

Principi e Metodologie della Progettazione Meccanica

Corso del II anno della laurea specialistica
in ingegneria meccanica

ing. F. Campana

**Progetto esecutivo – ruolo del fattore di sicurezza e principi per
ottimizzare la forma di un componente**

Il progetto esecutivo

Il primo passo di questa fase consiste nel **dimensionamento** di ogni sottogruppo funzionale del sistema di massima.

I criteri di dimensionamento specifici di ogni settore tecnico sono oggetto di altri corsi (ad es. Macchine, Elementi Costruttivi ,).

Nell'ambito della progettazione meccanica le linee guida del dimensionamento sono diverse a seconda del problema specifico:

- Dimensionamento a resistenza
- Dimensionamento a rigidità (deformazione)
- Dimensionamento a carico di punta
- Dimensionamento ad impatto (crash design)
- Dimensionamento ad alte temperature (scorrimento viscoso)

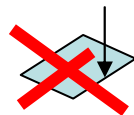
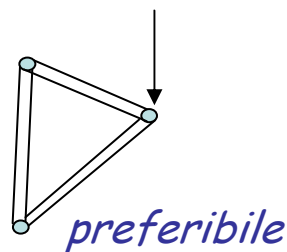
Focalizzato “l'insieme delle formule” adatte al dimensionamento occorre definire un arrangiamento della struttura/sistema **schematizzando carichi, vincoli e geometria della struttura (forma ed ingombri)**.

Principi di base per la forma di un componente

1. La forma e le modalità di applicazione dei carichi devono essere imposti ricercando ove possibile uno stato di tensione uniforme.
2. Le dimensioni generalmente si fissano imponendo che lo stato di tensione equivalente massima sia uguale a quello ammissibile (=tensione limite/coeff. di sicurezza), a meno che non ci siano altri vincoli quali ad es. nel caso di progettazione in base alla freccia massima.

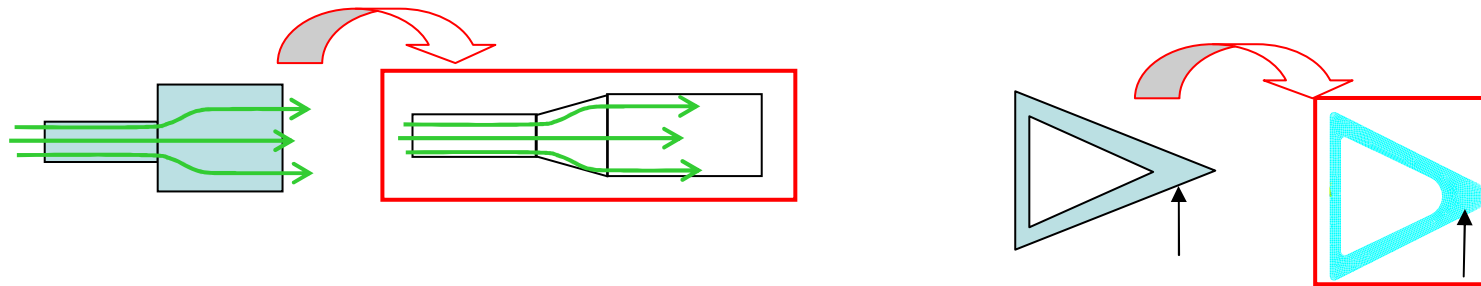
Dal punto 1 deriva la predilezione per sistemi reticolari piani o 3D caricati ai nodi. In questo modo si ottengono aste sottoposte solo a trazione o compressione.

Le strutture piane devono svilupparsi nel piano di applicazione dei carichi e le linee di flusso delle forze devono seguire percorsi diretti.



