode en negatiu.

Peça i eina han de ser conductors per poder establir un arc elèctric i arrencar material. La peça es carrega negativament i l'elèctrode es carrega positivament. Els elèctrodes solen ser de grafit encara que també poden ser de llautó i coure, aliatges de coure i tungstè.

El desgast de l'eina és un factor important perquè afecta l'exactitud dimensional i la forma produïda. El desgast de l'eina està relacionat amb el seu punt de fusió. Menor punt de fusió, més ràpid és el desgast.

Les descàrregues es repeteixen a freqüències entre 50 i 500kHz amb voltatges que van de 50 a 380V i corrents de 0.1 a 500A. Els nivells d'intensitat indica els diferents nivells de potència que es poden obtenir del generador de potència. L' impuls indica el temps de descàrrega, expressat en microsegon. El valor de l' impuls es decisiu per la capacitat d' arrencada de material, la qual cosa anirà en relació directa amb el desgast de l'elèctrode.

Un cop introduïts els paràmetres del erosionat, s'omple la bacadra de fluid elèctric. El fluid dielèctric té les funcions d'actuar com aïllant fins que el potencial arribi al valor suficient per crear l'arc elèctric necessari, actuar com a mitjà per rentar i retirar la brutícia entre eina i peça, facilitar la conducció entre l'elèctrode i la peça i servir de medi de refredament.

6.1.2.2. Tall a fil- WEDM

El tall amb electroerosió per fil es duu a terme mitjançant un procés d'electroerosió en el qual un elèctrode de la màquina està connectat a un fil metàl·lic. Hi ha dues bobines de fil, l'una és aquella de la qual procedeix el fil nou del magatzem i l'altra és allà on va a parar el fil ja utilitzat, anomenada bobina receptora. La peça a tallar està subjectada a una taula capaç de realitzar desplaçaments. Les ordres de moviments definits que rep aquesta taula són els que permeten tallar la peça i fer el contorn desitjat.

Es compon d'un fil enrotllat que passa contornejant la peça degudament subjectada a la bancada de la màquina, mentre li proporciona un bany amb flux dielèctric des de l'exterior. La qualitat, material i diàmetre del fil, en conjunció al voltatge i amperatge aplicat, són factors que influeixen directament la velocitat amb que una peça pugui ser treballada. També, el gruix i material de la peça dicten ajustos per al compliment del tall.

El fil sol ser de coure, llautó o tungstè. També s'utilitzen recobriments de zinc o llautó de diverses capes. El diàmetre del fil és d'uns 0.30mm per desbast i 0.10mm per acabat. Les taxes d'arrencada de material amb fil ronden els 350 cm³/h.

Com a resultat del tall deixa per defecte una terminació que no necessita posteriors mecanitzats, es converteix en una de les millors opcions per a l'obtenció de peces de geometria complexes amb una gran precisió, tant en el tall cilíndric com en el tall cònic.

6.2. DISSENY PER FABRICACIÓ

6.2.1. DISSENY D'ELÈCTRODES PER ELECTROEROSIÓ

6.2.1.1. Elèctrodes

L'elèctrode tindrà la forma oposada a la forma resultant en la peça de treball. Son de coure per la seva característica conductivitat i la seva forma és feta al centre de mecanitzat.

Durant el procés d'electroerosió la peça i l'elèctrode es situen molt propers entre si, deixant un buit anomenat GAP, pel qual circula líquid dielèctric.

El GAP és l'excedent a menys aplicat a un elèctrode per a poder crear l'arc elèctric necessari. Normalment és donaran dos tipus de GAP, el de desbast i el d'acabat.

- El GAP de desbast, normalment de 0.4 mm, correspon a un règim alt d'arrencada de material però poca precisió i dolent acabat superficial
- El GAP d'acabat, normalment de 0.16mm, correspon al últim règim a utilitzar, amb poca arrencada i molt bon acabat i tolerància final.

En aplicar una diferència de tensió contínua i polsant entre tots dos, es crea un camp elèctric intens que provoca el progressiu augment de la temperatura, fins que el dielèctric es vaporitza. En desaparèixer l'aïllament del dielèctric salta l'espurna, incrementant la temperatura fins als 2000°C, vaporitza una petita quantitat de material de la peça i l'elèctrode formant una bombolla que fa de pont entre ambdues. En anul·lar el pols de la font elèctrica, el pont es trenca separant les partícules del metall en forma gasosa de la superfície original.

