

Tecnologie di Recupero e Riciclo dei Materiali

Alberto Simboli

3.

I MATERIALI NELLA PRODUZIONE

3.1. INTRODUZIONE

Origine dei materiali

I materiali, dal punto di vista della loro origine si possono suddividere in tre grandi famiglie:

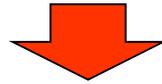
▪ **MATERIALI NATURALI:** sono quelli che vengono utilizzati così come si trovano in natura (pietra, sabbia, lana, legno, ecc.).

▪ **MATERIALI NATURALI MODIFICATI:** sono quelli che conservano inalterati la loro composizione interna ma sono parzialmente trasformati dall'uomo nella forma e nelle caratteristiche (legno compensato, pelle, tessuto, benzina, ecc.).

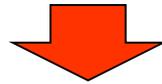
▪ **MATERIALI ARTIFICIALI:** sono quelli la cui composizione è completamente nuova perché ottenuta attraverso particolari processi di trasformazione (cemento, carta, gomma, plastica, ecc.).

Adozione di un materiale

MATERIALE



PROPRIETÀ



APPLICAZIONI



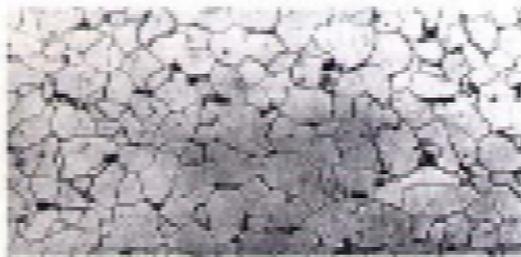
SCELTA PRODUTTIVA

(criteri tecnici - economici - ambientali -...)

Struttura dei materiali



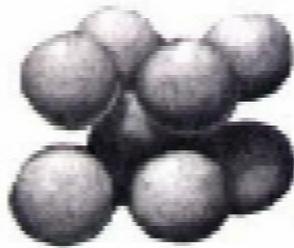
A



B



C



La materia è costituita da grani (fig.A), o granuli, aderenti gli uni agli altri, ma separati da linee sottili e irregolari (bordi dei grani).

I materiali metallici e ceramici, ad es. hanno struttura **CRISTALLINA**, nella quale gli atomi si dispongono ordinatamente, seguendo una struttura geometricamente definita. I materiali polimerici hanno invece struttura **AMORFA**.

La struttura di un materiale incide sulle sue proprietà.

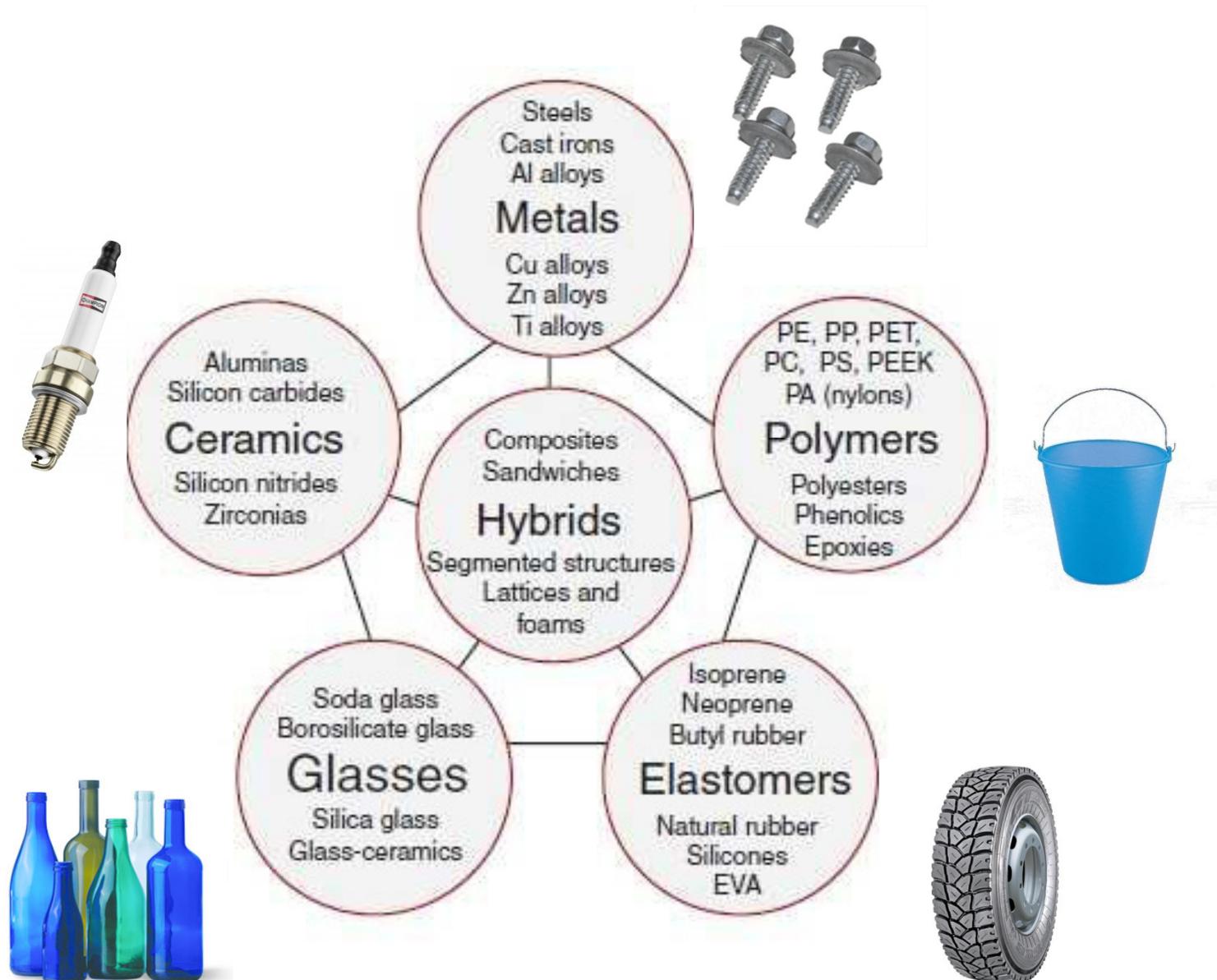
Si dice *isotropo* un materiale che presenta le stesse proprietà in tutte le direzioni .

I cristalli a loro volta sono formati da piccolissime particelle (atomi) non visibili neppure al microscopio.

Gli atomi di un cristallo sono disposti con regolarità geometrica in modo da formare il cosiddetto reticolo cristallino (fig. B).

Il reticolo cristallino è una gabbia tridimensionale di linee immaginarie che uniscono i centri degli atomi disposti nello spazio.

