

BATXILLERAT

Modalitat de Tecnologia

TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Unitat didàctica: **Anàlisi d'un objecte tecnològic.
La carcassa de plàstic. Els plàstics**

Autors: **Jordi Font i Agustí
Tomàs Salamí i Gai**



Generalitat de Catalunya
Departament d'Ensenyament
Direcció General d'Ordenació Educativa

Modalitat de Tecnologia

TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Unitat didàctica: **Anàlisi d'un objecte tecnològic.
La carcassa de plàstic. Els plàstics**

Autors: Jordi Font i Agustí
Tomàs Salamí i Gai



Generalitat de Catalunya
Departament d'Ensenyament
Direcció General d'Ordenació Educativa

Edició: **Servei d'Ordenació Curricular**
febrer de 1997

ÍNDIX

ACTIVITAT 1: INTRODUCCIÓ. TIPUS DE PLÀSTICS. LA QUÍMICA DELS PLÀSTICS.....	1
1.1. INTRODUCCIÓ I BREU HISTÒRIA.....	1
1.1.1. <i>Què són els plàstics.....</i>	<i>1</i>
1.1.2. <i>Breu història dels plàstics.....</i>	<i>1</i>
1.2. TIPUS DE PLÀSTICS.....	2
1.3. LA QUÍMICA DELS PLÀSTICS.....	3
1.4. EXERCICIS.....	6
ACTIVITAT 2: PRINCIPALS PLÀSTICS. OBTENCIÓ. APLICACIONS. RECICLATGE.....	7
2.1. ELS TERMOPLÀSTICS.....	7
2.1.1. <i>El polietilè.....</i>	<i>7</i>
2.1.2. <i>El polipropilè.....</i>	<i>7</i>
2.1.3. <i>El policlorur de vinil (PVC).....</i>	<i>8</i>
2.1.4. <i>El poliestirè.....</i>	<i>8</i>
2.1.5. <i>L'Acrilonitril-butadiè-estirè (ABS).....</i>	<i>9</i>
2.1.6. <i>Les poliamides.....</i>	<i>9</i>
2.1.7. <i>Els policarbonats.....</i>	<i>9</i>
2.1.8. <i>Polimetacrilats.....</i>	<i>9</i>
2.1.9. <i>El politetrafluoretilè o tefló.....</i>	<i>9</i>
2.1.10. <i>El politereftalat d'etilè.....</i>	<i>10</i>
2.1.11. <i>Les silicones.....</i>	<i>10</i>
2.2. ELS TERMOENDURIBLES O TERMOESTABLES.....	10
2.3. ELS ELASTÒMERS.....	11
2.3.1. <i>El cautxú natural.....</i>	<i>11</i>
2.3.2. <i>Els elastòmers sintètics més comuns.....</i>	<i>11</i>
2.4. TAULA DE PROPIETATS.....	12
2.5. EL RECICLATGE DELS PLÀSTICS.....	13
2.6. EXERCICIS.....	15
ACTIVITAT 3: IDENTIFICACIÓ DE PLÀSTICS.....	16
3.1. INTRODUCCIÓ.....	16
3.2. ASSAIG DE DENSITAT.....	16
3.3. ASSAIG A LA FLAMA.....	17
3.4. ASSAJOS MECÀNICS.....	18
3.5. ASSAJOS AMB DISSOLVENTS.....	18
3.6. ACTIVITAT D'IDENTIFICACIÓ DE PLÀSTICS.....	18
3.6.1. <i>Realització d'assajos amb mostres conegudes.....</i>	<i>19</i>
3.6.2. <i>Identificació de les mostres problema.....</i>	<i>19</i>
3.6.3. <i>Identificació dels plàstics del trepant elèctric.....</i>	<i>19</i>
ACTIVITAT 4: LA TRANSFORMACIÓ DELS PLÀSTICS.....	22
4.1. INTRODUCCIÓ.....	22
4.2. L'EXTRUSIÓ I LA INJECCIÓ.....	22
4.3. CALANDRATGE.....	24
4.4. TERMOCONFORMAT AL BUIT.....	25
4.5. L'EMMOTLLAT DE TERMOESTABLES.....	25
4.6. EL DISSENY D'OBJECTES DE PLÀSTIC.....	26

Activitat 1: Introducció. Tipus de plàstics. La química dels plàstics

1.1. Introducció i breu història

1.1.1. Què són els plàstics.

Els plàstics són substàncies orgàniques formades per molècules d'elevat pes molecular (polímers), deformables per la pressió i/o la temperatura. Sota el nom de plàstic es reuneix una àmplia gamma de productes, de composició molt diversa i aspecte molt variat, però que tenen un seguit de propietats en comú:

- Baixa densitat: entre 0,12 i 1,7 g/cm³ (De 0,015 a 0,5 g/cm³ les escumes).
- No conductors de l'electricitat: entre 10¹¹ i 10¹⁶ Ohm/cm.
- Aïllants del calor: calor específic entre 0,25 i 0,50 g °C.
- Normalment resistents als agents externs (productes químics, llum, aigua, etc.).
- Barats.
- Tenaços.
- Combustibles (excepte el tefló).

1.1.2. Breu història dels plàstics.

Si bé alguns polímers naturals ja es coneixien des de l'antigor, no fou fins el segle XIX que es desenvoluparen plàstics obtinguts a partir de productes naturals.

- * L'**ambre** és un polímer natural, considerat semipreciós, conegut des de l'antigor.
- * La **goma laca** és obtinguda de la cotxinilla de la laca, un insecte que absorbeix la resina d'un arbre de la família de les acàcies.
- * de la cel·lulosa del cotó se'n obté la nitrocel·lulosa, la qual copolimeritzada amb la càmfora i produeix el **cel·luloide**. Fou inventat el 1856. El cel·luloide s'utilitzava per fer boles de billar, tecles de piano i pel·lícules de cinema, però és molt inflamable i avui dia només es fa servir per fer pilotes reglamentàries de ping-pong.
- * De la cel·lulosa del cotó s'obté també l'**acetat de cel·lulosa**, que és transparent, rígid i tenaç. Se'n fan ulleres, mànecs d'eines i material d'oficina.
- * De la llet s'obté la caseïna, la qual es fa combinar amb el formol per a obtenir el **plàstic de caseïna**.

Durant el primer quart del segle XX, la demanda creixent de materials plàstics i resines generada per la indústria elèctrica va propiciar l'obtenció a escala industrial (moltes ja es coneixien al laboratori) de les resines. La primera i més vulgaritzada fou la baquelita obtinguda pel químic belga L.H. Baekeland.

A partir del període d'entreguerres s'anaren desenvolupant diversos plàstics: el 1933, el plexiglàs; el 1938, el PVC; el 1939, el polietilè; el 1940 el tefló.

Durant la segona guerra mundial, les demandes bèliques propiciaren la fabricació a gran escala dels cautxús sintètics. Posteriorment es desenvoluparen les fibres sintètiques (nylon, polièster). Finalment, a partir dels anys cinquanta, els plàstics prengueren la volada que estan vivint encara.

1.2. Tipus de plàstics

Hi ha dos grans tipus de plàstics:

- els termoplàstics.
- els termoestables o termoendurents.

Els termoplàstics s'estoven amb la calor i recuperen la duresa en refredar-se, i es poden així conformar quan són tous; són els plàstics pròpiament dits. Els termoestables són rígids i el calor els carbonitza, però no els estova; són resines. L'estructura interna dels termoplàstics és lineal, és a dir, està formada per les llargues cadenes lliures del polímer. En el cas dels termoestables, les cadenes del polímer estan unides entre elles formant una estructura reticular que els confereix la rigidesa. Veiem alguns exemples:

Termoplàstics	Termoestables
El PVC de les canonades de desguàs. El polietilè de les bosses d'escombraries. El polimetacrilat d'hidrocristall de les llentilles toves. L'ABS del telèfon i els paraxocs. El poliuretà de l'escuma dels matalassos. El poliestirè dels envasos de iogurt.	Les resines fenòliques dels poms i accessoris de les cambres de bany. La melamina dels plats rígids de càmping i dels mobles de cuina.

