المحاضرة الاولى

المفاهيم النظرية في تصميم الألات

لمقرر / تصميم آلات زراعية

الفرقة الرابعة – هندسة زراعية

العام الجامعي ٢٠٢٠/ ٢٠٢١م.

If the point of contact between the product and people becomes a point of friction, then the industrial designer has failed. On the other hand , if people are made safer, more efficient, more comfortable or just plain happier by contact with the product, then the designer has succeeded.

Henry Dreyfuss, The Profile of Industrial designer- (1967)

تعريف تصميم الآلات

يعرف تصميم الآلات بانه استخدام للأسس العلمية والمعلومات التكنولوجية وكذلك القدرة على التخيل في وصف او رسم آلة او تظام ميكانيكي بشكل عام وذلك لأداء وظائف محددة بواسطة هذا النظام الميكانيكي باقل تكاليف واعلى كفاءة.

السمات المميزة لاي مصمم آلات

يكون قادرا على أداء كلا من:

- استخدام الاسس العلمية والعلوم الهندسية.
- استخدام المعلومات التكنولوجية المتعلقة بالمكونات المختلفة لأجزاء الآلات.
- ان يكون ملما بالعلاقات بين مميزات وعيوب المكونات المختلفة لأجزاء الآلات.

- استخدام المكونات المختلفة لأجزاء الآلات الاستخدام المناسب للتطبيقات المختلفة.
- استخدام مهاراته التخيلية في انتاج نظام ميكانيكي فريد من نوعه باختلاف نوع النظام الهندسي المطلوب اجراء التصميم له.

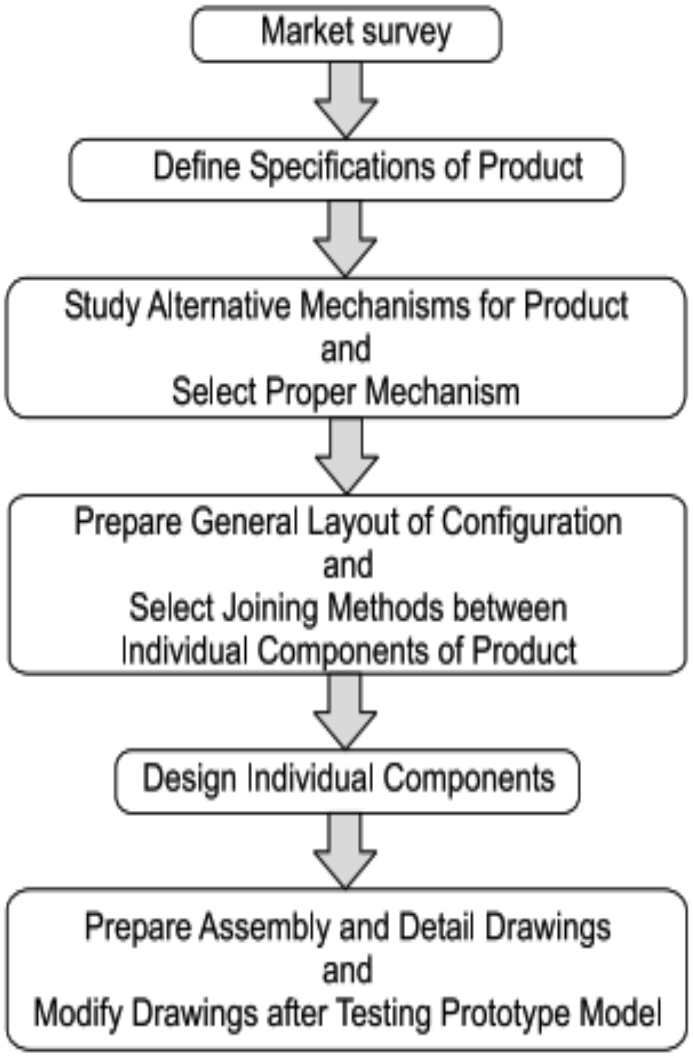
السمات المميزة لاي تصميم فريد

- يكون المخرج النهائي للنظام المصمم عبارة عن رسومات هندسية تجمع كل مكونات النظام وتصف اجزاؤه بشكل تفصيلي.
- لابد ان يحقق التصميم متطلبات المستهلك.
- لابد ان يؤدي الوظيفة المصمم من اجلها مع تدنية التكاليف ومعظمة الكفاءة.