Principi di base per la forma di un componente

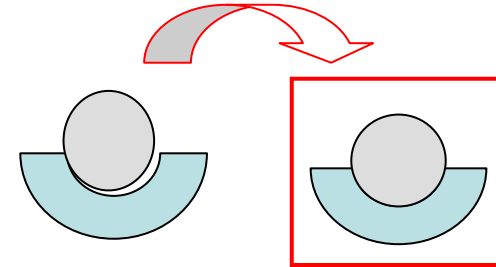
Levare il materiale nelle zone in prossimità di spigoli e variazione di sezione al fine di assecondare le linee di flusso (evitare “ristagni” o zone “non bagnate”)



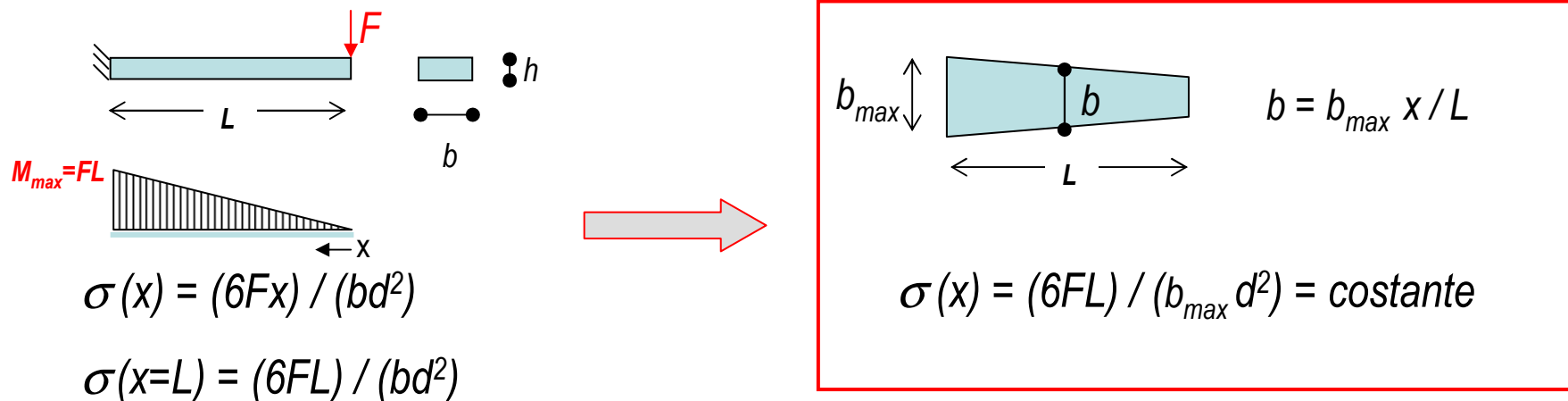
Sempre nell'ambito della ricerca di uniformità di deformazione/tensione si inserisce la richiesta di unire le flange con collegamenti in numero tale da ripartire in maniera uniforme il carico (es.: *flange circolari da unire con bulloni. E' preferibile 3/5 fori di diametro più piccolo anziché 2 di diametro maggiore. N.B. troppi fori però possono "indebolire la flangia"*)

Principi di ottimizzazione della forma di un componente

Quando si devono predisporre superfici di contatto occorre ridurre il più possibile la pressione di contatto, per fare ciò la proiezione piana delle superfici che si sovrappongono deve essere la più ampia possibile

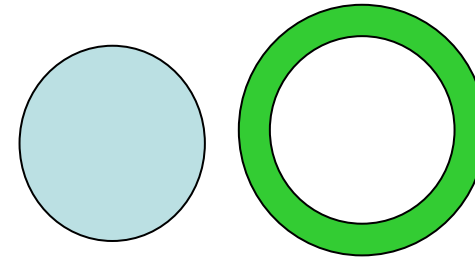
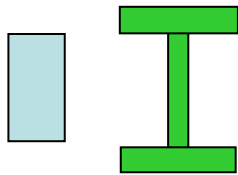


Quando non sia possibile evitare condizioni di flessione e/o torsione cercare di definire le forme in maniera tale che le tensioni siano uniformi. Un esempio di questo principio è l'ottimizzazione di una lamina sottoposta a flessione affinché la tensione massima sia costante lungo la linea d'asse.