La capacitat d'arrencada és el volum de material arrencat en la peça a mecanitzar per unitat de temps, sent el valor indicat en la tecnologia el obtingut amb una superfície segons normes VDI 3402. Els residus es solidifiquen al contacte amb el dielèctric i són finalment arrossegats pel corrent juntament amb les partícules de l'elèctrode.

El resultat desitjat del procés és l'erosió uniforme de la peça, reproduint les formes de l'elèctrode. En la figura següent hi ha representat un elèctrode i les zones on mecanitzarà amb el procés d'electroerosió - EDM.

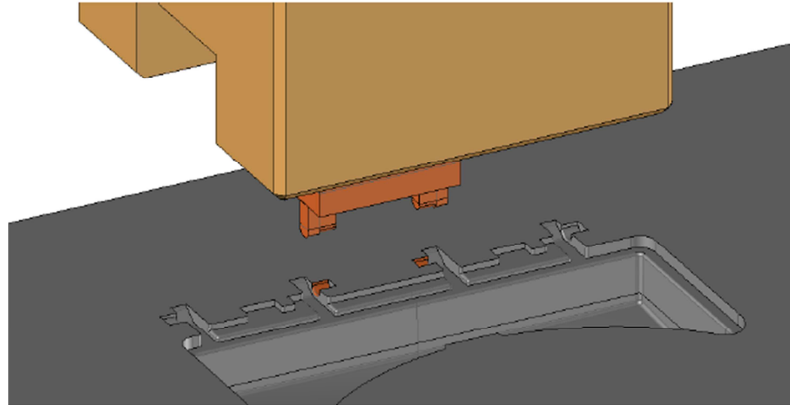


FIG. 70. Electroerosió de figura

Els elèctrodes es fixen en uns útils normalitzats per la firma EROWA. Aquets útils, normalment de bronze, son un sistema de fixació modular per els elèctrodes, els quals quedaran automàticament centrats per les tasques tant en el centre de mecanitzat com el la màquina de electroerosió.

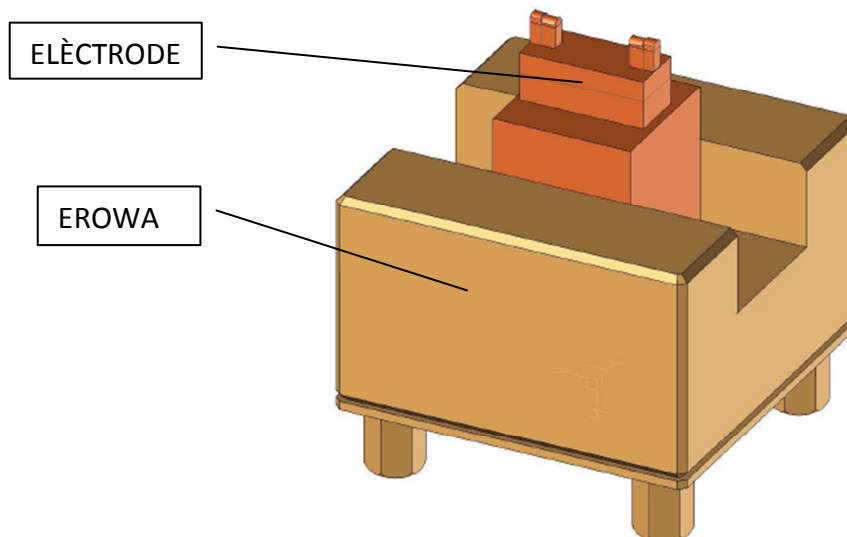


FIG. 71. Elèctrode

Aquest procés de paletització alleugereix molt els temps de centratge i reglatge en les màquines, ja que sempre tindran el mateix centre de mecanitzat.

Hi ha diferents tipus d'utils EROWA per varies geometries, ja sigui en quadrat, regata o plans per collar-hi el elèctrode.