الاجراءات التصميمية لأي نظام هندسي

إن إجراء عملية التصميم لأي نظام هندسي (آلة مثلا) يتكون من عدة خطوات تبدأ بوصفا للمتطلبات الوظيفية من تصميم النظام وتنتهي بالتوصيف النهائي لشكل النظام والتي تكون عبارة عن رسومات هندسية للمنتج النهائي. والترتيب المنطقي لخطوات إجراء عملية التصميم تكون متشابهه في كل المشاريع التصميمية ويوضحها التخطيط التالي:

الاجراءات التصميمية لأي نظام هندسي



- اجراء مسح للسوق
- تعريف خصائص المنتج
- دراسة لبدائل الآليات المتاحة في السوق ثم اختيار الآلية المناسبة
- اعداد قائمة بالآليات المطلوبة ثم اختيار طرق الوصل بين المكونات الفردية للمنتج
- تصميم العناصر الفردية للنظام
- اعداد الرسومات التنفيذية والتجميعية ثم تعديل تلك الرسومات بعد اختبار النموذج المصغر للمنتج

توصيف خصائص التصميم

تشمل تلك الخطوة اعداد قائمة بالمتطلبات الوظيفية للنظام.

ومن امثلة تلك المتطلبات:

- السعة الانتاجية
- العمر الافتراضي
- التكاليف
- الاعتمادية

وفي احيان كثيرة تكون الابعاد والوزن من المتطلبات التي يتم تقديرها.

يضاف لتلك المتطلبات متطلبات اخرى اذا كان المنتج المصمم منتج استهلاكي مثل المظهر الخارجي – عدم اصداره لاي ضوضاء – البساطة في آلية التشغيل.

واعتمادا على نوع التصميم فإن ترتيب اولويات تلك المتطلبات ومقدار الوزن النسبي لكل متطلب يختلف من منتج لآخر ومن مصمم لآخر.

اختيار الآلية المناسبة

بعد اعداد قائمة بالمتطلبات الوظيفية للنظام الهندسي يقوم المصمم باعداد رسومات اولية لكل الآليات التي سوف يتم استخدامها. فعلى سبيل المثال عند تصميم آلة للثقب فإن الآليات التالية سوف يتم استخدامها:

- آلية تتكون من المرفق وذراع التوصيل:

لتحويل الحركة الدورانية للمحرك الى حركة ترددية لإجراء عملية الثقب.

- **آلية تتكون من مسمار للربط وصامولة:**

  وهذه الآلية تتميز ببساطة تركيبها ورخص ثمنها لكنها ليس مطلوب فيها ان تكون كفاءتها عالية وهذا يجعل سعرها يكون ارخص.

- **آلية من اسطوانة هيدروليكية ومكبس وصمامات للتحكم:**

  وتتميز تلك الآلية بأنها لابد ان تكون كفاءتها عالية وهذا يجعل تكلفتها الاقتصادية مرتفعة.

المهام التي يجب على المصمم مراعاتها عند اختيار الآلية المناسبة:

- تحديد الآليات المتاحة في الاسواق وكذلك القدرة على المقارنة بين الآليات البديلة.
- عمل حسابات تقريبية للمقارنة بين بدائل الآليات المختلفة لتحقيق تقليل تكاليف الانتاج للجزء المصمم وهذا الاجراء يظهر التنافسية بين الآليات المتاحة في الاسواق.

