FUNDAMENTALS OF MAINTENANCE

كـــتاب

أساســـيات الصـــيانة

إعـداد/ أسـامة محـمد المـرضي سليمـان

أستاذ مساعد، قسم الميكانيكا، كلية الهندسة والتقنية، جامعة وادي النيل

OSAMA MOHAMMED ELMARDI SULEIMAN KHAYAL

أكـتوبر 2015 م

FUNDAMENTALS OF MAINTENANCE

كـــتاب

أساســـيات الصـــيانة

إعـداد/ أسـامة محـمد المـرضي سليمـان

أستاذ مساعد، قسم الميكانيكا، كلية الهندسة والتقنية، جامعة وادي النيل

ASSISTANT PROFESSOR/ OSAMA MOHAMMED ELMARDI SULEIMAN KHAYAL

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT, FACULTY OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, NILE VALLEY UNIVERSITY

شكر وعرفان

الشكر والعرفان لله والتبريكات والصلوات على رسوله وخادمه محمد وعلى آله وصحبه وجميع من تبعه إلى يوم القيامة.

لذكرى كُلٍّ من أمي الغالية خضرة درار طه، وأبي العزيز محمد المرضي سليمان، وخالتي الحبيبة زعفران درار طه الذين تعلمت منهم القيمة العظيمة للعمل واحترام الوقت وترتيبه وتدبيره.

إلى زوجتي الأولى نوال عباس عبد المجيد وبناتي الثلاث رؤى، روان وآية تقديراً لحبهم وصبرهم ومثابرتهم في توفير الراحة والسكون خاصَّةً عندما تتعقد وتتشابك الأمور.

إلى زوجتي الثانية لمياء عبد الله علي فزاري التي مَثَّل حبها وتضرعها إلى الله الزخم الذي دفعني للمسير في طريق البحث والمعرفة الشائك.

يَوَدُّ الكاتب أن يتقدم بالشكر أجذله لكل من ساهم بجهده وفكره ووقته في إخراج هذا الكتاب بالصورة المطلوبة ويخص بذلك الزملاء الأساتذة بقسم الهندسة الميكانيكية بجامعة وادي النيل، وأيضاً الأخوة الأساتذة بقسم الهندسة الميكانيكية بجامعة البحر الأحمر.

الشكر والتقدير والعرفان للبروفيسور محمود يس عثمان الذي ساهم بقدر كبير في مراجعة وإعادة مراجعة محتويات الكتاب.

أهدي هذا الكتاب بصفة أساسية لطلاب دبلوم وبكالوريوس الهندسة في جميع التخصصات خاصة طلاب قسم الهندسة الميكانيكية حيث يستعرض هذا الكتاب الكثير من التطبيقات في مجال الهندسة الميكانيكية.

وأُعبِّر عن شكري وامتناني عن شكري وامتناني إلى المهندس أسامة محمود بمركز دانية لخدمات الحاسوب والطباعة بمدينة عطبرة الذي أنفق العديد من الساعات في طباعة، مراجعة وإعادة طباعة هذا الكتاب أكثر من مرة.

أخيراً، أرجو من الله سبحانه وتعالى أن يتقبَّل هذا العمل المتواضع والذي آمل أن يكون ذو فائدة للقارئ.

مقدمة

إنَّ مؤلِّف هذا الكتاب إيماناً منه بالدور العظيم والمقدَّر للأستاذ الجامعي في إثراء حركة التأليف والتعريب والترجمة يأمل أن يفي هذا الكتاب بمتطلبات برامج البكالوريوس والدبلوم لدارسي الهندسة الميكانيكية وهندسة الإنتاج أو التصنيع حيث يغِّطي مناهج نظرية وعملية في الصيانة الوقائية والعلاجية للمنشآت الهندسية (i.e. ميكانيكية، هيدروليكية، نيوماتية، أنظمة إنتاج وغيرها). يتفَّق هذا الكتاب لغوياً مع القاموس الهندسي الموَّحد السوداني، ويُعد الكتاب مرجعاً في مجاله حيث يمكن أن يستفيد منه الطالب والمهندس والباحث ويعتبر الكتاب مقتبساً من مذكرات مؤلفه في تدريسه لهذا المقرر لفترة لا تقل عن خمسة عشر عاماً.

يهدف هذا الكتاب لتأكيد أهمية الصيانة الصحيحة للمحركات والآلات والماكينات والمهارات المطلوبة للفنيين، بالإضافة لتمليك الطالب فهم متكامل للصيانة والفائدة المرجوة من الإدارة الجيِّدة لها.

يشتمل هذا الكتاب على عشرة فصول يستعرض الفصل الأول فيه أهمية إدارة الموارد المادية والبشرية بالصورة المثلى لتعظيم الأرباح وتقليل الخسائر بالإضافة لتعريف الكلال البدني والعقلي وطبيعته وقياسه، بالإضافة لتعريف الصيانة، أهدافها، أنواعها وتنظيماتها. أيضاً يستعرض هذا الفصل تصنيف المعدات الصناعية من حيث كونها عامة أو خاصة الغرض بالإضافة لعملية إحلال واستبدال الآلات والسياسات المتبَّعة في ذلك. هذا بجانب تنظيم صيانة المعدات ومتطلبات السلامة الصناعية وعلاقتها بعمليات الإنتاج المختلفة.

يشتمل الفصل الثاني من الكتاب على تآكل المنشآت الفلزية بمحدداته الاقتصادية والاجتماعية بالإضافة لصوره وأشكاله وأنواعه ومسبباته وكيفية الحد منه. أمَّا الفصل الثالث فيهتم بدور التصميم الهندسي في الصيانة من وجهات نظر سهولة التصميم، التصنيع والصيانة، توفر وسائل الاتصال والنقل.

يهتم الفصل الرابع من هذا الكتاب بمتطلبات دراسة الجدوى الفنية للمنشآت الهندسية من مواصفات وتصميم. أما الفصل الخامس فيشتمل على المتطلبات الأساسية للجدوى الاقتصادية للمنشآت الهندسية من وجهتي نظر التقييم المالي والتقييم الاقتصادي.

يستعرض الفصل السادس أهمية منظومة التيروتكنولوجيا وتطبيقاتها في الصناعة من خلال مراحلها الست التي تشتمل على المواصفات، التصميم، التصنيع والتركيب، التشغيل التجريبي، فترة التشغيل، والإحلال وذلك لتلبية حاجة المستفيد منها بأقصى فائدة وأقل تكلفة ممكنة. يتم خلال الفصل السابع مناقشة أنظمة تزييت وتزليق الآلات ذات الحركة الترددية والدَّوارة من وجهات نظر تقييم نظام التزييت، الوسائل المتاحة للتزييت ودور مشرفي التزييت بالإضافة للفشل الناتج من استخدام زيوت غير مطابقة للمواصفات من حيث رتبتها، تلوثها، نوعها، جدولتها الزمنية أو استنفادها.

يهتم الفصل الثامن بقابلية التبادل من حيث تعريفها، دورها في الإنتاج التجاري وخدمة السيارات والمحركات. أما الفصل التاسع فيستعرض تشخيص أعطال محركات الديزل والبنزين من وجهات نظر الأعطال العامة، خدمة أنظمة حقن الوقود في محركات البنزين، وخدمة محركات الديزل. حيث يتم خلال هذا الفصل تحديد المشكلة، معرفة مسبباتها وكيفية علاجها أو تصحيحها.

في الفصل العاشر والأخير هنالك مجموعة من الأسئلة غير المحلولة في مقرر الصيانة بالإضافة لمجموعة أخرى من الأسئلة مُصاحبة بإجاباتها النموذجية.

إنَّ الكاتب يأمل أن يُساهم هذا الجهد المتواضع في إثراء المكتبة الجامعية داخل السودان وخارجه في هذا المجال من المعرفة ويأمل من القارئ بضرورة إرسال تغذية راجعة إن كانت هنالك ثمة أخطاء حتى يستطيع الكاتب تصويبها في الطبعة التالية للكتاب.

والله ولي التوفيق

المؤلف

أكتوبر 2015م

المحتويات

الموضوع		الصفحة
شكر وعرفان		i
مقدمة		ii
المحتويات		iv
مقرَّر أساسيات الصيانة		vi
الفصل الأول : الإدارة الصناعية		
1.1	الكلال	1
1.2	الصيانة	5
1.3	تصنيف المعدات الصناعية	11
1.4	السلامة والأمن الصناعي	15
الفصل الثاني : التآكل		
2.1	تعريف التآكل	21
2.2	المحددات الاقتصادية للتآكل	21
2.3	المحددات الاجتماعية للتآكل	22
2.4	صور التآكل	23
2.5	أنواع التآكل	23
الفصل الثالث : دور التصميم الهندسي في الصيانة		
3.1	خطوات إجراءات التصميم	31
الفصل الرابع : دراسة الجدوى الفنية للمشروعات الهندسية		
4.1	المواصفات	36
4.2	التصميم	38
الفصل الخامس : دراسة الجدوى الاقتصادية للمشروعات الهندسية		
5.1	التقييم المالي	40
5.2	التقييم الاقتصادي	40

الفصل السادس : تيروتكنولوجيا

6.1 مدخل 43

6.2 المواصفات 46

6.3 مرحلة التصميم 48

6.4 مرحلة التصنيع والتركيب 50

6.5 التشكيل التجريبي 53

6.6 التشغيل 54

الفصل السابع : نظم التزييت، الأجهزة والإجراءات

7.1 مدخل 55

7.2 التقييم 55

7.3 الوسائل المعطاة للتزييت 55

7.4 أفراد التزييت 56

7.5 فشل التزييت 57

الفصل الثامن : قابلية التبادل

8.1 تعريف قابلية التبادل 59

8.2 قابلية التبادل والإنتاج التجاري 59

8.3 خدمة السيارات والمحركات 60

8.4 خدمة المحركات 61

8.5 أجهزة اختبار المحرك 64

الفصل التاسع : تشخيص أعطال المحرك

9.1 الأعطال العامة 69

9.2 خدمة نظم حقن الوقود 77

9.3 خدمة محرك الديزل 83

الفصل العاشر : أسئلة في المقرر

10.1 أسئلة في مقرر أساسيات الصيانة 87

10.2 أسئلة وإجابات نموذجية في مقرر أساسيات الصيانة 88

الهـدف من تدريس المقرر:

1/ تأكيد أهمية الصيانة الصحيحة للمحركات والآلات والماكينات والمهارات المطلوبة للفنيين.

2/ تمليك الطالب فهم متكامل لصيانة المحركات والآلات والماكينات وأيضاً الفائدة المرجوة من الإدارة الجيدة للصيانة.

مفردات المقرر:

تعريفات عامة، أهداف وأنواع الصيانة، تخطيط الصيانة، تصنيف المعدات الصناعية، تنظيم المعدات الصناعية، التآكل وأنواعه والطرق المتعددة لمقاومته، التزييت، متطلبات وقواعد الأمن الصناعي، تسجيل ومراقبة أداء الصيانة، تحسين الصيانة، صيانة الماكينات والمعدات، الفني وكشف العيوب، العمرات والصيانة الدورية وإجراءاتها.

تفاصيل مفردات المقرر:

1/ الكلال البدني والعقلي للعاملين في الصناعة:

طبيعة الكلال، دراسات الكلال، علامات الكلال، القياسات غير المباشرة للكلال، القياسات المباشرة للكلال، الأحوال البيئية وطبيعة العمل.

2/ تعريف الصيانة:

أهداف الصيانة، أنواع الصيانة، مهام قسم الصيانة، الخصائص والسمات الأساسية لتنظيم أعمال الصيانة.

3/ تنظيم أقسام الصيانة:

التنظيم المركزي مميزاته ومحدداته، التنظيم اللامركزي مميزاته ومحدداته.

4/ تصنيف المعدات الصناعية:

مميزات ومحددات الماكينات عامة الغرض، مميزات ومحددات الماكينات خاصة الغرض،

دواعي استبدال الماكينات والمعدات، السياسات المتبعة عند تغيير الماكينات والمعدات، تخطيط صيانة الماكينات والمعدات.

5/ الأمن الصناعي:

الهدف من قانون الأمن الصناعي، دور الأمن الصناعي وعلاقته بالإنتاج، إصابات العمل وتكلفتها المباشرة وغير المباشرة، متطلبات الأمن الصناعي، اختصاصات ضابط الأمن الصناعي.

6/ التآكل:

تعريف التآكل، المحددات الاقتصادية لعملية التآكل، المحددات الاجتماعية لعملية التآكل، صور التآكل المختلفة وكيفية التصدي لها، الخواص التآكلية لبعض المعادن والسبائك.

7/ دور التصميم الهندسي في الصيانة.

8/ دراسة الجدوى الفنية للمشروعات الهندسية.

9/ دراسة الجدوى الاقتصادية للمشروعات الهندسية.

10/ التيروتكنولوجيا.

11/ نظم التزييت والتشحيم:

تقييم نظام التزييت، والوسائل المعطاة للتزييت، مسدسات الشحم اليدوية، مسدسات القدرة، التزييت الضبابي، أفراد التزييت، فشل التزييت، خواص الزيوت.

12/ قابلية التبادل:

ضرورة قابلية التبادل للإنتاج التجاري، خدمة السيارات والمحركات، أجهزة اختبار المحرك.

13/ تشخيص الأعطال:

تشخيص أعطال محركات الديزل والبنزين، خدمة نظم حقن الوقود في محرك البنزين.

الفصل الأول

الإدارة الصناعـية Industrial Management

الإدارة هي إجراء لإدارة المواد والموارد المتاحة (i.e. إدارة الموارد البشرية والمادية) لتحقيق أهداف محددة مسبقاً. الإدارة هي عنصر أساسي في جميع الهيئات المنظمة (Organized corporations). هنالك حدود معينة لقدرة المدراء الصناعيين لزيادة الإنتاج خلال التكنولوجيا واستثمار رأس المال فقط.

يعتقد المدراء أنه يمكن زيادة الإنتاجية لقوة العمل بدون إجبارها للعمل ساعات أطول أو جعل أعضائها أرقاء لماكيناتهم. تتعامل الإدارة الصناعية مع نواحي بشرية بالإضافة لنواحي أخرى مختلفة للإدارة العلمية. زادت أهمية الإدارة العملية بسبب النمو الزائد للنشاطات الصناعية والاجتماعية.

1.1 الكــلال (Fatigue):

الكلال هو أحد المعضلات الهامة للمهندسين في الصناعة. يمكن تعريف الكلال بالشهية السالبة لنشاط معين. يؤثر الكلال الصناعي على عضلات العاملين، أعصابهم وعقولهم. في الكلال العصبي (Nervous Fatigue) فإن خيوط العصب تنتهي عند العضلات وتتوقف اللوحة عن نقل نبضات العصب إلى العضلات التي يبتدئ عندها النشاط العضلي. أيضاً فإن بداية نبضات (دفعات) العصب في المخ تتوقف عن التساؤل إذا استمرت الأعضاء (Organisms) في العمل لفترة طويلة. هذا التوقف عن إرسال الدفعات (impulses) من المخ ينقذ الأعضاء وعضلاتها من الدمار. وهكذا فإن الكلال يتم تعريفه كخفض في النشاط بسبب الشغل السابق.

هنالك عدة علماء لديهم تعريفات مختلفة لمصطلح الكلال يمكن سردها فيما يلي:

*يمكن أن يكون انخفاض القدرة لأداء شغل أو نقص الكفاءة في إنجاز عمل معين.

*انخفاض في الرغبة لأداء العمل أو الاستعداد للعمل (i.e. شعور بالضعف).

*حالة للعقل تنشأ من نشاط عقلي مطول.

*فشل في الإعداد لاتزان جسماني أو عضوي (physiological or organic equilibrium).

*ليس كياناً بل كلمة ملائمة لوصف ظواهر متباينة.

طبيعة الكلال (Nature of fatigue):

سلوك الفرد أي قدرة الفرد على التعامل مع المشكلة هو عامل هام في القدرة على العمل، لكن هذا لا يمكن تحري قياسه جسمانياً. دراسة الكلال يجب ألا تنحصر فقط في النشاط الجسماني العضلي لكن أيضاً في العوامل البيئية الغير محددة التي تؤثر على نظرة الإنسان وأسلوبه في التعامل مع العمل. أصبح من الواضح أن الاستقرار العاطفي والصحة العقلية لا يمكن ربطها بالكلال. لمدى معين فإن الكلال يشرك الأعضاء الحسية واللاحسية ككل، أي هو معضلة جسمانية ونفسية. العمل الذي ينتج عنه تغيرات جسمانية في العضلات، أنسجة الأعصاب، والدم هو من اهتمام كل من الكيميائي الحيوي والطبيب.

دراسات الكلال (Studies of fatigue):

أنجلو ماسو، عالم إيطالي هو أول من طور جهازاً عرف بالارقوغراف (ergo graph) مكَّن من التحقق من العلاقة بين الكلال والعمل في جزء معزول نسبياً من الجسم. لقد تمكن من حث (i.e.تحريض) الكلال في مجموعة عضلية وأمكنه دراسة الظاهرة بدون تعقيدها أكثر بأي تأثيرات سيكولوجية كالرتابة والملل التي عادة ما تكون مصاحبة لفترات عمل أطول.

مبدأ الارقوغراف (ergo graph) بسيط حيث يتم فيه تثبيت جميع الأصابع ماعدا الأصبع الأوسط، ومن بعد يتم ربط خيط على الأصبع الحر، الذي يهيئ للعمل. ووضع حمل على الطرف الآخر للخيط، حيث يبدأ الأصبع الحر في الجر ضد الحمل. في تجربة ماسو، فإن الحبل يوضع على طارة أو يجر الأصبع ضد شد ياي معلوم. يبذل شغل الأصبع بانكماش وارتخاء العضلات، والتي بدورها ترفع وتخفض الوزن.

لكي يتم الحصول على مخطط مخرج الشغل، يتم تثبيت جهاز تسجيل للخيط المتحرك. عند كل انكماش هنالك إبرة على دارة تسجل مقدار الانكماشات المتعاقبة بسلسلة من الخطوط المستقيمة.

استخدام مبدأ الارقوغراف (ergo graph) أسّس عدداً من العلاقات الهامة، حيث أن كل منها له تطبيق محدد في الصناعة ويتم مناقشتها كمل يلي:

1/ إذا كانت الانكماشات بحمل معطى موزّعة كواحدة كل ثانيتين، يكون هنالك انخفاض تدريجي في مطال (amplitude) الانكماشات حتى لا يمكن نهائياً عمل انكماشات إضافية.

2/ إذا كانت الانكماشات بحمل معطى موزعة كل 10 ثواني لا يكون هنالك حدوث واضح للكلال.

3/ إذا تم رفع الحمل بإيقاع سريع فإنه ينتج كلالا أكبر من نفس الحمل الذي يتم رفعه بإيقاع أبطأ.

4/ الزمن المستغرق لاسترجاع كامل للقدرة يزيد كلما زادت فترة العمل.

5/ نشاط الأطقم (.i.e المجموعات) الأخرى للعضلات تُخفِّض قدرة الأصبع لأداء العمل.

6/ تنخفض قدرة العضلات لأداء شغل بفقد النوم، النشاط العقلي الزائد، الجوع وفشل العضلات.

7/ تزيد قدرة العضلات لأداء الشغل بحقن سكر في مجرى الدم وبالصحة الجيدة والجسم الصحيح.

8/ يختلف معدل الكلال كثيراً من شخص لآخر وذلك حسب القدرات الجسمانية والعقلية لكل شخص.

علامات الكلال (Signs of fatigue):

من الخطأ التعبير عن الكلال العقلي كظاهرة مرتبطة بالرتابة (Monotony) والملل (Boredom).

الرتابة (Monotony): هي حالة عقلية تنشأ من أداء الشخص لوظيفة مكررة لفترات طويلة من الوقت.

الملل (Boredom): يعني قصور الرغبة ويوصف عامة بالاكتئاب (depression) والرغبة في تغيير النشاط. يتأثر الملل بالشخصية، أسلوب الشخص في حل المشاكل وأيضاً رغباته وميوله. الملل والرتابة يمكن تمييزهما عن الكلال لأنهما رغبة في تغيير النشاط بينما الكلال هو راحة من العمل تماماً.

ينشأ عن العمل العقلي المطول عدم قدرة على تقويم أو فهم ما يتم قراءته. الأعراض المشتركة للعمل العقلي المطول هي الأخطاء المتزايدة والزيادة في الزمن الضروري لهضم مادة مكتوبة. هذه الظاهرة تعرف بالإنغلاق العقلي (Brain Lock) ويتم تفاديها بتوزيع العمل خلال فترة معقولة من الزمن وتفادي تركيزه خلال فترة زمنية قصيرة.

الأحوال غير المباشرة للكلال (Indirect measures of fatigue):

الأحوال البيئية المؤثرة على الكلال:

(Environmental conditions affecting fatigue)

الأحوال البيئية المؤثرة على الكلال مثل الضجيج (Noise)، الإنارة الغير جيدة والحرارة الزائدة، البرودة والغبار جميعها توضح زيادة في الكلال.

التحسين في هذه الشروط يساهم في تخفيض الكلال الذي ينتج عنه معنويات عالية للقوة البشرية وبالتالي معدلات إنتاج عالية، معدل أدنى لوقوع الحوادث وغياب أقل.

وبالتالي يمكن حصر الأحوال غير المباشرة التي تؤثر على الكلال في الآتي:

1/ الضجيج والموسيقى الصناعية (Noise and Industrial music)

2/ شدة الاستضاءة (illumination).

3/ درجة الحرارة والرطوبة (Temperature and humidity).

4/ التهوية الجيدة (Ventilation).

الأحوال المباشرة للكلال (Direct measures of fatigue):

وهي ناتجة عن الأداء الجسماني والعقلاني للشخص نسبة لأدائه للعمل بنفسه.

1.2 الصـيانة (Maintenance):

مقدمة:

الصيانة هي المحافظة على الماكينات والمحركات والآلات والمعدات وإبقائها في حالة جيدة طوال فترة عمرها الافتراضي. عليه هي كل الأعمال التي تتم للإصلاح أو الحفاظ على الأصول الثابتة وجعلها صالحة للعمل بكفاءة عالية. وهي عملية مستمرة ويجب أن تُؤدَّي بواسطة عمالة متخصصة مسئولياتها تتلخص في الآتي:

1/ التفتيش والكشوفات الدورية (i.e. صيانة وقائية).

2/ الإصلاحات التي تتم في الحالات الطارئة (i.e. صيانة تصحيحية غير مجدولة).

3/ الإشراف الإداري والاستخدام الأمثل للعمالة الموجودة للاستفادة القصوى منها.

4/ تجميع البيانات الإحصائية الخاصة بالأعطال والأداء وخلافه وذلك للاستفادة منها مستقبلاً.

5/ إعداد خطة لاستبدال المعدات وتشمل الماكينات والآلات وخلافه ورفعها للإدارة العليا لاتخاذ القرار المناسب.

واجبات قسم الصيانة:

1/ تركيب الآلات والمعدات الجديدة.

2/ العناية بالآلات والمباني والأجهزة وكل الأصول الثابتة.

الأقسام التابعة لقسم الصيانة:

1/ قسم العمليات (Operation department).

2/ قسم الكهرباء (Electrical department).

3/ قسم المباني (Building and construction department).

4/ قسم الميكانيكا (Mechanical department).

5/ قسم الإنتاج (Production department).

6/ العتالة وعمال النظافة.

7/ المقاولين من الخارج (Sub – contractors) (i.e. ورش استشارية وبيوتات خبرة متخصصة في المجال).

القواعد التي تحكم أعمال الصيانة:

1/ جميع طلبات الصيانة يجب أن تتم كتابة ولجهة مركزية محددة (i.e. يخاطب المشرف قسم الصيانة كتابة بالأعطال ليتم إصلاحها).

2/ جميع الأعمال التي تتعلق بالصيانة يجب ألا تتم بالعمالة المنتجة إلا إذا تمت تحت إشراف قسم الصيانة.

3/ جميع مخازن الصيانة يجب مراقبتها بدق أسوة بالمخازن الأخرى (i.e. يجب توفير جميع قطع الغيار خاصة الأكثر استهلاكاً).

4/ تسجيل وحفظ جميع الأعمال التي تتم وتشمل المواد والمعدات المستخدمة للاستفادة منها عند اتخاذ قرار بخصوص شراء آلية أو مُعِدَّة جديدة.

أهداف وأنواع الصيانة: (Maintenance Objectives and Types)

i/ أهداف الصيانة: (Objectives of maintenance)

1/ المحافظة على المعدات والماكينات والآليات والمباني وإبقائها في حالة جيدة طوال فترة عمرها الافتراضي.

2/ التقليل من الخسارة في الأرواح والمعدات وذلك بالتفتيش الدوري المنتظم.

3/ تقليل تكاليف الإصلاح والصيانة إلى أدنى قيمة ممكنة.

4/ الارتفاع بمستوى جودة الإنتاج لترتفع سمعة المنتج وبالتالي يزيد الطلب على الخدمة.

5/ المحافظة على المباني والطرق والشبكات (.i.e كهرباء، مياه، بخار) وتركيب المعدات الجديدة.