Struttura: le famiglie di materiali



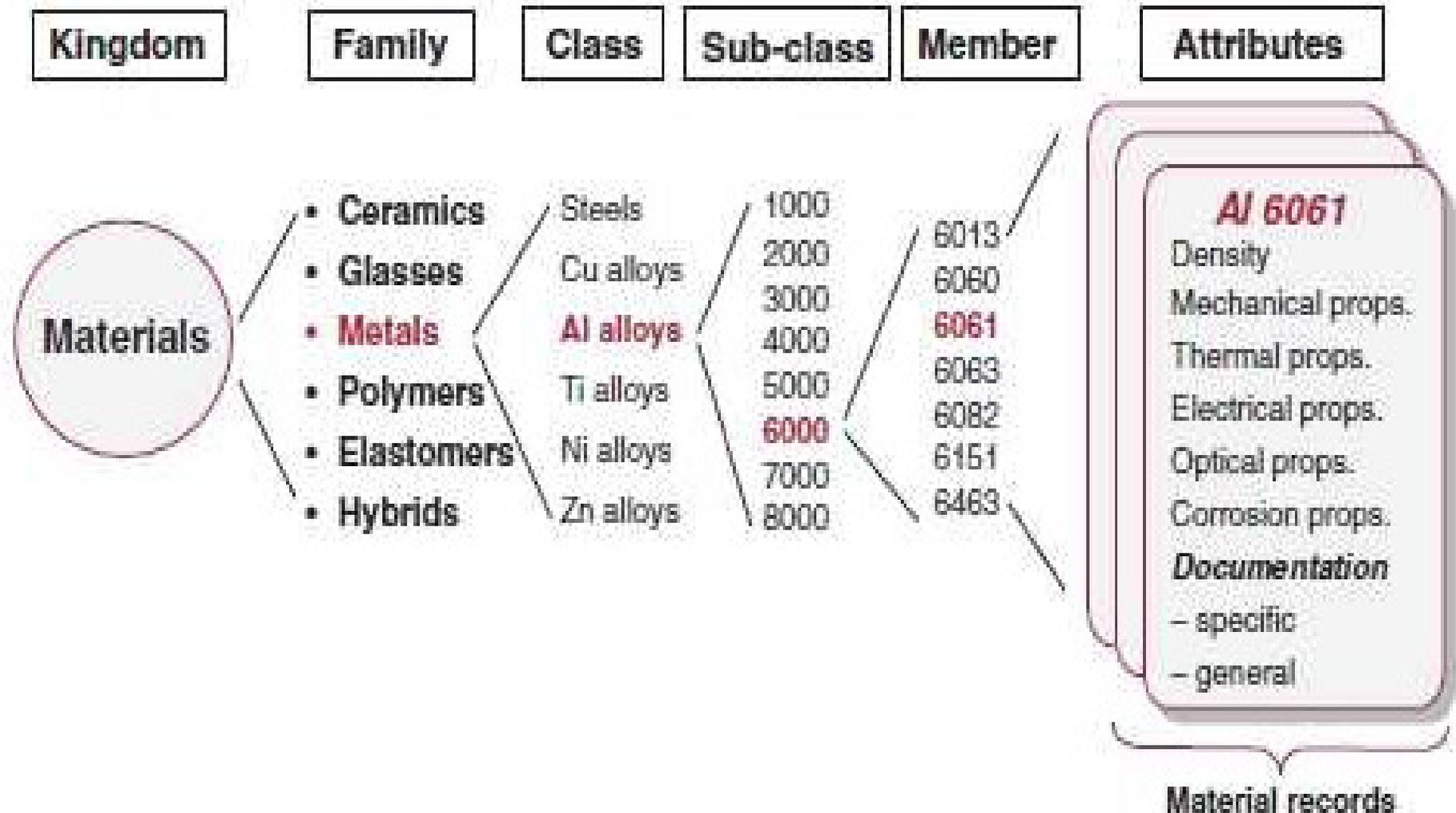
Discipline

✓ **SCIENZA DEI MATERIALI:** È la scienza che studia le relazioni esistenti tra la struttura dei materiali e le loro proprietà

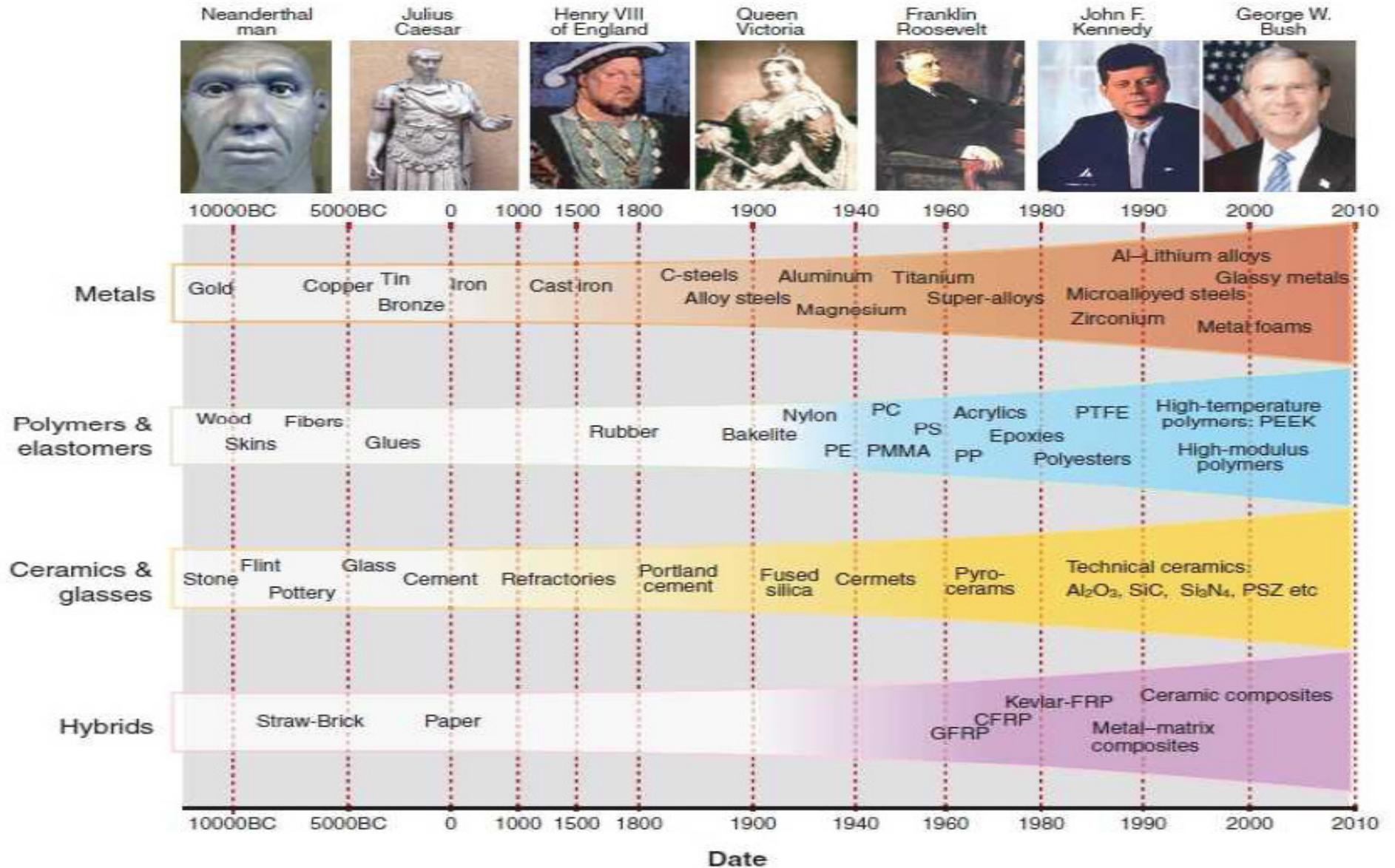
✓ **TECNOLOGIA DEI MATERIALI:** È lo studio dell'applicazione e dell'impiego dei materiali con particolare riferimento ai processi di produzione e trasformazione delle materie prime in prodotto finito

✓ **INGEGNERIA DEI MATERIALI** È la progettazione della struttura di un materiale per ottenere determinate proprietà sulla base delle correlazioni tra struttura e proprietà del materiale stesso