تابع: المهام التي يجب على المصمم مراعاتها عند اختيار الآلية المناسبة:

- القدرة على اتخاذ قرار بشان المكونات الاساسية للنظام المصمم – هل سيكون من مواد اولية يتم تصنيعها في الورش الانتاجية ام سيكون من آليات قياسية بناءا على المتاح في الاسواق؟ .

- تحديد طريقة التصنيع للاجزاء غير القياسية ، ويجب على مهندس التصميم مراعاة العوامل التالية عند تحديده طريقة التصنيع:
  - المنافسة السعرية
  - مدى توافر المواد الاولية في الاسواق
  - امكانيات التصنيع المتاحة (الورش)
  - الاختيار الامثل للآليات.

اعداد تخطيط عام للنظام المصمم

- يقوم المصمم باعداد تخطيط عام يوضح فيه كل مكونات النظام للآليات التي تم تحديدها في الخطوة السابقة.
- يقوم بتحديد طريقة الوصل للاجزاء المكونة للنظام الهندسي المصمم. ومن امثلة طرق الوصل: (البرشمة – الربط بالمسامير – اللحام).
- يقوم باعداد رسومات اولية لكل مكونات النظام. والمكونات التالية هي نموذج لنظام هندسي (ونش كهربي) موضحا فيه المكونات الرئيسية.

نموذج لمكونات نظام هندسى (ونش كهربى)

١- • محرك كهربي كمصدر للقدرة

٢- • ازدواج مرن لوصل حركة عمود المحرك بعمود القابض

٣- • قابض لوصل ووفصل حركة المحرك

٤- • صندوق تروس لتخفيض السرعة

٥- • درفيل لتحويل الحركة الدورانية للمحرك الى حركة خطية لكابل الونش

٦- • طارة وسلك وخطاف لتعليق الحمل

٧- • فرملة لوقف الحركة

تصميم العناصر الفردية للنظام

إن تصميم المكونات الفردية او مايطلق عليها العناصر المكونة للنظام تعد واحدة من اهم خطوات عملية التصميم وتتكون من المراحل التالية:

- تقدير القوى المؤثرة على الاجزاء.
- اختيار المادة الهندسية المناسبة لكل مكون فردي وذلك بناءا على المتطلبات الوظيفية لهذا المكون ومن اهم الخواص الميكانيكية التي يجب اخذها في الاعتبار (المقاومة – الصلابة – الصلادة – مقاومة التآكل).

- تحديد نظرية الانهيار والتي تعتمد على معيار الانهيار الذي يحدده المصصم. ومن امثلة معايير الانهيار:
  - الاجهاد عند نقطة الخضوع
  - الاجهاد الاقصى للشد
  - حد الاحتمال
  - الانحراف المسموح به

- تقدير الابعاد الهندسية لكل مكون فردي للنظام الهندسي وباستخدام معامل امان مناسب. ويمكن تعديل الابعاد الهندسية لمكونات النظام بناءا على طريقة التصنيع وطريقة التجميع للمكونات الفردية.
- الاهتمام بالتحليلات التفصيلية لكلا من الاجهاد والانحراف للمكونات الفردية للنظام.

اعداد الرسومات الهندسية التنفيذية

- تعد تلك الخطوة المرحلة الاخيرة من اجراءات تصميم اي نظام هندسي وفيها يتم اعداد رسومات هندسية تجميعية لمكونات النظام ولابد ان يوضح بتلك الرسومات كلا من:

نوع المادة الهندسية المستخدمة وخصائصها الميكانيكية – الابعاد التفصيلية للنظام الهندسي – الخلوصات – درجة استواء سطح المنتج – الرموز الآلية Machining Symbols.

- يقوم المصمم باعداد قائمتين بالمكونات الفردية للنظام الهندسي المصمم احدهما خاصة بالمكونات القياسية والتي سيتم شراؤها مباشرة والاخرى خاصة بالمكونات الغير القياسية والتي سيتم تصنيعها في الورش.
- في كل الحالات يتم اعداد نموذج Prototype Model للمنتج المصمم وتتم كل الاختبارت على النموذج قبل انهاء عملية التجميع للمنتج بشكل نهائي.