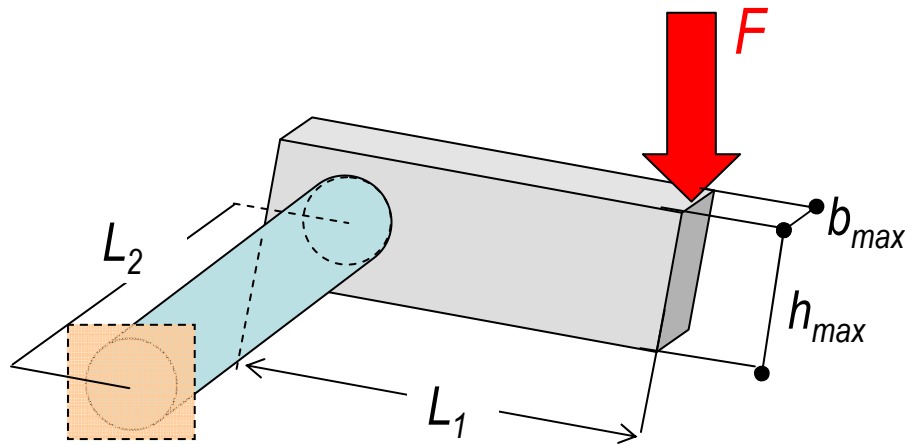


Principi di ottimizzazione della forma di un componente

Ottimizzare le sezioni sottoposte a flessione o torsione scegliendo le forme che ottimizzano i momenti di inerzia, consigliando di “alleggerire” lì dove le tensioni si avvicinano a zero



Esercizio: Applicare i criteri precedenti per progettare la forma ottimale per la struttura qui di seguito rappresentata.



$$F=600 \text{ N}$$

Ingombri massimi:

$$L_1=200 \text{ mm}$$

$$L_2=300 \text{ mm}$$

$$b_{max}=30 \text{ mm}$$

$$h_{max}=30 \text{ mm}$$

Dimensionamento e fattore di sicurezza

Il dimensionamento strutturale, a prescindere dal tipo di calcolo applicato, si risolve sempre in una condizione limite del tipo:

$$C = C_{lim} / X$$

C rappresenta la condizione di calcolo, nel caso del calcolo a resistenza è la tensione raggiunta per effetto del carico nella sezione di massima sollecitazione. Tale sollecitazione è funzione delle dimensioni incognite della geometria della sezione. Il legame avviene attraverso un **criterio di resistenza** in grado di riportare carichi comunque distribuiti ad una condizione monoassiale direttamente confrontabile con la tensione limite del materiale (ad es. criterio della tau massima)

C_{lim} rappresenta la **condizione limite del materiale** ovvero la soglia in corrispondenza alla quale avviene il cedimento in esame (in genere equivale alla tensione di snervamento).

X è il **coefficiente di sicurezza**, nel dimensionamento è una **grandezza nota** mentre nelle verifiche strutturali rappresenta l'elemento da verificare. Il suo compito è quello di garantire la struttura in modo che non raggiunga le condizioni limite del materiale.

I fattori che influenzano il raggiungimento di tale limite sono:

- Tipologia del carico,
- limiti della schematizzazione usata per il calcolo della funzione C (ad es. parziale applicabilità della teoria di De Saint Venant o dei criteri di rottura).
- Variazioni impreviste nella resistenza del materiale o limiti nella sua sperimentazione

Più è grande X più ci si mette a riparo da fallimenti ma nel contempo crescono le dimensioni, quindi i costi.
Come stabilire quindi X in accordo ad un giusto compromesso?

Alcune normative prescrivono specifici valori di X in base ad esigenze di sicurezza.

I manuali tecnici (ad es. Colombo, "Manuale dell'ingegnere", sezione F – Meccanica) per ciascun elemento propongono formule di dimensionamento e valori delle tensioni ammissibili (= C_{lim} / X) relative alle applicazioni più comuni.

La letteratura anglosassone (cfr. J. A. Collins, "Mechanical Design of Machine Elements and machines", Wiley and Son) propone il metodo illustrato a seguire.