Tassonomia dei materiali



Evoluzione dei materiali



Ciclo di vita dei materiali

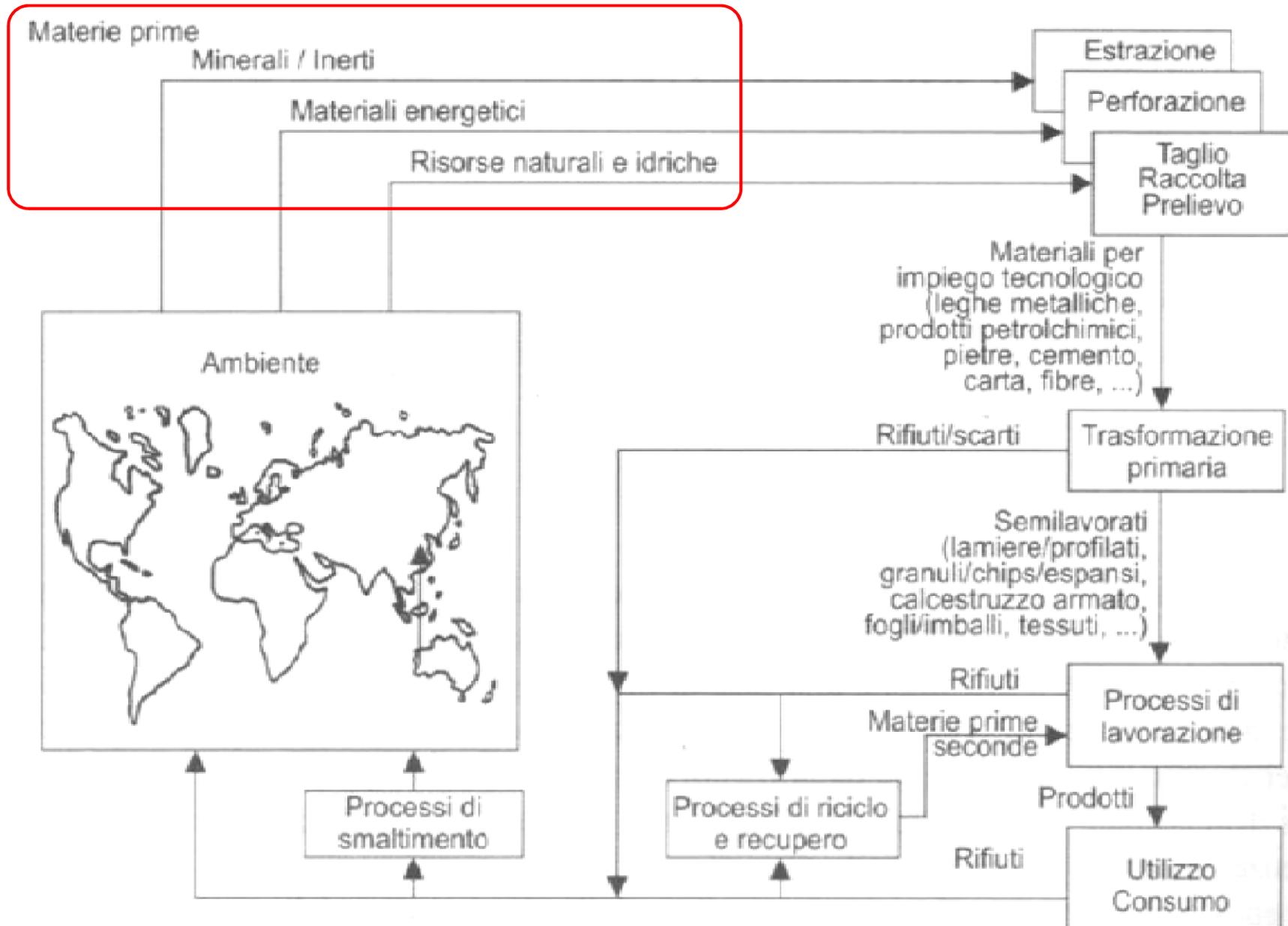


Tabella 17.2 Costi energetici dei materiali (espressi in MJ/kg).

Classe	Materiale	Energia (MJ/ kg)
Metalli ^(c)	Acciai (metallurgia primaria, cioè da minerale)	25.6 ^(a)
	Acciai (metallurgia secondaria, cioè da rottame)	10.7 ^(a)
	Leghe di alluminio (metallurgia primaria)	199.8 ^(a) ←
	Leghe di alluminio (metallurgia secondaria)	11.7 ^(a) ←
	Leghe di magnesio (metallurgia primaria)	410-420 ←
	Leghe di rame (metallurgia primaria)	95-115
	Leghe di rame (metallurgia secondaria)	12.5 ^(a)
	Leghe di zinco (metallurgia primaria)	67-73
	Leghe di zinco (metallurgia secondaria)	52 ^(a)
	Leghe di piombo (metallurgia primaria)	28-32
	Leghe di piombo (metallurgia secondaria)	25,4 ^(a)
Polimeri	Polietilene bassa densità (LDPE)	80-104
	Polietilene alta densità (HDPE)	103-120
	Polipropilene (PP)	108-113
	Polistirene (PS)	96-140
	Polivinilcloruro (PVC)	67-92
	Nylon 66 (PA)	170-180
	Gomma naturale	5,5-6,5
	Gomma sintetica	120-140
Ceramici e vetri	Vetri	13-23
	Fibre di vetro	38-64
	Ceramiche	6-15
	Laterizi (mattoni, ...)	3,4-6,0
	Refrattari	1-50
Compositi	Polimeri rinforzati con fibre di vetro (GFRP)	90-120
	Polimeri rinforzati con fibre di carbonio (CFRP)	130-300
Altri materiali e input	Cemento	4.50-8.0
	Calcestruzzo	3-6
	Calcestruzzo armato	8-20
	Ghiaia, pietrisco	0.1
	Pietre da costruzione	1.8-4.0
	Legni duri, legni dolci	1.8-4.0
	Solventi	9.8
	Oli	44
	Carta, cartoni	8
	Acqua	1.4 (MJ/m ³) ^(b)

^{a)} situazione italiana 1999

3.2.

**CARATTERISTICHE
E PROPRIETA'**

Proprietà dei materiali

Tutti i materiali hanno delle proprie caratteristiche che li differenziano notevolmente. La conoscenza di queste ultime consente di utilizzare il materiale più idoneo ad ogni specifica applicazione.

Le proprietà dei materiali possono essere così classificate:

•**PROPRIETÀ CHIMICHE-STRUTTURALI:** riguardano la composizione chimica e la loro struttura interna. Rientrano tra le proprietà chimiche, anche i fenomeni che si producono fra il materiale e l'ambiente esterno (ossidazione, corrosione, ecc.).

•**PROPRIETÀ FISICHE:** si riferiscono alle caratteristiche generali dei materiali, in relazione agli agenti esterni, quali il calore, la gravità, l'elettricità ecc.

•**PROPRIETÀ MECCANICHE:** riguardano la capacità dei materiali di resistere all'azione di forze o sollecitazioni esterne a cui i materiali vengono sottoposti durante il loro impiego.

•**PROPRIETÀ TECNOLOGICHE:** riguardano l'attitudine dei materiali a subire le varie lavorazioni tecnologiche attraverso le quali vengono prodotti i pezzi meccanici.