Hi ha una gran varietat de plàstics (se'n fabriquen més de 10.000 tipus i variants) i una gamma immensa d'aplicacions que van des dels articles de consum més senzills (bosses, galledes, ampolles) fins al material clínic més sofisticat (vàlvules cardíques) passant per elements constructius (plaques de sostre, canonades, aïllaments), mobiliari (melamina per a superfícies de mobles, escuma per a matalassos), teixits (fibres acríliques, nylon), automoció (paraxocs, tabliers), pintures

(pintures plàstiques, laques), material elèctric (endolls, caixes) i un llarg etcètera.

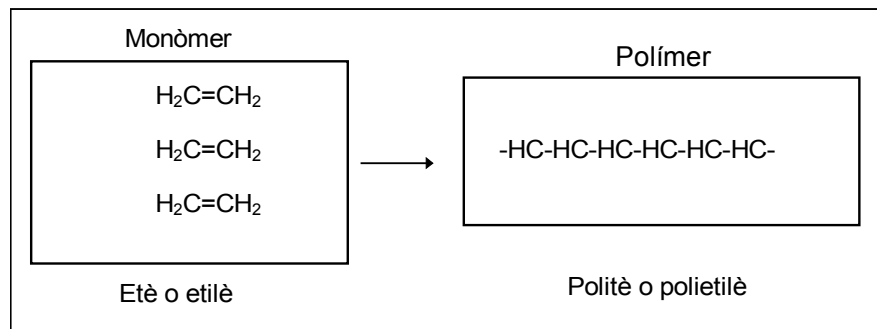
Des del punt de vista de la millora de les propietats i, per tant, de l'augment de les seves aplicacions, són molt importants els composites o compòsits que tenen el plàstic com un dels seus components. Els més habituals són:

- La combinació de polièster i fibra de vidre que s'utilitza per fer embarcacions.
- La combinació del PVC amb argila per fer rajoles i terres.
- L'addició de pols d'alumini a les resines epoxi per fer peces.

Al costat dels plàstics hi ha uns materials de la mateixa família química, que són els elastòmers o cautxús sintètics. Són també polímers, però aquests es caracteritzen per la seva capacitat de recuperar la forma original després de ser sotmesos a un esforç. S'utilitzen per a fer pneumàtics, juntes d'unió de canonades, suports antivibració, gomes d'oficina, etc.

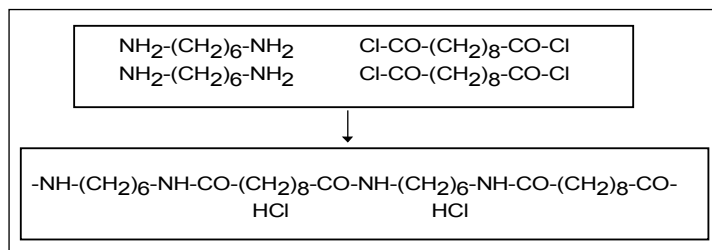
1.3. La química dels plàstics

Com hem vist, hi ha molt tipus de plàstic, però tots tenen en comú el fet de ser polímers. Un polímer és una molècula d'elevat pes molecular format per la unió encadenada d'un producte anomenat monòmer. L'exemple més senzill és el polietilè:



En aquests cas el monòmer és l'etè (anomenat tradicionalment etilè), un gas inflamable i incolor. En ser sotmès a una pressió d'unes 300 atmosferes i a una temperatura d'uns 150 graus, el doble enllaç del carboni s'obra i es forma una cadena llarga.

En altres casos són dos els productes que polimeritzen conjuntament (copolimerització). Un producte de gran ús com és el nylon n'és un exemple, en aquest cas copolimeritzen l'hexametilenodiamina [$\text{NH}_2-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$] i el diclorur d'adipil [$\text{Cl}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_8-\text{CO}-\text{Cl}$] alliberant clorur d'hidrogen [HCl]:



Les reaccions de polimerització són reaccions en cadena en què es poden distingir tres fases:

Activació: Aconseguida per l'addició d'un iniciador (com ara oxigen).

Propagació: En el seu decurs les macromolècules es formen per successiva addició de monòmers.

Interrupció: Provocada pel tancament de la cadena o per fixació d'impureses.

Per aconseguir diverses propietats s'afegeixen diferents tipus de coadjuvants o additius als plàstics:

Plastificants: No intervenen a la reacció química de polimerització, però fan que la textura del plàstic resulti més flexible en augmentar la mobilitat de les macromolècules entre elles.

Colorants: Orgànics o minerals. Els orgànics són de colors més vius i més fàcils d'incorporar a la massa del plàstic. Per contra, els minerals són més estables a la llum i a la calor, però són menys vistosos.

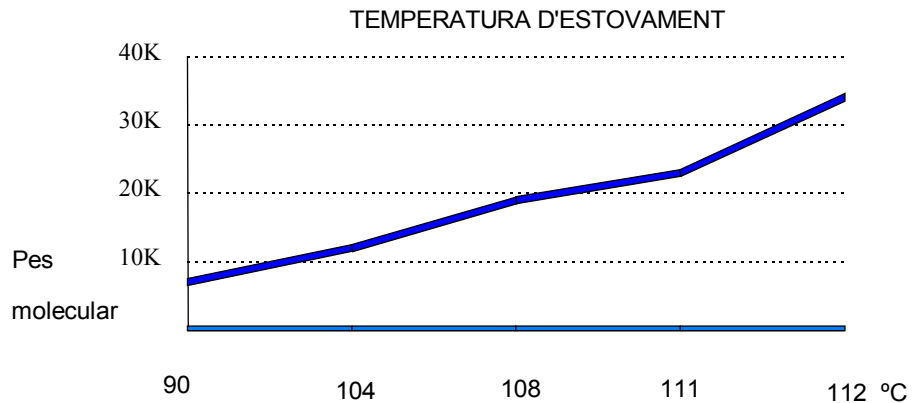
Estabilitzadors: Eviten que la polimerització continuï quan el producte ja és acabat i el plàstic envelleixi per efecte de l'aire, la calor i la llum.

Fungicides: Eviten que els plàstics es floreixin.

Càrregues: De tipus molt divers segons es vulgui aconseguir conductivitat elèctrica, major densitat, rigidesa, més pes, més volum, etc.

El grau de polimerització és una de les propietats més significatives dels plàstics. Un major grau de polimerització significa un major pes molecular. Moltes de les propietats dels plàstics depenen del grau de polimerització. Vegem-ne alguns exemples en el cas del polietilè:

Pes molecular	7000	12000	19000	23000	34000
Resistència a la tracció en Kg/cm ²	40	65	100	165	210
Allargament en %	40	100	500	300	125



La indústria del plàstic és divideix en tres grans grups:

- el de l'obtenció de les matèries primeres, inclosa en la gran indústria química.
- la de l'obtenció de polímers a partir de les matèries primeres, que pertany a la indústria química gran i mitjana.
- el de la indústria de la transformació, molt lligada al sector mecànic, en la qual el plàstic és transformat per mitjà de motlles i màquines per a donar-li la forma requerida. És la que correntment es coneix com a *fàbriques de plàstic*.