- بناءا على الخطوات السابقة ، فإن عملية التصميم عبارة عن منهج تقني يبدأ من معرفة لخصائص النظام المراد تصميمه وينتهي بعدم معرفة للحلول. وترجع تلك التسمية لتصميم الآلات الى ان هناك بعض المشاكل سوف تظهر اثناء التطبيق للتصميم خلال عملية انتاجه ويحتاج التصميم الى اجراء تعديلات عليه لحل تلك المشاكل ويجب على مهندس التصميم عمل تشاور مع مهندس التصنيع للوصول الى الحل الامثل لتلك المشاكل.

الاحتياجات الاساسية لعناصر الآلات

- إن اي آلة تتكون من عناصر يطلق عليها عناصر الآلة Machine Elements. وفي بعض الاحيان يتكون كل عنصر من عدة اجزاء يمكن تصنيعها بشكل منفصل.
- إن كل جزء من اجزاء الآلة له حركة يطلق عليها الحركة النسبية لانها تكون مرتبطة بحركة الاجزاء الاخرى للآلة مع بعضها البعض وذلك عند تشغيلها.

من امثلة عناصر الآلة كرسي المحور المتدحرج الذي يتكون من الاجزاء التالية: المجرى الداخلي Inner race – المجرى الخارجي Outer race – الحاجز Cage – الكرات المتدحرجة Rolling balls

وبناءا على ماسبق فإن عناصر الآلات يمكن تصنيفها الى مجموعتين من العناصر كما يلي:

أقسام عناصر الآلات

- **عناصر الآلات العامة (القياسية):**

وهذه العناصر تستخدم على نطاق واسع في معظم انواع الآلات ومن امثلتها: الاعمدة – الازدواجات – القوابض – كراسي المحور – الايايات – التروس – هياكل الآلات.

- **عناصر الآلات الخاصة (الغير قياسية):**

وهذه العناصر تستخدم في اغراض خاصة من التطبيقات الهندسية وتحت ظروف محددة ومن امثلتها: المكابس - الصمامات.

الهدف من تصميم عناصر الآلات

إن الهدف العام من تصميم عناصر الآلات هو التاكد من أن العنصر المصصم سوف يحقق المحافظة على سعته التشغيلية خلال فترة زمنية يطلق عليها العمر الفتراضي للعنصر وفي نفس الوقت يحقق التصميم تكلفة تصنيعية اقل وكفاءة تشغيلية عالية.

ولكي يتم تحقيق هذا الهدف فلابد لاي عنصر تصميمي من عناصر الآلة ان يحقق المتطلبات التالية:

متطلبات العنصر التصميمي

- **المقاومة Strength**

إن اي عنصر من عناصر الآلة يحدث به تشكل عندما تؤثر عليه قوة خارجية تكون قيمتها اكبر من قيمة تحمل مادة تصنيع العنصر لتلك القوة. لذا يجب ان يراعي المصمم ان يكون العنصر مقاوما للقوى الخارجية التي تؤثر عليه لتفادى الانهيار الذي يحدث بالعنصر سواءا كان انهيار عند نقطة الاذعان او الخضوع او انهيار عند نقطة الكسر.

الصلادة Rigidity

إن اي عنصر من عناصر الآلة لابد أن يكون صلدا بحيث لا يحدث له اي انحناء او ثني بشكل يؤثر على ادائه لوظيفته بشكل مرضي وذلك عندما تؤثر عليه قوى او عزوم خارجية اثناء التشغيل. ومن امثلة عناصر الآلات التي يجب أن تكون ذو صلادة عالية اعمدة نقل القدرة. ومن معايير التصميم التي يجب على المصمم مراعاتها عند تصميم الاعمدة: أقصى انحراف مسموح به - زاوية اللي المسموح بها.