1. Proprietà CHIMICHE



(a) Fresh water



(b) Salt water

>SALINITA'

>ACIDITA'/
ALCALINITA'



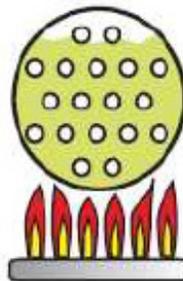
(c) Acids and alkalis



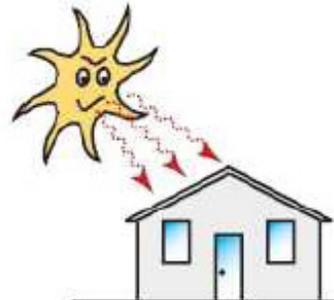
(d) Organic solvents

>POTERE SOLVENTE

>POTERE
OSSIDANTE



(e) Oxidation



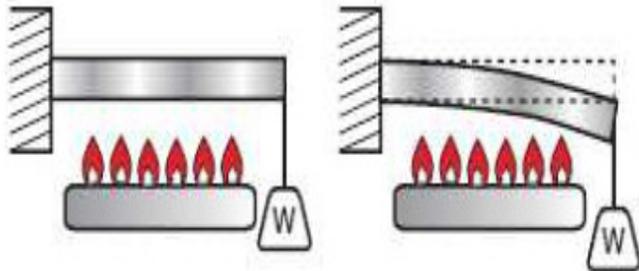
(f) UV radiation

>RESISTENZA UV

2. Proprieta' FISICHE:

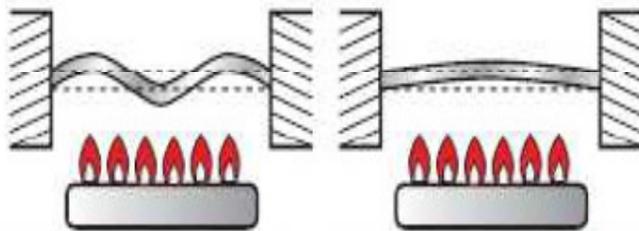
- **TERMICHE:** definiscono il comportamento di un materiale quando viene sottoposto a somministrazione o sottrazione di energia termica (calore)
- **ELETTRICHE:** caratterizzano il comportamento dei materiali nei confronti dell'energia elettrica
- **MAGNETICHE:** descrivono il comportamento dei materiali quando sono sottoposti all'azione di un campo magnetico
- **ACUSTICHE:** definiscono il comportamento dei materiali quando sono sollecitati da onde acustiche
- **OTTICHE:** definiscono il comportamento dei materiali quando sono colpiti da raggi luminosi

TERMICHE



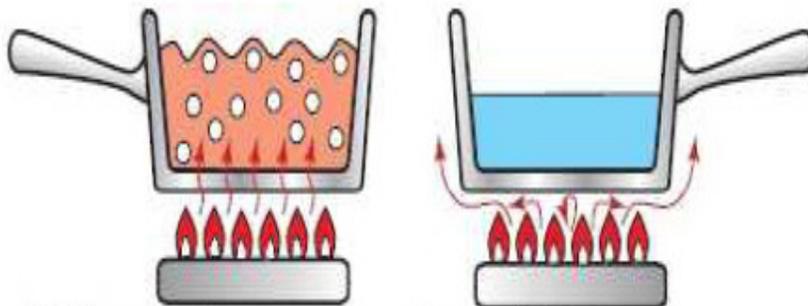
(a) High service temperature T_{max} Low service temperature T_{max}

>TEMPERATURA DI SERVIZIO



(b) High expansion coefficient α Low expansion coefficient α

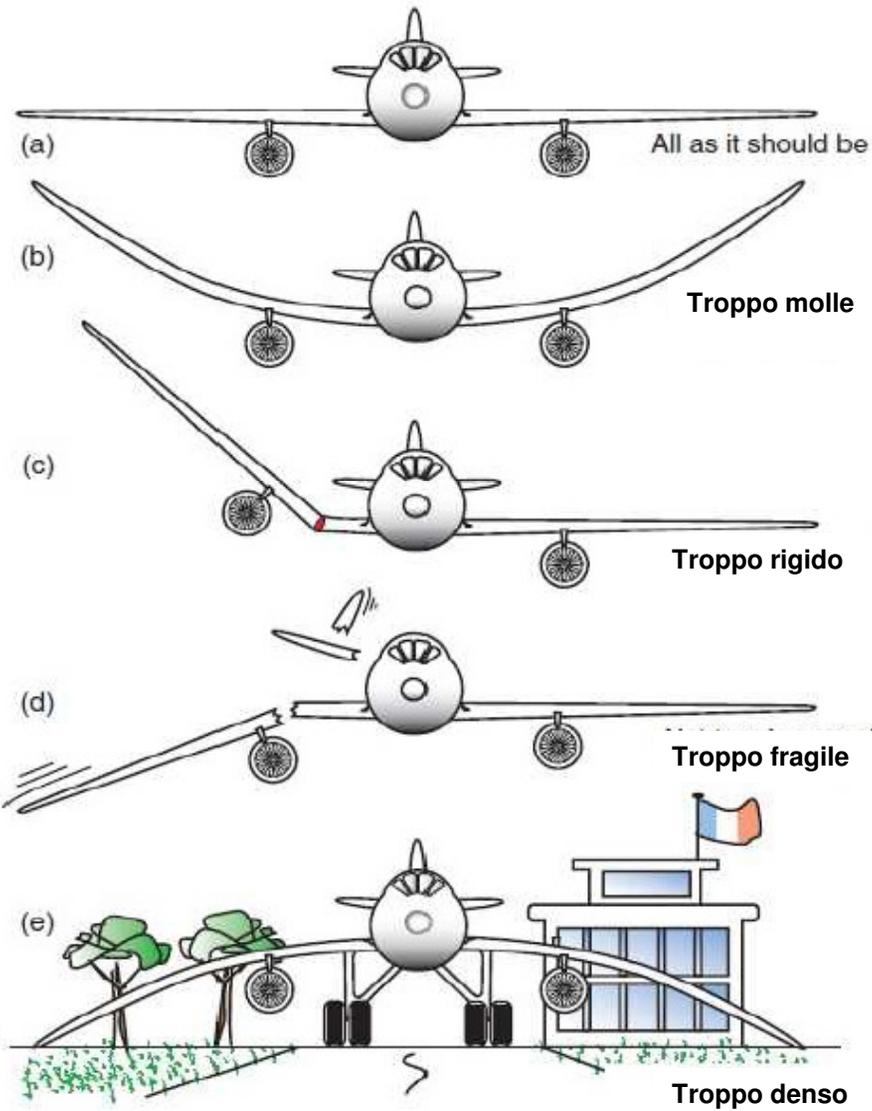
>COEFFICIENTE DI ESPANSIONE



(c) High conductivity λ Low conductivity λ

>CONDUTTIVITA'

3. Proprietà MECCANICHE



TUTTO COME DOVREBBE ESSERE

>ELASTICITA'

>RIGIDITA'

>FRAGILITA'

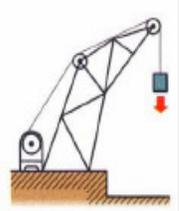
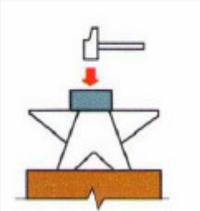
>DENSITA'

3. Proprietà MECCANICHE (continua)

Le forze applicate ai materiali possono essere di tipo diverso e i materiali, a loro volta, hanno una diversa capacità di resistere ai vari tipi di forze.

Le forze infatti possono variare per il **tempo** di applicazione, per il **punto** o la superficie di applicazione, per la **direzione** che assumono rispetto al corpo stesso, ecc.

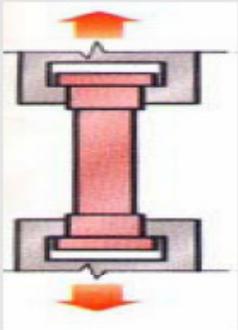
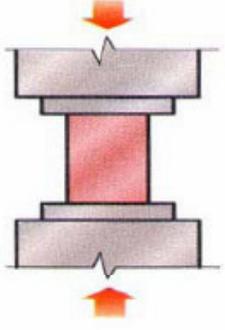
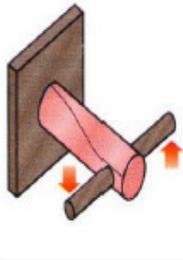
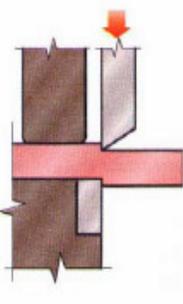
Le principali proprietà meccaniche sono:

Forze statiche	Forze dinamiche
<p>Le forze applicate con gradualità e continuità nel tempo (ad esempio per più di un minuto) sono dette statiche. La capacità dei materiali di contrastare queste forze è detta resistenza alla deformazione.</p>  <p>a - Forza statica</p>	<p>Le forze applicate in tempi brevi (ad esempio sottoforma di urto, per meno di 1/10 di secondo), vengono dette dinamiche. La capacità dei materiali di contrastare queste forze è detta resilienza.</p>  <p>b - Forza dinamica</p>

TIPI DI SOLLECITAZIONI

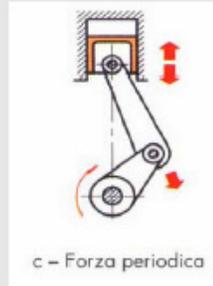
Le forze statiche applicate all'esterno dei corpi vengono dette **carichi** e generano nel suo interno un insieme di sollecitazione che tendono a deformarlo.