La indústria química del plàstic té la seva primera matèria principal en el petroli. El petroli cru és sotmès a un procés de trencament de les cadenes d'hidrocarbur, que es realitza a alta temperatura (1700°C) i en presència de vapor d'aigua, anomenat *cracking*. Els productes obtinguts es separen per destil·lació fraccionada; s'obtenen així l'etilè, el benzè, el metanol, el propè i l'etí que són les principals matèries primeres per a la l'obtenció dels monòmers.

La indústria que obté els plàstics a partir dels monòmers és complexa, ja que ha de treballar a altes temperatures i pressions amb productes normalment perillosos per la seva toxicitat o la seva combustibilitat.

1.4. Exercicis

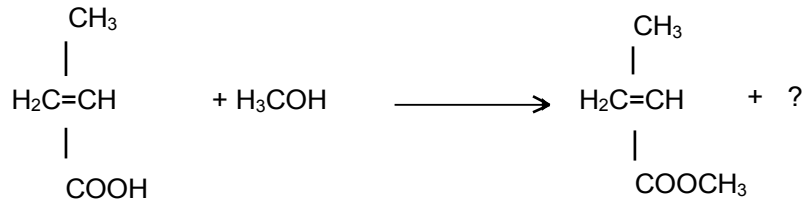
1.4.1. A la taula següent hi ha els països i dates d'obtenció d'alguns plàstics. Relaciona aquesta informació amb els fets històrics més rellevants i amb la mateixa història de la tecnologia.

Nom	País	Any	Història mundial	Història de la tecnologia
Fibra vulcanitzada	Regne Unit	1.859		
Cel·luloide	U.S.A.	1.869		
Galalita (casseïna)	Alemanya	1.904		
Fenoplast	U.S.A.	1.909		
Baquelita	Bèlgica	1.920		
Poliestirè	Alemanya	1.930		
Polimetacrilat de metil (plexiglàs)	Alemanya	1.933		
Policlorur de vinil (PVC)	Alemanya	1.938		
Poliàmida	Alemanya	1.938		
Polietilè de baixa densitat	Regne Unit	1.939		
Poliuretà	Alemanya	1.940		
Politetrafluoretilè (tefló)	U.S.A.	1.940		
Cautxú sintètic	UK i USA	1.941		
Polièsters no saturats	U.S.A.	1.941		
Silicones	U.S.A.	1.943		
Polietilè d'alta densitat	Alemanya	1.955		
Policarbonat	Alemanya	1.956		
Polipropilè	Alemanya	1.957		

1.4.2. Documenta't i respon les qüestions següents:

- Què és un compost?
- Quines característiques el defineixen?
- Justifica les aplicacions dels composts citats al text a partir dels seus components.

1.4.3. El *plexiglàs* és un termoplàstic molt transparent i tenaç que es fa servir per fer claraboies, mobles, vidres de seguretat, cartells lluminosos, objectes decoratius, etc. S'obté per polimerització del metacrilat de metil, el qual és el resultat de la reacció entre l'àcid acrílic i el metanol.



- Quin és el producte de la reacció que falta?
- De quin tipus de reacció es tracta?
- Escriu la reacció de polimerització que dona origen al polimetacrilat de metil.

1.4.4. Per a la sessió següent, cal que recullis mostres de tot tipus de plàstics que et caiguin a les mans. Procura que les mostres puguin ser sotmeses a assajos destructius i que portin identificacions sobre la seva composició, és a dir, triangles indicadors de reciclatge amb un número o unes lletres.

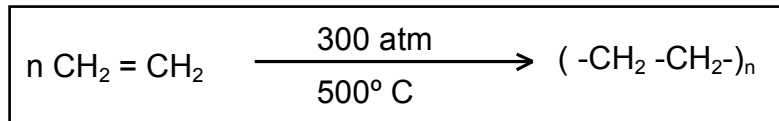
Activitat 2: Principals plàstics. Obtenció. Aplicacions. Reciclatge

2.1. Els termoplàstics

2.1.1. El polietilè

És el més utilitzat de tots els plàstics. N'hi ha dues variants principals: el polietilè de baixa densitat ($0,92 \text{ g/cm}^3$) s'utilitza per a fer bosses de compra i d'escombraries i per a aïllaments tèrmics. El d'alta densitat ($0,96 \text{ g/cm}^3$) s'utilitza per fabricar multitud de productes domèstics: galledes, joguines, envasos, etc. Té un tacte serós. És soldable, flexible i tenaç. Es pot considerar fisiològicament innocu.

Com s'ha vist en exemplificar la reacció de polimerització, s'obté a partir de l'etè o etilè segons la reacció:



2.1.2. El polipropilè

És un dels plàstics més polivalents. S'utilitza en fines làmines per envasar productes, en forma de fibra tèxtil per fer catifes, i se'n fan des de peces industrials fins canonades, carcasses d'electrodomèstics i de bateries de cotxe i objectes domèstics.

És un dels plàstics més lleugers ($0,90 \text{ g/cm}^3$) i té un punt d'estovament baix ($167 \text{ }^\circ\text{C}$). En ser les seves fibres molt entrelaçades, és opac i, per sota dels $5 \text{ }^\circ\text{C}$, és molt fràgil.

S'obté per polimerització del propè:

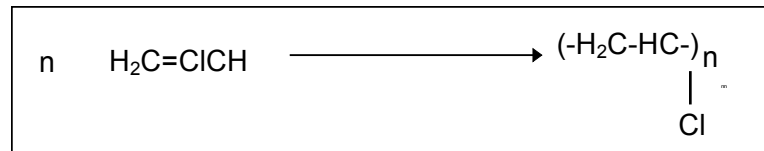


2.1.3. El policlorur de vinil (PVC)

És un dels plàstics més versàtils i més emprats. És soldable, transparent i adherible. La seva polivalència és deguda al fet que es pot utilitzar tant de forma rígida com flexible.

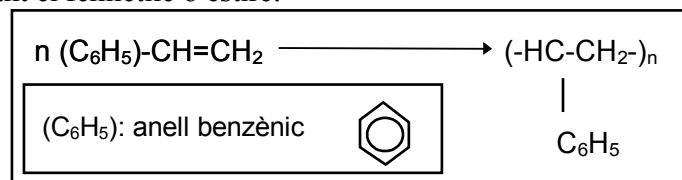
En forma rígida, les aplicacions més conegudes són les canonades d'aigua i els discs de música, però té múltiples aplicacions en envasos i en forma laminar (plaques decoratives, suports, etc.). En presentació flexible és molt utilitzat per fer els recobriments dels cables elèctrics, sabatilles de bany, teixits, pel·lícules plàstiques sobre paper, paviments, cuir artificial, etc.

El monòmer és el cloroetà (també anomenat clorur de vinil):



2.1.4. El poliestirè

S'obté polimeritzant el feniletilè o estirè:



És un plàstic molt resistent a la humitat i als agents externs, per això és molt emprat per envasar productes alimentaris (els típics envasos de iogurt són de poliestirè), però és força trencadís.

Una altra forma molt coneguda del poliestirè és l'expandit (porexpan), que s'obté escumant nòduls de poliestirè amb un gas. Després els nòduls

són units en una premsa, tot escalfant-los amb vapor, per a formar les làmines o les formes diverses usades en els embalatges.

2.1.5. L'Acrilonitril-butadiè-estirè (ABS)

És de la mateixa família que el poliestirè, ja que és una copolimerització d'aquest amb acrilonitril i butadiè. És molt resistent i d'aspecte agradable i metal·litzable. N'existeixen diverses formulacions que busquen l'adequada resistència a l'impacte que la seva aplicació demani.

Actualment el seu ús augmenta enormement per a la fabricació de components de carrosseries de vehicles i carcasses d'electrodomèstics, telèfons, televisors, ordinadors, etc.

