

Gestione della qualità – Capitolo 5

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Carlo Noè

Università Carlo Cattaneo – LIUC

Istituto di Tecnologie

cnoe@liuc.it

Design for X

Nel DfX si raggruppano tutti gli strumenti utilizzati in progettazione che abbiano come scopo il miglioramento della prestazione di un processo inerente la fabbricazione ovvero l'esercizio di un prodotto.

Alla X si associa pertanto un processo (*manufacturability, inspectability, assembly, etc.*) del quale sia possibile misurare l'efficienza e/o l'efficacia in modo da poter stabilire obiettivi da conseguire con l'applicazione della tecnica.

Il capostipite dei *tools* DfX è il *Design for Manufacturing and Assembly - DFMA*

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

(Boothroyd & Dewhurst, 1977)

- a. Si parte con la valutazione dei problemi di montaggio si passa poi a quelli di fabbricazione avendo come obiettivo primario la semplificazione dei processi.
- b. Il primo concetto da applicare è la riduzione delle parti componenti il prodotto. Per comprendere se una parte può essere eliminata si deve innanzitutto partire da un'ipotesi di progetto e di processo di montaggio. Quindi ogni parte deve essere esaminata secondo tre criteri ciascuno dei quali può essere sintetizzato in una domanda.

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

- 1) Durante l'uso del prodotto la parte si muoverà rispetto alle altre già montate ?
 - 2) La parte deve essere costruita in un materiale differente rispetto alle altre già montate, ovvero ne deve essere isolata ?
 - 3) La parte deve essere distinta dalle altre già montate perché altrimenti sarebbe impossibile il montaggio o lo smontaggio di altre parti ?
- Se la risposta ad almeno una delle tre domande fosse positiva allora la parte è critica e deve essere distinta dalle altre.
 - Il numero minimo di parti costituenti il prodotto è dato dal numero delle parti critiche.

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

c. Il passo successivo consiste nello stimare il tempo complessivo di montaggio nonché il grado di difficoltà delle varie operazioni.

Ogni parte deve essere esaminata da due punti di vista:

- come deve essere afferrata, orientata e preparata per il suo montaggio;
- come viene montata e/o fissata sul prodotto.

Per calcolare i tempi di montaggio si ricorre all'MTM o a metodi simili.

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

- d. Si procede quindi l'analisi della fabbricazione (DFM).

Si valutano i costi di diversi processi per consentire al progettista di valutare alternative differenti e prendere le decisioni più opportune di *trade-off*. Questo modo di procedere consente anche di anticipare eventuali trattative con i fornitori per l'acquisto di componenti o servizi.

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Esempio di applicazione

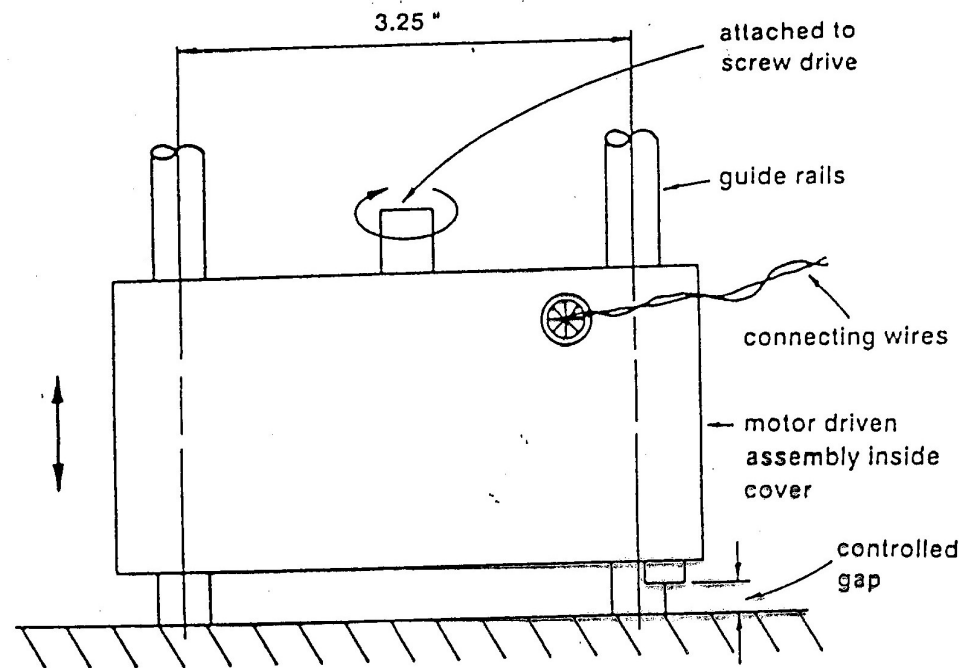


Figure 1.2 Configuration of required motor-drive assembly.