I principali tipi di sollecitazioni sono:

<p>TRAZIONE Un corpo sollecitato a trazione quando due forze di uguale intensità sono dirette lungo l'asse geometrico del corpo e tendono ad allungarlo.</p>		<p>COMPRESSIONE Un corpo si dice sollecitato a compressione quando le forze dirette lungo l'asse, tendono ad accorciarlo.</p>		
<p>FLESSIONE Un corpo è sollecitato a flessione quando la forza applicata tende a piegarlo o a fletterlo. In questo caso la forza è perpendicolare all'asse del pezzo.</p>	<p>TORSIONE Un corpo è sollecitato a torsione quando è sottoposto a una forza che tende a far ruotare una sezione del pezzo rispetto alla sezione immediatamente adiacente.</p>		<p>TAGLIO Un corpo è sollecitato a taglio quando è soggetto ad una forza che tende a separare una parte rispetto ad un'altra.</p>	

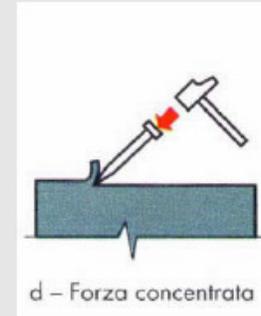
Forze periodiche

Quando le forze hanno un carattere ripetitivo nel tempo (come, ad esempio nel caso delle forze che agiscono decine di volte ogni secondo), sono dette forze periodiche.
La capacità dei materiali di resistere queste forze è detta **resistenza a fatica**



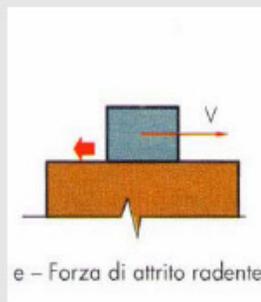
Forze concentrate

Le forze applicate in zone ristrette o puntiformi, vengono dette forze concentrate.
La capacità dei materiali di contrastare queste forze è detta **durezza**.



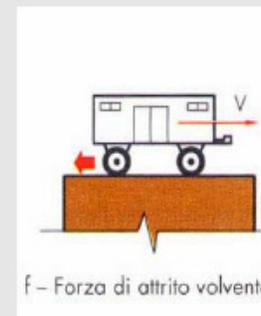
Forze di attrito radente

Sono forze che si manifestano tra le superfici di contatto di due corpi mobili fra loro striscianti
La capacità dei materiali che hanno di contrastare **queste forze si chiama resistenza all'usura**.



Forze di attrito volvente

Sono forze che si manifestano tra le superfici di contatto di due corpi mobili fra loro rotanti e la capacità dei materiali che hanno di contrastare **queste forze si chiama resistenza all'usura**.

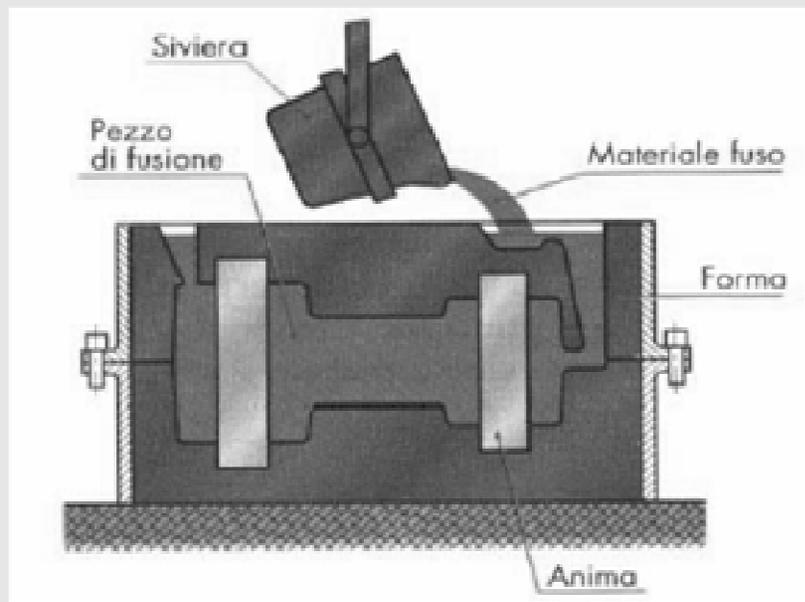


4. Proprieta' TECNOLOGICHE

Riguardano l'attitudine dei materiali a subire le varie lavorazioni tecnologiche attraverso le quali vengono prodotti i pezzi meccanici. Le principali proprietà tecnologiche sono:

La fusibilità

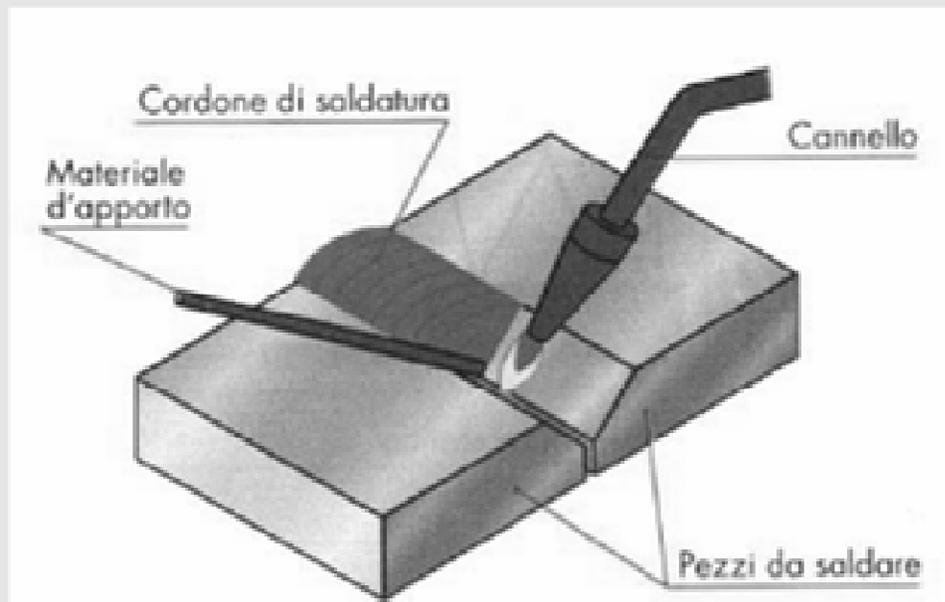
È l'attitudine di un materiale ad essere colato allo stato liquido dentro una forma per ottenere un getto di fusione.