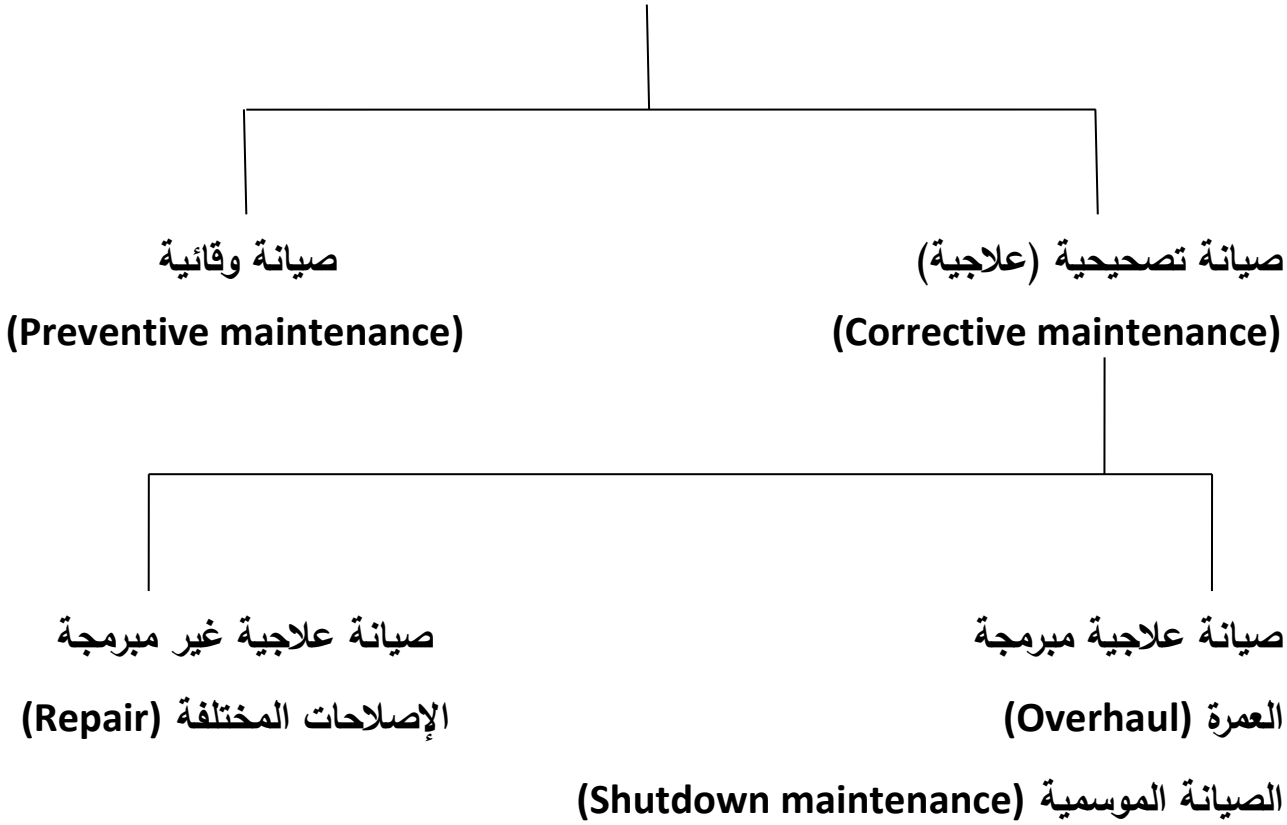
6/ المحافظة على التخطيط العام للمنشأة حيث يمكن إدخال تعديلات مطلوبة جديدة.

7/ المحافظة على رأس المال.

8/ وضع برنامج زمني لصيانة الماكينات والآليات والمعدات قبل أن تتوقف وبذلك يمكن تفادي توقف الماكينة فجائياً وتلافي الخسارة الجسيمة لتأثير توقفها على بقية وحدات الإنتاج الأخرى المرتبطة بها.

ii/ أنواع الصيانة: (Types of maintenance)

الشكل (1.1) أدناه يوضح نوعي الصيانة الذين هما: صيانة وقائية وصيانة علاجية.



شكل (1.1) أنواع الصيانة

مهام قسم الصيانة:

1/ القيام بجميع الأعمال التحضيرية المقررة في نظام الصيانة الدورية والوقائية.

2/ التحضير والتخطيط لعمليات الصيانة وتحسين مستوى أداء المعدات.

3/ اختبار المعدات من الناحية الفنية والاقتصادية للارتقاء بمتطلبات الإنتاج.

4/ تصنيع قطع الغيار والأجزاء اللازمة للصيانة.

5/ فك وتركيب المعدات والآلات.

6/ اختبار وتجربة المعدات عند الاستلام أو الإصلاح.

7/ تدريب عمال الصيانة ومراقبة صيانة الآلات وخدمتها.

8/ تقدير ميزانية الصيانة.

9/ تحقيق متطلبات الصيانة بأعلى كفاءة وأقل تكلفة.

تنظيم أعمال أقسام الصيانة:

الخصائص والسمات الأساسية: (The characteristics & basic features)

1/ أن يتم تحديد الواجبات والمسئوليات بدون لبس أو غموض.

2/ أن يكون نطاق الإشراف مناسبا أي أن يكون التنظيم مركزيا أو لا مركزياً أو جامعاً بين الاثنين.

3/ جميع طلبات الصيانة يجب أن تتم كتابة لوحدة مركزية محددة.

4/ جميع أعمال الصيانة يجب أن تتم تحت إشراف قسم الصيانة.

5/ جميع مخازن الصيانة يجب مراقبتها دورياً بكل دقة (i.e. إعطائها نفس المهام وأولوية المواد الخام ومدخلات الإنتاج).

6/ تسجيل جميع الأعمال التي يتم إنجازها وتشمل جميع الأعطال وكيفية علاجها والمواد المستخدمة وحفظ هذه في دفتر يومية (Log book) للاستفادة منها في حالة تكرار الأعطال للمساعدة في اتخاذ القرار المناسب في أقصر زمن ممكن.

تنظيم أقسام الصيانة: (Organizing maintenance departments)

i/ التنظيم المركزي: (Centralized organization)

يكون جميع العاملين بتخصصاتهم المختلفة في قسم واحد ويتم توجيههم إلى منطقة العمل حسب الاحتياج.

مميزات التنظيم المركزي:(Advantages of centralized organization)

1/ استغلال القوى العاملة عن طريق تنويع الخبرات ويتم توجيههم حسب الحاجة (i.e. العامل

الشامل).

2/ تقليل نفقات الصيانة (.i.e تأدية العمل بقليل من العمال).

3/ إلمام العاملين بصيانة الآلات بالأقسام المختلفة.

محددات التنظيم المركزي:(Limitations of centralized organization)

1/ طول خط الاتصال بين قسم الإنتاج والصيانة وبين عمال الصيانة وإدارة الصيانة.

2/ زيادة في الوقت الضائع للآلات والعمالة (.i.e تحرك عمال الصيانة من الورشة إلى منطقة الصيانة وبالعكس).

3/ صعوبة المراقبة (.i.e بعد العاملين عن الإدارة وتغيير مواقع العمل من آن لآخر).

ii/ التنظيم اللامركزي: (Decentralized organization)

يتم تقسيم عمال الصيانة على أقسام الإنتاج المختلفة لتقوم كل فرقة بالأعمال اللازمة بقسم الإنتاج المعين. يوجد هذا التنظيم عادة في المؤسسات الكبيرة أو الموزعة على مناطق جغرافية أو ذات التخصصات الدقيقة مثل هيئة سكك حديد السودان، النقل النهري، النقل البحري وشركات النقل البري.

مميزات التنظيم اللامركزي:(Advantages of decentralized organization)

1/ سهولة رقابة العاملين.

2/ تقليل الزمن الضائع للآلات (.i.e سرعة الاستجابة لإجراء الصيانة والإصلاح).

3/ توثيق العلاقة بين عمال قسم الصيانة وعمال قسم الإنتاج.

4/ تعميق المعرفة في الآلات المعينة (.i.e التخصصات الدقيقة في الآلات والمعدات المعينة).

محددات التنظيم اللامركزي:(Limitations of decentralized organization)

1/ زيادة عدد العاملين (.i.e ناتج من توفر التخصصات المختلفة في كل قسم).

2/ تعطيل جزء كبير من طاقة العاملين (.i.e عدم استغلال وقتهم بالكامل).

3/ انحسار إلمام العاملين بالآلات عامة الغرض وخاصة الغرض الموجودة بالأقسام الأخرى.

4/ زيادة تكاليف الصيانة نتيجة للأسباب المذكورة عاليه.

العلاقة بين قسمي الصيانة والإنتاج:

(Relation between maintenance & production departments)

1/ يجب أن يكون هنالك تنسيق بين القسمين، بدءاً من وضع اللمسات الأولى بوضع الخطط والبرامج لأن تَفهُّم كل قسم لظروف الآخر يساعد في التنسيق وانسياب العمل.

2/ عندما تقتضي ظروف أحد القسمين تغيير برنامجه المعتاد يجب إخطار القسم الآخر قبل وقت كاف للتشاور وإجراء التنسيق الكامل لترتيب وتسيير العمل.

1.3 تصنيف المعدات الصناعية:

(Classification of Industrial Equipment)

يمكن تصنيف المعدات الصناعية إلى صنفين رئيسيين كما موضح في السرد أدناه:

i/ ماكينات عامة الغرض (General purpose machines).

مميزات ومحددات الماكينات عامة الغرض:

(Advantages & limitations of general purpose machines)

1/ أداء وظائف متعددة بدلاً من وظيفة واحدة محددة (Versatile machines).

2/ يتطلب تشغيلها أفراداً على درجة عالية من المهارة والموهبة لعمل الضبط اللازم لها وفق المواصفات المطلوبة في الإنتاج.

3/ تعل ببطء أكبر من الآلات خاصة الغرض وطاقتها الإنتاجية أقل لذلك فإن تكلفة الوحدة المنتجة بها أكبر من تكلفة الوحدة المنتجة بالماكينات المتخصصة.

4/ تحتاج لعمليات فحص وتفتيش دقيقة أثناء مزاولة العامل أو الفني لعمله.

5/ يمكن استمرار استخدامها في الإنتاج حتى في حالة حدوث تغيير أو تعديل في تصميم المنتجات.

6/ يمكن دائماً التخلص منها ببيعها كماكينات مستخدمة وبأسعار معقولة.

7/ تصميمها ليس معقداً ولذلك فإن تكاليف إصلاحها وصيانتها ليست كبيرة كما أن قطع غيارها دائماً متوفرة وبأسعار معقولة.

ii/ ماكينات خاصة الغرض: (Special purpose machines)

صُمِّم هذا النوع من الماكينات لأداء عمليات صناعية محدَّدة بأسرع وأدقَّ تكاليف من تلك للماكينات عامة الغرض، وهي تحتاج لعدد قليل من الأفراد لتشغيلها وتؤدي معظم العمليات تلقائياً دون تدخل كبير من جانب العامل أو الفني.

مميزات ومحددات الماكينات خاصة الغرض:

(Advantages & limitations of special purpose machines)

1/أكبر حجماً من الماكينات عامة الغرض.

2/ تُؤدِّي العمل بدقة عالية ولا تحتاج لتفتيش دقيق على الإنتاج.

3/ تكاليف الشراء والتشغيل أكبر من الماكينات عامة الغرض.

4/ لا تستخدم إلَّا في أداء غرض واحد.

5/ يتطلب إصلاحها وصيانتها خبرات فنية كبيرة وتكاليف إصلاحها ضخمة.

6/ نسبة للتقدم التكنولوجي في الصيانة يتغير تصميمها بسرعة مما يتطلب تغيير الآلة المستعملة بأخرى أحدث لمسايرة إنتاج الشركات المنافسة بالرغم من أن الآلة الحالية قد تكون صالحة للاستعمال.

تغيير الآلات أو الماكينات: (Replacement of machines)

يكون تغيير الآلات ضرورياً وذلك تبعاً للأسباب التالية:

1/ الحصول على إنتاج وفير واقتصادي.

2/ الحصول على دقة عالية للمنتوجات.

3/ تقليل كلفة الإنتاج إلى أدنى حد ممكن.

السياسات المتبعة عند تغيير الآلات أو المعدات:

(Policies followed during replacement of machines)

1/ تعتمد على العمر الافتراضي أو الإنتاجي أو الاقتصادي.

2/ يتم تغيير الآلة إذا مضى على استخدامها عشر سنوات أو أكثر.

3/ يتم التغيير بناءاً على مقارنة بين الاستمرار في استخدام الآلة القديمة أو شراء آلة جديدة وغالباً ما يكون عنصر المقارنة هو التكلفة.

المقصود بالتكاليف: (Costs)

i/ رأس المال الاستثماري (i.e. ثمن شراء الآلات، المعدات والماكينات).

ii/ تكاليف التشغيل وتشمل العمالة المباشرة وغير المباشرة، المواد الخام، الطاقة المستخدمة،

عمليات الصيانة والإصلاح، أقساط التأمين، الفائدة على رأس المال المستثمر، الإهلاك السنوي، والقيمة المتبقية بعد انقضاء العمر الافتراضي.

4/ حسب المساحة المتاحة في المصنع.

5/ عددية ونوعية العمال المهرة المطلوبين.

6/ مدى صلاحية أجهزة السلامة على الآلة لحماية العاملين من الحوادث الصناعية.

7/ التجهيزات والتسهيلات الحديثة الموجودة بالآلة.

8/ فترة الضمان التي يسمح بها المورد أو الوكيل.

9/ وجهات نظر المشرفين والعاملين على الآلة.

10/ الفترة التي تستغرق للتدريب على الآلة الجديدة.

11/ وفرة قطع الغيار.

تنظيم صيانة المعدات: (Organizing maintenance equipment)

i/ برمجة الصيانة: (Maintenance Programming)

1/ تعتبر من أهم الوسائل لخفض التكاليف لإمكانية إجراء النشاطات المختلفة للصيانة في الأوقات المناسبة.

2/ على الرغم من أهمية برمجة أعمال الصيانة إلا أنه لا يمكن تطبيقها على كل الآلات والمعدات بالمرفق المعين خاصة الآلات سريعة الاستهلاك والقديمة والآلات التي لا تستغل طاقتها بالكامل ولا تسبب أضراراً كبيرة في حالة توقفها لفترات معقولة.

ii/ تخطيط الصيانة الوقائية: (Planning preventive maintenance)

عند التخطيط للصيانة الوقائية لابد للمؤسسة من عمل حصر لجميع الآلات والمعدات وتصنيفها حسب الأسس التالية:

1/ تصنيف الموجودات حسب صلتها مع بعضها البعض (.i.e خط الإنتاج).

2/ يتم ترقيم الموجودات بأرقام معينة يسهل التعرف عليها دون التباس.

3/ عمل مسح فني لمعرفة الحالة العامة لكل آلة.

4/ فرز الآلات التي يخطط لصيانتها من تلك التي تصان عن طريق الإصلاح أو الصيانة عند الحاجة.

1.4 السلامــة والأمــن الصناعــي: (Industrial safety and security)

ينص قانون التأمين الصحي لسنة 1990م بأنه يجب على صاحب العمل الذي يستخدم عدداً من العاملين يبلغ 30 عاملاً أن يعين ضابطاً للأمن الصناعي وإذا زاد العدد عن ذلك يتم تكوين لجنة أو قسم للأمن الصناعي.

تتركز أهمية الأمن الصناعي في ثلاث محاور رئيسية:

(Importance of industrial security)

1/ المحافظة على المنشأة وسلامة آلياتها ومعداتها.

2/ المحافظة على بيئة العمل السليمة ومنع تلوث الهواء أو التربة أو الماء.

3/ العناية والحفاظ على سلامة العامل البدنية والنفسية والاجتماعية ودرء المخاطر عنه، خاصة تلك التي تتعلق بالإصابة العضوية أو الأمراض المهنية وبتحقيق ذلك نضمن سلامة المنشأة وندفع العامل إلى زيادة البذل والإنتاج.

الهدف من قانون الأمن الصناعي:

(The objective of the industrial security law)

1/ خلق ظروف عمل صحية وآمنة وخالية من مسببات الحوادث وجميع الإصابات وجميع الأمراض المهنية وتبصير العاملين بمخاطر المهنة.

2/ التواجد المنتظم المبرمج وغير المبرمج في مواقع العمل للتأكد من مطابقة العمل لقواعد السلامة.

3/ التوجيه والتحذير من المخاطر التي يتعرض لها العاملين لحمايتهم من الحوادث والإصابات والأمراض المهنية.

4/ مراقبة الأوضاع والتصرفات الغير سليمة التي تُؤدَّي إلى الحوادث والخسائر في مواقع العمل.

5/ توجيه وتدريب العاملين على الطرق الصحيحة لحمايتهم وحماية مقومات الإنتاج ومراقبة البيئة ونظافتها وتوفير الخدمات الصحية للعاملين.

دور الأمن الصناعي وعلاقته بالإنتاج:

(The role of industrial security and its relation with production)

يكمن دور الأمن الصناعي في المحافظة على مقومات الإنتاج والتي تتمثل في الآتي:

i/ العنصر البشري: (The human element)

تهيئة مقومات العمل ودرء مخاطر البيئة التي تعيق أدائه والمتمثلة في:

1/ التعرض للحرارة والبرودة والرطوبة بدرجات عالية.

2/ التعرض للضوضاء.

3/ الإضاءة القوية أو الضعيفة.

4/ تهيئة أماكن الأكل والشرب السليمة.

5/ تهيئة الحمامات ودورات المياه.

6/ تناسب الأجور مع المجهود الذهني والبدني للعامل.

ii/ الآلات والمعدات: (Machines and equipment)

فحص المعدات اللازمة لسلامة الآليات والمعدات كمعدات الإطفاء ومواسير المياه وحفظ البضائع القابلة للاشتعال في أماكن آمنة وعمل الحواجز لتغطية سيور الماكينات والأماكن الخطرة بالأرصفة وخلافه. تركيب الملصقات التحذيرية وتوعية العاملين بمخاطر الآليات المتحركة.

iii/ المواد الخام والبضائع: (Raw materials)

التأكد من حفظ البضائع بالطريقة السليمة حتى لا تكون عرضة للحريق أو البلل أو السقوط والتلف. وحفظ كل نوع من البضائع في الأماكن المناسبة المخصصة لها كالأسمدة والكيماويات والمبيدات وخلافه حتى لا تتسبب في حدوث أضرار أو إصابات للمباني أو العاملين.

iv/ التوعية والتدريب : (Enlightenment and training)

تنمية الوعي الوقائي بين العاملين وذلك بقيام الأمن الصناعي بتعريف العامل بمخاطر عمله ويتم هذا عن طريق:

1/ الندوات (Symposiums)، المنتديات (Forums)، ورش العمل (Workshops)، والمحاضرات (Lectures)، ووضع تعليمات عن المخاطر في جميع خطوط العمل.

2/ تدريب بعض العاملين بالأقسام المختلفة على علوم السلامة والأمن الصناعي بصفة مدربين لخلق نواة لمشرفين جدد.

v/ التفتيش الإرشادي والإجراءات الوقائية:

(Guidance inspection & preventive procedures)

1/ عمل زيارات ميدانية متوالية لجميع الوحدات بالورش والمخازن وأماكن سكن العاملين للتأكد من إجراءات السلامة بالنسبة للآليات والعاملين وتفقد أماكن مياه الشرب والاغتسال

ودورات المياه والكافتيريات للتأكد من نظافتها وسلامتها.

2/ التركيز على المناطق التي تؤدي إلى تلوث بيئة العمل من أتربة وأبخرة ومواد كيماوية (i.e. مصانع الاسمنت، مطاحن الغلال، ورش صيانة المحركات وغيرها) والعمل على الحد من هذه الأضرار وإزالة مسبباتها بالتنسيق مع إدارة الصحة المهنية لإجراء الفحوصات الدورية على العاملين وبيئة عملهم وذلك للاكتشاف المبكر والوقاية من الأمراض المهنية (i.e. مثل الربو، السل الرئوي، السرطان وغيرها).

إصابات العمل: (Industry Injuries)

عادة ما تقع إصابات طفيفة أو جسيمة للعاملين في الصناعة جراء تعاملهم مع الماكينات، المحركات والآليات الثقيلة أثناء عمليات الصيانة أو عمليات التشغيل.

تكلفة إصابات العمل: (Cost due to injuries)

i/ التكلفة المباشرة: (Direct cost)

1/ تكلفة علاج المصاب.

2/ أجر المصاب أثناء انقطاعه عن العمل.

3/ استحقاقات المصاب على ضوء نتيجة الإصابة.

4/ الخسارة الناتجة مباشرة عن تلف المواد والماكينات نتيجة للحادث.

ii/ التكلفة غير المباشرة: (Indirect cost)

توقف الإنتاج وقت الحادث بهدف:

1/ مساعدة أو إسعاف المصاب.

2/ التجمهر لحب الاستطلاع.

3/ انتشار الهلع بين العاملين الذي يؤدون نفس العمل أو ما شابهه.

4/ تعيين وتدريب عامل بديل للشخص المصاب حتى يستطيع تأدية العمل بنفس كفاءة العامل المصاب.

5/ أجر الأشخاص المنوط بهم إسعاف وعلاج المصاب من أطباء ومشرفين وخلافه.

متطلبات الأمن الصناعي: (Industrial safety requirements)

1/ اتخاذ الاحتياطات اللازمة لحماية العمال من الأضرار الصحية وأخطار العمل.

2/ إجراء الكشف الطبي الدقيق على العمال الذين يعملون في مهن تتضمن بطبيعتها أخطاراً تهدد صحة العامل مثل مصانع المسبوكات، الغزل والنسيج، أعمال الحدادة والسمكرة وغيرها مع إجراء الكشف الطبي الدوري عليهم.

3/ تبليغ جهات الاختصاص عن حالات وإصابات العمل والأمراض المهنية وعدد الحالات المشتبه فيها.

4/ توفير شروط الوقاية والسلامة الصحية بأماكن العمل مع ضبط بيئة العمل لمستوى ملائم لصحة العمال.

5/ اتخاذ التدابير الاحتياطية ضد الحوادث من حيث تركيب أجهزة السلامة والأمان في ماكينات الإنتاج أو اثناء عمليات الصيانة للماكينات والمباني وغيرها.

مهام واختصاصات ضابط الأمن الصناعي:

1/ التفتيش الدوري (i.e. يومي، أسبوعي، شهري وسنوي) على مواقع العمل وتدوين الملاحظات بدفتر الأحوال.

2/ توفير الأجهزة والأدوات الواقية من الإصابات مثل الكمامات، سدادات الأذن، الأحذية الصناعية، خوذات الرأس، نظارات اللحام وغيرها.

3/ مراقبة استعمال ملابس الوقاية بالطريقة السليمة وتناسبها مع العمل.

4/ الاتصال بمكتب العمل والصحة المهنية فيما يختص بالإصابات والحوادث.

5/ حصر الإصابات والحوادث ورفع تقارير شهرية عن نوعها.

6/ العمل كمقرر للجان الحوادث والإصابات بالإدارات المختلفة.

7/ العمل على تحسين ظروف العمل الطبيعية المتعلقة بالأمكنة مثل الإضاءة والتهوية والضوضاء.

8/ عمل لوحات وملصقات وإعلانات وتحذيرات في جميع المواقع التي يرى فيها مخاطر.

9/ التأكد من توفر صناديق الإسعافات الأولية في جميع مواقع العمل ومراجعة محتوياتها من الأدوية وتحديد ما يجب أن يتوفر فيها من الأدوية، أو توفير مستوصف طبي داخل موقع العمل في حالة المؤسسات أو الشركات الكبيرة التي تستوعب أعداد كبيرة من العمال.

10/ المراجعة والتأكد من أن جميع أجهزة إطفاء الحرائق مصانة وموضوعة في أماكنها المناسبة.

11/ إصدار النشرات والكتيبات (Leaflets and booklets) عن الأمن الصناعي لتكثيف التوعية الصناعية.

الفصـل الثانـي

التآكــل Corrosion

2.1 تعــريف التآكــل: (Definition of corrosion)

يعرف التآكل بأنه انهيار المنشآت الفلزية بفعل تفاعلها مع الجو المحيط. يتخذ التآكل عدة صور وهو كثيراً ما يؤدي إلى توقف خطوط الإنتاج في العمليات الصناعية وهذا يعتبر أحد محددات التآكل المباشرة وغير المباشرة العديدة. هنالك العديد من المحددات الاقتصادية لعملية التآكل التي يمكن إيجازها فيما يلي من نقاط:

2.2 المحــددات الاقتصــادية للتآكــل: (Economical limitations of corrosion)

1/ ضرورة إحلال واستبدال الوحدات والمعدات المتآكلة بأخرى سليمة، وما يصاحب ذلك من فقد العديد من ساعات العمل والإنتاج، إضافة إلى تكاليف الإحلال والاستبدال من تكلفة لقطع الغيار وأجرة الفنيين.

2/ فرط التصميم: (Maximization of Design Materials)

ويقصد به استخدام مزيد من مواد الإنشاء والتشييد عما هو مطلوب لِتحمُّل الأحمال والإجهادات الميكانيكية تحسباً من عملية التآكل وما يتبع ذلك من زيادة في كمية مواد الإنشاء والتشييد مما يؤدي إلى ارتفاع تكاليف الوحدات كما يتطلب ذلك إقامة أساسات خاصة كي تتحمل هذه الوحدات الثقيلة وهذه بدورها عالية التكاليف.

3/ ضرورة تطبيق الصيانات الدورية الضرورية كالطلاء بالبوهيات وهذا يتطلب تكاليف مستمرة.

4/ إيقاف الوحدات الصناعية بصفة دورية لإجراء الصيانات عليها. (Shut – down maintenance)

5/ تداخل نواتج عملية التآكل مع المنتج الرئيسي مما يؤدي إلى نقص في قيمة المنتج النهائي.

6/ النقص في الكفاءة (deficiency)، فمثلاً يؤدي فرط التصميم وتراكم نواتج عملية التآكل على الأسطح المخصصة لانتقال الحرارة إلى تناقص في معدل التبادل الحراري في المبادلات الحرارية.

7/ فقد المنتجات القيمة من خزانتها نتيجة لتسربها خلال ثقوب الخزانات المتآكلة.

8/ تعرض الوحدات المجاورة للدمار نتيجة انهيار الوحدات المتآكلة.

9/ الاحتياج إلى مزيد من الطاقة لضخ الموائع داخل الأنابيب نتيجة لزيادة مقاومة الاحتكاك بفعل الزيادة في درجة خشونة سطح الأنابيب الداخلي بفعل التآكل.

هنالك بعض المحددات الاجتماعية التي قد تسببها عملية التآكل والتي يمكن حصرها فيما يلي:

2.3 المحـددات الاجتماعـية للتآكـل: (Social limitations of corrosion)

1/ ما يتعلق بالأمان والسلامة:

الانهيار المفاجئ للوحدات الصناعية والمنشآت بفعل التآكل قد يتسبب في إشعال النيران وحدوث الحرائق ووقوع الإنفجارات وإطلاق الأبخرة والمواد السامة مما قد يؤدي إلى وقوع العديد من الإصابات والوفيات، مثال لذلك انهيار المفاعلات النووية، الغلايات ذات الضغط العالي، تعبئة غاز الاستيلين، البيوتان، الأكسجين وغيرها.

2/ ما يتعلق بالصحة:

تسرب المنتجات من الوحدات المتآكلة يؤدي إلى تلوث بيئة العمل والبيئة المجاورة ويُعرِّض الصحة العامة للخطر، مثل التسرب الإشعاعي النووي (i.e. المفاعل النووي الروسي تشرنوبل).