مقاومة التآكل Wear Resistance

يعتبر التآكل هو السبب الرئيسي الذي يضع اي عنصر من عناصر الآلات خارج الخدمة وذلك لانه يقلل من قدرة العنصر على اداء وظيفته ويقلل من العمر الافتراضي للعنصر. ومن امثلة انوع التآكل في عناصر الآلات المختلفة: التآكل الناتج عن الخشونة Abrasive Wear – التاكل الناتج عن الصدأ Corrosive Wear التآكل الناتج عن وجود نتوءات في الاسطح Pitting Wear. ويمكن زيادة قدرة العنصر على مقاومة التآكل عن طريق عمل صقل للاسطح المحتكة في عناصر الآلات مثل التروس والكامات.

الوزن والابعاد Weight and Dimensions

اي عنصر من العناصر لابد ان يحقق الثلاثة خصائص السابقة وهي المقاومة والصلادة العالية وايضا مقاومته للتآكل يضاف الى تلك الخصائص خاصية الوزن والابعاد الدنيا (اقل وزن وابعاد ممكنة) لان تلك الخاصية تحقق واحدة من اهداف التصميم الجيد لعناصر الآلات وذلك لانها تقلل من تكاليف انتاج العنصر الامر الذي يجعله يحقق تنافسية اعلى في الاسواق.

القابلية للتصنيع Manufacturability

إن القابلية للتصنيع تعني سهولة تشكيل وتجميع عناصر الآلة مع بعضها. ولذا فإن شكل العنصر والمواد الهندسية المستخدمة في تصنيعه لابد ان يتم اختيارهما بطريقة تحقق تقليل تكاليف التصنيع دون المساس بقدرة العنصر على اداء وظيفته.

Safety الامان

لابد على المصمم ان يراعي ان اي عنصر من عناصر النظام الهندسي المصمم يحقق الامان الكامل للمشغل. لذا يجب عليه ان يضع في افتراضاته اسوأ الظروف التي يمكن ان يتعرض لها النظام الهندسي اثناء التشغيل. ومن المبادئ التي يجب عليه استخدامها في حساباته نظرية (Fail-Safe) او ما يطلق عليها نظرية (Redundancy)

- **الاعتمادية Reliability**

إن الاعتمادية تعني احتمالية قيام النظام الهندسي المصمم او اياً من عناصره بأداء وظيفته المحددة له في التصميم تحت ظروف التشغيل المثالية خلال العمر الافتراضي المحدد له.

- **التوافق مع المعايير القياسية Conformance of Standards**

ان اي عنصر من عناصر الآلات لابد ان يكون تصميمه متوافقا مع واحدة من المعايير القياسية القومية او الدولية ومن امثلة الخصائص التي تحققها تلك المعايير: الاطار العام – الابعاد – الدرجة – المواد الهندسية.

- **القابلية للصيانة Maintainability**
  - إن القابلية للصيانة تعني سهولة اجراء عمليات الاصلاح والصيانة للعنصر المصصم ، اي أن اي عنصر من عناصر الآلة يجب ان يكون قابل لاجراء عمليات الاصلاح والصيانة للمحافظة على ادائه لوظيفته بشكل جيد.
- **اقل تكلفة لدورة التشغيل Minimum: Life-Cycle Cost**

ان تكلفة دورة التشغيل لاي آلة تعني اجمالي التكاليف التي يتحملها مالك تلك الآلة وذلك من خلال شراؤها وتشغيلها واجراء عمليات الاصلاح والصيانة لها خلال عمرها الافتراضي. لذا يجب على المصمم ان يضع في اعتباره ان تكون تكاليف دورة التشغيل لاي عنصر اقل مايمكن.