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Esploso di partenza

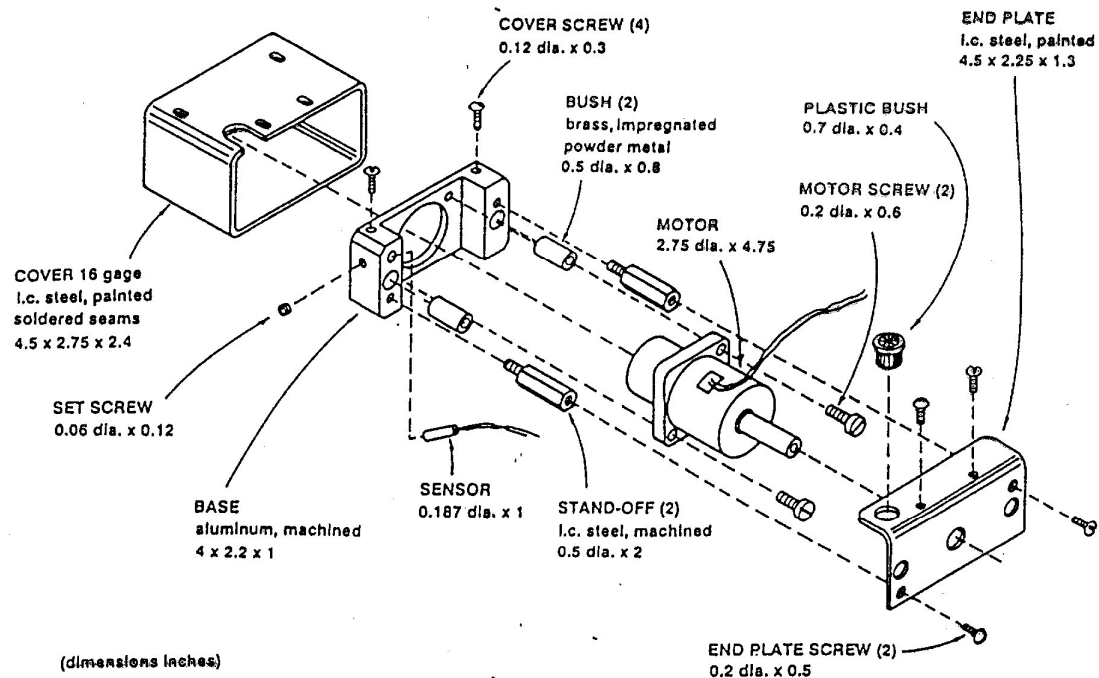


Figure 1.3 Initial design of motor-drive assembly.

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Per determinare il numero minimo di parti si è proceduto nel modo seguente:

- La base deve essere sistemata in un alloggiamento col quale non può essere integrata; quindi è una **parte critica**.
- Le due boccole in ottone possono essere sostituite con un diverso disegno della base.
- Il motore è un componente standard acquistato. Non è considerato nell'analisi. **Parte critica**.
- Le due viti per il fissaggio del motore potrebbero non essere necessarie.
- Il sensore è un altro componente d'acquisto. **Parte critica**
- La vite per trattenere il sensore potrebbe non essere necessaria.
- I due pioli potrebbero essere incorporati nella base o nel coperchio.
- La piastra di chiusura deve essere distinta per problemi di montaggio. **Parte critica**.
- Le viti per il fissaggio della piastra di chiusura potrebbero non essere necessarie.
- La bussola in plastica per la fuoriuscita del cavo potrebbe essere dello stesso materiale della piastra di chiusura e quindi incorporata in essa.
- Anche il coperchio potrebbe essere combinato con la piastra di chiusura.
- Infine, anche le quattro viti per la chiusura del coperchio potrebbero non essere quindi necessarie.

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Al termine di questa analisi si potrebbe immaginare un prodotto composto da sole 4 (numero teorico minimo) parti anziché da 19, considerando i tre criteri citati in precedenza.