4. Proprieta' TECNOLOGICHE

La saldabilità

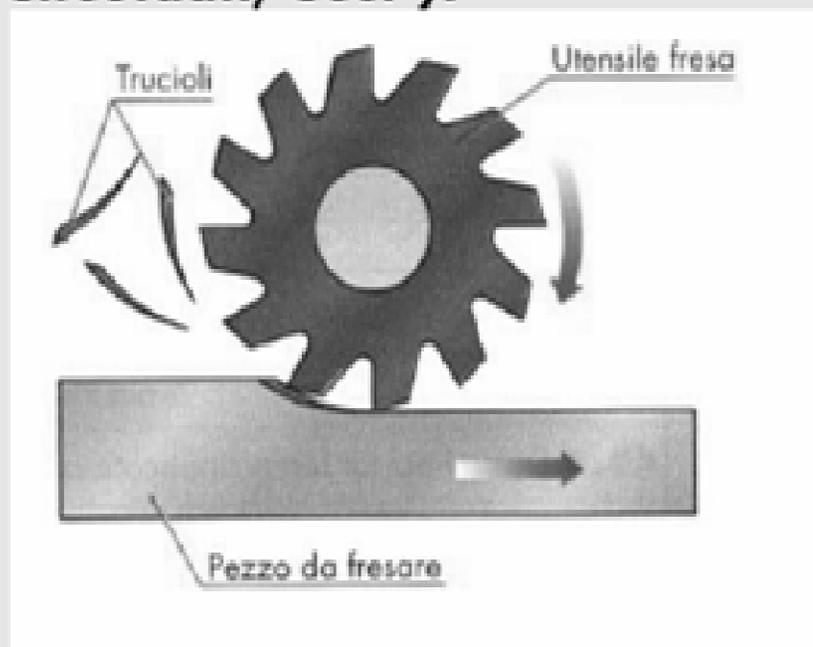
È l'attitudine di un materiale ad unirsi facilmente con un altro, di uguale o diversa natura, mediante fusione e/o aggiunta di materiale di apporto.



4. Proprieta' TECNOLOGICHE

La truciolabilità

È l'attitudine di un materiale a subire lavorazioni con asportazione di truciolo, mediante l'utilizzo di utensili montati su opportuna macchina (utensili per tornio, frese, punte elicoidali, ecc.).



4. Proprieta' TECNOLOGICHE

La plasticità

È la proprietà che manifestano alcuni materiali di deformarsi permanentemente, senza screpolarsi o rompersi, sotto l'azione di forze esterne.

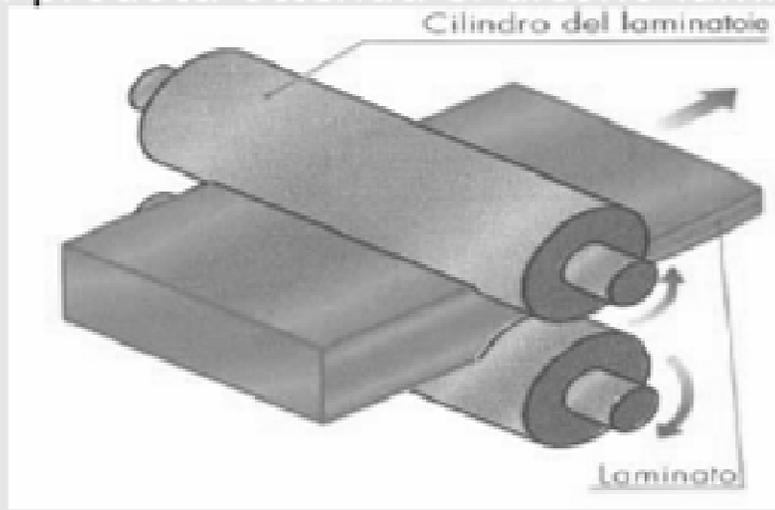


4. Proprieta' TECNOLOGICHE

La malleabilità

È l'attitudine di un materiale a lasciarsi ridurre, a caldo o a freddo, in lamine, senza screpolarsi o rompersi, mediante l'azione di presse, magli o laminatoi.

L'operazione che sfrutta questa proprietà si chiama laminazione e i prodotti ottenuti si dicono laminati.

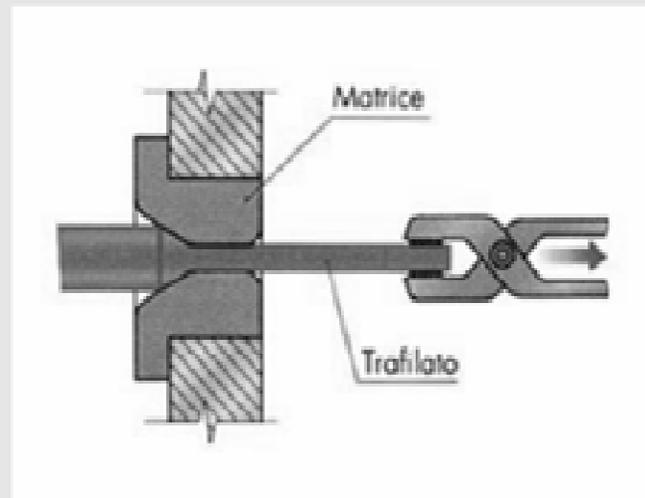


4. Proprieta' TECNOLOGICHE

La duttilità

È l'attitudine di un materiale a lasciarsi ridurre in fili senza rompersi se costretto a passare (per trazione) attraverso un foro di forma e dimensioni opportune.

L'operazione che sfrutta questa proprietà si chiama trafilatura e i prodotti ottenuti si dicono trafilati.

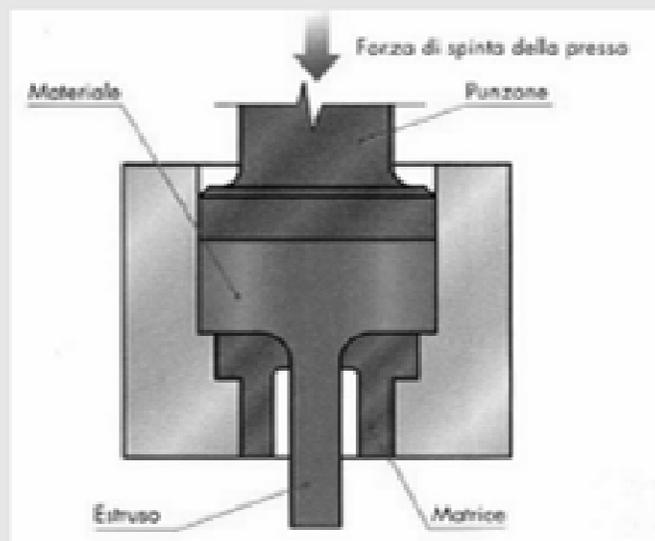


4. Proprieta' TECNOLOGICHE

L'estrudibilità

È l'attitudine di un materiale ad assumere forme determinate se costretto a passare (per spinta) attraverso un foro sagomato.

L'operazione che sfrutta questa proprietà è detta estrusione e i prodotti ottenuti si dicono estrusi.

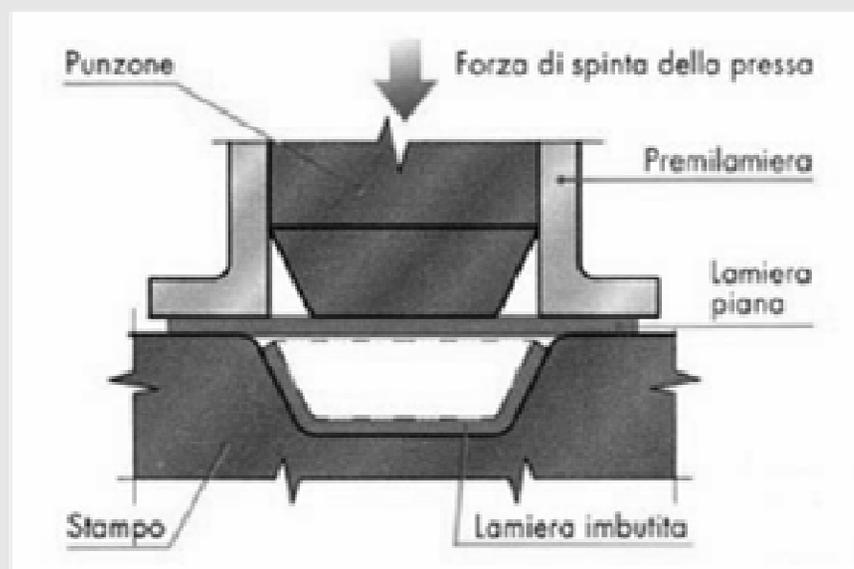


4. Proprieta' TECNOLOGICHE

L'imbutibilità

È l'attitudine di un materiale a lasciarsi deformare a freddo, ottenendo corpi cavi, senza rompersi o screpolarsi.