3/ ما يتعلق بافتقار المصادر الطبيعية للمواد الخام والفلزات:

عملية إعادة بناء وتشييد وحدات جديدة بدلاً عن المتآكلة يستوجب استنفاذ المصادر الطبيعية لهذه الفلزات كما يتطلب استهلاك كميات كبيرة من الوقود لتصنيع هذه الوحدات.

أخيراً فإن مظهر الوحدات المتآكلة لا يسر العين وبطبيعة الحال فإن كلاً من المحددات الاقتصادية والاجتماعية السابقة لها انعكاسات اقتصادية. ولعله من الواضح الآن أن هنالك العديد من الأسباب التي تستوجب التصدي لعملية التآكل.

2.4 صور التآكل:

يحدث التآكل في صور وأشكال عديدة ومختلفة وتقسَّم هذه الصور كما يلي:

1/ حسب طبيعة الوسط الآكل:

وعلى هذا الأساس يمكن تقسيم التآكل إلى مبتل وجاف. وحسب التسمية فإنه يكون من الضروري تواجد سوائل أو رطوبة لكي يحدث التآكل من النوع الرطب أو المبتل بينما لا يستوجب التآكل الجاف ذلك وعادة يحدث التآكل الجاف عند درجات الحرارة المرتفعة أي بين الفلزات والغازات كما يحدث في بعض المداخن وعوادم المصانع والسيارات.

2/ حسب ميكانيكية عملية التآكل:

أي حسب المسلك الذي تسلكه عملية التآكل وبهذا الخصوص ينقسم إلى تآكل كيميائي، وآخر كهروكيميائي.

3/ حسب المظهر للفلز المتآكل:

وفي هذه الحالة يتم تقسيم التآكل إلى تآكل متجانس يحدث عند السطح المتآكل كله، أي أن معدل التآكل يكون متساوياً عبر السطح الفلزي ككل، وتآكل موضعي أو مُركَّز وفي هذه الحالة يتركز في مساحات محددة.

2.5 أنواع التآكل: (Types of corrosion)

هنالك أنواع عديدة للتآكل يمكن إبرازها فيما يلي:

1/ التآكل المتجانس والتآكل الجلفاني: (Homogeneous and Galvanic corrosion)

التآكل المتجانس بمعدل متقارب عبر مساحات عريضة من السطح الفلزي يُعَدُّ من الصور الأكثر شيوعاً لعملية التآكل ويمكن أن يحدث هذا النوع من التآكل في الظروف الرطبة أو الجافة كما أنه يمكن أن يحدث بميكانيكية كيميائية أو كهروكيميائية وعادة يكون الاختيار الجيد لمواد الإنشاء والتشييد والوقاية بالتغطية من أهم الوسائل التي تطبق للسيطرة على هذا النوع من التآكل.

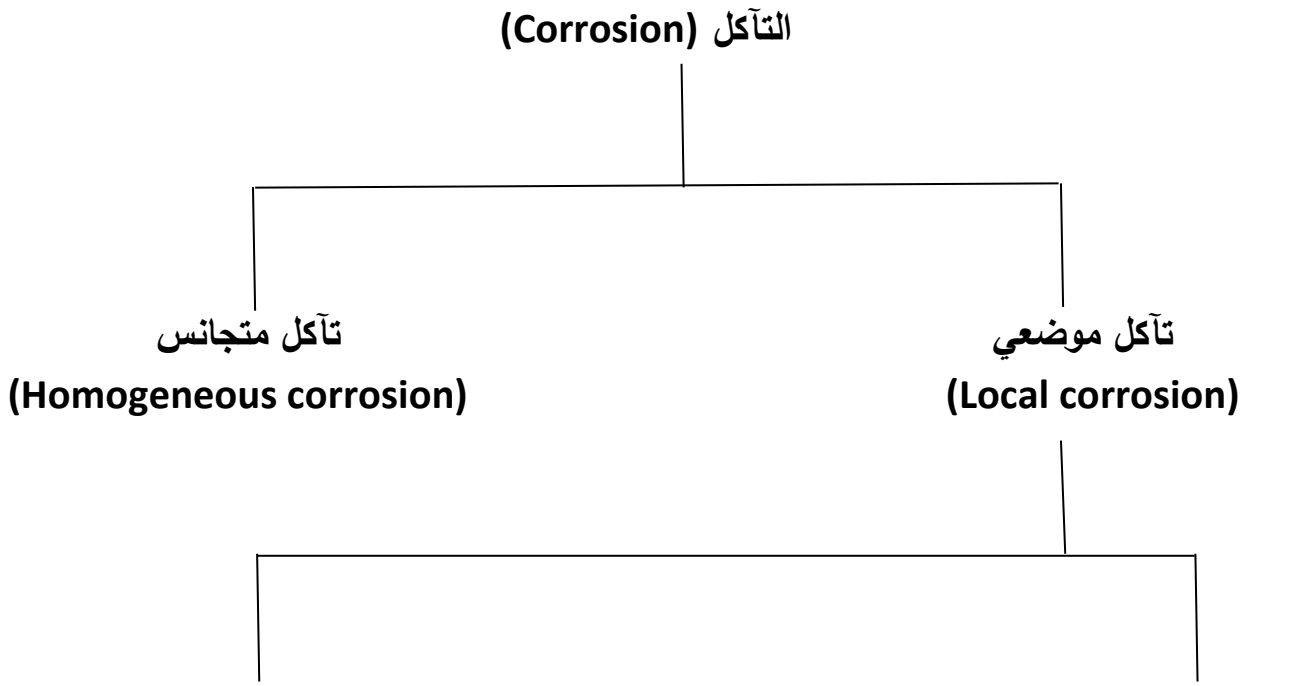
يعد التآكل المتجانس من أبسط صور التآكل من حيث إمكانية تحديد مقداره ومعدل حدوثه. وبناءاً على ذلك فإن الانهيارات غير المتوقعة بسبب التآكل يمكن تلافيها بالفحص الدوري المنتظم للمنشئات الفلزية.

أما التآكل الجلفاني فإنه يحدث عندما يتواجد فلزان مختلفان من حيث النشاط الكهروكيميائي في حالة تلامس مع بعضهما البعض أو تم توصيلهما بموصِّل كهربي وتم تعريضهما لفعل سائل إلكتروليتي ما، فإنه وكنتيجة لذلك سوف تكتسب كل قطعة فلزية من هاتين القطعتين جهداً كهربياً خاصاً بها يتوقف من حيث المقدار على نوع هذه القطعة الفلزية وموقعها في الترتيب الذي يشار إليه بالسلسة الكهروكيميائية، إضافة إلى كل من تركيز المحلول الإلكتروني ودرجة الحرارة، وتأسيساً على ما تقدم سوف ينشأ فرق في الجهد بين القطعتين الفلزيتين المختلفتين وسوف يعمل هذا الفرق في الجهد كقوة دافعة لمرور التيار الكهربي خلال الوسط الاكتروليتي أو وسط التآكل وتكون النتيجة الحتمية لمرور هذا التيار الكهربي هو تآكل الفلز الأنشط والأسبق في السلسلة الكهروكيميائية، إذ يتصرف كانود وتحدث عنده عملية أكسدة أو تحرر من الالكترونات (i.e. أي ذوبان عن طريق التحول إلى أيونات) بينما يتصرف الفلز الآخر ككاثود. ويجب أن يكون معلوماً أنه كلما زاد الفرق في الجهد بين الفلزين كلما كانت الفرصة أكبر لحدوث التآكل الجلفاني وبمعدل أكبر، ومن أهم الملاحظات بخصوص التآكل الجلفاني أنه يتسبب في زيادة معدل تآكل أحد الفلزين ويعني ذلك أن الفلز الأنشط يتآكل بمعدل أكبر عما إذا ما غمر بمفرده في الوسط الآكل. أيضاً يجب الإشارة إلى أنه بينما يتآكل الفلز الأكثر نشاطاً بمعدل أعلى عندما يتواجد في حالة اشتراك في الازدواج مع الفلز الآخر، فإن الفلز الآخر يتآكل الآن بمعدل أقل بكثير عن معدل تآكله قبل الاشتراك في الازدواج الفلزي. وتكون النتيجة النهائية لهذا الازدواج هو تآكل الفلز

الأنشط بمعدَّل أكبر وتآكل الفلز الأنبل بمعدل أقل. وللمساحة النسبية للفلزين أهمية قصوى فعندما تكون مساحة الفلز الأكثر نبلاً كبيرة مقارنة بمساحة الفلز الأكثر نشاطاً فإن ذلك يُسرِّع من عملية التآكل ويكون العكس صحيحاً كذلك. يمكن ملاحظة التآكل الجلفاني وذلك بحدوث زيادة واضحة في معدل التآكل بالقرب من الوصلات بين فلزين مختلفين. الشكل (2.1) أدناه يوضح الأنواع المختلفة للتآكل. يمكن تلافي مثل هذا النوع من التآكل وذلك عن طريق عدم استخدام فلزين مختلفين في الإنشاءات الهندسية أو استخدام مادة عازلة فاصلة بينهما عندما تكون هنالك ضرورة تُحتِّم استخدام فلزين مختلفين في تشييد المنشأة الفلزية الهندسية. كما يفضَّل أيضاً استخدام فلزين متقاربين في الجهد القياسي الكهربي، بحيث يكون فرق الجهد المتولد بين الفلزين والذي يُمثِّل القوة الدافعة أقل ما يمكن. هنالك طريقة أخرى للحد من التآكل الجلفاني وهي عدم استخدام مساحات كبيرة من الفلز الأكثر نبلاً في حالة تلامس مع مساحات محددة من الفلز الأكثر نشاطاً.

2/ تآكل البري: (Erosion corrosion)

يحدث هذا النوع من التآكل عندما يتهدم الفلز بفعل عاملين إحداهما كيميائي والآخر ميكانيكي، ومثال لذلك عندما يتحرك الوسط الآكل بسرعة معينة على السطح الفلزي فإننا نجد أن معدل التآكل يتزايد ويرجع السبب في ذلك إلى أن نواتج عملية التآكل والتي يمكن أن تعمل كطبقة واقية إذا ما ترسبت بصورة غير مسامية، سوف تزال هذه المرة نتيجة تحرك الوسط الآكل، ويتخذ تآكل البري صورة معينة ويكون له اتجاه محدد يرتبط باتجاه مسار الوسط الآكل الذي يتحرك على السطح الفلزي، ويستشري تآكل البري في الظروف التي تتواجد بها سرعات عالية وسريان دوامي فكثيرا ما يلاحظ في المقلبات ورفاصات المضخات والأنابيب خصوصا عند الانحناءات والأكواع. تتسبب المعلقات المتحركة التي تحتوي على جسيمات صلبة في حدوث تآكل البري ويمكن تجنب هذا النوع من التآكل وذلك عن طريق التغيير في التصميم أو اختيار مواد الإنشاء والتشييد بحيث تكون ذات مقاومة عالية لعوامل البري. يعد كل من التآكل التفتتي والتآكل التجوفي نوعين مختلفين من تآكل البري فيحدث التآكل نتيجة تكون واصطدام فقاعات البخار وتداعيها عند السطح الفلزي



شكل (2.1) الأنواع المختلفة للتآكل

فالضغط المرتفع الناشئ من انفجار هذه الفقاعات عند السطح يؤدي إلى تشوه سطح الفلز وإزالة الغشاء الواقي الذي عادة ما يتواجد على سطحه. أما التآكل التفتتي فإنه يحدث عندما ينزلق فلز على فلز آخر وهو عادة ما يسبب انهيارا ميكانيكياً لأحد الفلزين أو كلاهما، وغالباً ما ينجم الانزلاق نتيجة لعمليات الاهتزاز ويعتقد أن التآكل في هذه الحالة يلعب أحد الأدوار التالية:

الحرارة المتولدة نتيجة إحتكاك الفلزين تساعد على أكسدة سطحي الفلزين ونتيجة للاحتكاك فإن طبقة الأكسيد المتكونة يتم كشطها باستمرار من على سطح الفلز أو أن الإزالة الميكانيكية المستمرة لطبقة الأكاسيد الواقية أو نواتج عملية التآكل تؤدي إلى التعرض المستمر لسطح جديد نشط من الفلز يساهم في عملية التآكل. ويمكن الحد من التآكل التفتتي وذلك باستخدام مواد إنشاء وتشييد أشد صلابة أو إجراء التعديل في التصميم للحد من عمليات الاحتكاك أو استخدام شحوم لتسهيل عملية الانزلاق أو زيادة درجة خشونة السطح إلى الحد الذي تصبح فيه عملية الانزلاق غير ممكنة.

3/ تآكل الشقوق: (Crevice corrosion)

تتغير الظروف داخل الشقوق مع الزمن تغيراً بيناً عن تلك الموجودة في المناطق القريبة من تلك الشقوق للأسطح المفتوحة. قد تتولد ظروف أشد قسوة داخل الشقوق مما يتسبب في حدوث تآكل موضعي عنيف. عادة تتواجد الشقوق عند الأطواق الخاصة بموانع التسرب ووصلات التراكيب والصواميل والمسامير والبراشيم ...الخ. ويمكن لها أن تتكون أيضاً عن طريق ترسب وتراكم الأوساخ ونواتج عمليات التآكل والخدوش في طبقات الطلاء. ويُعزى التآكل داخل الشقوق إلى واحد أو أكثر من الأسباب التالية:

i/ التغير في درجة الحموضة داخل الشق.

ii/ نقص الإمدادات بالأكسجين داخل هذه الشقوق.

iii/ نقص كميات معوقات التآكل داخل الشقوق.

iv/ تراكم نوعيات معينة من الأيونات داخل الشقوق.

ويماثل تآكل الشقوق باقي صور التآكل الموضعي من حيث انه لا يحدث في كافة الظروف التي يحدث فيها تلاق بين فلز ووسط آكل، فهنالك بعض المواد أكثر عرضة لهذا النوع من التآكل خصوصاً تلك التي تعتمد على تواجد الهواء في تكوين طبقة واقية من الأكسيد كالفولاذ غير القابل للصدأ (Stainless steel) والتيتانيوم (Titanium) ويمكن تحسين مقاومة هذه المواد لهذا النوع

من التآكل وذلك عن طريق سكبها مع مواد أخرى كما يمكن تحسين المقاومة لتآكل الشقوق بالتصميم الجيد للحد من ميكانيكية تكون هذه الشقوق وبالصيانة المستمرة بهدف جعل الأسطح دائماً نظيفة والحد من إمكانية تراكم الأوساخ عليها.

4/ تآكل التنقر: (Pitting corrosion)

النقرة هي عبارة عن شق تم تكوينه ذاتياً. يقصد بتآكل التنقر هو تكوين نقر عميقة على سطح غير متآكل ويمكن لهذه النقر أن تتخذ أشكالاً عدة وقد يكون شكل النقرة هو السبب الأساسي المسئول عن استمرار نموها وذلك لنفس الأسباب التي أشرنا إليها في حالة تآكل الشقوق ويمكن اعتبار النقرة كشق تم تكوينه ذاتياً.

للحد من تآكل التنقر فإن السطح يجب أن يكون متجانساً ونظيفاً باستمرار فعلى سبيل المثال فإن السطح الفلزي النقي والمتجانس والمصقول جيداً يكون أكثر مقاومة لهذا النوع من التآكل عن ذلك السطح الذي يحتوي على بعض العيوب أو يكون خشناً وعادة ما تكون عملية تكون النقر عملية بطيئة (i.e. تتطلب عدة أشهر أو بضع سنين حتى يمكن رؤيتها) لكنها دائما ما تسبب الانهيارات الفلزية دون سابق إنذار، فالحجم الصغير للنقرة وكمية الفلز الصغيرة التي يجب إذابتها حتى تتكون يجعل من العسير اكتشاف مثل هذا النوع من التآكل في مراحله الأولى. يعد اختيار مواد الإنشاء والتشييد والتصميم الجيد بحيث تبقى الأسطح دائماً نظيفة هي أفضل الوسائل وأكثرها أماناً لتجنب هذا النوع من التآكل.

5/ التقشر والنض الاختياري: (Exfoliation and selective leaching corrosion)

يقصد بالتآكل التقشري ذلك النوع من التآكل الذي يحدث فيما دون السطح فهو يبدأ عند السطح النظيف ولكنه ينتشر فيما دونه وهو يختلف عن التآكل التنقري في أن مهاجمة الوسط الآكل هذه المرة للفلز المتآكل تتخذ صورة إذابة للفلز فيلاحظ أن هنالك طبقات من المادة تمت إزالتها تماماً.

يمكن ملاحظة هذا النوع من التآكل بتكون قشور على السطح كما أنه في بعض الأحيان تتكون بثور على السطح وتكون نهاية المطاف للقطعة الفلزية أن تتخذ مظهر حزمة من البطاقات قد تم فقد العديد من بطاقاتها ويشتهر هذا النوع من التآكل في سبائك الألمونيوم ويمكن الحد منه بإجراء المعالجات الحرارية اللازمة أو سبكه مع فلزات أخرى.

أما النض الاختياري فيقصد به ذوبان أحد مكونات السبيكة مع بقاء الآخر والمثال الأكثر شهرة هو إزالة الزنك من سبائك النحاس مع الزنك ويترك التآكل السبيكة ذات تركيب بنائي مسامي وبخواص ميكانيكية ضعيفة وتكون المعالجة في هذه الحالة باستخدام سبائك لا تتعرض لهذا النوع من التآكل.

6/ التآكل في ما بين الحبيبات: (Inter – granular corrosion)

إذا ما أردنا تفهم هذا النوع من التآكل فإنه يتحتم علينا العودة إلى بعض أساسيات علم الفلزات. فعندما يتم قولبة فلز منصهر فإنه يبدأ في التجمد عند العديد من أنوية التبلور الموزعة توزيعاً عشوائياً داخل الفلز المنصهر، وكل نواة من هذه الأنوية تنمو في الاتجاهات المختلفة عن طريق انتظام ذرات الفلز في تناسق هندسي مُحدَّد يتفق ونوع التبلور الذي تخضع له ذرات الفلز لِتكِّون ما يسمى بالحبيبات ويجب أن يكون معلوماً أن انتظام الذرات في كل حبة والمسافات بينها يكون ثابتاً في كافة الحبيبات، ولكن نتيجة لعشوائية توزيع أنوية التبلور فإن مستويات الذرات التي تقع في الجوار بين الحبيبات لا يمكنها أن تخضع لنظام أي من الحبيبات وكنتيجة لذلك فإنها تتخذ تناسقاً وسيطاً وتسمى هذه المنطقة بمنطقة حدود الحبيبات. فعلي سبيل المثال ما رسم خط طوله بوصة واحدة على سطح سبيكة ما، فإن هذا الخط قد يعبر عدداً مقداره ألف من حدود الحبيبات ويلاحظ أن حدود الحبيبات هذه تكون أنشط في التعامل مع الوسط الآكل من الحبيبات نفسها ويرجع السبب في ذلك إلى أنَّ ذرات الفلز في هذه المنطقة وهي تتخذ موقعاً وسيطاً بين حبتين مختلفتين لا تكون قد اتخذت موضع التوازن في ذرات الحبيبات ومن ثَمَّ فإنها تكون في مستوى طاقي أعلى يجعلها أنشط، هذا بالإضافة إلى انه وكنتيجة لضرورة بناء الحبيبات في ذرات نفس

النوع فإن الشوائب تتراكم عند حدود الحبيبات مما يهيئ الفرصة لتواجد ذرات لفلزات مختلفة عند حدود الحبيبات، الأمر الذي يهيئ الفرصة لحدوث تآكل جلفاني على المستوى الذري. لا يمكن ملاحظة التآكل في ما بين حدود الحبيبات في مراحله الأولى وبالعين المجردة ولكن إذا ما تقدم فقد يؤدي إلى انخلاع الحبيبات نفسها تاركاً سطحاً خشناً مثل حبيبات السكر. أما ظاهرة حدود الحبيبات والتي تتسبب في التآكل بين الحبيبات فهي حساسة للحرارة ولذلك يمكن الحد منها بالمعالجة الحرارية.

7/ تآكل الإجهاد التشققي: (Stress corrosion cracking)

يحدث هذا النوع من التآكل نتيجة للفعل المشترك لكل من الإجهاد الميكانيكي والوسط الآكل وهو يؤدي تحت ظروف معينة إلى تصدع وتشقق الفلز أو السبيكة وتتعرض معظم السبائك لهذا الخطر، ولكل سبيكة وسط آكل معين يتسبب في ظهور الشقوق في وجود إجهاد ميكانيكي، والإجهادات التي تسبب مثل هذه الشروخ أو الشقوق قد تكون مخزونة في الفلز أثناء تشكيله على البارد وأثناء عمليات اللحام أو السباكة أو المعالجات الحرارية أو نتيجة إجهاد مسلط خارجياً أثناء خدمة الفلز أو السبيكة، ويمكن للشقوق أن تسلك مساراً في ما بين الحبيبات أو عبر الحبيبات وهنالك اتجاه لتفرع وتشعب هذه الشقوق. من الطرق المستخدمة في الحد من هذا النوع من التآكل ما يلي: تحرير الإجهادات المخزونة داخل التركيب البنائي للفلز بالمعالجة الحرارية المناسبة، إزالة المادة الآكلة المسببة له من وسط التشغيل، استبدال السبيكة الفلزية بأخرى أكثر مقاومة لهذا النوع من التآكل. اختيار مواد الإنشاء والتشييد المناسبة سيما وأن هذه الأنواع من التآكل تميل للحدوث أكثر عندما تكون قيمة مُعدَّل التآكل المتجانس منخفضة.

الفصل الثالث

دور التصميم الهندسي في الصيانة

The role of engineering design in maintenance

3.1 خطـوات إجـراءات التصمـيم:

1/ معرفة الحاجة (recognition of need): يجب أن تكون هنالك حاجة ملحَّة في المنشأة الهندسية قبل محاولة البدء في تصميمها. يقول المثل أن الحاجة هي أم الاختراع (Necessity is the mother of invention)

2/ اقتراح مجموعة من الحلول المتاحة بالعصف العقلي (brain storming) لحل المسألة التصميمية: حيث يستعين مدير المنشأة الهندسية بجميع المهندسين والفنيين والمشرفين في نحت أفكارهم لجمع أكبر عدد من الحلول المتاحة.

3/ تقييم الحلول المتاحة من وجهات نظر متعددة يتم سردها فيما يلي:

i/ عامل الكلفة الاقتصادية: يجب أن تكون تكلفتها معقولة ومتناسبة مع منفعتها (.i.e تكلفة المواد التي تدخل في تصنيع الحل وتكلفة المصنعية وتكلفة التشغيل والصيانة وتكلفة تدبيرها بعد انتهاء عمرها الافتراضي ...الخ).

ii/ سهولة التصميم: المقصود به سهولة إجراء حسابات التصميم للآلة المقترحة (.i.e حساب الأقطار، الأطوال، السماكة (.i.e الثخانة)، الأساسات والهياكل الفولاذية، جسم المنشأة من حيث تجانسه، تماثله) وإمكانية تحويل هذا التصميم إلى رسومات هندسية واضحة في شكل مساقط متعامدة أو مائلة أو في شكل مجسمات (.i.e منظور هندسي أو إسقاط متناظر وإسقاط متوازي مائل) ورسمها تجميعياً. يراعى في التصميم اختيار عوامل سلامة مناسبة للآلية المقترحة حسب الأحمال أو الإجهادات الواقعة عليها من أحمال مباشرة (.i.e شد أو إنضغاط)، أحمال قصية طولية أو مستعرضة، أحمال إنحناء، إلتواء أو أحمال متحدة. فمثلاً تصميم الطائرة والمركبة الفضائية ليس كتصميم سيارة أو ماكينة ثابتة من حيث اعتبارات عوامل السلامة. يراعى في

التصميم عوامل الطقس والمناخ في المنطقة المراد إجراء تصميم الآلية فيها (i.e. مثل الضغط الجوي ودرجة الحرارة الجوية الرطبة والجافة، الرطوبة النسبية، الأتربة والغبار، سرعة تيارات الرياح واتجاهاتها وغيرها من العوامل) أيضا يراعى طبيعة الأرض من حيث كونها مستوية أو جبلية. وأيضاً يراعى وجود أو عدم وجود مباني شاهقة الارتفاع. أيضاً يجب مراعاة أن المنطقة غير نشطة بركانياً ولا تحدث بها هزات أرضية أو زلزالية وإذا وُجِد ذلك يجب مراعاته في التصميم. أيضاً يراعى في التصميم العوامل الأرقنوميكية (Ergonomical factors) من حيث تناسبات أعضاء جسم الإنسان (i.e. طوله، مقاسات اليدين والرجلين، قوته في الجر والدفع وتدوير الأشياء) مع الآلية أو الماكينة أو المحرك المراد تصميمه.

iii/ سهولة التصنيع: ينطبق عليها ما ينطبق على التصميم. يجب تحري استخدام وسائل إنتاج أو تصنيع بسيطة لتتحمل الإجهادات المختلفة التي تنشأ نتيجة لتسليط أحمال متنوعة. فمثلاً إجراء اللحام لديه الكثير من العيوب مثل تمركز الإجهادات في مناطق اللحام (i.e. عندما يبرد اللحام ينكمش فيسبب إجهادات شد في ناحية وإجهادات إنضغاط في ناحية أخرى من المادة الملحومة) وأيضاً المادة التي يتم استخدامها كمادة اللحام تختلف عن المادة الأم بالتالي فإن حبيبات المادتين لا تكونا متجانستين وبالتالي تنشأ قوى داخلية (i.e. إجهادات) عند حدود الحبيبات تميل لفصل الحبيبات عن بعضها البعض. بالإضافة لذلك فإن اللحام يمثل وصلة مستديمة (Permanent Joint) بين العضوين المراد وصلهما ولا فكاك منها إلا بكسر اللحام لإجراء التعديل أو الصيانة المطلوبة مما يتسبب في خراب وانهيار المنشأة الهندسية أو أجزاء منها. أيضاً هنالك محددات لعمليات السباكة، وعملية الربط بالمسامير والصواميل، والبراشيم، وإجراءات الحدادة وغيرها من عمليات التصنيع.

iv/ سهولة الصيانة: المقصود بسهولة الصيانة إمكانية الوصول إلى الأجزاء التي تحتاج لصيانة داخل الآلية بكل يسر وسهولة. فكلما تم ضغط أو حصر أجزاء الماكينة في حيز ضيق كلما صعب الوصول إليها وبالتالي فإنها تستهلك جهداً ووقتاً كبيراً في عملية الصيانة، (i.e. مثال لذلك محرك الاحتراق الداخلي العرضي للسيارات الكورية عموماً هونداي، داو وغيرها التي يصعب فيها

الوصول للأجزاء التي يتم تغييرها دورياً مثل فلتر الزيت، فلتر البنزين وغيرها من الأجزاء، فإن أردت استبدال أحد هذه الأجزاء فستضطر لفك أجزاء عديدة للوصول إلى الجزء المراد استبداله).