Occorre però giustificare economicamente e tecnologicamente l'eliminazione delle parti.

Si potrebbe quindi valutare che per fissare motore e sensore con una soluzione alternativa alle viti potrebbe non essere giustificato dai volumi di produzione.

D'altra parte nulla vieterebbe di realizzare la base in un materiale antifrizione così da eliminare le bussole in ottone, come pure di concepire un unico pezzo per la chiusura del motore sfruttando la deformazione plastica del materiale che lo costituisce per fissarlo.

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

- Il risultato definitivo è illustrato nella figura seguente.
- Il nuovo progetto consente un risparmio del 71%, per i tempi di montaggio, e del 39% (motore e sensore esclusi) tenendo anche conto delle attrezzature necessarie, per il costo dei materiali

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Esploso di arrivo

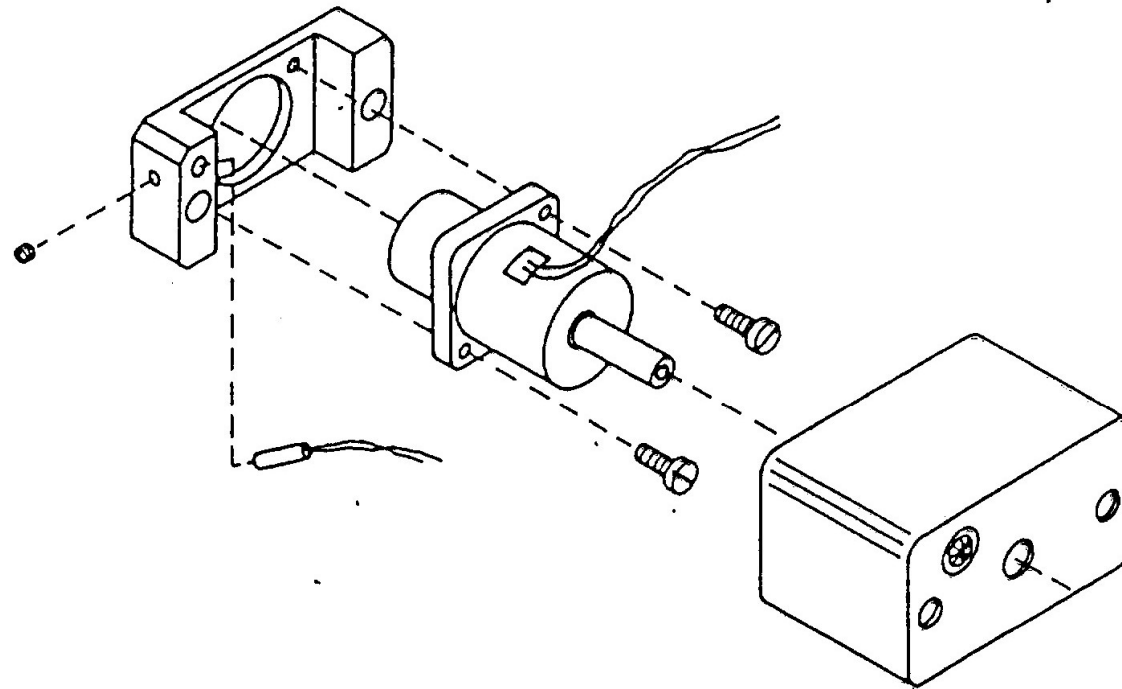


Figure 1.4 Redesign of motor-drive assembly following DFA analysis.

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Sintesi delle linee guida per il DFA

- Ridurre il numero e il tipo delle parti
- Modularizzare i disegni
- Evitare aggiustamenti (specialmente se ciechi)
- Facilitare l'alimentazione e la manipolazione
- Facilitare l'autoallineamento e posizionamento
- Assicurare un accesso adeguato e una facile visibilità
- Evitare di disegnare parti che possano essere montate in modo sbagliato
- Usare tecniche efficaci per il serraggio o il fissaggio
- Minimizzare le manipolazioni e il riorientamento
- Massimizzare la simmetria delle parti
- Dettagliare bene i disegni per il montaggio
- Usare la gravità

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Principi del DFM

- Scomposizione gerarchica del prodotto.
- Analisi in direzione *top-down* (dall'insieme alle parti) e *bottom-up* (dalle parti all'insieme) per validare le soluzioni progettuali avanzate.
- Considerare tutte le fasi del processo per ognuna delle quali è possibile applicare regole generali tipiche

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Principi del DFM

Che cosa considerare nella scelta dei materiali ?