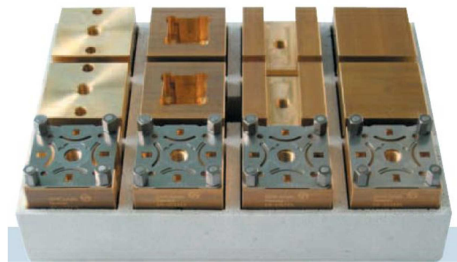
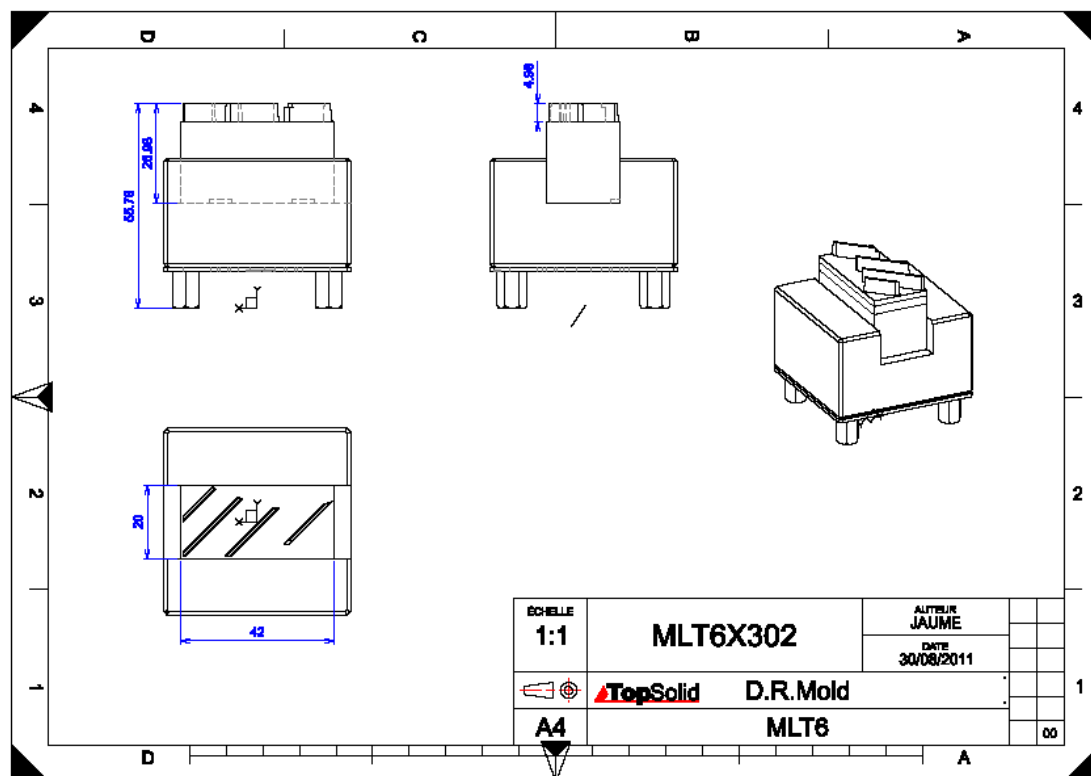


FIG. 72. Tipus de EROWA

Aquest sistema traça l'estandardització dels sistemes de posicionament de les peces i els elèctrode. L' utilització del sistema de fixació universal en totes les màquines possibilita una flexibilitat total i elimina els temps de muntatge.

Al operari de la màquina se li facilita un plànol de l'elèctrode com mostra la figura següent.



En ell es detalla les mides del coure on es mecanitzarà l'elèctrode i una vista en perspectiva per la seva identificació.

A continuació s'anomenen tots els elèctrodes que s'han dissenyat per electroerosionar les diferents peces. La seva geometria està detallada al ANNEX E.1. ELÈCTRODES.

CAVITAT EXPULSIÓ	CAVITAT PC ALCOM	CAVITAT PC MAKROLON	BLOC DE FIL
MLT6X501	MLT6X20	MLT6X01	MLT6X300
MLT6X502	MLT6X21	MLT6X02	MLT6X301
MLT6X503	MLT6X22	MLT6X03	MLT6X302
MLT6X504	MLT6X23	MLT6X04	MLT6X303
MLT6X505	MLT6X24	MLT6X05	MLT6X304
MLT6X506	MLT6X25	MLT6X06	MLT6X305
MLT6X507	MLT6X26	MLT6X07	MLT6X306
MLT6X508	MLT6X27	MLT6X08	MLT6X307
MLT6X509		MLT6X09	MLT6X308
MLT6X510		MLT6X10	MLT6X309
		MLT6X11	MLT6X310
			MLT6X311
			MLT6X312
			MLT6X313

6.2.1.2. Posicionament del elèctrodes

Els elèctrodes, un cop s'han fabricat en el centre de mecanitzat, van a la secció d'electroerosió. L'elèctrode ha de ser repassat a mà després ser mecanitzat en la fresadora o torn a causa de les marques de les eines de tall.

Els elèctrodes tenen una cota de posicionament dins de la peça a mecanitzar, així com l'alçada que s'ha d'erosionar. Totes aquestes cotes venen reflexades des de el centre de l'útil de EROWA com a referència, que al haver estat mecanitzat amb els mateixos criteris de centratge tindrà una referència fidel.

Les màquines de electroerosió – EDM porten integrat un carregador d'elèctrodes, que amb el programa de control que gestiona l'execució dels programes possibilita l'encadenament de les operacions, des del desbast al acabat inclosos els desplaçaments i els canvis d'elèctrodes. El sistema de control pot governar els moviments d'un robot que realitza la càrrega de les peces des d'un contenidor o carregador i dipositar-les en un altre diferent després del mecanitzat.

Això permet independitzar el procés de qualsevol intervenció humana, permetent mecanitzats nocturns o de cap de setmana. És una pràctica bastant habitual en la indústria.

En la següent figura es mostra el plànol de centratge en l'electroerosió. És una vista en planta amb les cotes i vistes en perfil per les cotes d'alçada.

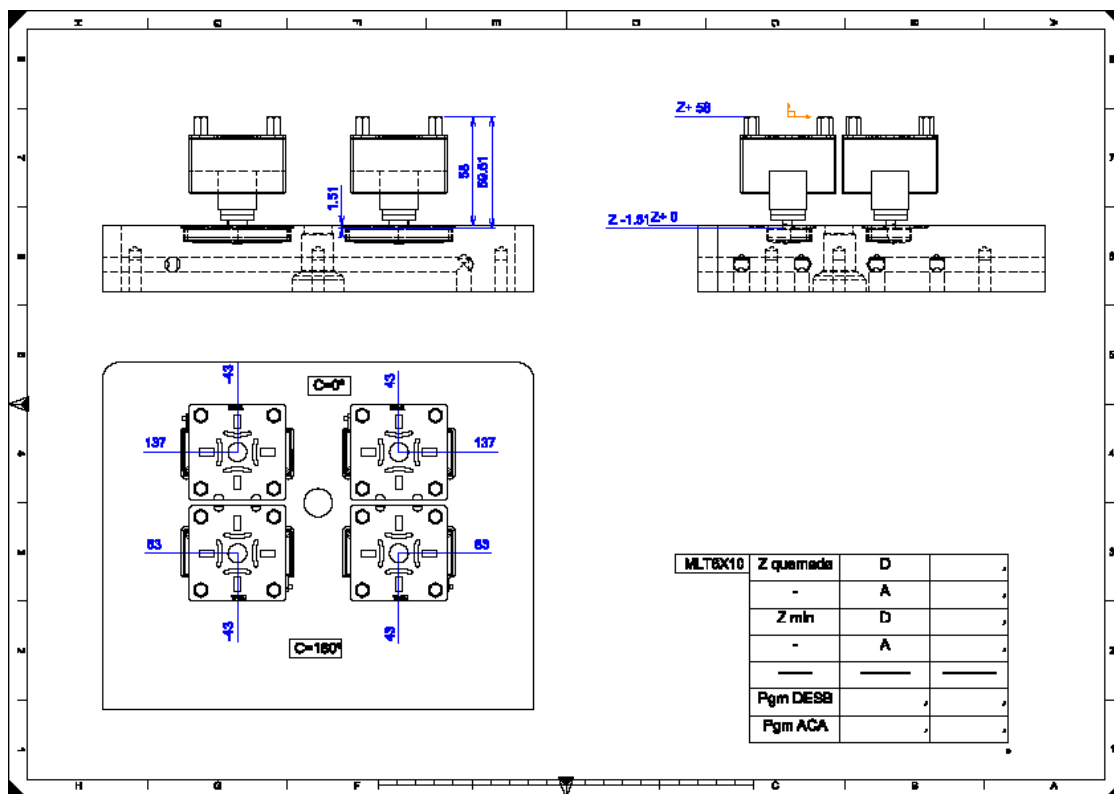


FIG. 73. Plànol de centratge en electroerosió

Al plànol de centratge se li adjunta un quadre per l'operari de la màquina, on pot prendre referències d'alçada i poder anotar el número de programa a la màquina d'electroerosió.

En l'eix vertical de la màquina d'electroerosió, la 'Z', pot rotar en si mateix, amb lo que facilita tasques de mecanitzat de figures rotades sense treure l'elèctrode. A aquest eix rotatiu se li anomena 'C'. En els plànols de centratge se li marca la posició del elèctrode al operari mitjançant aquest eix, tal i com mostra la FIG.73., on el punt inicial per començar a comptar els graus de la posició de l'elèctrode és a la banda de l'operari.

6.2.2. DISSENY DE BLOC PER MÀQUINA DE FIL

Per els mecanitzats dels 8 postissos d'expulsió s'ha dissenyat un bloc d'acer 1.2344, on s'han agrupat tots ells.

El motiu de fer-ho d'aquesta forma es per reduir dràsticament el cost de producció dels postissos, els quals degut a la seva geometria amb perfil corb i que incorpora el pas dels laminars, li fa ser una peça de difícil mecanitzat i la seva fabricació seria molt més costosa mecanitzat un per un.

Al apilar els postissos en un bloc d'acer, es pot passar al procés de mecanitzat i d'electroerosió en una sola peça, fent l'últim procés el de la màquina de fil, que tallarà les peces totalment acabades. En la següent figura es mostra el bloc de fil.

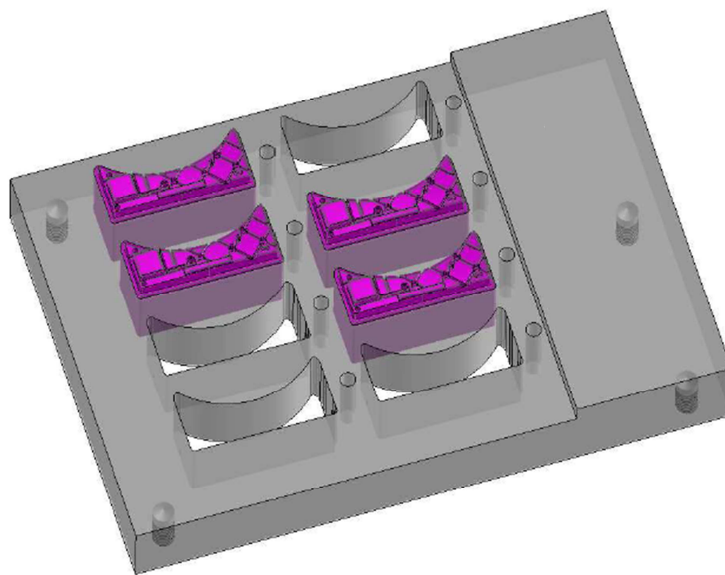


FIG. 74. Bloc de fil

Per possibles errors degut a la dificultat de la peça, s'ha deixat un marge de material al bloc de fil, a la dreta de la FIG.74, per si hi ha cap error en una d'elles i s'ha de tornar a repetir el mecanitzat, ja que seria molt més costós començar de nou tot el procés.

El bloc té les rosques per collar a la màquina de fil i els forats per on passarà el fil per començar a tallar els postissos. Tots els postissos porten les seves respectives rosques per collar, després de ser mecanitzats, a la placa figura d'expulsió.

6.3. CAD/CAM

La fabricació assistida per ordinador (CAM) implica l'ús d'ordinadors i tecnologia de còmput per ajudar en totes les fases de la manufactura d'un producte, incloent la planificació del procés i la producció, mecanitzat, administració i control de qualitat, amb una intervenció del operari mínima.

A causa dels seus avantatges se sol combinar el disseny i la fabricació assistits per ordinador en els sistemes CAD/CAM. Aquesta combinació permet la transferència d'informació des de l'etapa de disseny a l'etapa de planificació per a la fabricació d'un producte, sense necessitat de tornar a capturar manualment les dades geomètriques de la peça.

Una funció de CAD/CAM important en operacions de mecanitzat és la possibilitat de descriure la trajectòria de l'eina per a diverses operacions amb control numèric. Les instruccions o programes es generen en ordinador, i es poden modificar per el programador per optimitzar la trajectòria de les eines. L'enginyer o el tècnic poden llavors mostrar i comprovar visualment si la trajectòria té possibles col·lisions amb suports o altres objectes.

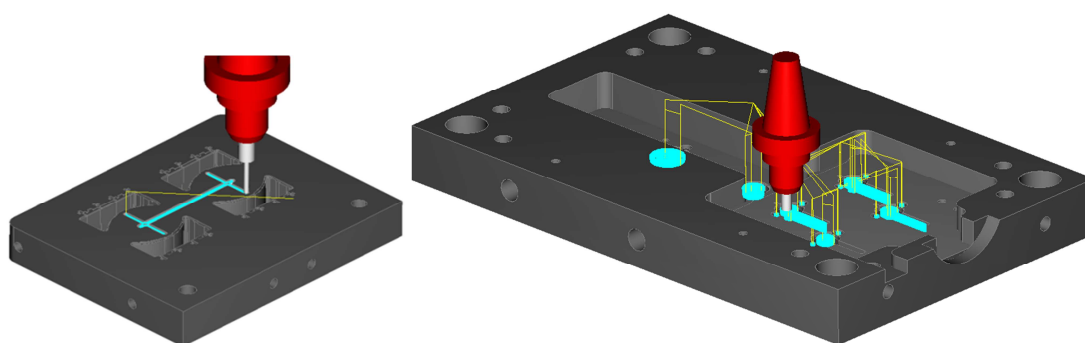
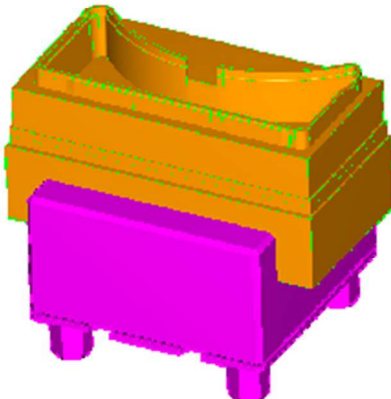


FIG. 75. Mecanitzats amb MASTERCAM

Amb el software MASTERCAM s'efectuaran els mecanitzats per el centre de mecanitzat dels elements del motllo i elèctrodes, així com els programes dels perfils dels talls de fil.

6.4. MÈTODE DE TREBALL

La comunicació entre l'usuari de CAD/CAM i el operari de la màquina seran uns fulls on s'inclou la peça a mecanitzar i el tipus de centratge, el número de programa, l'eina que es farà servir en cada programa i el seu excedent, les alçades de treball així com les seves condicions de velocitat de tall i avanç, tipus de mecanitzat i temps. A continuació es mostra un exemple d'un full de fase d'un elèctrode.

D.R.Mold	CLIENTE	DENOMINACIÓN						CENTRAJE	
		MLT6X501						EROWA	
									
Programa	Herramienta	Z Max/Min	Vola.	S	F	Pasada	Excedente	Tipo Mecn.	Prof. CNC
O1001	PLANA_6R0	65,5/47	20	8000	2000	1	0	CAJERA	
O1002	PLANA_4R0	65,5/47	20	8000	1200	0,25	0	CONT/COPIA	GAP DES
O1003	PLANA_2R0	65,5/53	12,5	8000	500	0,05	0	CONT/COPIA	-0,4
O1004/O1104	TORICA_D6R1	65,5/47	20	8000	2000	0,1	-0,2/-0,08	CONT/COPIA	GAP AC
O1005/O1105	TORICA_D3R0,2	65,5/61	5	8000	500	0,06	-0,2/-0,08	CONTORNO	-0,16
O1006/O1106	PLANA_D1R0	65,5/60,5	5	8000	300	0,04	-0,2/-0,08	CONTORNO	TIEMPO
									3h 46min
									MECANIZADO
									Jaume
									FRESA
									MAQUINA
									AWEA
									PLACA
									67X35X66

En el ANNEX E. MECANITZATS es troben tots els fulls de mecanitzats.

6.5. FASE DE FABRICACIÓ

Cada una de les peces del conjunt del motllo es realitzen per fases. La quantitat de fases necessàries per a realitzar una peça varia en funció de la quantitat d'operacions que cal realitzar en dita peça, així com segons la quantitat de màquines per les que ha de passar.

Al ANNEX E. MECANITZATS, d'aquest projecte hi son detallades totes les fases de les diverses peces que conformen el motllo. A continuació es mostren el desglossament del motllo i la durada de les seves fases d'operacions.

- PORTA MOTLLO OS-D1 PLATE**

Porta motllo OS-D1 PLATE	
	hores
Centre mecanitzat A.V.	52,00
Fresadora convencional	12,00
Electroerosió EDM	0,00
Màquina de fil WEDM	0,00
Rectificadora	12,00
Torn convencional	0,00
Trepant vertical	62,00
Operacions manuals	21,00
	159
	TOTAL

- CAVITATS + BLOC DE FIL + PUNXONS**

CAVITATS	
	hores
Centre mecanitzat A.V.	24,00
Fresadora convencional	18,00
Electroerosió EDM	200,00
Màquina de fil WEDM	60,00
Rectificadora	12,00
Torn convencional	32,00
Trepant vertical	14,00
Operacions manuals	18,00
	378
	TOTAL

- ELEMENTS MOTLLO

ELEMENTS MOTLLO	
	hores
Centre mecanitzat A.V.	0
Fresadora convencional	8
Electroerosió EDM	0
Màquina de fil WEDM	0
Rectificadora	1
Torn convencional	16
Trepant vertical	3
Operacions manuals	3
	31
	TOTAL

- ELÈCTRODES

ELÈCTRODES		COURE
	hores	
Centre mecanitzat A.V.	60	
Fresadora convencional	10	
Torn convencional	0	
Operacions manuals	4	
	74	TOTAL

Al volum IV. ESTAT D'AMIDAMENTS està detallat les hores en cada placa per separat. En la taula següent s'adjunta el resum total d'hores emprades en la fabricació del motllo segons el tipus d'operació.

TOTAL	
	temps[h]
Centre mecanitzat A.V.	112,00
Fresadora convencional	30,00
Electroerosió EDM	0,00
Màquina de fil WEDM	24,00
Rectificadora	31,00
Torn convencional	216,00
Trepant vertical	125,00
Operacions manuals	40,00
	578
	TOTAL

6.6. RESIDUS

6.6.1. GESTIÓ DELS RESIDUS D'UN TALLER DE MOTLLOS

El residus que es produeixen en aquests tipus de tallers són bàsicament els següents.

- Els produïts pels excedents dels materials en els mecanitzats (ferritges, trossos de metall no aprofitables ...)
- Els residus produïts pels olis refrigerants i taladrines. són emmagatzemats en uns recipients estancs, uns bidons que seran retirats per l'empresa externa per portar-los a una planta de reciclatge.
- Residus produïts a l'àrea tècnica i a les oficines, que són molt menys en quantitat però no deixen de ser importants per a una empresa sostenible amb el medi ambient. aquests residus són papers i cartrons, cartutxos de tinta d'impressores, tòners de les màquines fotocopiadores i del plotter, i bateries no recarregables.
- Pel que fa als residus pròpiament dits, són empreses externes dedicades al recull de residus qui s'encarreguen del reciclatge. La ferritja i trossos d'acer sobrants, es posen en containers.

6.6.2. RECICLABILITA

Avui en dia en el mercat actual d'importants i ràpids canvis en els productes, fa que molts cops la vida d'un motllo no sigui de llarga durada. La durada d'un motllo en funcionament depèn en gran part de si el producte fabricat amb dit motllo té una gran acceptació en el mercat o no.

Un tipus de reciclabilitat molt estesa deguda a la estandardització de molts components que presenten molts productes similars, és l'aprofitament de molts motllos amb petits retocs d'algunes parts d'aquest per a fabricar un nou model d'una peça.

Si es tracta d'un conjunt de peces que conformen un producte nou al mercat, en la posterior modificació del model, probablement s'usin els motllos per a fer parts dels components que

no es modificaran i fins i tot es poden arribar a aprofitar els motllos antics modificant-los lleugerament per aconseguir les peces de les noves aplicacions.

Quan un motllo ja ha realitzat la seva funció i no es pot utilitzar per a fer cap altra peça, llavors la reciclabilitat d'aquest motllo és molt diferent. Es pot vendre l'acer usat com si es tractés de material d'acer sobrant, perquè es torni a fondre l'acer i es torni a utilitzar, i es pot recuperar algun dels elements instal·lats al motllo com són els controladors de temperatura, entre altres.

Cal tenir en compte abans de reciclar un motllo, quina és la funció de la peça que s'ha produït amb dit motllo, si es tracta d'una peça que en futur se n'hauran de fer més, si és una peça que forma part d'un conjunt que en el dia de la seva reparació no es deixi el conjunt sense funcionalitat per culpa de la no existència d'aquesta peça. En el cas de l'automoció cada motllo es guarda amb la corresponent numeració i correcte etiquetatge, doncs són peces de gran importància en que no es poden permetre reciclar el motllo per si posteriorment es necessita. Per contra en el sector del plàstic dedicat a les joguines, els motllos usats poden ser reciclats, doncs la vida estimada de la joguina és molt curta i és clar que no es farà cap exemplar de cap peça per a reparar una joguina determinada, econòmicament no seria viable.

7. RESUM ECONÒMIC

Segons el resultat obtingut en el VOLUM 5. PRESSUPOST, on queda definit detalladament el preu de totes les partides integrades la fabricació, el cost total del present projecte és de **40.449,93€.**

8. CONCLUSIONS

L'objectiu principal del projecte ha estat el disseny i fabricació del motllo, complint les exigències marcades pel client. S'ha tractat d'oferir al client una solució de la més alta qualitat, d'acord amb les necessitats demandades.

En efecte, els càlculs efectuats confirmen que el motllo garanteix la producció necessària.

Tanmateix, és important mantenir les parts del motllo ben netes i lubricades on calgui per tal d'évitar pèrdues en l'eficiència dels sistemes que incorpora el motllo.

9. RELACIÓ DE DOCUMENTS

La relació de documents és una llista amb tots els documents que formen el complet del actual projecte del disseny i fabricació d'un motllo bimatèria.

- **VOLUM 1. MEMÒRIA**

ANNEX A. CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES MATERIAL PEÇA

ANNEX B. CÀLCULS MOLDFLOW

ANNEX C. CATÀLEGS

ANNEX D. MATERIALS

ANNEX E. MECANITZATS

ANNEX F. POSICIONAMENT MÀQUINA ELECTROEROSIÓ

ANNEX G. SOFTWARE

ANNEX H. PLA DE CONTROL I QUALITAT

ANNEX I. ANNEX DE PRESUPOST

- **VOLUM 2. PLÀNOLS**

- **VOLUM 3. PLEC DE CONDICIONS**

- **VOLUM 4. ESTAT D'AMIDAMENTS**

- **VOLUM 5. PRESSUPOST**

10. BIBLIOGRAFIA

LLIBRES DE CONSULTA

- Plástico Moldes y matrices. Hemus. L.Sors/L.Bardocz/I.Radnoti.
- H.Appold/K.Feiler/A.Reinhard/P.schmidt. Tecnología de los metales. EDITORIAL REVERTE1985.
- C. SIERRA, J. VIVANCOS, R. ARGUILÉS, A. PARDO, Procesos de mecanizado.
- MOLDFLOW PLASTICS INSIGHT, Moldflow Plastic Insight release 7.0. Data Base, 2007.
- CEP. Introducción a los procesos de transformación de materiales plásticos. Centro Español del plástico. Barcelona, 1998
- W. MICHAELI. Tecnología de los plásticos. Barcelona, Editorial Hanser. 1992
- GASTROW, Hans. Moldes de Inyección para plásticos: en 100 casos prácticos. Barcelona, Editorial Hanser, 2ª Edición, 1989

WEBS DE CONSULTA

www.scribd.com	www.cumsa.com	www.thermoplay.com	www.arburg.es
www.regloplas.com	www.metalunivers.com	www.plastunivers.com	
www.interempresas.net/Plastico	www.moldflow.com	www.materialdatacenter.com	
www.orymo.com/home.htm	www.vicedomarti.com	www.hasco.com	

PUBLICACIONS DE INSTITUCIONS

- FUNDACIÓ ASCAMM. Diseño general de piezas de plástico. Associació Catalana d'Entitats Constructores de Motllos i Matrius. Barcelona, 2001
- Associació Catalana de Motllos i Matrius: dades del sector dels països de la ISTMA.