2.1.6. Les poliamides

El *nylon* és la seva aplicació més generalitzada. Ja hem vist a 1.3. que s'obté per copolimerització de l'hexametilenodiamina $[\text{NH}_2-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2]$ i el diclorur d'adipil $[\text{Cl}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_8-\text{CO}-\text{Cl}]$, alliberant clorur d'hidrogen $[\text{HCl}]$. L'obtenció dels monòmers a partir del petroli és molt complexa.

Té molta resistència a la tracció, a l'abració i és fàcil de tenyir; és per això que és molt emprat per fabricar fils de pescar, engranatges, coixinets, parts mòbils de maquinària i fibres, tant industrials (com la de la malla dels pneumàtics) com de consum (vestits).

2.1.7. Els policarbonats

Tenen una gran resistència mecànica i tèrmica, i també als agents químics. Això els fa molt convenients per a la fabricació de cascos, protectors de seguretat i finestretes d'aparells industrials i de mesura. En ser transparents, són emprats també per fabricar vidres d'ulleres.

2.1.8. Polimetacrilats

Coneguts com a *plexiglàs*. Es comercialitza en forma de làmines transparents d'aspecte molt noble. S'utilitza tant com a substitut del vidre, on cal evitar els riscos de trencament, com en la fabricació de llums i objectes de decoració, com en productes tècnics com ara adhesius i recobriments.

2.1.9. El politetrafluoretilè o tefló

Té la mateixa composició que el polietilè, però amb àtoms de fluor en lloc d'hidrogen. Això li confereix una gran estabilitat química que es manifesta en la propietat de ser incombustible i molt resistent als atacs

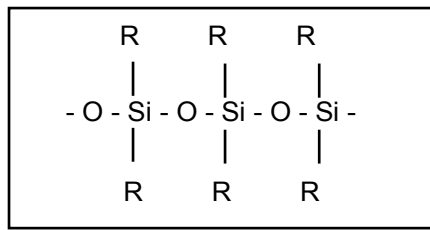
dels agents químics. A més, té un coeficient de fricció molt petit i propietats antihaderents. Tot plegat el fa apropiat per fer recobriments de pròtesis, de reactors químics i de material de cuina, se'n fabriquen rodaments i, en forma de cintes, juntes per a lampisteria.

2.1.10. El politereftalat d'etilè

És un polièster resistent a l'aigua i als àcids minerals, també és resistent a la radiació ultraviolada. Això el fa molt usat tant en la fabricació de fibres tèxtils, com en la fabricació (per extrussió i bufat) d'ampolles per a begudes gasoses.

2.1.11. Les silicones

Són una singularitat en la família dels plàstics a causa de la seva estructura química, formada per una cadena d'àtoms de silici i oxigen saturada amb radicals orgànics (carboni i hidrogen):



Les seves propietats, i en conseqüència les seves aplicacions, varien segons els radicals orgànics, però tenen en comú la seva estabilitat mecànica i química tant a baixes com a altes temperatures. Una altra de les seves gran aplicacions es deriva del fet de ser hidròfugs. S'utilitzen com a antihaderents, per a recobriments i juntes antihumitat, aïllants elèctrics, pròtesis i lubricants.

2.2. Els termoenduribles o termoestables

2.2.1. El poliuretà. La seva aplicació més domèstica és la fabricació d'escuma per a matalassos i coixins, ja que permet ser escumat fins un 90%. Se'n fan també fibres, juntes, recobriments i rebliments per a aïllants a la construcció.

2.2.2. Les resines de polièster insaturat, són motllejables per premsat, transparents i adheribles. S'utilitzen per fer material elèctric, dipòsits i teulades ondulades. Amb la fibra de vidre formen un compost molt resistent que és molt emprat per a la fabricació de carenats, cobertes i barques.

2.2.3. Les resines fenòliques o fenoplast. Són de fenol-formaldehid. La més antiga, en tenir aplicació comercial, fou la *baquelita*. Tenen molta

resistència tèrmica i elèctrica. Se'n fan objecte com ara poms, suports d'estris de bany, etc. Reblerta amb mica, s'utilitza per fer aïllaments als circuits impresos. No és permès que entri en contacte amb els aliments.

2.2.4. Les resines d'urea-formol. Anomenada *pollopas*. S'utilitza per a fer cendres, endolls, interruptors, etc. Reblerta amb encenalls, s'utilitza per fabricar les planxes de conglomerat amb què es fan els mobles de baix preu.

2.2.5. Les resines de melamina. Són molt resistents al calor, a la llum i a la humitat, per això se'n fan recobriments per a taulells (*Fòrmica*). No tenen cap gust ni cap olor, per això se'n fan utensilis de càmping.

2.2.6. Les resines epoxi. Són d'una gran resistència als agents químics i es poden mecanitzar. Són molt emprades en la fabricació d'adhesius (*Araldite*®), en la restauració i en aplicacions industrials.

2.3. Els elastòmers

2.3.1. El cautxú natural

És un polímer del metilbutadiè [$\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-CH}=\text{CH}_2$] que s'obté del làtex de l'arbre *Hevea Brasiliensis*. Afegint sofre al cautxú (procés de vulcanització) se'n milloren les propietats mecàniques. Els anglesos estengueren el seu cultiu al sud-est asiàtic, que es convertí en la principal zona productora. El control japonès sobre aquests territoris propicià que durant la segona guerra mundial als EE.UU. es desenvolupessin els elastòmers sintètics.

2.3.2. Els elastòmers sintètics més comuns

- L'**SBR** o goma d'estiré-butadiè. S'obté per la copolimerització del butadiè [$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$] i l'estirè [$(\text{C}_6\text{H}_5)\text{-CH}=\text{CH}_2$]. Té bona resistència al fregadís, que es millora amb l'addició de negre de fum: amb aquesta composició es fan els pneumàtics. És l'elastòmer sintètic del que n'hi ha més variants i el més utilitzat.
- El **neoprè** s'obté per polimerització del cloroprè [$\text{H}_2\text{C}=\text{ClC-CH}_2\text{-CH}_3$]. Té bona resistència química i té l'avantatge de ser incombustible.
- Les **gomes de polisulfur** són resistents a gairebé tots els dissolvents, però per contra tenen poca resistència a la tracció. S'obtenen per polimerització del dicloretà [$\text{ClCH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$] en presència de sulfur de sodi [NaS].

2.4. Taula de propietats

A la taula següent hi ha alguns dels termoplàstics i termoendurents més habituals amb indicació de les propietats més significatives tant per a la seva identificació com per decidir-ne les aplicacions.

Abre- viació	Plàstic	Densitat (g/cm ³)	Tempe- ratura d'estova- ment (°C)	Resistència a la tracció (MPa)	Resistència a la flexió (MPa)	Resistència als àcids dèbil / fort	Resistència als àlcals dèbil / fort	Resistència als dissolvents orgànics
ABS	Acrilonitril- butadiè-estirè	1,05	105- 125	38-52	49-90	+ / 0	+ / +	0
HDPE	Polietilè d'alta densitat	0,96	130- 140	15-59		+ / &	+ / +	+
LDPE	Polietilè de baixa densitat	0,92	120	11-32	14	+ / &	+ / +	+
PAx	Poliamida	1,13	215- 260	55-97	48-120	+ / 0	+ / +	+
PC	Policarbonat	1,22	160	65	93	+ / 0	& / 0	&
PET	Politerftalat d'etilè	1,37	250- 260	48-73	96-124			
PF	Resina fenol- formaldehid	0,90		25-38	36-42	+ / &	+ / +	+
PMMA	Polimetacrilat de metil	1,20		40-80	61-100	+ / 0	+ / 0	0
PP	Polipropilè	0,90	160- 170	29-41	41-55			
PS	Poliestirè	1,05	90-105	36-52	69-100	+ / &	+ / +	0
PTFE	Politetrafluoretilè	2,20		14-35		+ / +	+ / +	+
PVC	Policlorur de vinil	1,70		40-63		+ / +	+ / +	&
UF	Resina urea- formol	1,50		50-91	210-330	+ / 0	& / 0	+
UP	Resina polièster insaturat	1,1-2,6		25-300	21-300	& / &	& / &	&

Tots aquests valors són orientatius, ja que varien segons la formulació, les càrregues que s'hi incorporen, el fabricant, etc.