- Facilità di approvvigionamento
- Materiale già utilizzato e codificato in azienda
- Facilità di trasformazione e lavorazione

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Principi del DFM

Come trasformare e lavorare i materiali ?

- Semplificare il più possibile
- Minimizzare il numero di tecnologie impiegate
- Minimizzare il numero di operazioni nell'impiego della tecnologia
- Evitare quanto più possibile tolleranze e accuratezze di lavorazione molto elevate
- Evitare quanto più possibile l'uso di materiali speciali
- Evitare quanto più possibile l'uso di apparecchiature di movimentazione
- Verificare la compatibilità con i limiti fisici del sistema di produzione

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Alcune linee guida per il DFM (per le lavorazioni alle macchine utensili)

Con priorità a scalare il progettista dovrebbe porsi i seguenti obiettivi:

- utilizzare una sola macchina utensile, completando le lavorazioni in un solo piazzamento usando un solo utensile
- utilizzare una sola macchina utensile, completando le lavorazioni in un solo piazzamento usando il minor numero possibile di utensili
- impiegare il minor numero di piazzamenti sulla stessa macchina utensile
- impiegare il minor numero di passaggi tra macchine utensili

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

L'esempio delle lavorazioni di foratura e similari

- I fori devono essere eseguiti su superfici piatte perpendicolari al moto di avanzamento dell'utensile.
- Meglio evitare fori interrotti per una migliore precisione dimensionale.
- Evitare che il fondo di un foro cieco non abbia la stessa forma della punta.
- Evitare alesature di fori ciechi.
- Minimizzare la profondità dei fori per problemi di precisione.
- Preforare fori, possibilmente durante la produzione del semilavorato, di grande diametro.
- Cercare di eseguire tutte le forature sul pezzo in un solo piazzamento minimizzando l'ingombro delle attrezzature per il fissaggio
- Considerare il pericolo di rottura dell'utensile nella lisciatura di fori ciechi o intersecantisi

DESIGN FOR MANUFACTURABILITY AND AUTOMATION

Che cosa cambia ?

- Minimizzare il numero delle parti.
- Disegnare facilitando la manipolazione delle parti.
- Valutare differenti tecnologie di montaggio e di alimentazione e disposizione delle parti.
- Selezionare i *fastener* più adatti.
- Preferire i montaggi in senso verticale.
- Disegnare prodotti modulari.
- Eliminare o semplificare le regolazioni.
- Minimizzare le varianti sul prodotto.
- Eliminare cavi elettrici (parti flessibili).

DESIGN FOR THE ENVIRONMENT

Linee guida

- Considerare per ogni passo del ciclo di vita di un prodotto il rapporto con l'ambiente.
- Incrementare l'efficienza nell'uso delle potenzialità dei materiali e di ogni altra risorsa.
- Usare materiali riciclabili, rinnovabili e biodegradabili.
- Scegliere materiali che, in ogni caso, minimizzino il danno ambientale e la polluzione.
- Curare che il prodotto possa essere usato per un tempo appropriato cercando di allungare la sua vita quanto più possibile.
- Considerare gli impatti ambientali a lungo termine dell'uso di un prodotto.
- Progettare in modo da riciclare, riusare e rilavorare facilmente.

DESIGN FOR THE ENVIRONMENT

Affinamento del progetto. *Checklist.*

	Obiettivo	Raggiunto ?	Metodo per il raggiungimento	Livello di raggiungimento
■	Materiali	Minim. contenuto di energia		
■		Minim. inquinamento		
■		Massim. uso riciclati		
■		Minim. uso materiale		
■	Lavorazioni	Minim. scarto		
■		Minim. uso energia		
■	Smaltimento	Massim. materiali riciclabili		
■		Massim. materiali biodegradabili		
■		Possibilità recupero di energia		
■	Normative	Rispetto		

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BAKERJIAN, R. (ed.), Design for Manufacturability (in Tool and Manufacturing Engineers Handbook, vol. 6), SME,1992
- CORBETT, J. e altri, Design for Manufacture, Addison Wesley, 1991
- HUANG, G.Q. (ed.), Design for X, Chapman & Hall, 1996
- MOLLOY, O. e altri, Design for Manufacturing and Assembly, Chapman & Hall, 1998