أيضاً يقصد بسهولة الصيانة توفر قطع الغيار الأساسية وغير الأساسية (major and minor parts) مثل قمصان الاسطوانات، الأعمدة المرفقية، أعمدة التوصيل، المكابس، حلقات الانضغاط وحلقات الزيت وغيرها بالإضافة للأجزاء المستهلكة مثل الفلاتر، البطاريات، شمعات الاشتعال، الحاقنات وغيرها.

أيضاً يقصد بسهولة الصيانة توفر ورش الصيانة والإصلاح وتوفر العمالة الماهرة من مهندسين وتقنيين وفنيين وعمال وغيرهم.

بالإضافة لمعينات الصيانة مثل توفر خدمات الكهرباء والمياه ووسائل النقل برية، نهرية، بحرية وغيرها.

v/ توفر وسائل الاتصالات السلكية واللاسلكية والنقل بغرض توفير قطع الغيار اللازمة لعملية الصيانة.

4/ تحديد الحل الأمثل (i.e. الأفضل) على ضوء العوامل المذكورة عاليه في الفقرة (3) باستخدام العديد من الأساليب مثل طريقة الرتب والأوزان وغيرها.

5/ تصميم الحل الأمثل كاينماتيكياً بدراسة الآلية وحركتها بدون أي تحليل للقوى والإجهادات الناشئة عنها.

يراعى في الترتيبة الكاينماتيكية الآتي:

i/ بساطة وعدم تعقيد مكونات الآلية.

ii/ قلة عدد الأجزاء المكونة للآلية.

iii/ قابلية الآلية للتصنيع والصيانة والتشغيل الميسر.

6/ تحليل القوى أو العزوم الواقعة على الآلية وأوزان الآلية وأجزاؤها المختلفة مثل قوى الشد، الانضغاط، الانحناء، الالتواء وغيرها لتحديد الاجهادات القصوى وذلك لتحديد أبعاد المنشأة الهندسية (.i.e الأبعاد المختلفة مثل الطول، العرض، السمك، الارتفاع وأبعاد الأقطار وغيرها).

7/ تصميم المكونات المختلفة للآلية لتحديد المتانة، الجساءة وغيرها (.i.e تحديد الإجهادات القصوى التي تنشأ نتيجة للتحميل مثل إجهادات الشد، الانضغاط، القص، الانحناء) وذلك للمساعدة في تحديد أبعاد الآلية.

8/ تصميم المكونات المختلفة للآلية من وجهة نظر:

i/ المظهر العام: يجب أن يكون مقبولاً وغير مُنفِّر من حيث الأبعاد. اللون، التماثل المناسب.

ii/ محدد الفراغ والوزن: يجب أن تكون هنالك فراغات بين أجزاء الآلية حتى يسهل الوصول إليها وصيانتها، كما يجب أن يكون وزنها مناسباً حتى يسهل تحريكها من مكان إلى آخر.

أيضاً عند تصميم الورش يجب أن يكون هنالك فراغاً كافياً بين الماكينات المتجاورة يسمح بتشغيل الماكينة والمرور من حول الماكينة ويقلل من نقل الاهتزازات الميكانيكية من ماكينة إلى أخرى، حيث أن هذه الاهتزازات يمكن أن تتسبب في عدم دقة منتوجات الماكينات.

iii/ توقعات العمر: (Life expectancy)

عند تصميم آلية معينة يجب تقدير عمرها الافتراضي اعتماداً على مكوناتها من حيث عدد الأجزاء، طبيعة تشغيلها من حيث كون التشغيل مستمراً أو متقطعاً، المادة المستخدمة في تصنيع الأجزاء، الاجهادات المتولدة نتيجة للأحمال المسلطة، الطريقة المستخدمة في تصنيع الأجزاء (.i.e لحام، سباكة، حدادة، خراطة، وغيرها)، أسلوب التشغيل للأجزاء (.i.e ترددي، دوار) والاهتزازات الناشئة عن ذلك، بالإضافة لذلك فإن العمر الافتراضي يحدد القيمة السوقية للآلية بعد استنفاذها وأيضاً يستفاد منه في إعادة التأهيل والصيانة الدورية الوقائية والعلاجية للآلية.

iv/ طبيعة السوق: (Nature of market)

هل يتقبل السوق هذا التصميم أو المنتج الجديد من حيث جودة المنتج، الكميات المنتجة منه، منفعة المنتج لإرضاء أذواق المستهلكين، منافسة الشركات الأخرى التي تنتج نفس السلعة، سعر المنتج، حاجة السوق لمثل هذا المنتج بالتالي يجب تحديد نقطة التعادل لهذا المنتج من حيث الإيرادات وتكاليف الإنتاج لمعرفة النقطة التي تتعادل فيها الإيرادات مع التكاليف (i.e. نقطة اللاربح واللاخسارة) ومن بعد تحديد الكمية التي تقود الربحية.

v/ القابلية للإنتاج: قابلية المستثمرين لإنتاج مثل هذا النوع من التصميم الجديد من المنتجات من حيث:

1/ القدرة الرأسمالية.

2/ توفر المادة الخام.

3/ توفر العمالة الماهرة.

4/ توفر مقومات الصناعة (i.e. البنية الأساسية أو التحتيتة). مثل الطاقة الكهربائية، المياه، وسائل الاتصالات والنقل، الطرق والكباري بالإضافة للسوق المحلي والقومي والإقليمي والعالمي.

5/ استقرار النظام الاقتصادي (i.e. ثبات سعر العملة المحلية بالنسبة للعملات الأجنبية).

6/ القدرة على جذب الاستثمار الأجنبي. ويتم ذلك بالإعفاء الكلي أو الجزئي من رسوم الجمارك، الضرائب لعدد مقدَّر من السنوات وذلك إلى حين يستطيع المستثمر من استرداد جزء مقدَّر من رأسماله.

الفصل الرابع

دراسة الجدوى الفنية للمشروعات الهندسية

Technical Feasibility Study of Engineering Projects

قبل الدخول أو الشروع في عمل أي مشروع مستقبلي يجب دراسة مدى جدواه الفنية والتي يتم تحديدها بالعوامل التالية:

4.1 المـواصفــات (Specifications):

عند التفكير في أي مشروع هندسي يجب توفير المعلومات التالية:

1/ اختيار الموقع: (Site selection)

i/ توفر المادة الخام في تشييد وتشغيل المشروع: كمثال لذلك فإن مدينة عطبرة وضواحيها يتوفر فيها الحجر الجيري بالتالي هي بيئة مناسبة لصناعات مثل الأسمنت، البلاط المزايكو، السيراميك، الرخام، الطوب الأسمنتي، وهنالك مدن مثل مدن ولاية كردفان تشتهر بالثروة الحيوانية بالتالي هي بيئة مناسبة لصناعة وتعليب اللحوم والألبان ومشتقاتها إلى آخره، أيضاً هنالك مشروع الجزيرة بوسط السودان حيث يتم فيه زراعة البقوليات، الحبوب، الخضروات، الفواكه وغيرها وبالتالي يمكن الاستفادة من منتوجاته في شكل صادرات بعد حفظها في برادات مناسبة أو تجفيفها أو تعليبها.

ii/ تـوفر البنيـة الأساسـية أو التحتيـة (Availability of basic infrastructure): مـن الضروريات في الجدوى الفنية توفر بعض الخدمات الأساسية مثل توفر إمدادات المياه، الطاقة الكهربائية، الطرق والجسور، الاتصالات بكافة أنواعها وشبكة الانترنت.

iii/ توفر العمالة الماهرة المدربة: بحيث يكون لديهم خبرة كافية في نفس الصناعة أو صناعة مشابهة لها، أيضاً يجب أن تكون العمالة مشبعة بالخبرة العملية في تركيب، تشغيل، صيانة المنشأة.

iv/ توفر السوق للمنتج المراد إنتاجه: يكون الطلب على السلعة كبير بكفاية بحيث يسمح بقيام مثل هذا المشروع، فالسوق عنصر هام جداً في اختيار الموقع المناسب وفقاً للطلب الحالي أو المستقبلي للسلعة المعينة وهو يعتمد على العناصر التالية:

I/ الكثافة السكانية في المنطقة المستهدفة.

II/ القدرة الشرائية لدي السكان.

III/ وجود أو عدم وجود شركات منافسة.

IV/ استقرار سعر الصرف للعملة المحلية بالنسبة للنقد الأجنبي لأن ذلك يُعتمد عليه في استيراد مدخلات الصناعة للمشروع المستهدف وأيضاً في تنمية منتجات المشروع وتصديرها إلى الخارج.

v/ توفر كليات الهندسة والمعاهد والمدارس الفنية في المنطقة المستهدفة بالمشروع. فهذه المؤسسات تخرج عمالة ذات مؤهلات عالية تفيد كثيراً في تشييد المشروع وتطويره حالياً ومستقبلا. وأيضاً يستفيد المشروع من وحدات البحث العلمي في الجامعات والمعاهد العليا في ترقية المؤسسات الصناعية الشابة بالبحث العلمي في كافة أنشطتها الإنتاجية، إعادة التصميم لوحدات ذات أعطال متكررة، التغذية الراجعة للشركة المصنعة في ما يختص بالتصميم، التصنيع، الصيانة وفقاً للظروف المناخية المتوفرة في المنطقة، بالإضافة لتدريب المهندسين التقنيين والفنيين والعمالة الماهرة.

2/ دراسة المناخ بالمنطقة: (Climate study)

i/ سرعة الرياح واتجاهها والمباني العالية أو طبيعة المنطقة من حيث وجود جبال أو أودية وغيرها.

ii/ الضغط الجوي ودرجة الحرارة الجوية والرطوبة النسبية. وذلك لاستخدام أجهزة تبريد للأجهزة والمعدات وتصميم أنظمة تزليق مناسبة.

iii/ الارتفاع فوق سطح البحر وأثره على ضغط الهواء ودرجة الحرارة وسريان الرياح.

iv/ معدلات الأمطار لما لها من أثر على التحات (Corrosion) لذا يجب وضع مواصفات لتصميم أجزاء الماكينات وقواعدها كاختيار المعادن المناسبة المقاومة للتحات واستخدام أنواع الطلاء المناسبة والحماية الكاثودية والأنودية.

3/ التوسعات المستقبلية: (Future Expansion)

i/ يراعى أيضاً في المواصفات التوسعات الأفقية والرأسية المستقبلية للمشروع كمثال للتوسعات الأفقية فإنه يتم حجز مساحة من الأرض مكافئة للمساحة الفعلية للمشروع أو أكبر كامتداد مستقبلي للمشروع يستفاد منها في زيادة خطوط الإنتاج أو إضافة منتجات ثانوية مرتبطة بالصناعة الأم (By – products) (i.e. مصنع الأسمنت يمكن أن يضاف إليه مصنع للبلاط أو المزايكو، ومصانع السكر يمكن أن ينشأ معها مصنع للإيثانول الذي يتم إنتاجه من مخلفات صناعة السكر ...الخ).

أما التوسعات الرأسية فيقصد بها عمل أكثر من طابق واحد للمصنع يتم التخطيط له قبل عمل الأساسات للمصنع وأيضاً يقصد بها تحسين جودة المنتج باستخدام ماكينات وآليات ومعدات ذات تكنولوجيا عالية وذات دقة وتشطيب عالي.

ii/ يراعى أيضاً مواصفات التركيبات السابقة مثل إمداد الكهرباء، إمداد المياه، إمداد الهواء أو البخار، وشبكة الصرف الصحي وتحوطات الأمن والسلامة وغيرها.

4.2 التصـــميم (Design):

في مرحلة التصميم يجب تحديد المواصفات الفنية النهائية بالنسبة للماكينات، الآليات والمعدات التي يُحتاج إليها في المشروع مثل سعة الماكينات، قدرتها، سرعتها، تردد التيار، أبعادها (i.e. طول × عرض × ارتفاع) وغيرها بالإضافة لتحديد عدد الآليات والمعدات والماكينات اعتمادا على الطلب المتوقع من منتوجاتها. يمكن حصر مرحلة التصميم في الخطوات التالية:

I/ تحديد المواصفات الفنية للماكينات.

II/ تحديد عدد الماكينات اعتمادا على الطلب المتوقع على الإنتاج.

يتم تحديد المواصفات الفنية للماكينات اعتماداً على:

i/ بيئة ومناخ المنطقة.

ii/ عامل السلامة في حالة استخدام أوعية ضغط عالي أو غيرها.

iii/ عوامل التشغيل من حيث كون تشغيل الماكينات مستمراً أو متقطعاً.

iv/ اختيار مواد التصنيع المناسبة التي تقاوم الظروف والأحوال الجوية القاسية، الحرارة العالية والتحات، خاصة في الصناعات الكيميائية عندما تكون عناصر الصناعة بطبعها آكلة أو حاتة.

الفصل الخامس

دراسة الجدوى الاقتصادية للمشروعات الهندسية

Economical Feasibility Study of Engineering Projects

تعتمد دراسة الجدوى الاقتصادية على:

5.1 التقييم المالي: (Financial evaluation)

من أساليب التقييم المالي:

1/ حساب إيرادات المشروع السنوية.

2/ حساب منصرفات المشروع السنوية وهي تنقسم إلى:

i/ مصروفات ثابتة: لا تتغير بالكميات المنتجة مثل الأجور والمرتبات للعمالة غير المباشرة، استهلاك المياه وغيرها.

ii/ مصروفات متغيرة تتغير بتغير الكميات المنتجة مثل الأجور والمرتبات للعمالة المباشرة، الكهرباء، المواد الخام وغيرها.

3/ حساب الأرباح والخسائر السنوية (Annual profits and losses): يتم ذلك بطرح المنصرفات السنوية من الإيرادات السنوية.

5.2 التقييم الاقتصادي:(Economical evaluation)

من أساليبه:

1/ صافي الأرباح السنوية بعد خصم ضريبة الدخل(Net annual profit) .

2/ فترة استرداد رأس المال (Payback period): يتم وصفه بالمعادلة التالية:

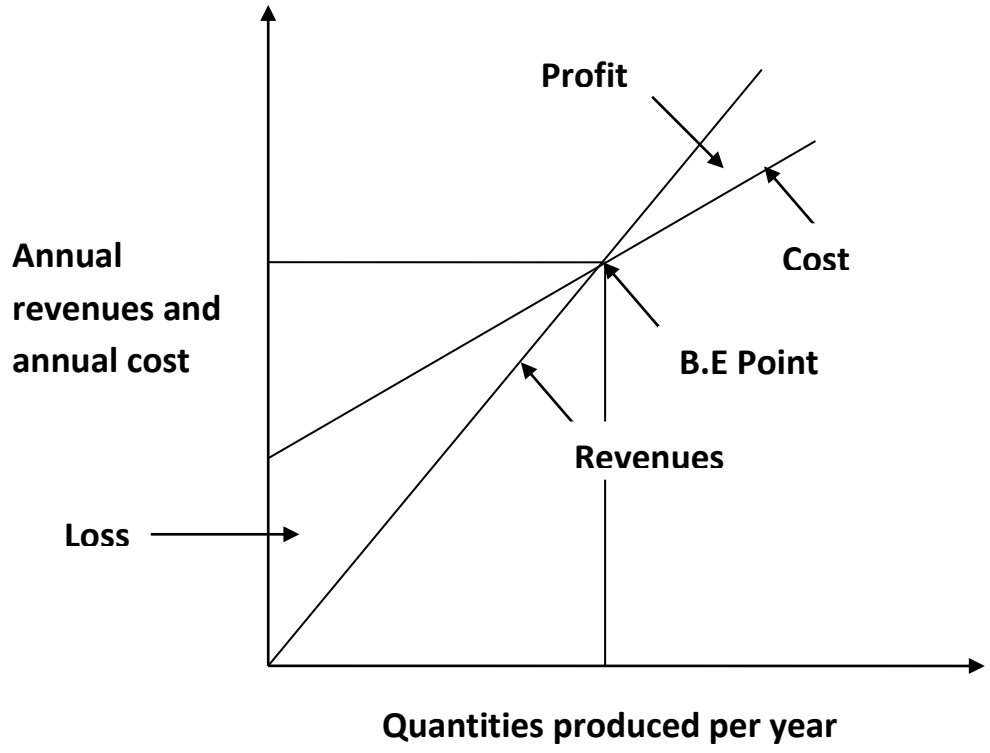
(رأس المال/ صافي الأرباح السنوية).

3/ معدل العائد السنوي (Annual rate of return): يتم وصفه بالمعادلة التالية:

$$\text{معدل العائد السنوي} = \frac{\text{(صافي الأرباح السنوية} \times 100\%)}{\text{رأس المال}}$$

وهو ما يسترجعه المشروع من رأس المال المستثمر في السنة مأخوذ كنسبة مئوية.

4/ نقطة التعادل (Break Even Point): هي النقطة التي توصف بأنها نقطة اللاربح واللاخسارة. الشكل (5.1) أدناه يوضح مخطط الإيرادات والتكاليف السنوية ضد الكميات المنتجة في السنة.



شكل (5.1) نقطة التعادل

5/ معدل العائد الخارجي: (External rate of return)

هو معدل الفائدة الذي يولد قيمة مستقبلية Future Worth تساوي صفراً بافتراض إعادة الاستثمار بمعدل العائد الأدنى الجاذب للاستثمار.

6/ معدل العائد الداخلي: (Internal rate of return)

هو الأسلوب الأكثر استخداماً في تقييم المشروعات، وهو معدل الخصم الذي يعطي قيمة حالية مساوية للصفر.

الفصل السادس

تيروتكنولوجيا
Terotechnology

6.1 مدخل: (Introduction)

يشهد العالم في الآونة الأخيرة تنامياً ملحوظاً في الصناعة والخدمات والتجارة وتبايناً نوعياً واختلافاً في جودة الصنعة كما لم يشهدها من قبل، وهو بهذه الطفرة النوعية يضع أرجله بثبات في سوق العرض والطلب، ويحتم على الدول والشركات أن تسعى سعياً حثيثاً لإيجاد الإدارة الفاعلة التي تمكنها من إيجاد موطئ قدم راسخ في السوق العالمية يمكن من خلاله أن تستحوذ على أكبر شريحة في مساحة السوق العالمي.

وعليه فإن اتساع وتشعب نوعية المعروض من الصناعات والخدمات يثقل كاهل تلك الإدارات بقدر كبير من التحديات والمشاكل المتعلقة بالآتي:

1/ تركيبة أسعار المصنوعات والخدمات. (Industrial and services price structure)

2/ العلاقات الصناعية. (Industrial relations)

3/ إدخال نوعيات جديدة من المخترعات والمصنوعات. (Innovation)

4/ التغير المطرد في التكنولوجيا.(Continuous changes in technological methods)

وهو ما يدفع تلك الإدارات إلى الدخول في علاقات جديدة في كل ما يخص المشاكل أعلاه.

5/ هذا النقاش المستمر ولكل تلك القضايا أفضى بالضرورة إلى معايير جديدة لكل منتج أو خدمة، كما أفرز معايير جديدة للوسائل التي تنتج بها السلع أو تقدم بها الخدمات.

6/ لذلك فإن الحلول الناجعة لكل قضايا التصنيع وتقديم الخدمات ما عادت تحل بوسائل الإدارة التقليدية وإنما أصبحت تتطلب قدراً كبيراً من وسائل الهندسة والإدارة الحديثة التي تعتمد إلى نقاش وفهم متقدم للآتي:

i/ الإدارة لجعل رجل الأعمال والعالم والمهندس كلاً لا اشتقاقاً.

ii/ الإدارة لجعل استعمال المنتج كما موجباً لا سالباً.

iii/ الإدارة لمواجهة القضايا المتعلقة ببقاء الطاقة والمادة، تقليل الفاقد والاستفادة القصوى من المصادر.

iv/ الإدارة بمفهوم ينفتح على العالم لا ذلك الذي يعمل على النطاق المحلي.

v/ لذلك تصبح الحاجة إلى النهج الإداري أعلاه ضرورة للتحكم في جودة المنتج وجودة الخدمات واستمراريتها بأقل تكلفة ممكنة.

على ذلك فإن نبض الحياة اليومي يعتمد على جودة أداء المنتج ومستوى تقديم الخدمات. ويصبح استعمال المعدات واستقبال الخدمات بأقل قدر من الأعطال وبأقل قدر من التأخير، مطلب حياتي حديث لا حيدة عنه ويجب أن يقدم بقدر عال من الاعتمادية – فإذا كان المستهلك أو المستفيد من الخدمة في الماضي يطلب الخدمة وفي ذهنه الكلفة فقط فإن مستهلك اليوم يقبل عليها وفي ذهنه سعر الخدمة وجودتها ومنفعتها (Price, quality and utility)، فالجودة وقيمة المنتج ومنفعته هي معيار التعامل اليوم. وعليه يمكن تعريف الأهداف التنافسية للصناعة بأنها تلك التي تعطي منتجا أو خدمة من حيث جودة تصميمها وتصنيعها وتُحدَّد فيها الجودة بالأسعار التي ترضي طموح المستهلك، فهي إذن التركيبة الكلية لخصائص المنتج أو الخدمة فيما يتعلق بتصميمه وتصنيعه وحفظه على أن يقابل ذلك رضا وتوقعات المستهلك. ذلك يعني أن المنتج يجب أن يلبي طلب الاستخدام الذي أنتج من أجله للمدى الزمني المطلوب، وتحت الظروف المحيطة باستعماله (i.e. أي يجب أن يكون عالي الاعتمادية).

وقد فطنت الصناعة إلى ذلك كله فأدخلت ما يسمى بالتيروتكنولوجيا في العام 1976م، لتراعي الصناعة منذ بداية التفكير فيها وخلال عمرها الافتراضي حتى إحلالها من خلال ست مراحل هي المواصفات، التصميم، التصنيع والتركيب، التشغيل التجريبي، فترة التشغيل، والإحلال وذلك لتلبية حاجة المستفيد منها بأقل كلفة ممكنة.

من خلال الست مراحل عاليه يمكن استنتاج الآتي:

1/ يتأثر مستوى إعداد المصنع (.i.e جاهزيته) بمراحل التصميم والتصنيع.

2/ في مرحلة التصميم تكون الاعتمادية (reliability) وقابلية الصيانة (maintainability) من أهم العوامل التي يجب مراعاتها مقارنة بالآتي:

i/ أداء المُعِدَّة. (performance)

ii/ التكلفة الرأسمالية. (capital cost)

iii/ كلفة التشغيل. (running cost)

أي لا تكون عالية الاعتمادية بالمستوى الذي يجعل كلفة التصنيع باهظة ولا تكون متدنية الاعتمادية بحيث تكون كلفة الصيانة المتكررة باهظة.

3/ في مرحلة التصنيع والتركيب تظل قابلية الصيانة ذات أهمية لأنه وفي هذه المرحلة بالتحديد تكون الأبعاد الأساسية لإشكالات الصيانة واضحة.

4/ مرحلة التشغيل التجريبي (Commissioning) لا تكون فترة لاختبار أداء المُعِدَّة فقط وإنما تعتبر فترة تَعلُّم تُكشف خلالها أخطاء التصميم الأولية.

5/ خلال فترة التشغيل يجب أن ينشأ جهاز تعلم مستمر لأن بعض الأعطال كالتآكل والكلال (Wear and Fatigue) تعتمد على طول الزمن.

6/ عليه يكون الغرض من نظام التعلم أن يجمع ويُقدِّم المعلومات الضرورية لمشاكل الصيانة إذ أن ذلك يساعد على تحديد الطرق المثلى للاستفادة من المُعِدَّة أو المصنع.

7/ المعلومات التي تجمع خلال فترة التشغيل يجب أن ترفع للمُصمِّم والمُصنِّع لتحسين الاعتمادية وقابلية الصيانة وكثيراً ما يكون الفشل في تزويد المُصنِّع والمُصمِّم بالمعلومات المستفادة من التشغيل سبباً رئيساً في عدم تطبيق منظومة التيروتكنولوجيا.

وعليه ولما كان الأمر كذلك كان دور التيروتكنولوجيا تزويد كل من مهندس الصيانة ومدير الصيانة ومدراء المصانع ومشغلي المعدات بكل المعلومات والمعرفة المطلوبة لكل من المراحل الست التي تنتظم العمر الافتراضي للمُعِدَّة أو المصنع.

6.2 المواصفات: (Specifications)

عند التفكير في أي صناعة يجب توفير المعلومات الأساسية الآتية:

1/ اختيار الموقع:

i/ توفر المادة الخام (.i.e أسمنت عطبرة، ألبان بابنوسة، نسيج الحصاحيصا).

ii/ توفر البنية الأساسية ماء، طرق، طاقة (.i.e أسمنت عطبرة، ربك وغيرها).

iii/ توفر العمالة المدربة (.i.e سكك حديد السودان، هيئة الموانئ البحرية، شركة سكر كنانة وغيرها).

iv/ توفر السوق (.i.e البلاط المزايكو بعطبرة).

v/ توفر كليات الهندسة والمعاهد التقنية والمدارس الفنية.

vi/ توفر المواصلات.

2/ المناخ:

i/ الرياح، السرعة والاتجاه، المباني العالية.

ii/ الحرارة ونسبة الرطوبة (.i.e أجهزة تبريد المعدات والتزليق). (Cooling and Lubrication systems)

iii/ الارتفاع فوق سطح البحر (.i.e ضغط الهواء).

يمكن أن تؤثر درجة الحرارة والارتفاع عن سطح البحر ونسبة الرطوبة على أداء محرك الديزل.

معلوم أن الطاقة لمحركات الديزل تُحسب وفقاً للمعادلة التالية:

$$\text{Power} = \frac{PLAN}{C}$$

حيث P = الضغط الأقصى، L = طول الشوط، A = مساحة مقطع المكبس، N = السرعة، C = ثابت.