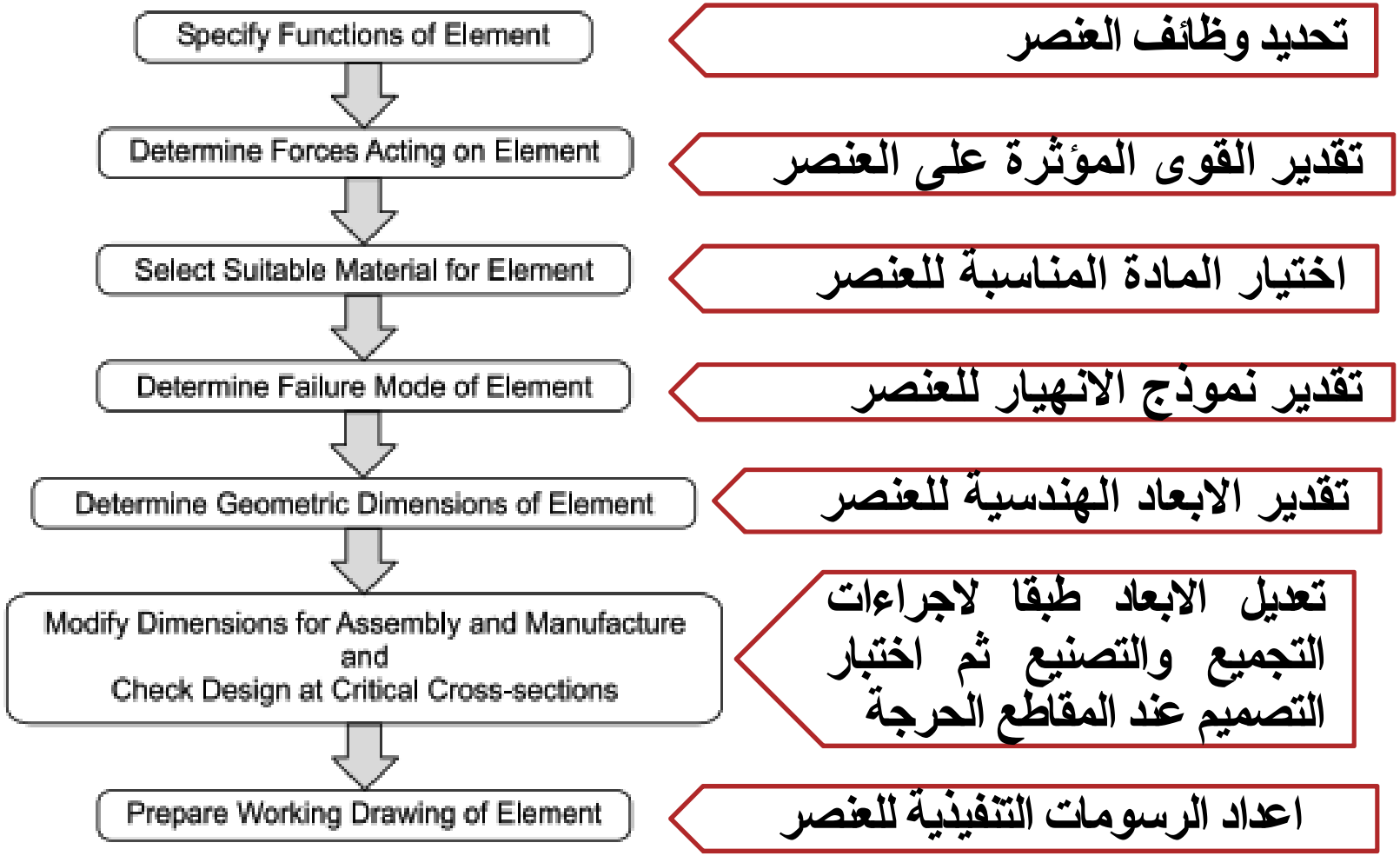
الخلاصة Conclusion

إن المتطلبات او الاحتياجات السابق شرحها تعتبر من الاسس العامة التي يجب على المصمم مراعاتها عند تصميمه لاي نظام هندسي تحت الظروف التي تختلف باختلاف نوعية وطبيعة المشاريع التصميمة.