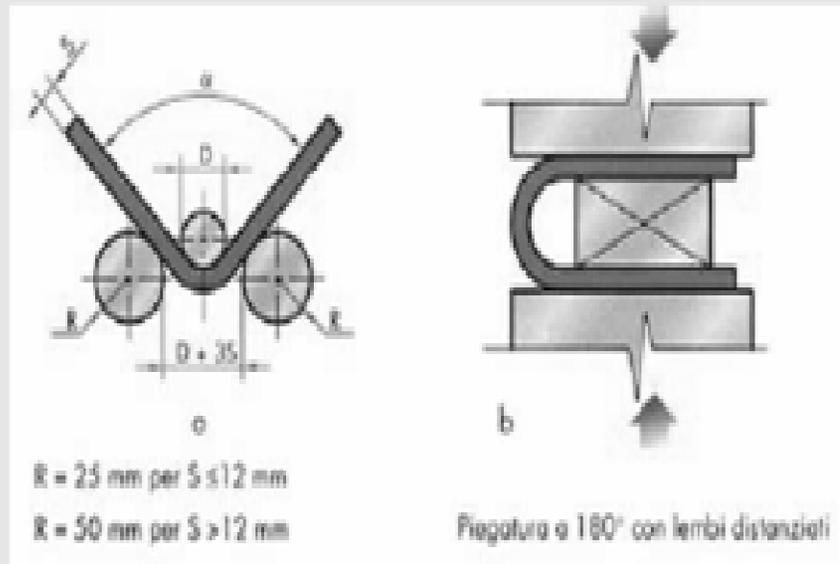
L'operazione che sfrutta questa proprietà si chiama imbutitura e i prodotti ottenuti si dicono stampati.



4. Proprieta' TECNOLOGICHE

La piegabilità

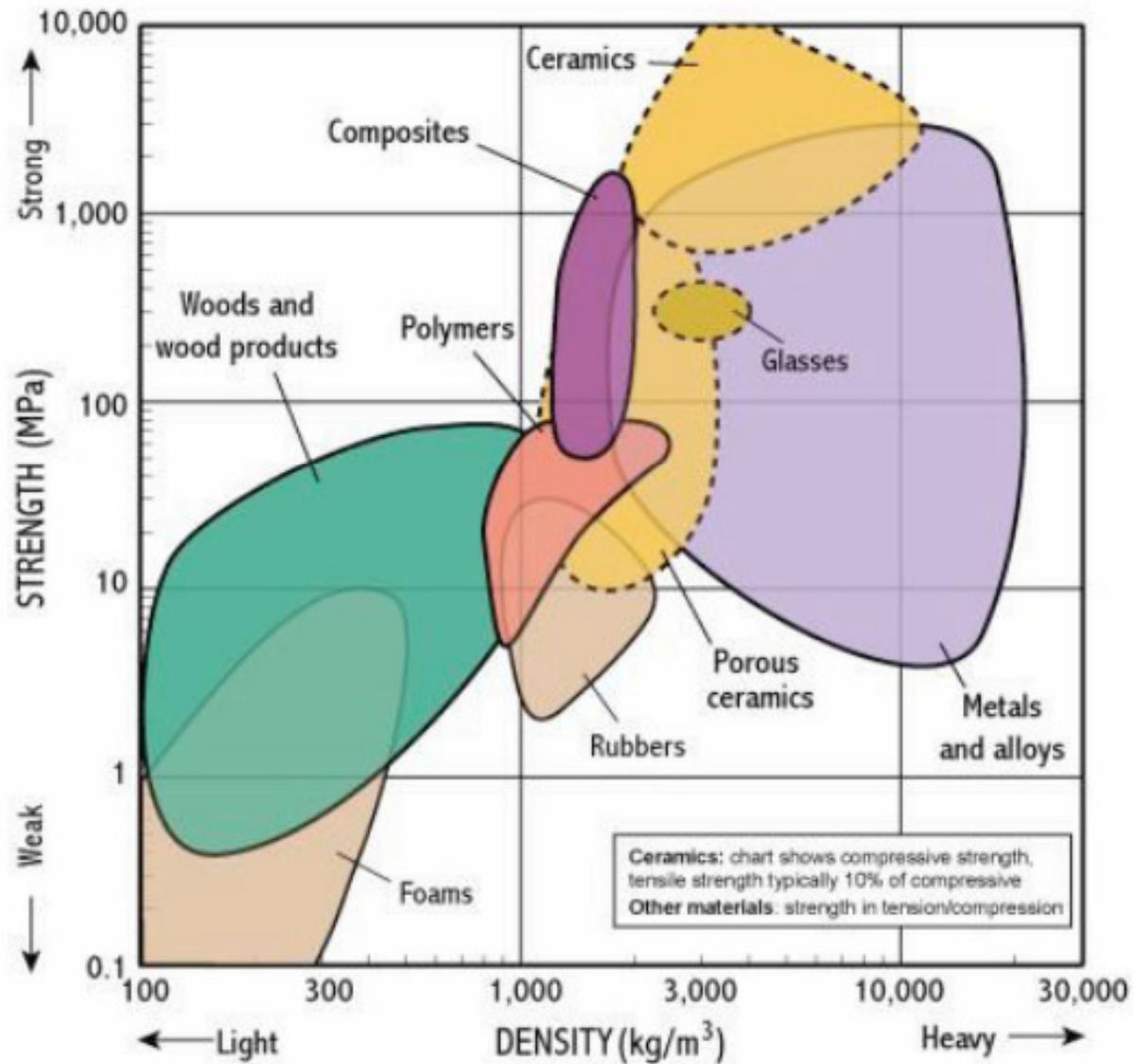
È l'attitudine di alcuni materiali a subire l'operazione di piegatura senza rompersi o screpolarsi.