Il fattore di sicurezza più crescere o diminuire in base alle condizioni riassunte negli otto punti qui esposti:

1. *Accuratezza con cui sono stato definiti i carichi*
2. *Accuratezza del calcolo dello stato tensionale*
3. *Accuratezza del carico limite in funzione delle condizioni di failure previste*
4. *Esigenza di ridurre costi, ingombri, materiali, ...*
5. *Conseguenze del danno*
6. *Qualità di fabbricazione*
7. *Gravità delle condizioni operative*
8. *Grado di ispezione e manutenzione durante l'esercizio*

In ogni caso progettuale bisogna valutare se per ciascuna delle otto voci si giustificano aumenti o riduzioni di X (nel primo caso vuol dire che le condizioni sono mal soddisfatte nel secondo invece sono più benevole del previsto).

Il valore di tali aumenti o diminuzioni viene fissato qualitativamente su una scala di quattro livelli:

$RN=\pm 1$ lieve necessità di modificare X

$RN=\pm 2$ moderata necessità di modificare X

$RN=\pm 3$ forte necessità di modificare X

$RN=\pm 4$ necessità estrema di modificare X

A questo punto si definisce un “tasso di rischio”, t , come la somma degli otto RN valutati per ciascuna voce.

Se t è \geq di -6 allora $X = 1 + ((10 + t)^2)/100$ altrimenti $X = 1.15$

Esempio

Si valuti il fattore di sicurezza nel caso di un carrello di atterraggio per un nuovo aereo di linea. Si consideri che si ha una conoscenza del materiale in uso superiore alla media, si prevede un eccellente livello di ispezione e manutenzione, si richiede una forte riduzione di materiale per alleggerire la struttura, si considerano gravi le conseguenze di un guasto. Gli altri fattori di rischio si ritengono noti nelle giuste proporzioni (ovvero non rilevanti).

<i>Accuratezza sui carichi</i>	<i>= 0 (nella media)</i>
<i>Accuratezza sullo stato tensionale</i>	<i>= 0 (nella media)</i>
<i>Accuratezza del carico limite</i>	<i>= -1 (superiore alla media)</i>
<i>Esigenza di ridurre costi, ingombri, materiali, ...</i>	<i>= -3 (forte riduzione di peso)</i>
<i>Conseguenze del danno</i>	<i>= +3 (gravi conseguenze)</i>
<i>Qualità di fabbricazione</i>	<i>= 0 (nella media)</i>
<i>Gravità delle condizioni operative</i>	<i>= 0 (nella media)</i>
<i>Grado di ispezione e manutenzione in esercizio</i>	<i>= -4 (eccellente)</i>

$$t = -5 \longrightarrow X = 1 + 0.25$$

Esempio

Si valuti il fattore di sicurezza nel caso del gruppo di trasmissione meccanica per il mescolamento della cioccolatiera. Si consideri che non si ritengono per nulla rilevanti le conseguenze del danno in virtù dei sistemi di sicurezza prevista, la conoscenza delle caratteristiche del materiale e della qualità di fabbricazione sono più che sufficienti, si predilige un sistema leggero.

<i>Accuratezza sui carichi</i>	<i>= 0 (non rilevante)</i>
<i>Accuratezza sullo stato tensionale</i>	<i>= 0 (non rilevante)</i>
<i>Accuratezza del carico limite</i>	<i>= -1 (+ che suff.)</i>
<i>Esigenza di ridurre costi, ingombri, materiali, ...</i>	<i>= -1 (riduzione di peso)</i>
<i>Conseguenze del danno</i>	<i>= -3 (no gravi conseguenze)</i>
<i>Qualità di fabbricazione</i>	<i>= -1 (+ che suff.)</i>
<i>Gravità delle condizioni operative</i>	<i>= 0 (non rilevante)</i>
<i>Grado di ispezione e manutenzione in esercizio</i>	<i>= 0 (non rilevante)</i>

$$\overline{t} = -6 \longrightarrow X=1.16$$