كتلة هواء الحريق:

الحرارة والارتفاع يؤثران على وزن الهواء وبالتالي وزن هواء الحريق (mass of air combustion)، وعليه تقل القدرة أو تزيد وعموماً يجب أن يراعى في مواصفات أداء كل محركات الديزل أن معدلات القدرة تنخفض بالنسب التالية:

i/ الحرارة: تنخفض القدرة بمعدل 2% لكل 5 درجات مئوية فوق ال 35 درجة مئوية الأولى.

ii/ الارتفاع عن سطح البحر يخفض القدرة بمعدل 4% لكل 305m بعد ال 152.5m.

iii/ عند اتحاد الرطوبة والحرارة العالية تنخفض القدرة بمعدل 1.6% لكل سنتميتر لضغط البخار فوق 15mm ضغط بخار.

iv/ معدلات الأمطار:

لها الأثر الكبير على التحات (corrosion) لذا يجب وضع موصفات للمعالجات التي يجب أن تتم لأجزاء الماكينات وقواعد الماكينات كاختيار المعادن المقاومة للتحات وأنواع الطلاء

المناسبة والحماية الكاثودية والأنودية.

3/ التوسعات المستقبلية: (Future expansions)

i/ يراعى في المواصفات أيضا احتمال التوسع الأفقي والرأسي للمصانع كالمساحات للأفقي والسعات الإضافية للرأسية.

ii/ يراعى أيضاً مواصفات التركيبات السابقة كمواصفات التيار وتوصيلات المياه والبخار وغيرها.

مثال: ماكينة رُكِّبَت على:

I/ 2000 قدم فوق سطح البحر.

II/ حرارة الغرفة كانت 90 درجة فهرنايت.

III/ تنخفض قدرتها بمعدل 11.6% هي كالآتي:

6% للارتفاع فوق سطح البحر، 2% للحرارة، 3.6% لارتفاع الرطوبة النسبية.

6.3 مرحلة التصميم: (Design Stage)

هنا يجب الإلمام بكل أساسيات تصميم المصانع والمعدات ومنها الآتي:

1/ اختيار مواد التصنيع: (material selection)

i/ مثال ذلك صناعة الحديد ومواد البناء والتي يتوقع أن تستخدم معداتها في ظروف قاسية كالحرارة العالية والتحات.

ii/ الصناعات الكيماوية عندما تكون عناصر الصناعة بطبعها آكلة أو حاتَّة.

2/ معامل التشغيل: (Load Factor)

وهذا يمثل فترة التشغيل التي يتوقع أن يتعرض لها المصنع أو المُعِدَّة كالتشغيل المستمر (Continuous rating) مع التحميل العالي أو التشغيل المتقطع (Intermittent rating) مع التحميل المنخفض. من أمثلة ذلك ماكينات توليد الطاقة وسيارات الأجرة وغالباً ما يُوصِّي المُصنِّع بذلك كأن يذكر أن هذه المُعِدَّة صُمِّمت للعمل المستمر أو كاحتياطي.

3/ السلامة: (Safety)

لابد للمصمم أن يحدد ما إذا ستكون تداعيات العطل المتوقعة فادحة أم بسيطة. مثل أوعية الضغط العالي التي يُؤدِّي انفجارها إلى خسائر فادحة في الأرواح والمعدات أم أن العطل سيؤدي إلى توقف المصنع فقط.

المعلومات الأساسية اللازمة لفترة التصميم:

(Supposing Knowledge for the design stage)

وهنا يجب أن يلم المصمم المختص بأسس المعلومات الآتية:

1/ خواص المعادن والمواد.

2/ أسس وعلوم التصنيع الخاصة بالماكينات.

3/ طبيعة الأعطال المتوقعة وكيفية تشخيصها وطرق علاجها.

لعله يكون عملياً أن نتناول الأعطال وتحليلها بشيء من التفصيل لأنها ذات طبيعة ديناميكية (Dynamic nature) وتمثل صداعاً مستمراً للصناعة خلال عمرها الافتراضي.

لتفادي مخاطر الأعطال يمكن أن يجري الآتي:

i/ اختيار مواد تناسب التطبيق والأبعاد المناسبة.

ii/ إدخال الحمايات في التصميم كأعمدة السلامة والمعالجات الحرارية والطلاء وعليه فإن اختيار المواد وحسابات وملامح التصميم يمكن أن تؤثر على اعتمادية المُعِدَّة واحتمالية صيانتها في هذه المرحلة، لذا يجب أن تراعى مسألة اختيارها بالعلاقة مع مستوى أداء المُعِدَّة وكلفة تصنيعها.

نماذج من الأعطال اليومية في الصناعة: (Failure and its prevention)

هنالك ستة أنواع من الفشل السائدة في المجال الهندسي وهي:

1/ الكسر الطروق. (ductile failure)

2/ الكسر القصفي. (Brittle failure)

3/ زحف الاستطالة. (creep failure)

4/ الكلال. (fatigue failure)

5/ البلي. (wear)

6/ التحات. (corrosion)

6.4 مرحلة التصنيع والتركيب: (Manufacturing and installation)

6.4.1 التصنيع:

تهتم منظومة التيروتكنولوجيا في هذه المراحل بثلاث أشياء يتم سردها فيما يلي:

i/ ضبط الجودة (Quality Assurance).

ii/ احتمالية الصيانة (Maintainability).

iii/ كشف أخطاء التصميم (Design Faults).

ويتم تفصيلها فيما يلي:

1/ اختيار طريقة التصنيع:

(Selection of a suitable manufacturing technique)

كون من الأهمية بمكان أن تقرر بشأن طريقة التصنيع لأجزاء الماكينات وطريقة تجميعها، وهي تساعد كثيراً في تخطي الكثير من مشاكل التشغيل والصيانة.

2/ اختبار صلاحية الأجزاء المصنعة: (Quality control)

من وقت لآخر يحتاج المهندس لاختبار صلاحية المواد والأجزاء المصنعة ليتأكد من سلامتها من عيوب التصنيع.

هنالك عدد كبير من وسائل الكشف المستعملة في هذا المجال نستعرض منها بعض الجوانب:

i/ الكشف بالنظر: (visual examination)

ii/ الكشف المكبَّر: (macro - examination) يتم استخدام العدسات لكشف:

- خطوط السريان في التشكيل بالحدادة.
- حجم الحبيبات في السباكة.
- الخطوط الكنتورية في اللحامات.
- المنطقة المتأثرة بالحرارة في اللحام.
- عيوب السباكة المختلفة.

iii/ الكشف الدقيق: (micro - examination)

وهنا يتم تجهيز المقطع المراد كشفه بالصنفرة والغسيل في محلول مناسب ويوضع تحت المجهر لكشف: الشقوق، عيوب السباكة، المكونات الصلدة، المحتويات اللافلزية (الشوائب وغيرها).

iv/ كشف التركيب الداخلي: (micro structure)

يتم تجهيز القطعة بنفس الطريقة أعلاه وتوضع تحت المجهر للتمكن من كشف التركيبة الداخلية، نسبة السبيكة، المعالجات الحرارية إلى آخره.

3/ اختبارات المصنع والموقع:

يمكن للمهندس ومن ضمن شروط العقد أن يحضر كل الاختبارات التي تُجرى للمصنع وبالتالي

تعاد عند استلام وتركيب وتشغيل المُعِدَّة.

6.4.2 التركيب:

يتم تجميع الماكينات والمعدات في النهاية على قواعد (Foundations)، وأداء المُعِدَّة يعتمد بشكل قاطع على نوعية القاعدة وجودتها لأنها:

i/ تمنع الاهتزاز الحرج. (critical vibration)

ii/ تحافظ على تراصف الماكينات.

أنواع القواعد: وهي نوعان إما خرصانية أو معدنية.

القواعد الخرصانية: (Concrete foundation)

وهنا لابد من معرفة طرق حساب القواعد وطرق تنفيذها ومنها:

– نسبة الخلطة G : S : C = 4 :2: 1

– حديد التسليح الحجم والتوزيع. (size, distribution)

– نسبة الماء بالخليط. (consistency)

– مواد التثبيت النهائي.

وهي عادة ما تكون غير قابلة للانكماش (shrinkage) وغير قابلة لتسرب المواد خلالها (porosity).

خواص التربة: (Soil mechanics)

يجب تحديد خواص التربة ليتم تحديد نوع القاعدة، كتلة القاعدة بالمقارنة بالأحمال الاستاتيكية والديناميكية وهي عادة ما تكون في حدود (2.8 – 2) من كتلة المُعِدَّة لمنع الذبذبات الحرجة.

حركة القواعد الخرصانية: (Concrete block movement)

ولها حركة دورية استرجاعية (periodical recoverable) وأسبابها:

i/ اختلاف الحرارة يقود للاختلال ويزول بزوال المسبِّب.

ii/ الحركة الديناميكية التي تحدثها الماكينة وهي تعمل.

iii/ الفرق اللحظي للحركة من السكون إلى نهاية التحميل.

6.5 التشغـيل التجـريبي: (Commissioning)

1/ تعتبر هذه الفترة فترة تَعلُّم إذ يمكن كشف أخطاء التصميم الأساسية عند التشغيل وبالتالي يتم إعادة تصميمها.

2/ هي أيضاً تعتبر فترة اختبار لأداء المُعِدَّة مقارنة بمواصفاتها.

3/ للدخول في هذه الفترة لابد من مراجعة التركيب، للتأكد من أنه أجري وفقاً لما وصى بها المُصنِّع وأن الماكينات قد جمعت وفق المعلومات المطلوبة والتراصف الموصى به وأن يتم الاحتفاظ بسجل لكل تلك الأعمال.

4/ يجب هنا أيضاً تحضير بعض قطع الغيار الخاصة بفترة التشغيل التجريبي تحسباً لحدوث أعطال كبيرة في فترة التجربة.

5/ تجري بعد ذلك تجارب التشغيل وفق طرق معينة لكل تطبيق وتقارن بنتائج التشغيل التي رفعت بشهادة تجارب المصنع.

6/ فترة التشغيل التجريبي قد تمتد لساعات لبعض التطبيقات وقد تتجاوز ذلك لمدة قد تصل إلى عام وكلها تكون في فترة ضمان المُعِدَّة.

7/ كل الملاحظات التي تجمع خلال فترة التشغيل التجريبي يجب أن يزود بها المصمم والمصنع بصورة منتظمة تمشياً مع منظومة التيروتكنولوجيا.

6.6 التشغـيل: (Operation)

الفترة التي تلي التشغيل التجريبي لأي مصنع أو مُعِدَّة تعتبر فترة الاستفادة الحقيقية من المشروع وهي تشكل أطول فترة في عمر المشروع.

وعليه فإن منظومة التيروتكنولوجي تعني بالمراحل التي تسبق التشغيل، ليكون التشغيل مستقراً ويمثل أطول فترة على مخطط العمر الافتراضي للمُعِدَّة.

وخلال هذه الفترة تعمل منظومة التيروتكنولوجي على تفعيل الصيانة، ومنع أخطاء التشغيل، ومخاطبة المُصنِّع، والمُصممِّ في كل الأمور التي تكون قد فاتت على المُصممِّ والمُصنِّع.

الفصل السابع

نظـم التزيـيت، الأجهـزة والإجـراءات

7.1 مدخــل: (Introduction)

إجراء التزييت يشتمل على الوسائل المعطاة للتزييت، التوقيت تبعاً لطبيعة مائع التزييت ومتطلبات الآلة، تدريب العمالة، ترتيب السجلات وتحليل الفشل الناتج من التزييت الخاطئ.

7.2 التقـييم: (Evaluation)

يختص مهندس الصيانة بتقييم نظام التزييت لأن الصيانة بعد التركيب يمكن أن تصبح مسئولية تعاونية بينه وبين مهندس التزييت.

آلية التزييت الأكثر فعالية هي التي تكون مرنة في السيطرة وفي تصريف الزيت طبقاً لمتطلبات الخدمة.

التدريب والتوجيه فيما يتعلق بالتزييت الفعَّال لماكينة الإنتاج يمكن أن يُولِّد إدراك جيد للعاملين بأهمية استمرارية العملية.

7.3 الوسـائل المعطـاة للتزييـت: (The means provided for lubrication)

عندما يلائم نظام التزييت المستخدم في الآلة شروط التشغيل ونوع الزيت أو الشحم المخصص لهذه الظروف ينتج عن ذلك إنتاج يُعوَّل عليه. هنالك دور كبير لمهندس الصيانة لأن فشل التزييت يرتبط بتكاليف التشغيل لقسمه. تمت ترقية التزييت الأوتوماتيكي وقبوله تبعاً للتطور الواسع في الماكينات الصناعية ومحركات السرعات العالية، والأحمال الثقيلة، والسماحيات الصغيرة للمحامل والتروس.

مسدسات الشحم اليدوية: (Hand Pressure Grease Guns)

عندما أدخلت مسدسات الشحم اليدوية للاستخدام ووصلت ضغوطها إلى ما بين 1000 إلى 2000 psi وكانت كافية للتطبيقات الهندسية في ذلك الوقت، أحدث ذلك ثورة كبيرة في علم الترايبولوجيا (Tribology) الذي يختص بدراسة البلي والاحتكاك والتزليق (Wear, Friction and Lubrication) بينما نجد اليوم أنه يمكن رفع هذه الضغوط المسلطة للمسدسات الحديثة إلى ما بين 10000 إلى 12000 psi وبالتالي فهي تكون قادرة على ضخ الشحم لأجسام ثقيلة جداً (i.e. Heavy trucks, Loaders, Bulldozers, Excavators).

مسدسات القدرة: (Power guns)

للماكينات ذات مواضع الشحم المتعددة تكون المسدسات الميكانيكية المتنقلة أو مسدسات القدرة أكثر ملائمة من المسدسات اليدوية. تكون مسدسات القدرة ذات سعات كبيرة تصل إلى 100 lb. من الشحم.

الزيت الضبابي: (Oil mist)

أصبح التزييت الضبابي من نظام مركزي واسع القبول خاصة للخدمة الدقيقة ذات السرعة العالية كما في ماكينات التجليخ، ماكينات الأخشاب، ضواغط الطائرات وغيرها. يتضمن هذا المبدأ رشح نقاط من الزيت على جدول هواء ذو ضغط منخفض وذلك لتدوير زيت كاف فقط لترطيب الأسطح التشغيلية.

7.4 أفــراد التزيــيت: (Lubrication Personnel)

الجمعية الأمريكية لمهندسي التزييت والجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين تبذل مجهودا كبيراً لترقية هذا العمل الذي يستحق الرعاية بما أن الماكينات ذات تكلفة عالية جداً والموديلات الجديدة المصممة لأداء أعمال ذات دقة عالية وإنتاجية سريعة تتطلب بالتأكيد حماية كاملة من خلال عمليات التزييت.

ماذا يجب أن يفعل مشرف التزييت:

1/ استخدام الزيوت الصحيحة والموصى بها في كل حالة.

2/ استخدام موائع التزييت بصورة جيدة.

3/ استخدام المقدار الصحيح لزيت التزييت.

4/ استخدام الزيت على فترات مناسبة.

5/ تطوير جداول للعناصر من 1 إلى 4 لكل ماكينة، توزيعها أو لصقها ومتابعة تنفيذها.

6/ تدريب وتوجيه عمال التزييت.

7/ تركيب واستخدام أجهزة التزييت بصورة صحيحة.

8/ المحافظة على نظافة الزيوت بالحفاظ على نظافة غرفة الزيت وبتغطية حاويات الزيت.

9/ ممارسة الصيانة الوقائية.

10/ التعاون مع أقسام الصيانة والإنتاج في مشاكل التزييت.

11/ الحفاظ على سجلات الاستهلاك كاملة.

12/ تسجيل وتحليل جميع أنواع الفشل المرتبطة بالتزييت.

13/ تقليل التكلفة الإجمالية للتزييت.

7.5 فشـــل التزييـــت: (Lubrication failures)

فشل التزييت يمكن تأخيره وغالباً منعه بِتبنِّي نظام فيه تعاون كامل بين الإدارة وعناصر الهندسة، الإدارة والصيانة. وإلا فسيكون هنالك فشلاً في التزييت نتيجة للعوامل التالية:

1/ رتبة أو مائع التزييت لا تكون مناسبة لظروف التشغيل السائدة.

2/ يمكن أن لا يكون نظام التزييت مناسباً لتصميم الماكينة.

3/ يمكن حدوث تلوث بالغبار، الأوساخ أو الماء أو التخفيف بواسطة الوقودات أو الغازات.

4/ نوع مائع التزييت يمكن أن يكون نوعاً خاطئاً لتزييت نظام معين.

5/ عدم إدراك فوائد الجدولة الزمنية الصحيحة لإعادة التزييت يُؤدِّي إلى فشل شريحة الزيت نتيجة للتزييت الناقص (Under lubrication) أو تحطيم موانع التسرب نتيجة للتزييت الزائد (Over lubrication).

الماكينات الصناعية أو محطات توليد القدرة التي يتم تشغيلها عند درجات حرارة تختلف عن درجة حرارة الغرفة وعند سرعات طبقاً للأحمال المُسلَّطة تتأثر بميوعة أو قوام مائع التزييت.

الفصل الثامن

قابلـية التبـادل (Interchangeability)

8.1 تعـريف قابلـية التـبادل: (Definition of Interchangeability)

لم تعرِّف فكرة قابلية التبادل حتى العام 1900م. قبل ذلك فإن العديد من قطع الغيار والأجزاء الرئيسية يتم تصنيعها يدوياً. بهذه الكيفية فإنها لا تكون متجانسة وبالتالي تتوافق فقط مع الماكينات التي صنعت من أجلها. هذه العملية طويلة ومكلفة. لكن مع قابلية التبادل فالأجزاء وقطع الغيار يتم تصنيعها بالضبط طبقاً لمواصفات الشركة الأم. كمثال، فإن جميع أعمدة التوصيل لنفس الموديل يتم تصنيعها متشابهة بالتالي فإن أي واحد من أعمدة التوصيل يتوافق مع أي محرك من نفس الطراز (i.e. الموديل). نفس الشيء بالنسبة للصمامات وأجزاء المحرك الأخرى فهي الأخرى يتم تصنيعها متشابهة ومتطابقة مع قطع الغيار الأصلية. أيضاً، فإنَّ الماكينات الأوتوماتيكية (i.e. المخرطة، الفريزة، المكشطة وغيرها) تقوم بتصنيع المسامير، الصواميل، الورد، والأجزاء الصغيرة الأخرى بحيث تكون متطابقة. هذا يتطلب وجود ماكينات تنتج آلاف من قطع الغيار المتطابقة. بالتالي، عند تركيب المحرك يجب أن تتوافق جميع القطع مع الأجزاء الأصلية.

8.2 قابلـية التبـادل والإنتـاج التجـاري: (Interchangeability and mass production)

أتت مع قابلية التبادل فكرة الإنتاج التجاري. إذا كانت جميع قطع الغيار المتشابهة لديها قابلية للتبادل فأنت لا تحتاج لأن توافق يدوياً كل قطعة مع الماكينة. كمثال، فإن عملية تجميع محرك أصبحت سهلة وميسورة. يتم وضع كتلة المحرك على سير متحرك في منتصف خط التجميع. عندما يتحرك السير يتم تركيب المكابس، الأذرع، الأعمدة المرفقية والأجزاء الأخرى بواسطة العمال أو بالماكينات الأوتوماتيكية. عند نهاية خط التجميع يكتمل المحرك ويصبح جاهزاً للاختبار وللتركيب في السيارة.

8.3 خـدمة السـيارات والمحـركات: (Automobiles and Automotive service)

تتباين خدمة المحركات من حيث كونها بسيطة أو معقدة، لكنها في كل الأحوال لا تتطلب أكثر من ست خطوات. هي القياس، فك الأجزاء، الخراطة، تركيب أجزاء جديدة، إعادة تجميع، والضبوطات اللازمة.

1/ القياس: (measuring)

قبل أن تعمل على خدمة أي سيارة، يجب أن تكتشف ما هي مشكلتها، ودائماً ما تبدأ بالقياس.

القياسات الخطية (Linear Measurements) هي النوع الأكثر شيوعاً للقياس، وهي القياسات التي تؤخذ في خط مستقيم. كمثال، يمكن أن تحتاج لقياس فتحة أو قطر كقطر اسطوانات المحرك، وقطر عمود المرفق وغيرها. مستخدماً النظام الأمريكي المعتاد للقياس (USCS) (United States Customary System)، يمكن أخذ القياسات بالبوصات أو كسور البوصة. مستخدماً النظام المتري يمكن أخذ القياسات بالمليمترات، السنتمترات أو الأمتار. (غالباً ما يستخدم النظام الدولي للقياس SI بدلاً عن النظام المتري).

هنالك طرق أخرى للقياس. في بعض الأحيان يكون القياس بالسمع في حالة محرك دائر. عندما تفحص زيت محرك، فإنك تقيس مستواه في غلاف المرفق. يتم استخدام أجهزة اختبار لقياس حالة البطارية. عند فحص انضغاط المحرك، فإنك تقيس أداء المحرك. نتائج هذه القياسات تُحدِّد المهمة التي ستقوم بها.

هنالك أيضاً قياسات زاوية (Angular measurements) مثل قياس زوايا العجلات وغيرها.

2/ فك الأجزاء: (Disassembly)

في بعض الأحيان تُظهِر القراءات أو القياسات المأخوذة أن هنالك خطأ ما، بالتالي يجب فك الجزء المعين للوصول إلى المشكلة. افترض أن القياسات أوضحت أن الصمامات لا تؤدي وظيفتها على الوجه الأكمل، بالتالي يجب فك بعض الأجزاء للوصول إلى الصمامات وحل المشكلة.

3/ الخراطة: (Machining)

في بعض الأحيان تكون هنالك حاجة لخراطة جزء أو أجزاء معينة. افترض وجود مشكلة صمام. هذه يمكن أن تتطلب خراطة أو تجليخ الصمامات أو مقاعد الصمامات. أو يمكن أن تكتشف أن اسطوانات المحرك أو العمود المرفقي في حاجة إلى خراطة. في هذه الحالة يمكن استخدام ماكينات خاصة لأداء هذه المهمة مثل ماكينة خراطة وتلميع الأعمدة المرفقية أو ماكينة تفريز وتنعيم الاسطوانات.

4/ تركيب أجزاء جديدة: (Installing new parts)

في بعض الأحيان، هنالك حاجة لتركيب أجزاء جديدة بدلاً عن أخرى تالفة. كمثال، فإن محامل المحرك تتعرض في بعض الأحيان للتآكل ويجب تركيب أجزاء بديلة لها. حتى الأجزاء الجديدة تتطلب خراطة لتتوافق مع المنظومة.

5/ إعادة التجميع: (Reassembly)

بعد حل مشكلة معينة في المركبة أو الماكينة، نحتاج لإرجاع الأجزاء إلى مكانها الطبيعي وهذا يسمى بإعادة التجميع. هذا يستوجب إعادة تركيب الأجزاء حسب الترتيب العكسي لعملية الفك.

6/ الضبوطات: (Adjustments)

بالتشغيل المستمر للسيارات تتآكل الأجزاء وهذا يتطلب بعض الضبوطات من وقت لآخر. أيضاً، تكون الضبوطات مطلوبة بعد أداء خدمة معينة للسيارة، كمثال لذلك فإنه بعد تجليخ الصمامات يتم وضع كل جزء في محله ومن بعد يتم قياس عمل الصمام للتأكد من موائمته للعمل، وإذا لم يكن القياس صحيحاً فإنك تحتاج لعمل بعض الضبوطات.

8.4 خدمة المحركات: (Auto – motives service) (الصمامات وآلية الصمامات)

1/ النظافة: (Cleanliness)

العدو الأساسي لخدمة المحرك بالصورة المطلوبة هو بقع الأوساخ التي لا يتم إزالتها من

المحامل أو جدران الاسطوانة والتي قد تتسبب في تخريب وظيفة الخدمة الجيدة. عليه يجب التأكد من إزالة المواد الحاكة أو الأوساخ في أجزاء المحرك بعد أداء خدمة الصيانة.

2/ مشاكل الصمامات: (Valves troubles)

يجب توقيت الصمامات جيِّداً بحيث يتم تشغيلها بدون تأخُّر. لمحركات برافعات صمام ميكانيكية، يجب أن يكون الخلوص بين الذراع المتأرجح (rocker arm) وساق الصمام (valve stem) صحيحاً وأيضاً يكون الخلوص بين ساق الصمام والدليل (valve guide) في حدود المواصفات حتى يؤدي وظيفته على الوجه الأكمل. كمثال، افترض أن هنالك خلوصاً زائداً بين ساق الصمام والدليل. هذا يعني أنه وفي كل شوط سحب يتم سحب الزيت من خلال هذا الخلوص الزائد إلى داخل غرفة الاحتراق حيث يحترق مع شحنة الهواء والوقود. هذا بدوره يُؤدِّي لزيادة استهلاك الزيت، تكون ترسبات بالمحرك، اشتعال قبلي (pre-ignition)، انسداد حلقات الكباس، خلل في شمعات الإشعال وبالتأكيد خراب للصمامات ومقاعدها.

3/ التصاق الصمامات: (valve sticking)

يتسبب الصمغ والإيداعات الكربونية على ساق الصمام في الالتصاق. الخلوص الزائد لساق الصمام يُسرِّع في تكوين الترسبات الكربونية على الصمام. سبب آخر لالتصاق الصمامات هو اعوجاج سيقانها. هذا ينشأ من التسخين الزائد (over heating)، مقاعد لا تمركزية (eccentric seats) (i.e. تقذف بضغط جانبي على الصمام)، ياي معيب (cocked spring) (i.e. يؤدي لانحناء الساق)، أيضاً يتسبب الزيت غير الكافي في التصاق الصمام. في بعض الأحيان يلتصق الصمام عندما يكون المحرك بارداً ويصبح حراً عندما يسخن المحرك. الأشكال {(8.1) –(8.4)} توضح أجزاء الحدبة، علامات التوقيت بين ترسي العمود المرفقي وعمود الحدبات وتوقيت فتح وغلق صمامي السحب والعادم.

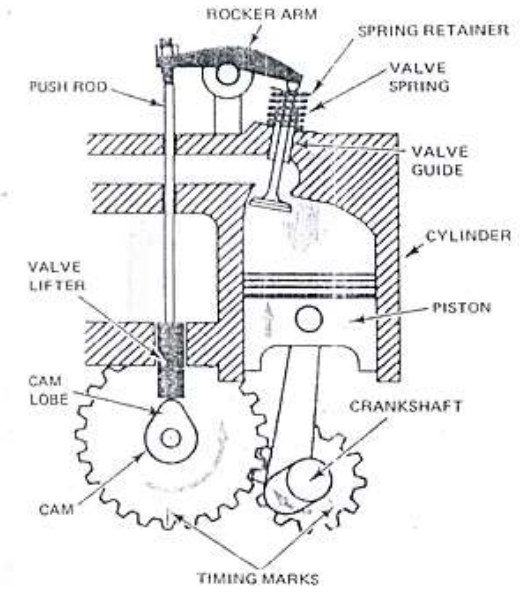


Fig. 8.2 Valve train on an engine using a pair of gears to drive the camshaft. The cam lobe has pushed the push rod up so the valve is opened.