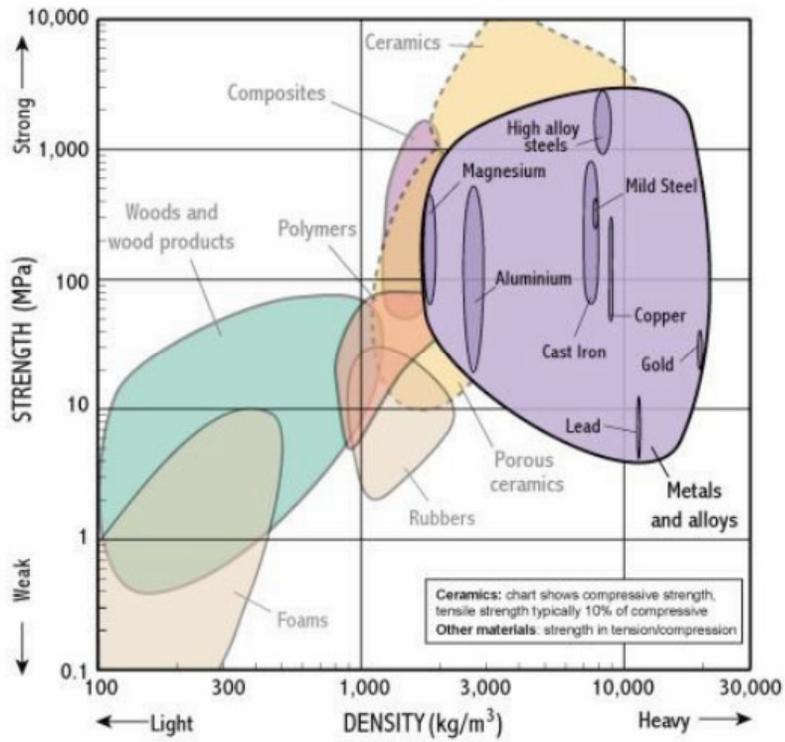
3.3. SCELTA

MATERIALE	Legame	Microstruttura	Vantaggi	Svantaggi
<p>→ Metalli e leghe Acciai e ghise Alluminio e leghe Rame e leghe Magnesio e leghe Nichel e leghe Titanio e leghe Zinco e leghe</p>	<p>Metallico</p>	<p>Grani cristallini</p>	<p>Resistenza Rigidezza Duttilità Conduc. Elettrica</p>	<p>Peso Corrosione</p>
<p>→ Polimeri Naturali (gomma, legno, vernici, bitumi, adesivi) Artificiali (termoindurenti, termoplastici, elastomeri)</p>	<p>Catene di molecole</p>	<p>Catene di molecole</p>	<p>Costo Leggerezza Resist. Corrosione</p>	<p>Resist. Meccanica Resist. Temperatura Rigidezza Scorrimento</p>
<p>→ Ceramici Tradizionali (cemento, mattoni, gesso, piastrelle, porcellana, pietre naturali) Vetro Speciali</p>	<p>Ionico Covalente</p> <p>Amorfo</p>	<p>Grani cristallini</p> <p>Amorfo</p>	<p>Resist. Meccanica Resist. Temperatura Resist. Corrosione Rigidezza Durezza</p>	<p>Fragilità</p>
<p>→ Compositi A matrice polimerica A matrice metallica A matrice ceramica</p>	<p>Vari</p>	<p>Matrice e fibre</p>	<p>Resist. meccanica Rigidezza Leggerezza</p>	<p>Costo Resist. Temperatura Delaminazione</p>

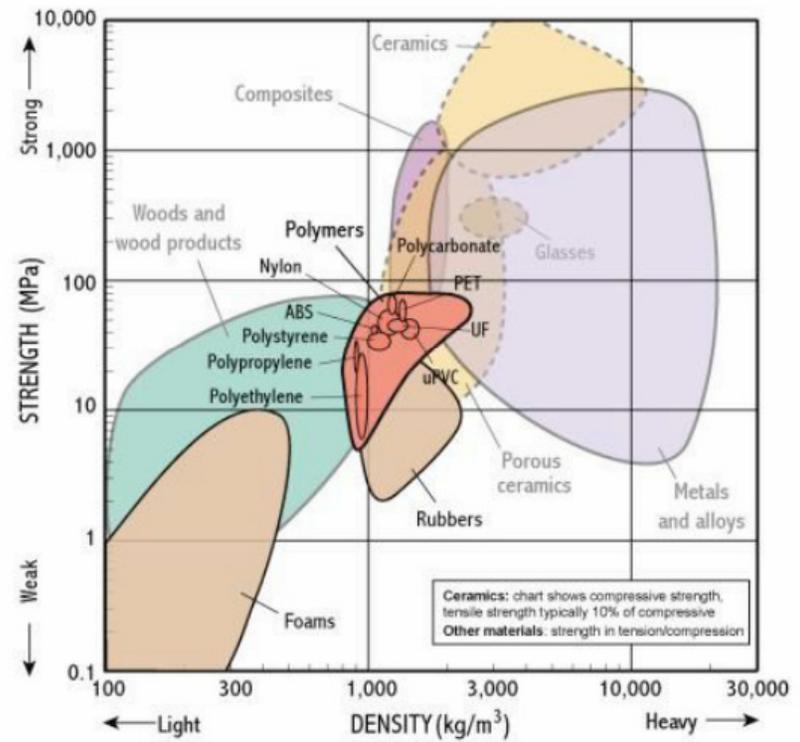
Resistenza-densità



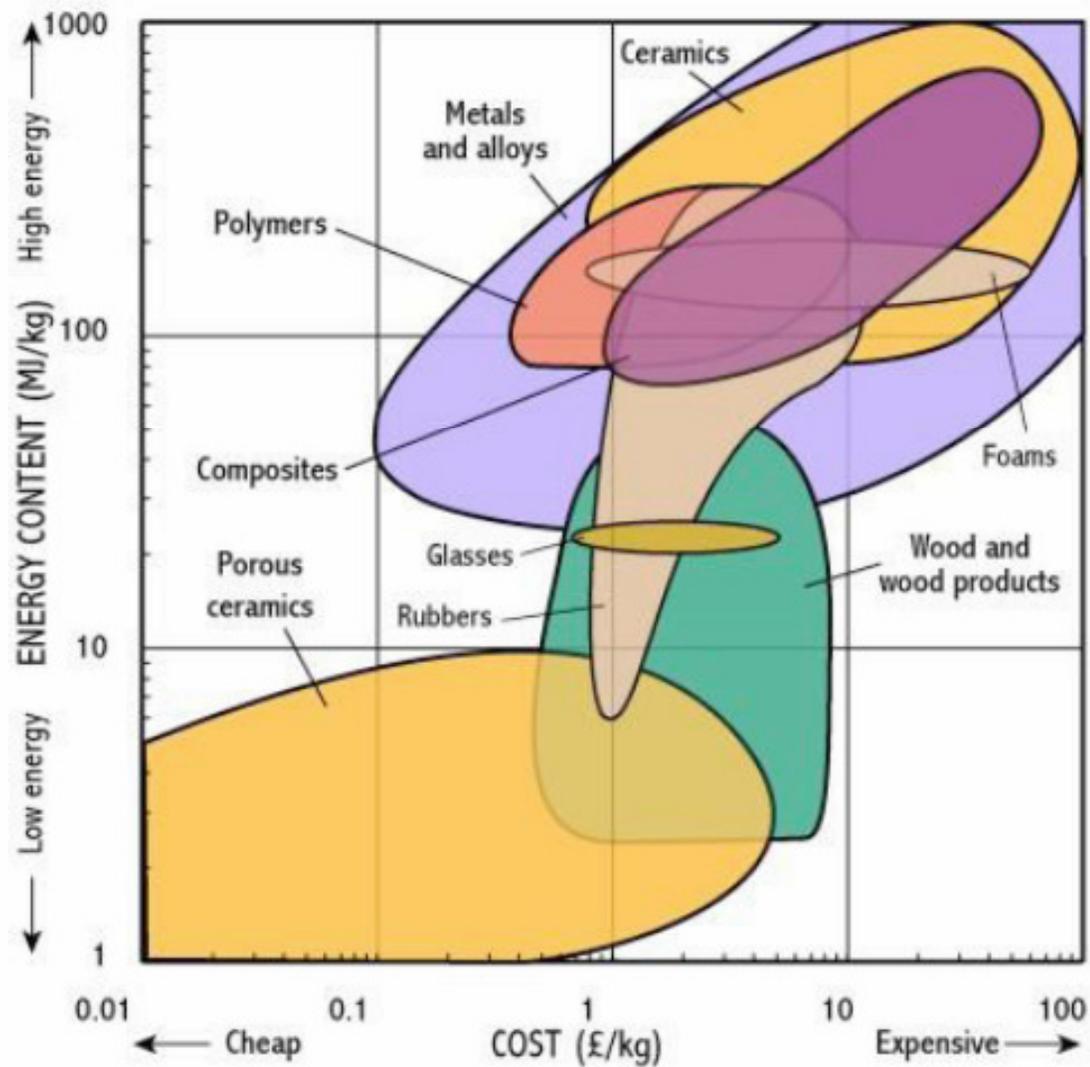
Resistenza-densità



Resistenza-densità



Energia di produzione-costo materiale



Costo riciclaggio-costo materiale