Les abreviatures que s'utilitzen són les que, cada vegada més, es troben gravades en els plàstics dins un triangle per facilitar la seva identificació a efectes de separació en el moment del reciclatge.

La resistència a la tracció i a la flexió dóna una idea de les seves propietats mecàniques. Són expressades en megapàscales.

La temperatura d'estovament no ha de ser confosa amb la d'injecció, que és la que correspon a la seva fluïdesa òptima per transformar-lo segons els processos que s'estudiaran a continuació. La temperatura d'injecció oscil·la, en el cas dels plàstics de la taula, entre els 240 i els 280 °C.

En les dades referides a resistència química: + indica resistència, 0 indica no resistència i & indica resistència parcial o variable segons les condicions de treball o a les càrregues afegides.

Altres abreviacions d'interès:

CA	Acetat de cel·lulosa
CR	Neoprè o elastòmer del cloroprè
CS	Casseïna
CSM	Elastòmer polietilè-clorosulfonat
EP	Epoxi
EPS	Poliestirè expandit
ETFE	Etilè-tetrafluor-etilè
LCPs	Cristalls líquids
MC	Metilcel·lulosa
MF	Melamina formaldehid
PE	Polietilè
PUR	Poliuretà
PVAC	Poliacetat de vinil
SBR	Elastòmer d'estirè-butadiè
SI	Silicones
UP+fv	Polièster amb fibra de vidre

2.5. El reciclatge dels plàstics

Des de la seva aparició, l'ús dels plàstics ha permès un molt menor consum de productes naturals com ara fusta, paper, suro, goma-laca, ivori, etc.; si bé és cert que procedeix també d'un recurs natural limitat: el petroli. Però aquesta proliferació ha plantejat la qüestió de la seva correcta eliminació.

La presència de plàstics al medi ambient no és una de les formes més greus ni més perilloses de contaminació, però sí que és una de les més aparatoses i molestes. A més, una de les propietats que més es valora en els plàstics, la durabilitat, és un inconvenient a l'hora de la seva eliminació. Un 15% en volum dels residus urbans són plàstics, de manera que es tracta d'una quantitat prou important com per demanar una intervenció.

En primer lloc, cal pensar en la separació de la resta de residus (orgànics, metàl·lics, papers, etc.) perquè els plàstics, en principi, no són biodegradables. Quan els plàstics es troben combinats amb altres materials, la rendibilitat del seu reciclatge és associada a la rendibilitat del material que acompanya (coure de conductors elèctrics, metall de maquinària, etc.) o del seu possible ús (hi ha empreses de transformació del PET dels envasos en fibra per a moquetes).

Un cop separat el plàstic, una de les possibilitats és aprofitar-lo com a combustible. Aquesta opció té un avantatge i un inconvenient: el primer és el bon rendiment energètic, el segon és la generació de residus gasosos de difícil tractament.

Existeix, però, un sistema d'aprofitament dels plàstics per un procés de piròlisi, és a dir, la descomposició per calor sense que hi hagi combustió. El plàstic es descompon generant gas metà, hidrocarburs líquids, quitrà i pigment negre.

Alguns plàstics duen la indicació de ser biodegradables, això s'aconsegueix afegint a la fórmula productes que, en ser exposats a la radiació ultraviolada del sol, inicien un procés químic o biològic de descomposició. L'inconvenient és que els productes de descomposició s'incorporen també al subsòl.

Malgrat els inconvenients, en termes generals el reciclatge dels plàstics és interessant, almenys en termes de respecte al medi ambient, i això ha fet que en moltes ciutats s'hagi començat la seva recollida selectiva i que apareguin empreses rendibles de transformació de plàstics reciclat per a la fabricació de mobiliari urbà com ara bancs, pilons per al trànsit i jardineres.

2.6. Exercicis

2.6.1. A la taula següent es donen les potències calorífiques d'alguns plàstics i d'alguns combustibles. Discuteix a partir d'ella les possibilitats de les plantes productores d'energia elèctrica a partir del reciclatge (selectiu i no selectiu) del plàstic i de les escombraries.

Substància	Potència calorífica en kJ/kg
PVC	18900
Polietilè	46000
Polipropilè	44000
Poliestirè	46000
Gas natural	48000
Fuel oil	44000
Paper i fusta	16000
Deixalles domèstiques	8000

2.6.2. Alguns grups ecologistes s'oposen a la fabricació i a la utilització del PVC perquè en la seva descomposició es desprèn HCl.

- Escriu la possible reacció de combustió del PVC.
- Dissenya un experiment que demostrï que, en cremar PVC, es desprèn HCl.

2.6.3. Per facilitar el seu reciclatge, els plàstics porten un número dins d'un triangle o unes lletres identificadores. Confecciona una taula que relacioni números i plàstics.

Número	Plàstic
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	Altres

Activitat 3: Identificació de plàstics

3.1. Introducció

Per identificar els plàstics sense marge de dubte hom ha de recórrer a l'anàlisi química, però hi ha uns assajos fàcilment realitzables que es basen en la densitat, en el comportament a la flama, en algunes propietats mecàniques senzilles i en el comportament de la superfície del plàstic en contacte amb dissolvents. Aquests assajos permeten una identificació força fiable si es tracta de plàstics habituals, però no si es tracta de barreges o de plàstics amb un alt percentatge de càrregues que puguin emmascarar els resultats.

3.2. Assaig de densitat

És el més senzill dels assajos, però permet fer una primera classificació entre els més i els menys densos que l'aigua. Per realitzar-lo és suficient submergir un tros del plàstic a reconèixer en un got de precipitats amb aigua. Si no es vol trossejar la peça de plàstic, serà suficient tallar-ne un petit fragment amb una ganiveta i fer la determinació en un tub d'assaig; en aquests cas caldrà afegir a l'aigua una mica de detergent per disminuir-ne la tensió superficial i permetre que el fragment de plàstic penetri en el cos del líquid. Naturalment, hom pot fer una determinació acurada de la densitat de la mostra que s'estigui estudiant, però la densitat dels plàstics és variable a causa de diversos factors i no pot emprar-se per fer una identificació singular; en canvi determinar si és més o menys dens que l'aigua permet fer una primera divisió per avançar en la identificació.

DENSITAT	
$d < 1\text{g/cm}^3$	$d > 1\text{g/cm}^3$
LDPE	PMMA
PP	UP
HDPE	PS
PF	ABS
PTFE	PVC
	PC
	PA
	PET
	UF

3.3. Assaig a la flama

Aquest senzill assaig subministra molta informació sobre el tipus de plàstic que estiguem identificant. Cal disposar d'unes pinces per subjectar la mostra i un bec Bunsen. En el seu defecte, pot emprar-se un encenedor. Per realitzar l'assaig cal sotmetre la mostra a la flama i, a la que crema, separar-la. A continuació cal, sinó ho ha fet de natural, apagar la flama i ensumar els fums. Per fer-ho no s'ha de posar directament la mostra sota el nas, sinó que cal apropar els gasos de combustió a l'olfacte impulsant-los amb la mà oberta. Cal tenir cura de no inhalar els gasos de la combustió i de no cremar-se amb els plàstics fos que pot gotejar. Poden donar-se les possibilitats següents:

Plàstic	Combustió	Fusió	Color de la flama	Olor dels gasos
PTFE	Ni crema ni es carbonitza			---
SI	Es crema a alta temperatura amb cendra blanca			Aromàtic
UF	Es carbonitza sense fer flama.			A urea (orina)
PF				A fenol
MF				A peix o amoníac
PVC	Crema, però s'apaga quan s'aparta de la flama		Verda	Àcid i picant
CR				Goma cremada
CS			Groga	A llet cremada
PC		Es fon en cremar		Indefinit
PMMA	Segueix cremant suaument fora de la flama		Blava	Afruitada
PE		Es fon i es torna transparent		A cera cremada
PP				A cera cremada, àcida
PA		Es fon i goteja		A pèl cremat
PS			Brillant amb fum negre i volves	A sucre cremat
ABS		Es fon i goteja	Groga amb fum negre	Característic

3.4. Assajos mecànics

No són discriminatoris com els anteriors, però en són complementaris.