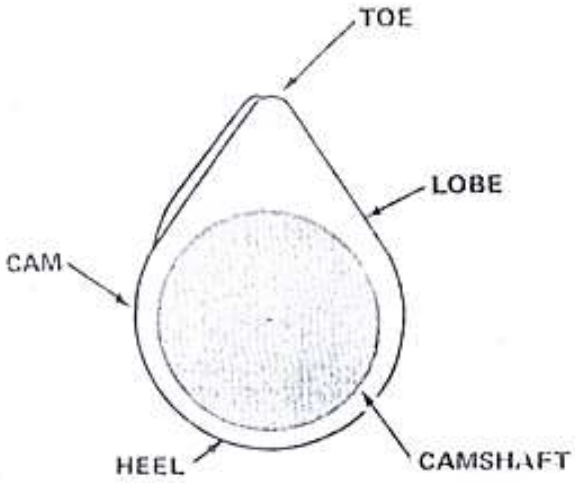


Fig. 8.1 Cam on a camshaft. Note positions of the toe and heel.

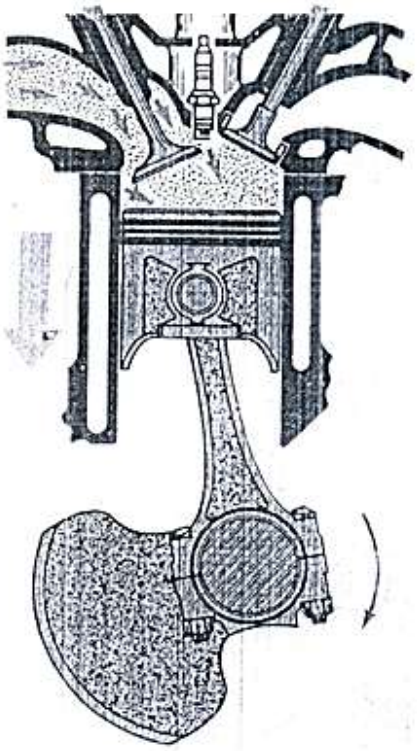


Fig. 8.4 Intake stroke. The intake valve (at left) has opened. The piston is moving downward, drawing in a mixture of air and gasoline vapor into the cylinder.

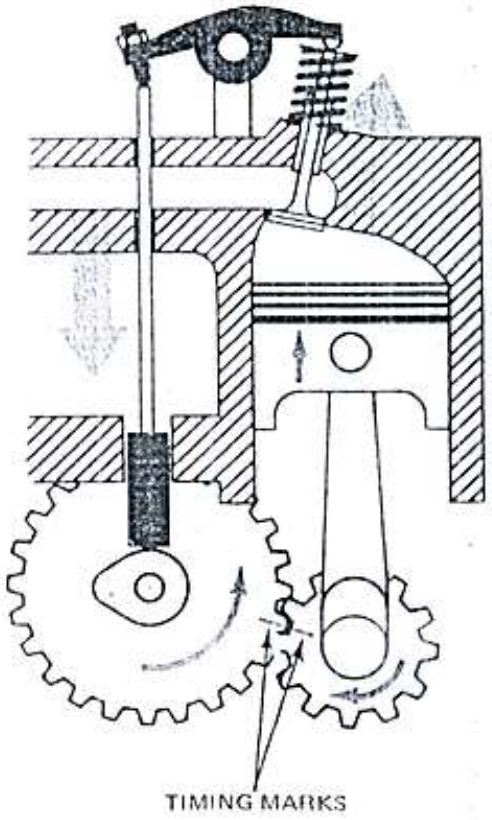


Fig. 8.3 Valve train of previous picture, showing how the valve closes when the cam lobe moves out from under the valve lifter.

8.5 أجهـزة اختبار المحـرك: (Engine Testing Instrument)

1/ جهاز التاكوميتر: (Tachometer)

يقيس جهاز التاكوميتر سرعة المحرك بالـ rev/min (لفة كل دقيقة)، وهو جهاز هام جداً لقياس سرعات المحرك. بما أن سرعة التباطؤ (التقسيمة) يجب ضبطها عند سرعة محددة. أيضاً، العديد من الاختبارات يجب عملها عند سرعات محرك محددة. معظم التاكوميترات يتم توصيلها بنظام الاشتعال وتشغيلها كهربائياً. بعضها يتم تشغيله بمغناطيس على عمود المرفق حيث يتم استشعاره (جسه) بواسطة مجس مغناطيسي.

التاكوميتر الكهربائي يقيس عدد المرات التي تُقطَع فيها الدائرة الابتدائية كل دقيقة، ويتم تحويلها لسرعة محرك بالـ rev/min. زر الاختبار في التاكوميتر يمكن تغييره إلى 4، 6 أو 8، حسب عدد الاسطوانات المراد اختبارها في المحرك.

العديد من السيارات ذات الأداء العالي مزودة بلوحة تحكم تعطي السائق سرعة المحرك وسرعة السيارة في الطريق وهو بالتالي يمكنه الحفاظ على السرعة التي تعطي عزماً أكبر أو السرعة التي تُولِّد عزماً أقل. هذا يسمح للسائق بالحصول على أداء أفضل من المحرك. العديد من هذه التاكوميترات لديها خط أحمر عند السرعات العليا بالـ r.p.m على المؤشر. يُحدِّد الخط الأحمر النقطة الخطرة لسرعة المحرك. وعلى السائق الحفاظ على سرعة دون هذه السرعة.

بعض تاكوميترات السيارات ميكانيكية بدلاً عن الكهربائية. وهي تدار بواسطة ترس على عمود موزع الاشعال، وهي تعمل مثل عداد السرعة.

2/ جهاز اختبار انضغاط الاسطوانة: (Cylinder Compression tester)

يقيس هذا الجهاز مقدرة الاسطوانات على حمل الانضغاط. يعمل الضغط على غشاء (diaphragm) في الجهاز ويجعل الإبرة الموجودة في مقدمة الجهاز تتحرك دائرياً لتشير لمقدار الضغط المُسلَّط. الشكل (8.5) أدناه يُوضِّح جهاز انضغاط يستخدم لقياس الضغط في اسطوانة المحرك. لاستخدام الجهاز، أولاً قم بإزالة جميع شمعات الاشتعال. الطريقة المُحبَّذة لعمل ذلك هو

فصل الأسلاك وحل الشمعات بإدارتها دورة واحدة. بعد ذلك أعد توصيل الأسلاك، وأدر المحرك. من بعد، شَغِّل المحرك للحظات قليلة عند سرعة 1000 rev/min. أوقف المحرك وأزل الشمعات. ستزيل غازات الاحتراق من فتحة شمعة الاشتعال الأوساخ العالقة بالاسطوانة والترسبات الكربونية في قلاووظ (.i.e لولب) شمعة الاشتعال.

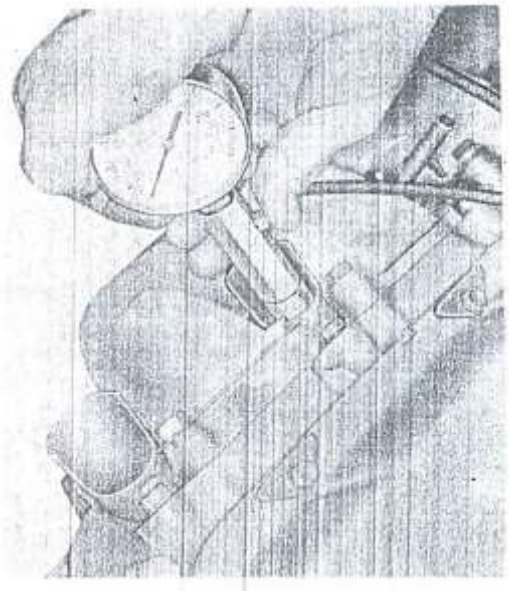


Fig. 8.5 Cylinder-compression tester.

(Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation)

من بعد أربط جهاز اختبار الانضغاط في فتحة شمعة الاشتعال للاسطوانة رقم "1". لحماية الملف (.i.e الكويل) من الجهد العالي، أفصل الوصلة الابتدائية من الطرف السالب للكويل. هذه هي الوصلة الابتدائية التي تقود إلى الموزِّع. من بعد، أمسك الصمام الخانق بفتحة واسعة وشغِّل موتور بدء الدوران لتحريك المحرك عدة دورات. ستدور الإبرة لتُوضِّح ضغط الانضغاط الأقصى الذي تنتجه الاسطوانة. سجِّل هذه القراءة وتابع الاختبار لبقية الاسطوانة بنفس الطريقة.

3/ اختبار الانضغاط لمحركات الديزل: (Diesel Engine Compression Test)

يختلف اختبار الانضغاط لمحرك الديزل عند محرك البنزين. أولاً، انزع مصفى الهواء وركب غطاء للماينفولد. أفصل السلك من قطب صمام قاطع الوقود لمضخَّة الحقن. هذا يمنع إمداد الوقود خلال الاختبار. أفصل أسلاك شمعات التوهج وأزل شمعات التوهج. ركب جهاز اختبار

الانضغاط في فتحة شمعة التوهج للاسطوانة التي يراد فحصها. من بعد أدر المحرك على الأقل 12 دورة لعمود المرفق.

أفحص جميع الاسطوانات بنفس الطريقة. يجب أن تكون القراءة الدنيا ليست أقل من 70% من القراءة العليا. يجب أن تكون قراءة أي اسطوانة ليست أقل من 1.892 kpa (i.e. 1.892 كيلو باسكال).

بالإضافة للضغط الذي يتم الوصول إليه، لاحظ الآتي: إذا كان الأمر طبيعياً فإن الانضغاط ينبني بسرعة وبانتظام. إذا كان هنالك تسريب عبر حلقات الكباس، سيكون الانضغاط منخفضاً على الأشواط الأولى ولكنه سيكون طبيعياً في الأشواط المتأخرة.

4/ نتائج اختبار الانضغاط: (Results of the compression test)

مواصفات المُصنِّع تعطي الضغط القياسي للاسطوانة. إذا أوضح الاختبار انضغاطاً أقل فهذا يعني أن هنالك تسريباً عبر حلقات الكباس، الصمامات، أو وش رأس الاسطوانة. لتصحيح المسألة، يجب إزالة رأس الاسطوانة وفحص أجزاء المحرك. قبل عمل ذلك، يمكن عمل اختبار إضافي لتحديد المشكلة. صب كمية صغيرة من الزيت الثقيل في الاسطوانة من خلال فتحة شمعة الإشعال. من بعد أعد اختبار الانضغاط. إذا زاد الضغط إلى قيمة أقرب إلى القيمة المعتادة، فيكون الانضغاط المنخفض ناتج من تسريب عبر حلقات الكباس. يكون السبب في هذه الحالة إما تآكل حلقات الكباس، أو تآكل جدار الاسطوانة، أو تآكل الكبَّاس نفسه. أيضاً يمكن أن يكون سبب المشكلة حلقات مكسورة أو ملتصقة في تجويف الكباس.

إذا لم يزد إضافة الزيت الانضغاط فهذا يعني أن التسريب يكون عبر الصمامات. وهذا ينتج عن الآتي:

i/ يايات صمام مكسورة.

ii/ ضبط خاطئ للصمام.

iii/ صمامات عالقة (ملتصقة).

iv/ صمامات متآكلة أو محترقة.

v/ مقاعد صمام متآكلة أو محترقة.

vi/ تآكل في الحدبات.

vii/ تآكل روافع الصمامات.

أيضاً يمكن أن يكون السبب هو احتراق وش رأس الاسطوانة مما يُؤدِّي لتسريب بين رأس الاسطوانة وكتلة الاسطوانة.

5/ جهاز اختبار تسريب الاسطوانة: (Cylinder – Leakage Tester)

يُؤدِّي هذا الجهاز نفس وظيفة جهاز اختبار الانضغاط، لكن بأسلوب مختلف. يقوم الجهاز بإمداد ضغط هواء للاسطوانة عندما يكون الكباس عند النقطة الميتة العليا (TDC) في شوط الانضغاط. في هذا الوضع، يكون الصمامين مغلقين. لاستخدام جهاز الاختبار، أولاً أزل جميع شمعات الاشتعال، من بعد فك مصفي الهواء، غطاء الزيت أو مقاس الزيت، وغطاء المشع. أفتح الصمام الخانق، وأملأ المشع للمستوى المطلوب. أوصل المحول بالصفارة (whistle) عند فتحة الاشتعال للاسطوانة رقم 1. أدر المحرك حتى تنطلق الصفارة. عند انطلاق الصفارة يكون الكباس متحركاً إلى أعلى على شوط الانضغاط. استمر في تدوير المحرك حتى يتحاذى توقيت النقطة الميتة العليا على المحرك. عندما تتحاذى العلامة، يكون الكباس عند النقطة الميتة العليا. أفصل الصفارة من خرطوم المحوِّل (adapter) ووصِّل جهاز الاختبار كما موضح أدناه في الأشكال (8.6) و(8.7). سلِّط ضغط هواء من إمداد الورشة. لاحظ قراءة المقياس التي تُوضِّح النسبة المئوية لتسرب الهواء من الاسطوانة. تتفاوت المواصفات، لكن إذا كانت القراءة فوق الـ 20% فيكون هنالك تسريب زائد. إذا كان تسريب الهواء زائد، أفحص إضافياً بالاستماع للكاربوريتر (i.e. المغذِّي)، أنبوب الذيل (tail pipe) وماسورة ملء غلاف المرفق. إذا خرج الهواء من فتحة شمعة الاسطوانة المجاورة، فهذا يعني انفجار وش الرأس بين الاسطوانات.

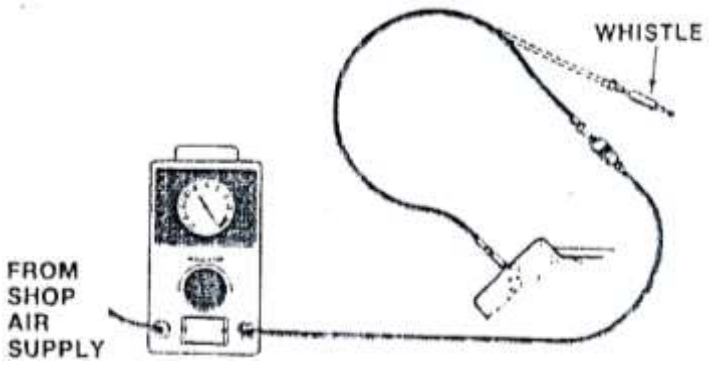


Fig. 8.6 Cylinder – leakage tester. The whistle is used to locate TDC in cylinder No. 1 (Sun Electric Corporation)

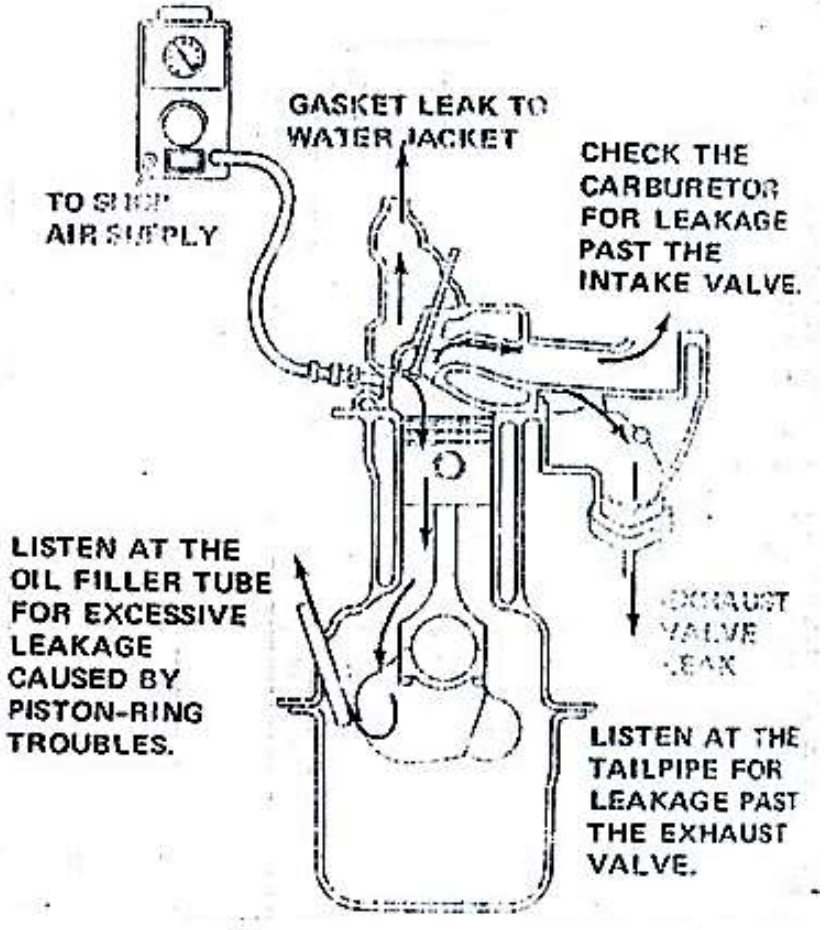


Fig. 8.7 How the Cylinder – leakage tester works. It applies air pressure to the cylinder through the spark – plug hole with the piston at TDC and both valves closed. Points where air is leaking can be pinpointed. (Sun Electric Corporation)

الفصل التاسع

تشخيص أعطال المحـرك

Engine Trouble Diagnosis

9.1 الأعطـال العامـة: (General troubles)

1/ المحرك لا يدور: (engine will not turn over)

الأسباب المحتملة والتصحيح:

i/ بطارية فارغة: أعد ملء البطارية أو استبدلها.

ii/ دائرة بدء الإدارة مفتوحة: تراكم الأوساخ أو كيبلات مرتخية.

iii/ إدارة محرك بدء الإدارة مُعلّقة: أزل موتور بادئ الإدارة، وأعتق الإدارة.

iv/ نقل القدرة ليس في وضع الحياد أو مفتاح الحياد غير مضبوط: أفحصه وأضبطه.

2/ يدور المحرك ببطء ولكنه لا يبدأ الحركة:

(Engine turns over slowly but doesn't start)

الأسباب المحتملة والعلاج:

i/ بطارية فارغة: أعد ملء البطارية أو استبدلها.

ii/ محرك بادئ الإدارة معيب: أصلحه أو استبدله.

iii/ توصيلات رديئة لدائرة بدء الإدارة: أفحص الكيبلات من الارتخاء أو الأوساخ.

3/ يدور المحرك بالسرعة العادية ولكنه لا يبدأ الحركة:

(Engine turns over at normal speed but doesn’t start)

i/ عيب في نظام الإشعال: اختبر الشمعات، أفحص التوقيت ونظام الإشعال.

ii/ عيب في مضخَّة الوقود أو الاختناق الزائد: أزل الهواء عن المحرك (تنفيس)، أفحص بدال

أو دواسة التسارع، تصريف المضخَّة، مضخَّة الوقود، خط الوقود، الخانق، الكاربوريتر.

iii/ يتسرب الهواء في مانيفولد السحب أو الكاربوريتر: شد رباط أجزاء التركيب واستبدل الأوشاش.

iv/ عيب في المحرك: أفحص الإنضغاط أو التسرب، حركة الصمَّام، التوقيت.

v/ احتراق مقاومة تمرير الإشعال: استبدلها.

vi/ مرشح وقود متسِّخ: نظِّفه أو استبدله.

vii/ نظام عادم متسِّخ: استبدل الأجزاء المعيبة.

4/ يدور المحرك ولكنه يفقد قدرته في اسطوانة واحدة:

(Engine runs but misses power on one cylinder)

i/ شمعة إشعال معيبة: نظِّفها أو استبدلها.

ii/ غطاء الموزِّع أو سلك (.i.e كابل) شمعة الإشعال معيب: استبدلهما.

iii/ التصاق الصمام: حرره وعالج دليل الصمام.

iv/ ياي صمام مكسور: استبدله.

v/ صمام محترق: استبدله.

vi/ عصا دفع محنية: استبدلها.

vii/ حدبة بها تسطيح: استبدل عمود الحدبات.

viii/ مكبس أو حلقات مكبس معيبة: استبدلها، أصلح جدار الاسطوانة.

5/ يدور المحرك ولكنه يفقد قدرته في عدد من الاسطوانات:

(Engine turns but misses power on different cylinders)

i/ خطأ في تقديم الموزع، الملف، المكثف: إفحص الموزِّع.

ii/ نظام وقود معيب: أفحص مضخَّة الوقود، الخطوط، الكاربوريتر.

iii/ فقد الانضغاط: أفحص الانضغاط، التسريب.

iv/ صمامات محترقة: خدمة.

v/ مكابس وحلقات متآكلة: خدمة.

vi/ محرك زائد السخونة: أفحص نظام التبريد.

vii/ صمام التحكم في حرارة المانيفولد ملتصق: حرر الصمام.

6/ محرك يفقد القدرة، التسارع أو الأداء في السرعة العالية في حال كونه ساخن أو بارد: (Engine lacks power, acceleration, or high speed performance, hot or cold)

i/ إشعال معيب: أفحص التوقيت، الموزِّع، التوصيلات، المكثِّف، الكويل، الشمعات.

ii/ نظام وقود معيب، صمامات اختناق ثانوية لا تفتح: أفحص الكاربوريتر، الخانق، المرشِّح، مصفي الهواء، مضخَّة الوقود.

iii/ صمام الاختناق لا يفتح بالكامل: أضبط الوصلات.

iv/ فقد الانضغاط: أفحص الانضغاط أو التسريب.

v/ كربون زائد في المحرك: أزل الكربون.

vi/ عيب في حركة الصمام: فحص الانضغاط، التسريب.

vii/ مقاومة دحرجة زائدة من إطارات منخفضة، فرامل جارَّة، عدم محاذاة العجلات: صحِّح الخطأ الذي يسبب مقاومة التدحرج.

viii/ زيت ثقيل: استخدم زيت أخفَّ.

7/ زيادة سخونة المحرك: (Engine overheats)

i/ نقص في سائل التبريد: أضف سائل تبريد وأفحص التسريب.

ii/ تأخر توقيت الإشعال: أضبط التوقيت.

iii/ ارتخاء أو انقطاع سير المروحة: شد أو استبدل.

iv/ التصاق التيرموستات في حالة الغلق: استبدله.

v/ حارات الماء مقفلة: نظِّفها.

vi/ خرطوم مشع معيب: استبدله.

vii/ مضخَّة ماء معيبة: أصلحها أو استبدلها.

viii/ زيت محرك غير كاف: أضف زيت.

ix/ تأخُّر توقيت الصمام: أضبطه.

8/ تسارع خشن: (Rough idle)

i/ ضبط تقسيمة الكاربوريتر غير صحيحة: أعد ضبط خليط التقسيمة والسرعة.

ii/ الصمام ملتصق في حالة الفتح: استبدله.

9/ يتوقف المحرك وهو بارد أو دافئ: (Engine stalls cold or as it warms up)

i/ صمام الخانق ملتصق في حالة الغلق أو لن يغلق: أفتح صمام الخانق، حرِّر أو استبدل الخانق الأوتوماتيكي.

ii/ لا يمر الوقود خلال الكاربوريتر: أفحص مضخَّة الوقود، خطوط الوقود، المرشِّح، العوامة، دوائر التقسيمة.

iii/ صمام التحكم في حرارة المانيفولد ملتصق: حرر الصمام.

iv/ ضبط خاطئ لـ solenoid الاختناق: أضبطه.

v/ سرعة تقسيمة المحرك منخفضة جداً: أزد سرعة التقسيمة إلى القيمة الصحيحة.

vi/ المخِّمد في مصفي الهواء التيرموستاتي ملتصق في وضع الغلق: حرره، غيِّر الموتور.

10/ يتوقف المحرك بعد التقسيمة أو عند السرعة المنخفضة:

(Engine stalls after idling or slow speed driving)

i/ مضخَّة وقود معيبة: أصلحها أو استبدلها.

ii/ سخونة زائدة: راجع دائرة التبريد ومنسوب الزيت في الخزان.

iii/ مستوى العوامة في الكاربوريتر مرتفع: أضبطه.

iv/ ضبط التقسيمة غير صحيح: أعِدِ ضبطه.

v/ ضبط خاطئ لصمام الاختناق (throttle solenoid): أضبطه.

11/ يتوقف المحرك بعد السرعة العالية: (Engine stalls after high speed driving)

i/ انحباس البخار: استخدم وقود مختلف أو خط وقود مدرَّع.

ii/ صمام تنفيس الكاربوريتر أو صمام تعويض التقسيمة معيب: أفحص وأضبط.

iii/ سخونة المحرك.

iv/ صمام التحكم في الضغط معيب (PCV valve): استبدله.

v/ ضبط خاطئ لصمام الاختناق: أعد ضبطه.

12/ المحرك يُرجِع الشعلة: (Engine back fires)

i/ توقيت إشعال غير مضبوط: أضبطه.

ii/ شمعات إشتعال أو مدى حرارة خاطئ: أربط شمعات صحيحة.

iii/ خليط غني جداً أو ضعيف: أصلح أو أعد ضبط مضخَّة الوقود أو الكاربوريتر.

iv/ سخونة المحرك زائدة.

v/ كربون في المحرك: نظِّفه.

vi/ صمامات ساخنة أو ملتصقة: أضبطها، حررَّها، نظِّفها، استبدلها إذا كانت معيبة.

vii/ غطاء موزع مشقوق: استبدل الغطاء.

viii/ الصمام المضاد للشعلة المرتدة لا يعمل: استبدله.

ix/ شرارة متقاطعة لكيبلات الأسلاك: استبدل الكيبلات.

13/ هايدروكربون وأول أكسيد الكربون في العادم:

(Too much HC and CO in exhaust)

i/ فقد الإشعال: أفحص الشمعات، الأسلاك، الغطاء ... الخ.

ii/ توقيت إشعال خاطئ: وَقِّت الإشعال.

iii/ مشاكل في الكاربوريتر: أفحص الخانق، منسوب العوامة، مسمار ضبط خليط التقسيمة.

iv/ حقن هواء خاطئ: أفحص المضخَّة، الخراطيم، الماينفولد.

v/ نظام TCS معيب: أفحص النظام.

vi/ محولات التقليب معيبة: (Defective catalytic converters) استبدلها.

14/ عادم بدخان: (Smoky exhaust)

i/ دخان أزرق: استهلاك وقود زائد.

ii/ دخان أسود: خليط وقود غني جداً.

iii/ دخان أبيض: بخار في العادم: استبدل الأوشاش، قرِّط مسامير رأس الاسطوانة لتجنُّب تسرُّب مائع التبريد في غرف الاحتراق.

15/ استهلاك زائد للوقود: (Excessive oil consumption)

i/ تسريب خارجي: قم بتصحيح موانع التسريب (seals)، غيِّر الأوشاش.

ii/ زيت محترق في غرفة الاحتراق: أفحص خلوص ساق الصمام، حلقات المكبس، جدران الاسطوانة، محامل الأعمدة.

iii/ الإدارة بسرعة عالية: قد ببطء أكثر.

16/ انخفاض ضغط الزيت: (Low oil pressure)

i/ محامل محرك ممزقة: استبدلها.

ii/ سخونة محرك زائدة.

iii/ تخفيف الزيت أو تكوُّن الرغوة: استبدل الزيت.

iv/ عيب في نظام التزييت: أفحص خطوط الزيت، مضخَّة الزيت، صمام الزيت (relief valve).

17/ استهلاك وقود زائد: (Excessive Fuel Consumption)

i/ بداية دوران سريعة (jackrabbit starts): قُد المركبة بصورة معقولة.

ii/ السرعة الزائدة: قُد المركبة ببطء أكثر.

iii/ القيادة لمسافات قصيرة: قُد المركبة لمسافات أطول.

iv/ ضغط زائد لمضخَّة الوقود أو تسريب المضخَّة: خَفِّض الضغط، أصلح المضخَّة.

v/ إنغلاق جزيء للخانق بعد التدفئة: أفتحه، أصلح أو استبدل الخانق الاوتوماتيكي.

vi/ مصفى هواء متسِّخ: نظِّفه.

vii/ منسوب عالي لعوامَّة الكاربوريتر: أضبط العوامة.

viii/ إبرة العوامة ملتصقة أو متسِّخة: حرَّرها ونظِّفها.

ix/ أنفاث الكاربوريتر ممزقة: استبدلها.

x/ ذراع القياس أو كبَّاس القدرة الكاملة ملتصق: حرره.

xi/ التقسيمة غنية جداً أو سريعة جداً: أضبطها.

xii/ صمام فحص مضخَّة التسارع مغلق: حرره.

xiii/ تسريب في الكاربوريتر: استبدل الأوشاش، قرِّط المسامير ...الخ.

xiv/ اسطوانة بدون إشعال: أفحص الكويل، المكثِّف، التوقيت، الشمعات، نقاط التلامس، الأسلاك (الكابلات).

xv/ انزلاق ناقل الحركة الأوتوماتيكي: أفحص مجموعة نقل الحركة.

xvi/ فقد في إنضغاط المحرك: أفحص الانضغاط أو التسريب.

xvii/ حركة صمَّام معيبة: أفحص الانضغاط، التسريب أو جهاز الفراغ.

xviii/ زيادة في مقاومة التدحرج من إطارات منخفضة الضغط، فرامل مسحوبة، عدم محاذاة العجلات.

xix/ انزلاق القابض: أضبطه أو أصلحه.

18/ محرك به ضوضاء: (Engine is noisy)

i/ خبطات منتظمة للصمام وتابعه: (regular clicking of valve and its follower): أعد ضبط خلوص الصمام، أو استبدل الروافع الهايدروليكية المزعجة.

ii/ صوت اصطكاك الأسنان في الحمولة أو التسارع :

(Ping or chatter on load or acceleration): الخبط نتيجة لوقود منخفض الأوكتين، الكربون، توقيت إشعال متقدم: استخدم وقود عالي الأوكتين، أزل الكربون، أضبط توقيت الإشعال.

iii/ خبطة خفيفة (Light knock): محامل عمود التوصيل متآكلة، أو مسمار المرفق

(crank pin)، أعمدة غير محاذية، نقص في الزيت: استبدل أو أضبط المحامل، أصلح مسمار المرفق، استبدل العمود، صحِّح النقص في الزيت.

iv/ خبطة مزدوجة معدنية خفيفة عادة ما تكون ملحوظة عند التقسيمة: مسمار مكبس فضفاض أو متآكل أو نقص في الزيت: أصلح المسمار والجلبة، صحِّح النقص في الزيت.

v/ إصطكاك أو رترتة عند التسارع: حلقات مكبس متآكلة، جدران الاسطوانة متآكل، شد الحلقات منخفض، حلقات مكسورة: أصلح جدران الاسطوانة، استبدل الحلقات.

vi/ صوت كالجرس عندما يكون المحرك بارداً: صفعة للكباس نتيجة لمكابس متآكلة، خلوص زائد، نقص في الزيت، أعمدة توصيل غير محاذية: استبدل أو استخدم مكابس بحجم أكبر، أصلح الجدران، استبدل الأعمدة، صحِّح النقص في الزيت.

vii/ صوت طرقة خافت، ثقيل معدني تحت الحمولة أو التسارع بخاصة عندما يكون المحرك بارداً (Dull, heavy, metallic knock under load or acceleration, especially when cold) : ضجيج منتظم، محامل رئيسية ممزَّقة، تمزُّق أطراف محامل الضغط، الخبط على توصيلة القابض (clutch engagement) أو على التسارع: استبدل، أو قم بخدمة المحامل والعمود المرفقي.

viii/ ضجيج متنوع: صوت صادر من الأجزاء المساعدة (accessories) المركَّبة بدون تقريط، المقنيتة (alternator)، البوري، التصادم الأمامي، مضخَّة الماء ... الخ.

9.2 خدمة نظم حقن الوقود في محرك البنزين:

(Servicing Gasoline Engine Fuel Injection Systems)

1/ خدمة نظام حقن الوقود الالكتروني لسيارات الكاديلاك:

قبل فحص العيوب في نظام حقن الوقود الالكتروني، تأكَّد من أن المحرك وبالأخص نظام الإشعال لا يتسبب في المشكلة. إذا لم يكونا السبب فشركة كاديلاك تنصح بإجراء الفحص بالنظر لمكوَّنات نظام حقن الوقود.

I/ أفحص بالنظر جميع التوصيلات السلكية (الكابلات) للتأكد من:

i/ موصلات مرتخية أو غير موصلة.

ii/ أسلاك مكسورة أو غير موصلة.

iii/ أطراف غير مبيَّتة في مبيتات الموصل.

iv/ أسلاك مكسورة جزئياً عند توصيلات الأطراف.

v/ التآكل الزائد.

II/ أدر المحرك، سد ممر تمرير التقسيمة عند أعلى الجسم الخانق بسدادة نظيفة لتسهيل سماع أي تسريبات فراغية (vacuum leaks) ومن بعد أفحص بالنظر جميع خطوط الفراغ.

i/ لتأكيد أن جميع خطوط الفراغ موصلَّة بأمان في موضعها الصحيح.

ii/ للكشف عن خطوط مكسورة أو مشققة.

III/ أفحص بالنظر خطوط الوقود للتأكُّد من:

i/ التسريب leakage.

ii/ الالتواء أو الفتل kinks.

تحذير: لا ترخي توصيلات نظام الوقود حتى بعد تحرير الضغط في النظام. لأن الوقود في النظام يمكن ضغطه إلى 41 psi ($2.81kg/cm^2$) أو أكثر. عندما ترخي وصلة اتبِّع التحوطات اللازمة لمنع الوقود من الترشاش مما قد يسبِّب حريقاً أو أذى. غطي الوصلة التي يتم إزالتها بخرقة حتى يتم امتصاص الوقود، من بعد ضع القطعة المشبعة بالبنزين في حاوية آمنة أو ضعها في مكان آمن في الخارج لتجف.

2/ التشخيص الأولِّي: (Preliminary Diagnosis)

إذا لم يتم اكتشاف سبب المشكلة خلال الفحص البصري (visual inspection) بالتالي يتم

إجراء التشخيص الأولي. شركة كاديلاك لديها تسعة أنواع مختلفة من المشاكل التي يمكن أن تحدث في سيارات حقن الوقود الالكتروني إذا تم تشغيل المحرك والنظم الأخرى بصورة جيدة يمكن تتبُّع هذه المشاكل في نظام حقن الوقود الالكتروني. يمكن حصر المشاكل في الآتي:

i/ يدور العمود المرفقي ولكنه لا يدير المحرك (Engine cranks but will not start).

ii/ صعوبة في الإدارة (Hard starting).

iii/ اقتصاد وقود سيء (poor fuel economy).

iv/ يتوقف المحرك بعد الإدارة (Engine stalls after start).

v/ تقسيمة خشنة (rough idle).

vi/ تقسيمة سريعة طويلة (prolonged fast idle).

vii/ تقسيمة غير سريعة (No fast idle).

viii/ يتردد المحرك أو يضطرب عند التسارع (Engine hesitates or stumbles on acceleration).

ix/ قصور الأداء عند السرعة العالية.

الجدول التالي (9.1) يوضح العلاقة بين مكونات الكاربوريتر ومكونات حقن الوقود الإلكتروني.

الكاربوريتر	**حقن الوقود الإلكتروني**
1/ مضخَّة تسارع (accelerator pump)	مفتاح وضع الخانق (Throttle position switch)

2/ حدبة التقسيمة السريعة (Fast idle cam)	صمام التقسيمة السريعة الكهربائي (Electric fast idle valve)
3/ العوامة (float)	منظِّم ضغط الوقود (Fuel pressure regulator)
4/ صمام القدرة/ أعمدة القياس (Power valve/ metering rods)	حساس الضغط المطلق للمانيفولد (manifold absolute pressure sensor)
5/ أنفاث القياس (المعايرة) ونظام وقود التقسيمة (metering jets and idle fuel system)	صمامات الحقن، وحدة التحكم الإلكترونية (Injection valves, electronic control unit (ECU))

جدول (9.1) مكونات الكاربوريتر ومكونات حقن الوقود الإلكتروني

بعد الفحص بالنظر يجب استخدام جهاز خاص أو جهاز لتحليل نظام حقن الوقود لتحديد سبب أي من هذه المشاكل.

خلال التشخيص الأولي يجب اعتبار العلاقات بين الأجزاء في نظم الكاربوريترات ومكونات نظام حقن الوقود الإلكتروني. هذه يمكنها المساعدة في التصنيف ومعرِّفة وتحديد الجزء المعيب.

3/ خريطة تشخيص الأعطال: (Trouble Diagnosis Chart)

المشكلة، السبب، الفحص أو التصحيح:

1/ المحرك لا يدور، مضخَّة الوقود لا تعمل:

i/ انصهار فيوز مرحِّل المضخَّة، عيب في كيبلات المضخَّة أو مرحِّل المضخَّة أو كيبلات مرحِّل مضخَّة الوقود: جدِّد الفيوزات، مرحِّل المضخَّة المعيب.

ii/ لا يوجد جهد عند طرف مرحِّل المضخَّة (12v)، لأن المرحِّل الأساسي لا يعمل أو هنالك عيب في الكيبل: تجنَّب الدوائر المفتوحة.

iii/ هنالك جهداً عند طرف مرحِّل المضخَّة ولكن ليس هنالك توصيل بالأرض: مضخَّة الوقود تعمل لمدة ثانية إلى ثانيتين بعد فتح مفتاح الإشعال، أفحص بالمقياس، استبدل وحدة التحكم الإلكتروني (ECU).

iv/ دائرة مفتوحة في الكيبل الواصل من مرحِّل المضخَّة إلى بلك المضخَّة: أفحص توصيل البلك، تفادى الدوائر المفتوحة.

2/ المحرك لا يعمل، بينما مضخَّة الوقود تعمل:

(Engine will not start, fuel pump runs)

i/ كيبل حسَّاس الضغط غير موصل، دائرة مفتوحة: ركب كيبل حساس الضغط، أصلحه.

ii/ دائرة مفتوحة في توصيل الكابل عند حساس درجة الحرارة (المبرِّد): أفحص الكابلات، وإذا كان ضرورياً استبدل حساس درجة الحرارة.

iii/ لا يزيد ضغط الوقود (المواسير منضغطة أو هنالك عيب في منظِّم الضغط): أفحص الضغط بالمقياس، وإذا كان ضرورياً استبدل منظِّم الضغط.

3/ المحرك يدور وهو بارد ولكنه يتوقف (Engine starts cold but stalls):

i/ دائرة الكابل مفتوحة.

ii/ تلامسات المقداح معيبة (trigger contacts defective): استبدلها.

iii/ حسَّاس الضغط معيب: استبدله.

4/ المحرك يقطع عند القيادة (عادة يسبق بشرارة خاطئة):

(Engine cuts out when driving (usually preceded by mis- firing))

i/ متلامسات المقداح لها مقاومة تلامس زائدة أو متسِّخة (قذرة): استبدل متلامسات المقداح.

ii/ الشمعة مرتخية: أفحصها.

iii/ ليس هنالك ضغط للوقود: أفحص الضغط، حدِّد السبب.

5/ المحرك يعمل بعدم انتظام، عدم وجود حريق في إحدى الاسطوانات، العادم أبيض:

(Engine works irregularly, one cylinder not firing, exhaust white)

i/ أحد الحاقنات راكن (ملتصق) (one injector sticking): استبدل الحاقن.

ii/ عيب في توصيل الحاقن أو ملف الحاقن معيب: راجع التوصيلات، استبدل الحاقن، اختبر النظام بجهاز اختبار خاص.

6/ المحرك يعطي شرارة خاطئة ليس سببها نظام الإشعال:

(Engine misfiring, not caused by ignition system)

توصيلات مرتخية، الكابل الأرضي الرئيسي رديء على جسم السيارة: أفحص التوصيلات، قرِّط توصيلات الأرضي.

7/ المحرك لا يصل لقدرته القصوى (Engine not reaching full power):

i/ انخفاض ضغط الوقود: أفحص منظِّم الضغط.

ii/ حساس الضغط معيب: استبدله.

iii/ صمام الاختناق لا يفتح بكفاية: أفحص صمام الاختناق.

8/ استهلاك وقود عالي جداً (Fuel Consumption too high):

i/ حساسات وحدة التحكم الإلكتروني (ECU) لا تؤدي وظيفتها بصورة صحيحة، التوصيلات الكهربائية لديها مقاومة عالية جداً: اختبر النظام بجهاز اختبار خاص.

ii/ ضبط غير صحيح لمفتاح صمام الاختناق: أضبطه، استخدم اختبار خاص.

iii/ ضغط الوقود غير صحيح: أفحص منظِّم الضغط، وإذا كان ضرورياً استبدله.

9/ المحرك يعلِّق بزيادة عند سرعة تقسيمة بين 1000 و 1800 r.p.m:

(Engine hunts excessively at idle speed between 1000 and 1800 r.p.m)

i/ الخرطوم بين منظِّم الضغط المساعد ومانيفولد السحب مفصول أو معيب: ضع الخرطوم في موضعه أو استبدله.

ii/ صمام الاختناق فاتح بصورة كبيرة: أعد ضبط صمام الاختناق.

iii/ سرعة التقسيمة عالية: أضبط سرعة التقسيمة.

10/ المحرك يعطي شرارة خاطئة عند التسارع:

(Engine misfires when accelerating)

جهاز التغذية الاضطراري في مفتاح صمام الاختناق لا يعمل، توصيل خاطئ لشمعة الإشعال: أفحص مفتاح صمام الاختناق بجهاز خاص.

11/ سرعة تقسيمة عالية جداً، سرعة التقسيمة لا يمكن ضبطها:

(Too high idling speed, idling speed cannot be adjusted)

i/ تسريب في نظام هواء التقسيمة: أفحص نظام هواء التقسيمة.

ii/ حلقة مانع تسرب مطاطية تحت الحاقن معيبة: استبدل حلقة مانع التسرب.

iii/ ضبط صمام الاختناق غير صحيح: أعد ضبط صمام الاختناق.

9.3 خـدمة محـرك الـديزل: (Diesel Engine Service)

خريطة مشاكل محرك الديزل: (Diesel Engine Trouble Chart)

1/ يدور العمود المرفقي بصورة عادية ولكنه لا يدير المحرك:

(Engine cranks normally but does not start)

i/ إجراءات إدارة خاطئة: استخدم الإجراء الصحيح.

ii/ صمام الوقود (solenoid) أو شمعات التوهج (Glow plugs) لا تعمل: استخدم لمبة اختبار لفحص الدوائر، واستبدل الأجزاء المعيبة.

iii/ توقيت حاقن المضخَّة خاطئ: أفحص، أضبط التوقيت.

iv/ نظام الوقود لا يقوم بإمداد الوقود: أفحص الفلتر، مضخَّة الوقود، مضخَّة الحقن، الخطوط.

v/ فقد الانضغاط: أفحص الانضغاط.

2/ يبدأ المحرك ولكنه يتوقف عند التقسيمة: (Engine starts but stalls on idle)

i/ التقسيمة البطيئة غير صحيحة: أضبطها.

ii/ صمام التقسيمة السريعة لا يعمل: أفحص الصمام واستبدله إن كان معيباً.

iii/ نظام الوقود لا يعمل بصورة صحيحة: أفحص المعوقَّات، توقيت المضخَّة وأحوال التشغيل، وقود ملوث، وقود خاطئ.

iv/ فقد الانضغاط: أفحص الانضغاط.

3/ يبدأ المحرك بتقسيمة خشنة بضجيج ودخان طبيعي:

(Engine starts, idles rough without abnormal noise or smoke)

i/ التقسيمة البطيئة غير صحيحة: أضبطها.

ii/ نظام الوقود لا يعمل بصورة صحيحة: أفحص المكوِّنات عن المعوَّقات المحتملة، الحركة، توقيت المضخَّة، وقود متسِّخ أو خاطئ.

4/ يبتدئ المحرك بخشونة في التقسيمة وبضجيج ودخان:

i/ توقيت خاطئ للمضخَّة: أضبطها.

ii/ الفوهات لا تعمل بصورة صحيحة: أرخي الخطوط الواصلة إلى الفوهات واحد كل مرة والمحرك دائر. إذا لم تتغير التقسيمة فتكون الفوهات معيبة.

5/ المحرك يفقد اسطوانة واحدة: (Engine misses one cylinder)

i/ الفوهات متسِّخة: نظِّفها.

ii/ هواء في الخط: نفِّس الهواء.

iii/ مشكلة في المضخَّة: استبدل المضخَّة.

6/ شرارة خاطئة للمحرك فوق التقسيمة ولكن سرعة التقسيمة جيِّدة:

(Engine misfires above idle but idles okay)

i/ فلتر الوقود مسدود: استبدل الفلتر.

ii/ توقيت مضخَّة خاطئ: صحِّح التوقيت.

iii/ وقود خاطئ أو قذر: نظِّف النظام واستخدم وقود صحيح.

7/ فقد القدرة: (Loss of power)

i/ تعويق في سحب الهواء: أفحص مصفى الهواء.

ii/ تعويق في العادم: أفحص وصحِّح.

iii/ فلتر الوقود مسدود: استبدله.

iv/ فتحة تهوية الفراغ في غطاء خزان الوقود مسدودة: استبدل الغطاء.

v/ تعويق في خط راجع الوقود: صحِّحه.

vi/ تعويق في نظام حقن الوقود: أفحص الخطوط، المضخَّة، الفوهات لإيجاد وتفادي السبب.

vii/ وقود خاطئ أو متسِّخ: نظِّف النظام، استخدم وقوداً صحيحاً.

viii/ تسريب انضغاط خارجي: أفحص عن التسريب حول موانع تسرب الفوهات، شمعات التوهج. قرِّط، استبدل موانع التسرب.

ix/ انضغاط منخفض: أفحص الانضغاط لإيجاد السبب.

8/ صوت مثل خبطة محمل العمود من اسطوانة واحدة أو أكثر:

(Rap like a rod- bearing knocks from one or more cylinders)

i/ هواء في نظام الوقود: أفحص عن تسريب الهواء وأعمل التصحيحات.

ii/ فوهة أو فوهات ملتصقة في وضع الفتح أو مفتوحة عند ضغط منخفض: فك الفوهات للإصلاح أو الاستبدال.

9/ ضجيج احتراق بدخان أسود: (Combustion noise with black smoke)

i/ توقيت المضخَّة غير صحيح: أضبط توقيت المضخَّة.

ii/ مشكلة محرك داخلية: أفحص الانضغاط، أجزاء المحرك.

iii/ مشاكل داخلية في مضخَّة الحقن: فكها للإصلاح.

10/ يدور المحرك والمفتاح في وضع الإغلاق: (Engine runs with key off)

صمام مضخَّة الحقن لا يرجع صمام الوقود لوضع الإغلاق. أفحص حركة صمام النظام الكهربي (Solenoid).

الفصل العاشر

أســئلة فـي المقــرر

10.1 أســئلة فـي مقــرر أساســيات الصــيانة:

1/ ما هي الصيانة وما الهدف منها؟

2/ أذكر أنواع الصيانة المختلفة.

3/ تحدث عن التنظيم المركزي للصيانة من حيث مميزَّاته ومحددَّاته.

4/ تحدث عن التنظيم اللامركزي للصيانة من حيث مميزَّاته ومحددَّاته.

5/ يتم تصنيف المعدات الصناعية إلى قسمين رئيسيين هما ماكينات عامة الغرض وماكينات خاصة الغرض. أذكر مميزَّات ومحددَّات كل منهما.

6/ متى تكون عملية استبدال الآلات ضرورية؟ وما هي السياسات المتبعة عند تغيير الآلات أو المعدات؟

7/ ما هي كيفية تنظيم صيانة المعدات؟

8/ ما الهدف من قانون الأمن الصناعي؟

9/ تحدث بإيجاز عن دور الأمن الصناعي وعلاقته بالإنتاج.

10/ تحدث باختصار عن إصابات العمل بتكلفتها المباشرة وغير المباشرة.

11/ ناقش بإيجاز متطلبات الأمن الصناعي.

12/ ما هي مهام واختصاصات ضابط الأمن الصناعي؟

13/ ما هو التآكل؟ وما هي المحددَّات الاقتصادية لعملية التآكل؟

14/ تحدث بإيجاز عن المحددَّات الاجتماعية التي قد تسببها عملية التآكل؟

15/ تحدث باختصار عن التآكل المتجانس والتآكل الجلفاني وكيف يتم تلافيه في الحالتين.

10.2 أســئلة وإجــابات نموذجــية فــي مقــرر أساســيات الصــيانة:

1/ عدِّد مجموعات أشكال الطاقة؟

I/ الطاقة الانتقالية (transitional energy): وهي طاقة متحركة يمكنها الانتقال عبر حدود النظام، مثل الطاقة الحرارية وتحولاتها.

II/ الطاقة المختزنة (stored energy): وتوجد على شكل كتل مثل الوقود (طاقة كيميائية)، أو في مجال قوة الجاذبية الأرضية (طاقة الوضع).

تنحصر أشكال الطاقة إجمالاً في ست مجموعات أساسية هي:

i/ الطاقة الميكانيكية: وهي الطاقة المستخدمة في رفع الأوزان.

ii/ الطاقة الكهربائية: وهي الطاقة المصاحبة لتدفق الإلكترونات أو تجميعها.

iii/ الطاقة الكهرومغناطيسية: وهي الطاقة المصاحبة للإشعاع الكهرومغناطيسي.

iv/ الطاقة الكيميائية: وهي الطاقة المنطلقة عن التفاعلات الكيميائية.

v/ الطاقة النووية: وهي الطاقة المصاحبة للتفاعلات النووية.

vi/ الطاقة الحرارية: وهي الطاقة المصاحبة لإهتزازات ذرات وجزئيات المادة.

2/ صنِّف محركات الاحتراق الداخلي تبعاً للآتي:

i/ نوع العمل المطلوب.

ii/ نوع الوقود المستخدم.

iii/ تحولات الطاقة الحرارية.

iv/ تجهيز خليط الوقود.

v/ طريقة الاشتعال.

vi/ دورات المحرك.

vii/ من حيث التركيب والشكل الخارجي.

viii/ حسب طريقة التبريد.

يتم تصنيف محركات الاحتراق الداخلي حسب:

I/ العمل المطلوب وتقسَّم إلى:

i/ محركات ثابتة كالتي تستخدم في محطات توليد الطاقة الكهربائية.

ii/ محركات متنقلة كالمستخدمة في الآليات المختلفة والسيارات.

II/ نوع الوقود المستخدم في تشغيلها وتقسَّم إلى:

i/ محركات تستخدم الوقود الخفيف (محركات البنزين).

ii/ محركات تستخدم الوقود الثقيل (محركات الديزل).

iii/ محركات تستخدم الوقود الغازي.

iv/ محركات مشتركة تستخدم أنواع مختلفة من الوقود.

III/ حسب تحولات الطاقة الحرارية وتقسَّم إلى:

i/ محركات احتراق داخلي، يتم فيها احتراق الوقود داخل غرف مغلقة في اسطوانات محرك وتعرِّف بالمحركات الكباسيَّة.

ii/ توربينات غازية، تتم فيها التفاعلات الكيميائية واحتراق الوقود داخل أجزاء خاصة (غرف احتراق)، ينساب منها ناتج الاحتراق على زعانف التوربين لتشغيله (محركات توربينية).

iii/ محركات مشتركة تعمل بالطريقتين السابقتين (محركات كباسيَّة وتوربينية).

IV/ تجهيز خليط الوقود وتقسَّم إلى:

i/ محركات يتم فيها تجهيز الوقود داخل جهاز خاص يسمى بالمغذِّي (محركات البنزين).

ii/ محركات يتم فيها تجهيز الوقود وحرقه داخل اسطواناته (محركات الديزل).

V/ طريقة الإشعال:

i/ محركات احتراق داخلي يتم إشعال المزيج بداخلها باستعمال شرارة كهربائية (محركات البنزين).

ii/ محركات احتراق داخلي يتم إشعال المزيج بداخلها بواسطة الانضغاط (محركات الديزل).

iii/ محركات احتراق داخلي يتم إشعال المزيج فيها باستخدام اللهب.

VI/ دورات المحرك، تقسَّم إلى:

i/ محركات رباعية الدورة.

ii/ محركات ثنائية الدورة.

VII/ من حيث التركيب والشكل الخارجي وتقسَّم إلى:

i/ محركات احتراق كباسيَّة، تقع اسطواناتها على خط أفقي مستقيم.

ii/ محركات كباسيَّة متقابلة الاسطوانات.

iii/ محركات كباسيَّة اسطواناتها على خط عمودي.

iv/ محركات احتراق داخلي اسطواناتها على شكل نجمة أو محركات قطرية.

v/ محركات احتراق داخلي على شكل حرف v.

VIII/ حسب طريقة التبريد وتقسَّم إلى:

i/ محركات يتم تبريدها بالماء.

ii/ محركات يتم تبريدها بالهواء.

3/ ما هي أهم العوامل التي تُحدِّد المواصفات الفنية لمحركات الاحتراق الداخلي؟

i/ عمل أجزاء المحرك وقطع غياره لأطول مدة ممكنة.

ii/ فعالية عمل المحرك وكفاءته.

iii/ وزن المحرك وأبعاده الهندسية.

iv/ معدل وطبيعة المواد العادمة الناجمة عن الاحتراق.

v/ مستوى ضجيج المحرك.

vi/ سهولة التركيب، الصيانة، والإصلاح.

vii/ سهولة تشغيل المحرك.

viii/ التصميم الهندسي للمحرك الذي يراعي إمكانية إجراء التعديل عليه مع تطور تكنولوجيا صناعة محركات السيارات.

4/ عرِّف الآتي:

i/ شوط المكبس: هو المسافة المحصورة بين النقطة الميتة العليا والنقطة الميتة السفلى.

ii/ النقطة الميتة العليا TDC: هي أعلى نقطة يصل إليها المكبس في أثناء صعوده للأعلى داخل الاسطوانة.

iii/ غرفة الاحتراق: هي حيز مغلق محصور بين نهاية شوط المكبس في أثناء حركته للأعلى وبين رأس المحرك ويتم فيها ضغط مزيج الوقود واحتراقه.

iv/ النقطة الميتة السفلى BDC: هي أدنى نقطة يصل إليها المكبس في أثناء نزوله إلى الأسفل.

v/ نسبة الانضغاط (Compression ratio): وتساوي نسبة حجم الاسطوانة إلى حجم غرفة الاحتراق، وحجم الاسطوانة يساوي حجم الشوط زائد حجم غرفة الاحتراق.

5/ عرِّف الآتي:

i/ القدرة الحصانية الفرملية (B.H.P): وتعرَّف بالقدرة الفعَّالة على عمود الإدارة (المرفق). وتقاس بواسطة جهاز قياس العزوم الديناموميتر (Dynamometer) وذلك بتسليط قوة فرملية على عمود المرفق، حتى يتم إيقافه.

ii/ القدرة الحصانية البيانية (I.H.P): وهي قدرة المكبس المكتسبة من الغازات العاملة في المحرك نتيجة للاحتراق، وهي الخطوة الأولى التي يتم عندها تحويل طاقة الوقود الحرارية إلى طاقة ميكانيكية.

6/ عرِّف المصطلحات الآتية:

i/ القدرة الاحتكاكية الحصانية (f.h.p): وهي القدرة الضرورية للتغلب على قوى الاحتكاك بين أجزاء المحرك في أثناء العمل وتساوي الفرق بين القدرة الحصانية الفرملية والقدرة الحصانية البيانية.

ii/ معدل استهلاك الوقود النوعي الفرملي (b.s.f.c): ويعرِّف بالنسبة بين معدل استهلاك الوقود في الساعة والقدرة الحصانية الفرملية.

$$\text{bsfc} = \frac{\text{معدل استهلاك الوقود}}{\text{القدرة الحصانية الفرملية}} \text{ (kg/kwh)}$$

iii/ كفاءة المحرك الميكانيكية ($\eta_{\text{mech.}}$) : وتعرِّف بالنسبة ما بين القدرة الحصانية الفرملية والقدرة الحصانية البيانية للمحرك.

7/ ما هي المحركات ثنائية الدورة؟

سميت هذه المحركات ثنائية الدورة لأنها تكمل دورتها خلال شوطين للمكبس (i.e. 360°) أي دورة كاملة واحدة لعمود المرفق.

هذه المحركات تحتوي على فتحات جانبية للسحب ولطرد غازات العادم، مع وجود شمعة إشتعال في منتصف غرفة الاحتراق.

أما في حالة محركات الديزل ثنائية الدورة، تُصمَّم فتحات الدخول (السحب) والخروج (طرد غازات العادم).

مشوار الصعود:

في أثناء حركة المكبس من النقطة الميتة السفلى باتجاه النقطة الميتة العليا، تكون في هذه الحالة كل من فتحتي السحب والعادم (الدخول والخروج) مفتوحتان ليتسنى دخول المزيج إلى الاسطوانة عبر الدخول ولتنظيف الاسطوانة من غاز العادم عبر فتحة العادم، حيث يغلق المكبس فتحة الدخول أولاً ثم فتحة العادم. ولحظة إغلاق فتحة العادم يبدأ شوط الضغط والذي يستمر حتى وصول المكبس إلى النقطة الميتة العليا.

مشوار النزول:

يتحرك المكبس في هذا المشوار من النقطة الميتة العليا باتجاه النقطة الميتة السفلى بعد بدء الاحتراق يتحرك المكبس بفعل الضغط إلى الأسفل حيث يبدأ شوط القدرة والذي يستمر حتى لحظة فتحة العادم، حيث يبدأ شوط العادم ويستمر خروج غازات العادم مع حركة المكبس للأسفل حتى وصوله إلى النقطة الميتة السفلى، ثم تبدأ الدورة من جديد بصعود المكبس للأعلى.

مقارنة بين المحركات ثنائية الدورة ديزل/ بنزين:

محركات الديزل:

i. يدخل الهواء فقط إلى الاسطوانة.

ii. يتم انضغاط الهواء.

iii. يتم بخ الوقود.

iv. يتم إشعال المزيج (وقود – هواء) من حرارة الضغط.

v. نسبة الانضغاط (1: 16).

محركات البنزين:

i. تحضير المزيج (وقود – هواء) في المغذِّي.

ii. يُدخل المزيج إلى الاسطوانة ثم يُضغَط فيها.

iii. الشرارة الكهربائية تشعل المزيج.

iv. نسبة الانضغاط (1: 8).

8/ قارن بين المحركات رباعية وثنائية الدورة؟

i/ بساطة تركيب المحركات ثنائية الدورة من حيث عدد القطع والأجزاء الداخلة في تركيبها مقارنة مع المحركات رباعية الدورة، وبالتالي خفة وزنها.

ii/ قدرة المحركات رباعية الدورة لكل وحدة حجم أقل من قدرة المحركات ثنائية الدورة، وذلك لأن عدد الأشواط الفاعلة للمحركات ثنائية الدورة (N = n)، أما الرباعية الدورة ($N = \frac{n}{2}$)، حيث n هي عدد الأشواط في الدورة.

iii/ صيانة المحركات ثنائية الدورة أبسط من صيانة المحركات رباعية الدورة.

iv/ المحرك ثنائي الدورة أكثر نعومة وأقل ضوضاء من المحرك رباعي الدورة.

v/ درجة ارتفاع حرارة المحركات ثنائية الدورة أعلى من المحركات رباعية الدورة لأن العمل المستفاد منها أكبر من خلال نفس وحدة الزمن.

vi/ تستهلك المحركات ثنائية الدورة وقوداً أكثر لخروج جزء منه مع غازات العادم مقارنة مع المحركات رباعية الدورة تحت نفس الظروف.

vii/ بسبب قصر الفترة الزمنية اللازمة لإتمام الأشواط الأربعة في المحركات ثنائية الدورة مقارنة مع المحركات رباعية الدورة فإن الدورة سرعتها أقلَّ لنفس القدرة.

9/ مجموعة المكبس وذراع التوصيل:

i/ المكبس.

ii/ النهاية الصغرى لذراع التوصيل.

iii/ النهاية العظمى لذراع التوصيل.

iv/ المحامل.

v/ ذراع التوصيل.

vi/ المسمار (pins).

vii/ الحلقات (i.e. حلقات الانضغاط وحلقات الزيت).

10/ أنواع المكابس:

i/ المكابس الصلبة: وتمتاز ببساطة التركيب، إلا أنَّ الخلوص بينها وبين جدار الاسطوانة كبير نسبياً مما يؤدي إلى الضجيج المرتفع أثناء التشغيل.

ii/ المكابس ذات الشقوق: تصنع بشقوق عرضية أو طولية مما يكسبها بعض المرونة، أما بالنسبة للخلوص بينها وبين جدار الاسطوانة فهو أقل من النوع الصلب.

iii/ المكابس المنزلقة: في هذا النوع يُقطع جزء من معدن المكبس من الأسفل لتخفيف وزنه.

iv/ المكابس الحرارية: تصنع هذه المكابس من سبائك الألمونيوم الخالص لإكساب مواصفات حرارية مميزة.

v/ المكابس الثابتة: معامل التمدد لهذا النوع منخفض جداً.

11/ أنواع الحلقات المستخدمة في المحركات:

i/ حلقات الانضغاط (compression rings): تعمل هذه الحلقات على منع تهريب الضغط الناجم عن احتراق المزيج داخل غرفة الاحتراق إلى حيز عمود المرفق للمحافظة على قدرة المحرك المكتسبة ويكون عددها عادة حلقتين.

ii/ حلقات الزيت (oil rings):

تستخدم هذه الحلقات في منع تسريب الزيت إلى غرفة الاحتراق وبالتالي منع احتراق الزيت في الغرفة وتراكم الكربون وناتج الاحتراق على جدرانها.

12/ وظيفة الحدافة (Fly wheel) التي تُركَّب في نهاية العمود المرفقي هي:

i/ خزن الطاقة المكتسبة من أشواط المحرك الفعَّالة للمحافظة على استمرارية الحركة أثناء الأشواط الأخرى.

ii/ العمل على اتزان عمود المرفق.

iii/ تستعمل الحدافة في بدء تشغيل المحرك وذلك بواسطة ترس على شكل طوق يُثبَّت على محيطها الخارجي، تعشق أسنانه مع ترس محرك البدء عند التشغيل.

iv/ يستعمل السطح الخلفي للحدافة لتركيب مجموعة القابض.

13/ وظائف زيت التزييت في محركات الاحتراق الداخلي:

i/ تقليل الاحتكاك بين أجزاء المحرك المختلفة وبالتالي تقليل التآكل.

ii/ تبريد أجزاء المحرك، وخفض درجة حرارتها.

iii/ منع تهريب الضغط بين حلقات المكبس وجدران الاسطوانة.

iv/ امتصاص جزء من القوى المؤثرة على محامل المحاور الدوارة.

v/ تنظيف أجزاء المحرك، مثل جدار الاسطوانة والمحامل.

vi/ خفض الفقودات الاحتكاكية وبالتالي رفع قدرة المحرك.

14/ أهم الأجزاء الواجب تزييتها والمحافظة عليها من التآكل هي:

i/ محامل عمود المرفق.

ii/ ذراع التوصيل.

iii/ جدران الاسطوانة والمكبس.

iv/ عمود الحدبات والأذرع المتأرجِحَّة ومحاملها.

v/ الصمامَّات وتوابعها.

15/ خواص زيت التزييت:

يجب أن تتوافر في زيت التزييت المستخدم في محركات الاحتراق الداخلي الخصائص التالية:

i/ اللزوجة (Viscosity): تقل لزوجة زيت التزييت بارتفاع درجة حرارته، لذا لابد من استخدام زيوت مقاومة لارتفاع درجات الحرارة للمحافظة على كفاءة نظام التزييت.

ii/ مقاومة التأكسد: استخدام زيوت مقاومة للتفاعل مع الأكسجين أثناء ارتفاع درجة حرارتها.

iii/ مقاومة تكوُّن الكربون: استعمال زيوت مقاومة للتفاعلات الكيميائية وعدم السماح بتكوُّن ترسبات كربونية في مجاري التزييت في النظام.

iv/ أن يحتوي زيت التزييت في تركيبه على مواد مساعدة للتنظيف.

v/ أن يكون مقاوماً لتكوين المواد الرغوية أثناء سريانه وتزييته لأجزاء المحرك المختلفة.

vi/ أن يكون موصلاً جيداً للحرارة للمساعدة في تبريد المحرك.

vii/ أن يكون ذو درجة تجمد منخفضة لمقاومة التجمد خاصة في فصل الشتاء عند تدني درجات الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي.

viii/ أن يكون ذو درجة اشتعال عالية.

16/ أساليب أو طرق التزييت المستخدمة في محركات الاحتراق الداخلي:

أ/ التزييت بالرشق: تستعمل في هذه الطريقة غاطسة تُثبَّت على عمود المرفق والأجزاء السفلى من أذرع التوصيل، تقوم برشق الزيت من خزان الزيت إلى أعلى أثناء دورتها، وترشق هذا الزيت على المحامل وعلى جدران الاسطوانة، ويتميز هذا النظام ببساطة تركيبه، إلَّا أنَّ التزييت في هذه الحالة لا يكون منظِّماً، حيث لا يصل الزيت إلى جميع أجزاء المحرك بانتظام، حتى أنَّ وصوله إلى بعض الأجزاء العليا في المحرك غير مضمون.

ب/ التزييت القسري (بالضغط):

تستعمل في هذه الطريقة مضخَّة خاصة لدفع الزيت إلى جميع الأجزاء التي ينبغي أن يصلها زيت التزييت عن طريق مجاري وأنابيب صُممَّت لتنفيذ هذا الغرض في تزييت أجزاء

المحرك.

تقوم المضخَّة بسحب الزيت من خزان الزيت الخاص (الكارتير) وتدفعه إلى مُنقِّي خاص لضمان تصفية الزيت من الشوائب، وبالتالي إلى الأجزاء المراد تزييتها. ويعود الزيت إلى الخزان بعد قيام المضخَّة بدفعه إلى الأجزاء المختلفة بواسطة الجاذبية. ومن مميزَّات هذه الطريقة أن جميع أجزاء المحرك التي لابد من تزييتها يصلها الزيت بانتظام وبكميات كافية لمنع الاحتكاك المباشر.

تعتبر هذه الطريقة الأكثر شيوعاً وكفاءة في المحركات إلا أن عيبها الوحيد أنه عند حدوث خلل ما في المضخَّة أو في أي جزء في النظام مثل إنسداد المُنقِّي تتوقف عملية التزييت إما كلياً أو جزئياً.

17/ المضخات الرأسية:

تتكون المضخَّة الترسية من زوج من التروس، جسم المضخَّة وفتحة للسحب وأخرى للدفع وتركب هذه المضخَّة في خزان الزيت وتستمد حركتها من عمود الحدبات، وفي بعض أنواع محركات الاحتراق الداخلي تُركَّب المضخَّة خارج وعاء الزيت وتثبت على جانب جسم المحرك. وتعمل هذه المضخَّة على النحو التالي:

فعند دوران أحد تروس المضخَّة بواسطة عمود الحدبات يدور الترس الآخر في الاتجاه المعاكس لدوران الأول، وكنتيجة لهذه الحركة يتم سحب زيت التزييت من خزان الزيت وضغطه بين أسنان التروس وضخه للخارج عبر فتحة الخروج.

18/ منظِّم ضغط الزيت:

يقوم منظِّم ضغط الزيت بضبط ضغط المضخَّة في أثناء عملها، فعند ارتفاع الضغط وضخ كمية من الزيت أكثر من اللازم إلى أجزاء المحرك المراد تزييتها يقوم المنظِّم بإعادة الكمية الزائدة من الزيت إلى الخزان.

يتكون المنظِّم من صمام يعمل بواسطة نابض خاص، ويركب في ممر جانبي بحيث يسمح بإعادة الكميات الزائدة من الزيت إلى الخزان في أثناء ارتفاع الضغط.

يكون هذا الصمام مغلقاً في الحالات الطبيعية لعمل المضخَّة، وفوراً عند ارتفاع ضغط الضخ يتغلب ضغط الزيت على ضغط الياي مما يؤدي إلى فتح الصمام وإعادة الكميات الزائدة من الزيت إلى الخزان، ويتراوح ضغط الصمام بين ($30- 40\ N/cm^2$).

19/ مضخَّة التزييت الدوارَّة:

تتكون هذه المضخَّة من عضوين أحدهما متحرك والآخر ثابت معشقين داخل غلاف يسمى غلاف أو جسم المضخَّة.

يدور عضو المضخَّة المتحرك لا مركزياً بالنسبة للعضو الثابت. وفي بعض الأحيان يكون العضوين متحركين، أحدهما قائد والآخر منقاد، وفي كلا الحالتين بما أن الدوران لا مركزي فإن المسافة بينهما في أثناء الدوران غير ثابتة، لذا يدخل الزيت من فتحة الدخول عندما تكون المساحة بين العضوين كبيرة ومن ثم يضغط الزيت أثناء الدوران إلى فتحة الخروج.

20/ تهوية خزان الزيت وعلبة عمود المرفق:

ينتج أثناء عمل محرك الاحتراق وارتفاع حرارته بعض من أبخرة الوقود ومن غازات العادم التي يندفع قسم منها في اتجاه خزان الزيت وعلبة عمود المرفق من بين حلقات المكابس وجدران الاسطوانة.

وتحتوي هذه الأبخرة على بعض الترسبات الكبريتية وبخار الماء والتي بدورها تؤثر على جودة زيت التزييت، ومع زيادة هذه الأبخرة في الخزان يزداد الضغط داخل الخزان مما يؤدي إلى عدم انتظام في عمل نظام التزييت. مما سبق نستنتج أنه لابد من تهوية خزان الزيت وعلبة المرفق وطرد الغازات المتجمعة هنالك إلى خارج المحرك وذلك بدفع هواء نقي إلى الخزان.

21/ ما هي أسباب زيادة استهلاك الزيت في محركات الاحتراق الداخلي؟ (الأسباب الخارجية):

i/ التسريب الخارجي للزيت من حواف وعاء الزيت أو حواف غطاء الصمامات أو غطاء صدر المحرك نتيجة لإرتخاء مسامير التثبيت أو إهتراء الحشوات.

ii/ إرتخاء منقي (فلتر) الزيت.

iii/ إهتراء حشوة مضخَّة البنزين أو عطل فيها.

iv/ إهتراء الحوافظ الأمامية أو الخلفية لعمود المرفق.

v/ كسر أو شرخ في خزان الزيت، غطاء الصمامات، غطاء الصدر، رأس المحرك ... الخ.

22/ الأسباب الداخلية التي تؤدي إلى استهلاك ونقصان الزيت هي:

i/ إهتراء الحلقات مما يؤدي إلى تسريب ضغط المحرك وزيادة تبخر زيت التزييت (i.e. حلقات الانضغاط) أو تدفق زيت التزييت إلى غرف الإحتراق وإحتراقه في الغرف (i.e. حلقات التزييت).

ii/ إهتراء حواف الصمامات.

iii/ زيادة الخلوص بين ساق الصمام ودليله.

iv/ زيادة الخلوص بين المكبس والاسطوانة.

23/ أهم الأسباب التي تؤدي إلى انخفاض ضغط الزيت وعدم قيام النظام بعمله على الوجه الأكمل:

i/ نقص كمية الزيت في الخزان نتيجة للتسريب.

ii/ إتساخ فلتر الزيت.

iii/ خلل في صمام الضغط في المنظِّم.

iv/ إنسداد جزيء أو كلي في أجزاء نظام التزييت.

v/ إهتراء في تروس مضخَّة الزيت.

vi/ زيادة الخلوص في محامل عمود المرفق وأذرع التوصيل.

24/ ما هي مكونات المشع (الراديتر)؟

الخزان العلوي، الخزان السفلي، أنابيب وزعانف التبريد، غطاء المشع، الخرطوم السفلي، الخرطوم العلوي، خرطوم التدفئة، خرطوم الماء الفائض، خزان احتياط.

25/ غطاء المشع:

يعمل غطاء المشع على زيادة ضغط الهواء داخل مجموعة التبريد للسماح للماء بالدوران في هذه المجموعة دون غليان، ويعمل أيضاً على حفظ ماء التبريد عند حدوث تغير مفاجئ في سرعة المركبة.

يحتوي غطاء المشع على صمام أمان يعمل على حفظ الضغط داخل خراطيم ماء التبريد ومنع حدوث أي خلخلة في النظام ويتكون الغطاء من قاعدة وياي بضغط محدَّد، يعمل على إقفال صمام الغطاء، ويسمح لهذا الصمام بالعمل عند ارتفاع الضغط داخل مجموعة التبريد لمعادلة الضغط فيها، وعادة يعمل الصمام عند ضغط يقارب $18\ N/cm^2$.

26/ المنظِّم الحراري (الثيرموستات):

يركب الثيرموستات في مجرى الماء الساخن الراجع من المحرك إلى المشع. ويعمل هذا المنظِّم في بداية تشغيل المحرك البارد، حيث يبقى صمامه مغلقاً للسماح لماء التبريد برفع درجة حرارته بسرعة للوصول إلى تشغيل مستقر للمحرك.

تتكوَّن المنظِّمات الحرارية بشكل عام من ياي حراري يتمدد مع ارتفاع درجة حرارة سائل التبريد ويسمح له بالمرور من خلاله عند وصول درجة حرارة سائل التبريد درجة حرارة عمل المنظِّم والتي تكون عادة منقوشة عليه وتبلغ تقريباً ما بين ($75 - 85\ c°$).

27/ يوجد عادة نوعان من التبريد:

i/ التبريد بواسطة الهواء: يستخدم هذا النوع من التبريد في المحركات الصغيرة ومحركات الدراجات البخارية وبعض المحركات الخاصة.

ii/ التبريد بواسطة الماء: وهو التبريد الشائع الاستخدام في معظم محركات الإحتراق الداخلي للمركبات الصغيرة والكبيرة.

28/ المحاليل مانعة التجمد: (Anti- freeze solutions)

يضاف محلول مانع التجمد إلى ماء التبريد، عند انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي وبشكل عام في الأجواء الباردة لمنع تجمد ماء التبريد في المحرك وزيادة حجمه مما يؤدي إلى أعطال منها تمزق الخراطيم أو حدوث شروخ في المحرك أو المشع ... الخ.

تستخدم في وقتنا الحاضر محاليل مانعة للتجمد ذات قاعدة كحولية أو مادة الإثيلين جلكوز، حيث تمنع المواد الكحولية التجمد لأنها تتبخر عند درجات حرارة أقل من درجة حرارة غليان الماء، أما الإثيلين فهي من المواد الثابتة حيث تحافظ على وضعها في حالة السيولة عند غليان الماء.

المراجـــع

الكـتب والمراجـع العـربيـة:

1. فريدريك وآخرون، "تكنولوجيا المركبات الآلية"، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، المملكة العربية السعودية.
2. ويليـام كـراوس، "ميكانيكـا السـيارات"، وكالـة المطبوعـات – الكويـت، دار القلـم – بيـروت، (1977م).
3. "أسس صيانة وتصليح المحركات"، دار الحرية للطباعة، بغداد، (1984م).
4. "كتاب محاضرات في محركات الاحتراق الداخلي"، جامعة عين شمس، كلية الهندسة، قسم الهندسة الميكانيكية والسيارات.
5. أسامة محمد المرضي سليمان، "كتاب محاضرات أساسيات الصيانة الجزء الأول والثاني"، جامعة وادي النيل، كلية الهندسة والتقنية، قسم الهندسة الميكانيكية، (2010م).
6. د. حاج بشير السقد، "كتاب محاضرات التيروتكنولوجيا"، مصنع اسمنت عطبرة، (2005م).

الكـتب والمراجـع الإنجليزيـة:

1. R. Keith Mobley, “Maintenance fundamentals”, Elsevier Butterworth – Heinemann, USA, (2004).
2. John M. Gross, “Fundamentals of preventive maintenance”, Amacom, USA, (2002).
3. B. S. Dhillon, “Engineering maintenance – A modern approach”, CRC Press, USA, (2002).
4. Pecht M., “Product reliability, maintainability, supportability handbook”, CRC Press, Boca Raton, Florida, (1995).
5. DOE Contractors, “Doe fundamentals handbook – mechanical science, volume 1 of 2”, U.S. department of energy, Washington D. C., (1993).
6. Bernard Challen, Rodica Baranescu, “Diesel engine reference book”, second edition, Butterworth – Heinemann, Oxford, (1999).
7. Mustafa Bahattin Celik and Bulent Ozdalyan, “Gasoline direct injection”, Turkey, www.intechopen.com.

8. Alkidas A. C., “Combustion advancements in gasoline engines, energy conversion and management, 48, (2007).
9. Zhao F., Lai M. C., Harrington D. L., “Automotive spark – ignited direct – injection gasoline engines”, progress in energy and combustion science, volume 25, issue 5, October (1999).
10. V. A. W. Hillier, “Motor vehicle basic principles”, Anchor Brendon Ltd, Great Britain, (1986).
11. William H. Crouse, “Automotive mechanics”, eighth edition, M_CGraw – Hill Book Company, (1980).
12. William K. Toboldt, “Diesel – fundamentals, service, repair”, the Goodheart – Willcox Company, South Holland (1983).
13. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, “Diesel and gasoline engine exhausts and some nitroarenes, volume 105, Lyon, France, (2014).
14. G. Bourhis and P. Leduc, “Energy and exergy balances for modern diesel and gasoline engines”, oil and gas science and technology, volume 65, (2010), No. 1, pp. 39 – 46.
15. CIMAC WG 17’Gas engines’, “impact of gas quality on gas engine performance”, (2015).
16. Niall Enright, “Basic principles of operation and applications of fuel injection systems in petrol powered cars”, Limerick institute of technology.

نبـذة عـن المـؤلـف:

أسـامة محمـد المرضـي سـليمان وُلِـدَ بمدينـة عطبـرة بالسـودان فـي العـام 1966م. حـاز علـى دبلـوم هندسـة ميكانيكيـة مـن كليـة الهندسـة الميكانيكيـة – عطبـرة فـي العـام 1990م. تحصَّـل أيضـاً علـى درجـة البكـالوريوس فـي الهندسـة الميكانيكيـة مـن جامعـة السـودان للعلـوم والتكنولوجيـا – الخرطـوم فـي العـام 1998م ، كمـا حـاز علـى درجـة الماجسـتير فـي تخصـص ميكانيكـا المـواد مـن جامعـة وادي النيـل – عطبـرة فـي العـام 2003م. قـام بالتـدريس فـي العديـد مـن الجامعـات داخـل السـودان، بالإضـافة لتأليفـه لأربـع كتـب وخمـس ورقـات علميـة منشـورة فـي دور نشـر ومجـلات عالميـة. يشـغِل الآن وظيفـة أسـتاذ مسـاعد بقسـم الميكانيكا بكلية الهندسة والتقنية – جامعة وادي النيل.