تصميم عناصر الآلات

يعتبر تصميم عناصر الآلات من اهم خطوات استكمال الاجراءات التصميمة في مجال تصميم الآلات. ولتحقيق تلك الخطوة فيجب على المصمم اجراء بعض الحسابات لتقدير الابعاد الرئيسية لاي جزء من اجزاء الآلة. وتعتبر تلك الحسابات جزء لا يتجزأ من تصميم عناصر الآلات. والتخطيط التالي يوضح خطوات اجراء تصميم عناصر الآلات ويطلق عليها اختبارات التحمل.

خطوات اجراء تصميم عناصر الآلات



تحديد وظائف العنصر

الوظائف الاساسية لبعض عناصر الآلات يمكن ايجازها كما يلي:

- كرسي المحور Bearing

يستخدم لتثبيت الاعمدة الدوارة والتحكم في حركتها.

- الخابور Key

يستخدم لنقل العزم بين العمود الدوار والاجزاء الملاصقة له مثل التروس والطارات.

- الياي في المنبهات Spring in clock

يستخدم لتخزين وتحرير الطاقة.

- الياي في الميزان Spring in spring balance

  يستخدم لقياس القوة.

- مسمار الربط Screw fastening

  يستخدم لربط جزء او عدة اجزاء من الآلة مع بعضها.

- مسمار نقل القدرة Power screw

  يستخدم للحصول عل حركة بطيئة وخطية منتظمة وكذلك لنقل القوة لبعض اجزاء الآلات.

تقدير القوى المؤثرة على العنصر

- لتقدير القوى المؤثرة على اي عنصر من عناصر الآلة فإن المصمم يقوم برسم تخطيطات الجسم الحر **Free body diagram** لكل عنصر من عناصر الآلة. وفي هذه الحالة فإن القوى الداخلية والخارجية التي تؤثر على اي عنصر يمكن ايجازها كما يلي:

١. القوى الخارجية الناتجة من طاقة او قدرة او عزم منقول لاي عنصر من عناصر الآلة ويطلق عليها عادة **Useful load**.

٢. القوة الاستاتيكية الناتجة من حمل ساكن لاي عنصر من عناصر الآلة.

٣. القوة الناتجة عن مقاومة الاحتكاك.

٤. قوة القصور الذاتي الناتجة من التغير في السرعة الخطية او السرعة الزاوية.

٥. قوة الطرد المركزي الناتجة من التغير في الاتجاه او في السرعة.

٦. القوة الناتجة من التغير في درجات الحرارة.

٧. القوة الناتجة عن تشكيل العنصر اثناء اجراء عمليات التصنيع له والتي تسبب نوعا من اجهادات يطلق عليها Residual Stresses.

٨. قوة ترجع الى هندسة الشكل للعنصر والتي تسبب تركيز للاجهادات نتيجة عدم الانتظام في مساحة المقطع للعنصر.

اختيار المادة المناسبة للعنصر

توجد اربعة عوامل تحكم عمل المصمم عند اختياره لمادة تصنيع اي عنصر من عناصر الآلة وهي:

- مدى توافر المادة
- التكاليف
- الخواص الميكانيكية
- الاعتبارت التصنيعية

وفيما يلي امثلة لبعض عناصر الآلات والمواد المستخدمة في تصنيعها.

- **الحدافة – هيكل صندوق التروس – هيكل المحرك**

هذه العناصر يتم تصنيعها من الحديد الزهر من خلال عمليات السباكة حيث ان اشكالها الهندسية ليست بسيطة (معقدة) ولا يفضل استخدام الات التشكيل والتصنيع عند تشكيلها.

- **أعمدة نقل القدرة**

يتم تصنيعها من الصلب الكربوني وذلك لتوافره في صورة اعمدة كما انه يمتاز بمتانته العالية.

- **هياكل السيارات**

  يتم تصنيعها من الصلب منخفض الكربون لانها تشكل على البارد وهذا يسمح بسهولة تشكيلها وتصنيعها.

- **المسامير والاعمدة القصيرة**

  يتم تصنيعها من صلب القطع الحر Free cutting steel ومن مميزاته انه قابل للتشكيل بشكل ممتاز لان اضافة الكبريت له يسهل عملية تشكيله خاصة في حالة تشكيل اللوالب للمسامير.

أعمدة المرافق واذرع التوصيل للمحركات

يتم تصنيعها من الصلب المضاف اليه النيكل كروم وذلك لان تلك الاجزاء تتعرض الى قوى ديناميكية كما أن اضافة النيكل كروم له قدرة عالية على مقاومة الارهاق في اجزاء الآلات.

معيار الانهيار

يجب على المصمم ان يحدد نوع التشكل الذي يحدث لاي عنصر عندما تؤثر عليه قوة خارجية والذي يسبب انهيار العنصر عند تشغيله. ويطلق لفظ Failed على العنصر الذي لايمكنه اداء وظيفته بشكل مرضي عند تشغيله. وتوجد ثلاثة انواع من معايير الانهيارات يجب اخذها في الاعتبار عند تصميم اي عنصر من عناصر الآلات.

الانواع المختلفة لمعايير الانهيار:

- الانهيار الناتج عن الانحراف المرن.
- الانهيار الناتج عن الخضوع العام.
- الانهيار الناتج عن الكسر.

وفيما يلي ايضاح لاستخدام المعايير السابقة من خلال التطبيق على بعض عناصر الآلات.

اعمدة نقل القدرة

تستخدم تلك الاعمدة في تثبيت التروس واقصى قوة تؤثر على العمود تكون محددة بواسطة الانحرافات المسموح بها. لذا فعندما تزيد تلك الانحرافات عن الحد المسموح به والذي يتراوح من (0.001 – 0.003) مضروبة في المسافة بين كل كرسيي محور متجاورين ، فإن التثبيت بين اسنان التروس سوف يتاثر وهذا يؤدي الى أن العمود لا يقوم بوظيفته على الشكل الامثل ، وفي هذه الحالة يطلق على العمود Failed نتيجة الانحراف المرن.

- **عناصر الآلات ذات المود المطيلة (الحديد الصلب)**

هذه العناصر تفقد كثيرا من خواصها الميكانيكية عندما تتعرض لتشكل لدن لفترات طويلة وبكميات كبيرة ، لذا فإن الانهيار في هذه الحالة يطلق عليه انهيار الخضوع العام.

- **عناصر الآلات ذات المود القصيفة (الحديد الزهر)**

هذه العناصر يحدث لها انهيار فجائي دون حدوث اي تشكل مرن اي أن النهيار في هذه الحالة انهيار نتيجة الكسر.

اسنان التروس

يوجد نموذجين لانهيار اسنان التروس: النموذج الاول يعود الى تاثير الاحمال الاستاتيكية والديناميكية اما النموذج الاخر فيعود فيه الانهيار الى وجود نتوءات او خدوش على أسطح التروس. ووجود تلك النتوءات سوف يسبب حدوث تآكل سريع في اسنان التروس. ويطلق لفظ **Pitting** على الانهيار الذي يحدث في الاسطح والناتج عن الارهاق.

- **كراسي المحاور المتدحرجة**

تتعرض مكونات كراسي المحاور المتدحرجة (التجويف الخارجي – التجويف الداخلي – الكرات المتدحرجة) الى انهيار ناتج عن الارهاق والذي ينتج عن تشققات في اسطح تلك الكراسي وذلك بعد تعرضها لعدد من الدورات التشغيلية.

- **كراسي المحاور المنزلقة**

يحدث الانهيار في تلك الكراسي نتيجة التآكل سواءا كان هذا التآكل نتيجة الصدأ Corrosion wear او تآكل نتيجة الاحتكاك Abrasive wear بواسطة جسيمات خارجية.