Assaig de fractura:

- El PS, el PMMA i els termosteables (UF, PF, MF) es trenquen per impacte.
- Quan l'ABS es trenca, la línia de fractura és blanca.

Assaig de ratllat amb l'ungla:

- El PE, ratllada visible.
- El PP, ratllada no visible.

3.5. Assajos amb dissolvents

Els plàstics no són solubles ni en aigua ni en dissolvents orgànics, però la seva diferent resistència a aquests productes permet obtenir informació rellevant per a la seva identificació. Per fer l'assaig és suficient deixar caure sobre la mostra unes gotes de dissolvent i fregar amb una barreta de vidre o amb el dit. Si el dissolvent ataca el plàstic, aquest atac es manifesta pel tacte enganxós que adquireix. El mateix atac es pot comprovar posant en un tub d'assaig amb el dissolvent un petit tros del plàstic; en aquests cas l'atac es fa visible per l'inflament del fragment de plàstic. Per assegurar-se que un determinat plàstic és atacat per un determinat dissolvent, pot ser convenient realitzar les dues modalitats d'assaig. Poden obtenir-se els resultats següents:

DISSOLVENT	EFFECTE	PLÀSTICS
Tetraclorur de carboni	Atac	PS
	Cap	PE, PP, PMMA, ABS, PC, PVC, PA
Acetat d'etil	Atac	PS, ABS, PC
	Cap	PE, PP, PMMA, PVC, PA
Tetracloretilè	Atac	PS
	Cap	ABS

3.6. Activitat d'identificació de plàstics

Material necessari

Gots de precipitats

Tubs d'assaig

Ganiveta

Martell

Bec Bunsen o encenedor

Aigua

Tetraclorur de carboni

Acetat d'etil

Tricloretilè

Mostres de plàstic identificades: PE, PP, PS, UF, PS, ABS, etc.

Mostres-problema de plàstic numerades.

Mostres dels plàstics del trepant analitzat.

Cal realitzar els assajos prenent les precaucions habituals al laboratori, sobretot amb els vapors dels dissolvents, tant per la seva toxicitat, com per la seva inflamabilitat (cas de l'acetat d'etil i el tricloroetilè). L'aula ha d'estar ventilada i cal mantenir els flascons de dissolvent tapats i allunyats de les flames.

3.6.1. Realització d'assajos amb mostres conegudes

Es tracta de realitzar els assajos estudiats amb mostres conegudes per tal de familiaritzar-se amb la seva mecànica i aprendre a llegir-ne els resultats. Hom ha de prendre nota de la pròpia percepció de les olors, de les combustions, dels fums, de les línies de fractura, etc. al seu quadern de treball per completar el que de manera general trobem a les taules.

Sempre que calgui, al llarg de les futures recerques s'ha de realitzar un assaig amb un producte conegut per tal d'utilitzar-lo com a referència en l'assaig de productes desconeguts.

3.6.2. Identificació de les mostres problema

L'activitat consisteix a identificar un seguit de mostres problema. A mesura que es realitzin els assajos, caldrà anar omplint el full de resultats adjunt (Identificació de plàstic *).

3.6.3. Identificació dels plàstics del trepant elèctric

En el marc de l'activitat d'estudi del trepant elèctric, ara cal intentar identificar el plàstic de la carcassa, el del cable elèctric i el de l'embalatge, tot prenent-ne mostres que no destrueixin la màquina. Utilitza el full adjunt (Identificació de plàstic **).

TECNOLOGIA INDUSTRIAL
Identificació de plàstics *

Nom: _____

Curs: _____

Data: _____

TAULA DE RESULTATS

	Densitat	Dissolvents			Assaig a la flama		Assajos mecànics			Observacions	Resultat
		Tetraclorur de carboni	Acetat d'etil	Tricloroetilè	Combustió	Olor	Fractura	Ratllat	Rigidesa		
Mostra 1											
Mostra 2											
Mostra 3											
Mostra 4											
Mostra 5											
Problema 1											
Problema 2											
Problema 3											
Problema 4											
Problema 5											

OBSERVACIONS:

TECNOLOGIA INDUSTRIAL
Identificació de plàstics **

Nom: _____

Curs: _____

Data: _____

TAULA DE RESULTATS DE LA IDENTIFICACIÓ DELS PLÀSTICS DE _____

	Peça o lloc de procedència de la mostra	Funció	Densitat	Dissolvents			Assaig a la flama		Assajos mecànics			Observacions	Resultat
				Tetraclorur de carboni	Acetat d'etil	Tricloroetilè	Combustió	Olor	Fractura	Ratllat	Rigidesa		
Mostra 1													
Mostra 2													
Mostra 3													
Mostra 4													
Mostra 5													
Mostra 6													

OBSERVACIONS: _

Activitat 4: La transformació dels plàstics

4.1. Introducció

El plàstic surt de la gran indústria química productora presentat comercialment en forma de sacs de granalla, sacs de pols o bidons de líquid. Per als termoplàstics la forma més habitual és la de granalla, és a dir, petites peces amb forma i mida de lletania o petit cilindre. Sota aquesta forma els polímers són fàcilment transportables, mesurables i introduïbles als processos de fabricació.

Quan es tracta de termoplàstics el procés de fabricació dels objectes segueix sempre la mateixa seqüència:

- a) - estovament de la granalla de plàstic fins a formar una massa fluida.
- b) - conformació de la massa per donar-li la forma requerida.
- c) - refredament de l'objecte conformat.

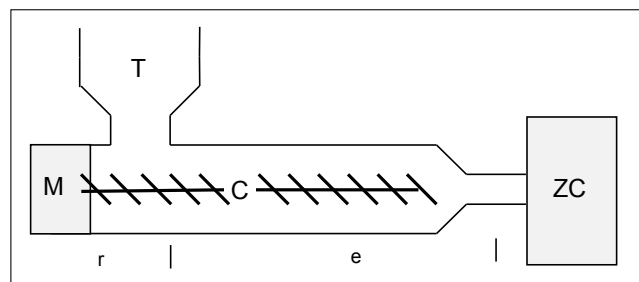
L'estovament de la granalla s'acostuma a fer normalment amb resistències elèctriques i fins a una temperatura variable segons el polímer de què es tracti i el procés de conformació a seguir, però que es situa sobre els 250°C.

La conformació dels termoplàstics es realitza per diferents mètodes, els principals són els següents: injecció, extrusió, extrusió amb bufat, calandratge, termoconformat al buit i emmotllat d'escumes.

En el cas dels termoendurents, la pols és introduïda directament al motlle on és solidificada pel calor.

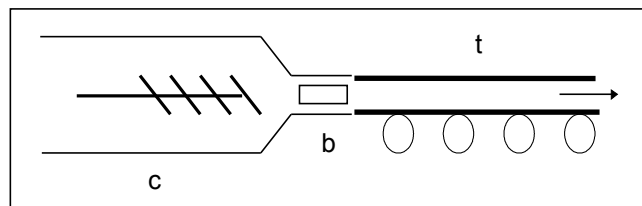
4.2. L'extrusió i la injecció

Són els procediments més habituals de fabricació d'objectes de plàstic. El procés consisteix a fondre el plàstic, donar-li la conformació desitjada per acció de la pressió i refredar-lo perquè mantingui la forma obtinguda. És fa de la manera següent:

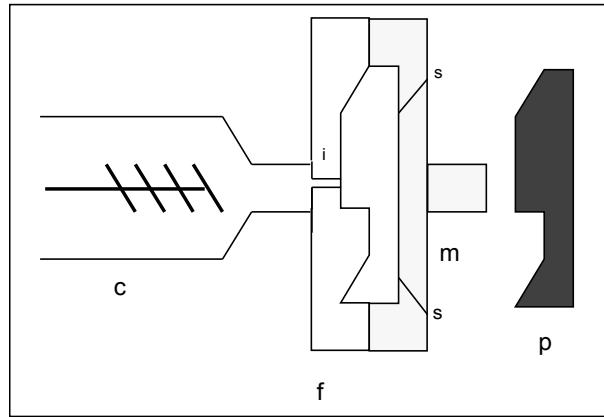


La granalla és alimentada a través d'una tramuja (T). Un motor (M) fa girar un cargol sense fi (C) que comprimeix el plàstic fluïdificat i l'introdueix a la zona de conformació (ZC). La zona de la tramuja i de la primera part del cargol (r) és mantinguda refrigerada perquè el polímer no es fongui i no s'obturi l'entrada. Un cop ja és al cargol, el plàstic entra en una zona d'escalfament (e) que el deixa a la fluïdesa necessària per a ser injectat.

4.2.1. Si el producte a fabricar és de perfil continu el procés que es realitza a la zona de conformat és una **extrusió**. Sota el nom d'extrusió es coneix el procés pel qual es conformen materials de secció contínua a partir d'una primera matèria fluïdificada; així és fan per extrusió el tub de coure, els macarrons de pasta de sopa, els perfils d'alumini i les mànegues de plàstic. En el cas dels objectes de plàstic, el material extrusionat és, òbviament, la granalla del polímer adequat a cada aplicació. El plàstic és empès pel cargol sense fi (c) contra un bec (b) que dóna forma al perfil continu (t). Es fabriquen per extrusió les canonades d'aigua i cable elèctric, les mànegues de rec, els perfils per a la construcció, els llistons per fer marcs, els passamans, etc.)

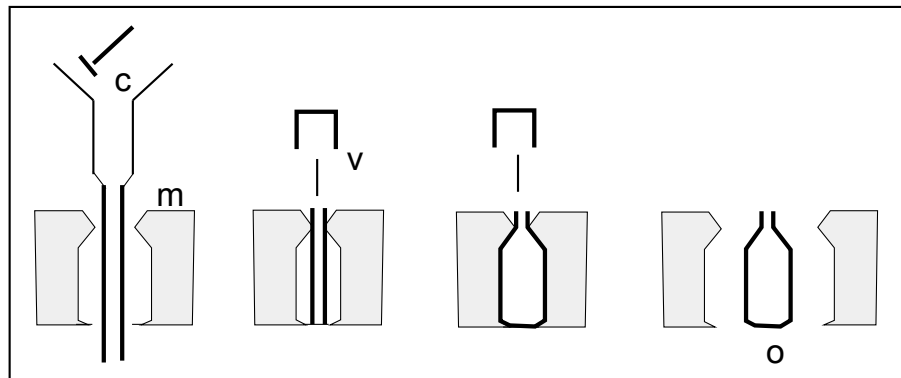


4.2.2. Si el producte a fabricar s'obté donant-li la forma dins un motlle, el procés que es realitza a la zona de conformat és una **injecció**. El motlle té una part fixa (f) i una part mòbil (m) que ajusten perfectament. El plàstic fos procedent del cargol sense fi (c) és introduït a pressió dins el motlle a través del conducte d'injecció (i). L'aire del motlle surt per les sortides (s). Quan el motlle és ple, es deixa refredar fins que ja no hi ha risc que la peça obtinguda (p) es deformi en ser extreta.



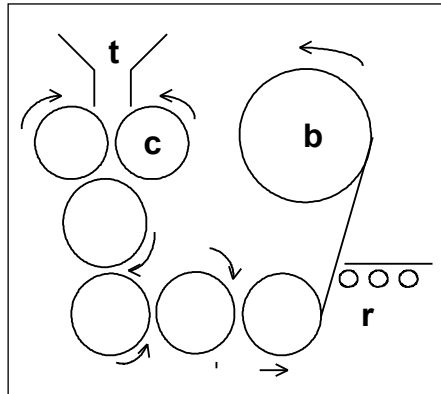
Per aquest procediment s'obtenen taps, joguines, caixes, coberts, cubells, parafangs de cotxes, etc.

4.2.3. Hi ha un procés mixt dels dos anteriors que és **l'extrusionat amb bufat dins el motlle**. És el que s'utilitza per fabricar, per exemple, les ampolles d'aigua. La granalla fosa procedent del cargol sense fi (c) és extrusionada dins un motlle (m). En tancar-se la part inferior s'injecta aire per una vàlvula (v) aconseguint-se així que es formi un objecte de paret prima i de forma exacte a la del motlle. Finalment, s'obre el motlle per alliberar l'objecte obtingut (o).



4.3. Calandratge

És el procediment utilitzat per fabricar planxes, pel·lícules i fulles de termoplàstic. La granalla del polímer és fluidificada per escalfor i, a través d'una tramuja (t) és forçada a passar per entre un seguit de cilindres escalfats anomenats calandres (c) que el van laminant. El gruix aconseguit depèn de la velocitat de rotació i de la distància que separi les calandres (galga). Si el producte final és una làmina rígida, és transportada pels corrns (r); si és una pel·lícula flexible, és recollida a la bobina (b). La flexibilitat o rigidesa de la làmina obtinguda depèn de la naturalesa del polímer i de la quantitat de plastificant que s'hi hagi afegit.

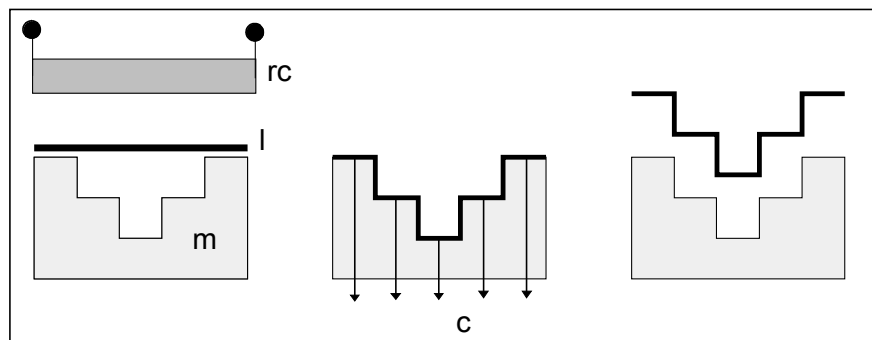


Aquest mètode permet obtenir productes de molt bona qualitat d'acabat, però la maquinària té un cost molt elevat.

4.4. Termoconformat al buit

S'utilitza aquest mètode per obtenir objectes a partir de làmines de plàstic, com ara pots de iogurt, barrets de plàstic, carcasses, interiors de nevera, bases expositores per a caixes de bombons o de sabons, etc.

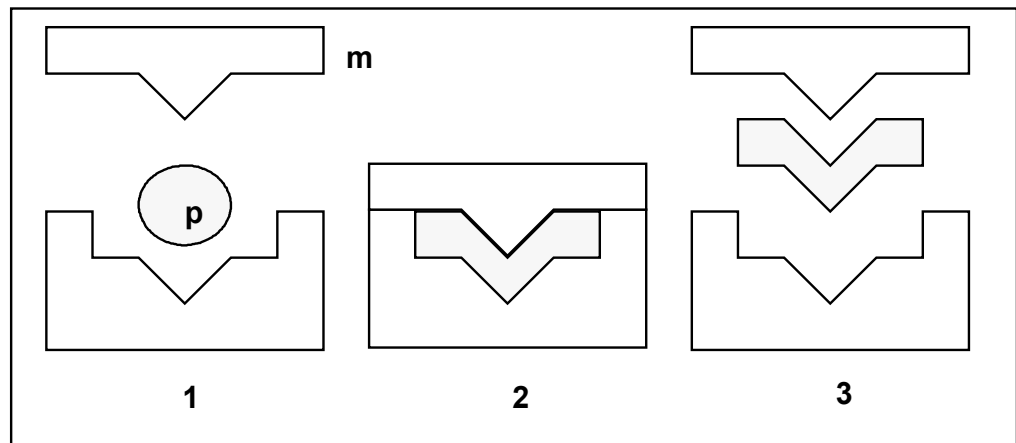
La làmina de termoplàstic (l) és posada sobre el motlle (m) i és escalfada per una resistència ceràmica (rc); quan ja té la flexibilitat suficient s'aplica el buit a través dels conductes (c) del motlle i la làmina pren la forma exacta d'aquest. Es deixa refredar i es desemmotlla. Aquest procediment permet treballar amb motlles de baix cost (fusta, pasta de paper, etc.), però és un procés lent.



4.5. L'emmotllat de termoestables

Les resines termoestables es subministren en forma de pols. Per fabricar objectes, el procés és el següent:

- En una premsa d'entre 150 i 600 tones es disposa un motlle (m) de dues peces; una d'inferior fixa i convexa, i una de superior mòbil. (1)
- El motlle és omplert amb una quantitat perfectament pesada de pols del polímer (m).
- Es tanca el motlle i s'escalfa, normalment per mitjà d'una resistència elèctrica. En escalfar-se, el polímer pren rigidesa en tres dimensions. (2)
- Es desemmotlla la peça i es deixa refredar. (3)



4.6. El disseny d'objectes de plàstic

En dissenyar un objecte de plàstic cal tenir en compte una bona quantitat de variables. L'equilibri entre elles és el que determinarà la solució final. Inicialment cal tenir en compte els aspectes següents:

- Ús que ha de tenir l'objecte.
- Requeriments de resistència mecànica.
- Requeriments de resistència química.
- Requeriments d'aspecte: estètica, tacte...
- Requeriments ergonòmics.

Normalment, en base a les dades anteriors hom ja pot determinar amb quins tipus de plàstics es pot fabricar l'objecte, però per a la decisió final caldrà encara tenir en compte els aspectes següents:

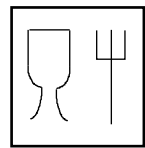
- Preu màxim que l'objecte pot tenir al mercat.
- Preu del motlle o motlles necessaris.
- Facilitat d'emmotllat o injecció.
- Producció horària requerida.

Analitzem aquest components un a un.

L'ús que ha de tenir l'objecte determina en la gran majoria de vegades el plàstic a emprar. Això és així precisament perquè la gran varietat de plàstics existents és deguda a la seva progressiva especialització. Només buscar efectes estètics i publicitaris molt determinats, justifica l'increment de cost que suposa fabricar bosses per a botigues d'un material diferent al polietilè; o, en un altre exemple, és gairebé impossible competir en qualitat i prestacions en el mercat de les vaixelles de càmping si no s'utilitzen resines de melamina.

Els **requeriments de resistència mecànica**, juntament amb els de resistència química, són els més determinants. La resistència a l'impacte o al ratllat, a la flexibilitat, a la tracció, etc. fan cada plàstic apte per a uns determinats usos. Així, per exemple, un envàs de xampú amb un tap emmotllat al mateix temps que el cos, demana que el plàstic pugui flexar-se tantes vegades com calgui per obrir i tancar l'envàs sense que es trenqui, això sol ja farà que s'hagi de descartar el poliestirè i calgui pensar en, per exemple, el polipropilè. Si tornem a les bosses de plàstic de botiga, el producte que es vengui determinarà la galga de la làmina de plàstic: una botiga de vins requerirà bosses més resistents que una botiga de roba.

El concepte de **resistència química** inclou tant els aspectes referits a la conservació del propi objecte de plàstic, com a la del producte que ha de contenir. Els plàstics que han d'estar en contacte amb els productes alimentaris han de complir uns determinats requisits, tots ells encaminats a garantir que l'aliment no es contaminarà. Així, per exemple, la inèrcia del poliestirè el fa adequat per envasar iogurt i formatge fresc. Els plàstics aptes per a ús alimentari, tant els destinats a envasar productes com les vaixelles i contenidors de líquids, porten el distintiu de la figura. Si es tracta, per exemple, de fabricar juguines, caldrà seleccionar plàstics resistents a les mossegades dels nens, tan pel que fa a la fractura com pel que fa a l'estabilitat química.



La resistència química dels plàstics és la que determina, també, quin s'ha de seleccionar per contenir determinats productes químics o per treballar en determinades atmosferes industrials.

Els **requeriments d'aspecte** estan molt lligats a les possibilitats de penetració en el mercat. Els colors vius dels colorants orgànics, per exemple, s'utilitzen molt més que els colors més apagats, però molt més estables que els colorants minerals. La calidesa al tacte i a la visió és, sovint per davant de la resistència, l'element decisiu a l'hora de seleccionar plàstics per a les carcasses dels aparells de so.

L'**ergonomia** és un altre dels factors essencials del disseny. La perfecta adaptació a la mà dels petits electrodomèstics, de les eines o de les màquines elèctriques manuals, no és només una qüestió de comoditat, sinó també d'eficàcia en la feina i de prevenció d'accidents i de malalties professionals.

En dissenyar els objectes de plàstic, cal tenir sempre present **el motlle** que els haurà de fabricar. Un disseny enginyós pot significar un gran estalvi en la fabricació del motlle. Els motlles per a la injecció de termoplàstics i per a l'emmotllat de termoestables es fan amb metall. El procediments més emprats per fabricar motlles són l'electroerosió i el mecanitzat tradicional. L'electroerosió és el procediment consistent a fondre, a partir de la maqueta inicial, un model en plata de l'objecte a fabricar, el qual és emprat a la màquina d'electroerosió per donar forma al motlle de ferro. L'exactitud aconseguida així és enorme. A l'hora de fer els motlles, cal preveure que el plàstic fluidificat arribi arreu, que hi hagi sortides per a l'aire, que el calor sigui uniforme i que es pugui desemmotllar la peça fàcilment.

Finalment, com en tota activitat industrial, el **preu** de l'objecte fabricat és un element determinant. El preu del polímer emprat, el preu del motlle, el rendiment horari de la màquina de transformació, la major o menor necessitat de mà d'obra, el cost de l'embalat i del transport, el preu que el mercat en pot pagar, etc., són els factors que, combinats, determinaran la viabilitat o no d'un disseny determinat.

TECNOLOGIA INDUSTRIAL
Anàlisi ergonòmica del trepant

Nom: _____

Curs: _____

Data: _____

TAULA DE RESULTATS

	Color	Tacte	Subjecció	Funcionament
Cos				
Interruptor principal				
Altres comandaments:				
...				
...				
...				
Agafadors				
Desmuntatge per a reparacions				
Altres...				

OBSERVACIONS: