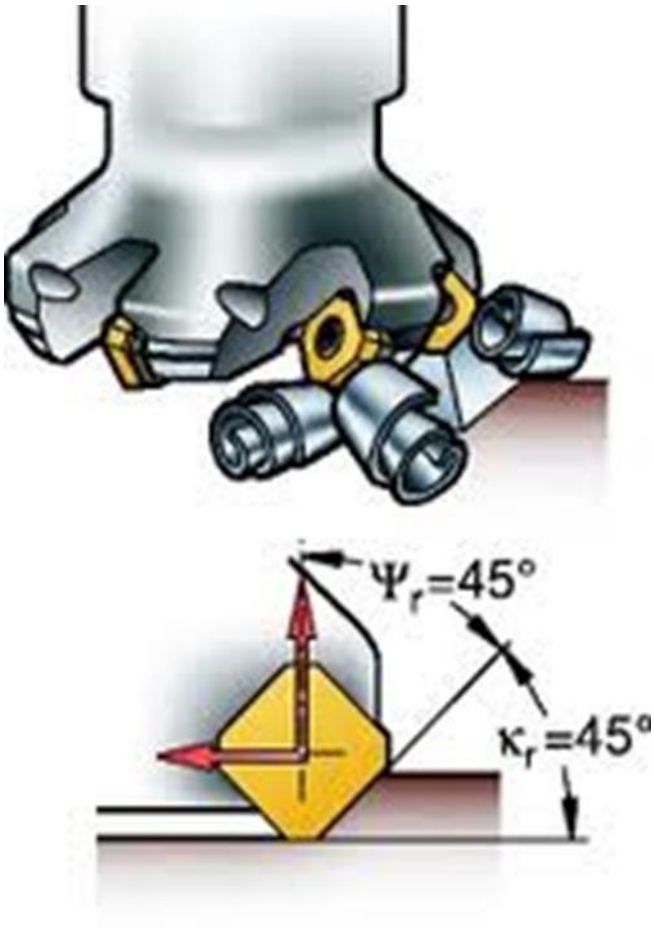
وزارة التجارة والصناعة
مصلحة الكفاية الإنتاجية والتدريب المهني
الإدارة العامة للبرامج والمواصفات

مهنة: تشغيل ماكينات الفرايز CNC

كتاب

تكنولوجيا وحساب فني التحكم الرقمي بالحاسب الآلي فرايز

الصف : الثالث



إعداد
مهندس/ حسين فاروق علي
إخصائي البرامج والمواصفات

مراجعة
مهندس/ جمال محمدي فضل
رئيس قسم CNC بالمعهد الفني للصناعات المتطورة

فهرس الكتاب

مقـدمــة ٦
الباب الأول ٧
التصنيع ٧
التصنيـــع: *Manufacturing* ٧
أهمية التصنيع: ٧
الشروط الواجب توافرها في التصنيع: ٨
منظومة التصنيع: ٨
دورة التصنيع: ١٠
الإنتاجية *Productivity* ١٣
مؤشرات الإنتاجية للمؤسسات الصناعية: ١٣
وسائل تحسين الإنتاجية: ١٣
التنمية التكنولوجية: ١٤
الإنتاج في الوقت المطلوب *Just in time production (JIT)*: ١٥
القدرة التنافسية في الصناعة: ١٦
دور التصميم وأهميته في منظومة التصنيع: ١٧
الهندسة العكسية *Reverse Engineering* ٣٢
الباب الثاني ٣٤
تخطيط عمليات التشغيل ٣٤
خطوات التخطيط لعمليات التصنيع: ٣٤
تصنيف عمليات التشغيل: ٣٥
التفاوت *TOLERANCE* ٣٦
تشطيب الأسطح (الخشونة) ٣٨
أنواع خشونة السطح. *(Types of Surface Roughness)* ٤١
العلاقة بين الخشونة والتفاوت ٤٤
تخطيط تسلسل عمليات التشغيل: *Process Sequence Planning* ٦٠
التسلسل النمطي لعمليات التشغيل: ٦٦

تسلسل عمليات تشغيل الأسطح بصفة عامة: ٧٢
إعداد بطاقات العمليات *Process Sheets* ٧٥
الباب الثالث ٧٧
شروط التشغيل وحساب أزمنة القطع ٧٧
اختيار شروط التشغيل ٧٧
عمر العدة القاطعة: ٨٢
أمثلة محلولة لحساب زمن التشغيل ٨٥
حساب زمن التفريز ٩١
١-حساب زمن التفريز السطحي ٩١
٢- حساب زمن التفريز الوجهي ٩٥
أمثله تطبيقيه على حسابات أزمنة عملية التفريز ٩٧
حساب زمن دورة التشغيل ١٠٢
مثال محلول على تخطيط عمليات التشغيل ١٠٣
المثبتات: ١٠٥
منجلة المنشار الترددي ١٠٥
جلبة تحديد مسافات ١٠٧
الكمية ١٠٧
الباب الرابع ١١٠
قوى وقدرات القطع عند التفريز ١١٠
مقدمه: ١١٠
عناصر المؤثرة في القطع بإزالة الرائش: ١١٠
تعاريف مصطلحات هامه ١١١
المقادير النظرية لإزالة الرايش ١٢٠
العرض النظري للرايش (b) ١٢٠
السمك النظري للرايش (h) ١٢١
المقطع النظري للرايش (A) ١٢١
تآكل عدة القطع ١٢٢
عمر عدة القطع ١٢٢

عمر الحد القاطع ١٢٢
قوى وقدرات القطع ١٢٣
قوى القطع ١٢٣
مركبات قوى القطع واهم العوامل المرتبطة بها. ١٢٣
حسابات قوى وقدرات القطع ١٢٧
أولا: حسابات قوى وقدرة القطع في التفريز الوجهي ١٢٨
ثانيا: حسابات قوى وقدرة القطع في التفريز السطحي ١٣٣
حساب قوة القطع المتوسطة الكلية (F_{sm}) ١٣٦
الحمل المسموح به على عامود سكينة تفريز الفريزة الأفقية ١٣٧
أمثله تطبيقيه على حسابات القطع لعملية التفريز ١٣٨
١-التفريز الوجهي ١٣٨
التفريز السطحي ١٤٣
تمارين تطبيقيه ١٤٨
الباب الخامس ١٥٠
تكاليف التصنيع ١٥٠
حساب عناصر التكاليف: ١٥٠
العوامل المؤثرة على تكلفة المنتج: ١٥٤
نقطة التعادل: *BREAK EVEN POINT* ١٥٧
طرق تخفيض تكلفة تصنيع المنتج: ١٦٠
تأثير شروط القطع على تكاليف التصنيع: ١٦١
الباب السادس ١٦٣
تطبيقات صناعية على تشغيل ماكينات الفرايز *CNC* ١٦٣
نظام الفانوك *21i* – نظام التكويد *B* ١٦٣
الباب السابع ٢٠٧
الصيانة الميكانيكية *Mechanical Maintenance* ٢٠٧
مقدمة: ٢٠٧
المفهوم الحديث للصيانة الميكانيكية ٢٠٨
ما المقصود بفن صيانة الماكينات؟ ٢٠٨

أهمية الصيانة*Importance of Maintenance* ٢٠٨
الصيانة الإنتاجية الشامل *Total Productive Maintenance (TPM)* ٢٠٩
فروع الصيانة الإنتاجية الشاملة: ٢١٣
الفواقد المزمنة *Loss Chronic*: ٢١٨
زيادة فعالية المعدات:*Maximizing Equipment Effectiveness* ٢٢٠
البنية التحتية للصيانة: ٢٢٦
أولا: إدارة قطع الغيار: ٢٢٦
ثانيا: معلومات ومستندات الصيانة ٢٣٠
ثالثا: أدوات الصيانة ٢٣٥
رابعا: التدريب ٢٣٨
الطرق العملية لصيانة الماكينات ٢٣٩
الشروط الواجب توافرها لاكتشاف الأعطال وإصلاحها: ٢٤٠
الأعطال الميكانيكية ٢٤٩
الأعطال الهيدروليكية الشائعة: ٢٥٢
وظيفة الزيوت والشحومات: ٢٥٦
أنواع طرق التزييت المستخدمة: ٢٦٠
أنواع الشحومات: ٢٦٨
تخطيط وتنظيم عملية التزييت والتشحيم: ٢٧٩
حساب الوقت الذي تستغرقه عملية التزييت: ٢٨٣

مقدمة

في هذه المرحلة التي يمر بها العالم وما فيها من تكتلات اقتصـــادية عملاقة لا نجد أمامنا من ســـبيل إلا الوقوف بقوة وجدية في مواجهة التحديات الاقتصادية والمنافسات التجارية الشرسة كي نفرض وجودنا على الساحة العالمية وذلك بمسايرة واستيعاب التطورات التكنولوجية السريعة لزيادة قدراتنا التنافسية وهو ما لا يتحقق إلا بالإعداد الجيد لأجيال من الفنيين في مجالات التصنيع المختلفة وهو ما يستهدفه هذا الكتاب الذى يعنى في الباب الأول بتعريف التصنيع ومفاهيمه الأساسية وأهدافه والشروط الواجبة فيه كمنظومة متكاملة مع شرح المبادئ العامة للتصميم ومفهوم التصميم للتصنيع وقواعد التصميم الاقتصادي ويعرض الباب الثاني أسس تخطيط عمليات التصنيع من خلال استعراض عمليات التشغيل اللازمة للحصول على الأسطح المختلفة بالجودة المطلوبة وطريقة اختيار وإعداد تسلسل العمليات والخطوات . أما الباب الثالث فيتناول دراسة شروط التشـــغيل وحســـاب أزمنة القطع وطرق اختيارها، بينما يتعرض الباب الرابع لدراســـة قوى وقدرات القطع عند التفريز الأمر شديد الأهمية الذي يهدف إلى تنمية حس الفنيين بصحة عملية التشغيل بالكامل، ثم نتطرق في الباب الخامس بإيجاز إلى حساب عناصر تكلفة التصنيع ويستعرض الكتاب في الباب السادس تطبيقات صناعية على تشغيل ماكينات الفرايز ***CNC*** بنظام الفانوك تشمل العديد من العمليات التي نفذها الفنيين في مراحل التدريب المختلفة، ويقدم الباب السابع فكرة شاملة عن نظم الصيانة لاسيما الصيانة الوقائية تأكيدا لأهميتها بالنســـبة لأنظمة التصـــنيع الحديثة ويحتوى الكتاب إلى جانب ذلك على العديد من الأمثلة المحلولة التي تساعد على استيعاب الأسس النظرية وهو بذلك يلائم طلاب المرحلة الثالثة للتلمذة الصناعية.

الباب الأول

التصنيع

التصنيــع: ***Manufacturing***

هو عملية تحويل المواد الخام إلى منتجات مفيدة باستخدام أساليب فنية و معدات طبقا لخطة محددة لتسلسل العمليات، ومن الأمثلة على ذلك: الأثاث المنزلي -أدوات المائدة - الســـيارات - الطائرات – الثلاجات الكهربائية - التلفزيون ... إلخ وهى منتجات تم تصنيع أجزائها ثم تجميعها.

ويشمل التصنيع إلى جانب ذلك تصنيع معدات وماكينات وأدوات الإنتاج مثل ماكينات التشغيل كالمخارط والفرايز والمقاشط وماكينات الثقب وماكينات التجليخ والمكابس وماكينات الغزل والنسيج ... إلخ كما يمتد نشاط التصنيع ليشمل أنشطة خدمة تلك المعدات وصيانتها طول فترة عمرها.

أهمية التصنيع:

١- الاســتفادة من ارتفاع القيمة المضـــافة للمنتج إذ يكتســب المنتج قيمة مضـــافة بفضـــل ما يحتويه من خصائص تكنولوجية اكتسبها من خلال التصنيع تحدد بسعر السوق وهي أعلى بكثير من قيمة المواد الخام المستخدمة في صنعه ومن أمثلة ذلك: -

- الطين الصلصال عندما يتحول من خلال التصنيع إلى أواني خزفية (الصيني) أو بلاط سيراميك لكســوة الجدران والأرضــيات وخلافه أو عوازل كهربائية تســتخدم لعزل كابلات الكهرباء عن الأبراج.
- الرمل (الســليكا) عندما يتحول من خلال التصـــنيع إلى زجاج أو بلور أو كريســـتال أو رقائق سيليكون للعناصر الإلكترونية في الحاسبات وغيرها من الأجهزة الإلكترونية.
- زيت البترول عندما يتحول من خلال التصـــنيع إلى منتجات بتروكيماويه كالبلاســـتيك بأنواعه المختلفة.
- الحديد عندما يتحول من خلال التصـــنيع إلى ماكينات أو إلى عدد قاطعه مثل ســـكاكين التفريز والمثاقب.
- الألومنيوم عندما يتحول من خلال التصنيع إلى هياكل طائرات.

٢- زيادة الصادرات وتقليل الواردات ومن ثم تحسين الميزان التجاري.

٣- زيادة الدخل القومي ومن ثم تحسين مستوى الفرد والمجتمع.

٤- التخلص من الديون.

٥- القضاء على البطالة.

٦- توجيه طاقات المجتمع إلى التنمية الشاملة.

لذلك يعتبر التصنيع من أهم الأنشطة الاقتصادية في الدول المتقدمة وهو بمثابة العمود الفقري للاقتصاد القومي ويستخدم عادة كمؤشر لقياس تقدم الدول والاستدلال على مستوى معيشتها.

الشروط الواجب توافرها في التصنيع:

١. استيفاء المنتج للمواصفات الفنية ومتطلبات التصميم.
٢. استخدام أساليب تصنيع اقتصادية تمكن من تصنيع المنتج بأقل تكلفة.
٣. الاهتمام بالجودة في كل خطوة من مراحل التصنيع بدءا من التصميم ومرورا بالتخطيط والإنتاج والتفتيش والصيانة وانتهاء بالمخازن والبيع أو التصدير.
٤. مرونة أساليب التصنيع واستجابتها السريعة لمتطلبات السوق من حيث تغيير نوع المنتج وحجم الإنتاج ومعدلات الإنتاج المطلوبة والالتزام بمواعيد التسليم.
٥. ملاحقة التطورات في المواد وأساليب التصنيع ونظم الإدارة.
٦. القيام بدراسات متجددة ومستمرة للسوق ومتغيراته وذلك ليتم بناء عليها تطوير تصميم المنتج والمواد المستخدمة وأساليب تصنيعه وتحسين الجودة وتقليل التكلفة لزيادة القدرة التنافسية.
٧. تعظيم الإنتاجية من خلال ترشيد استهلاك المواد والعدد والآلات والطاقة وتحفيز العاملين.
٨. خفض زمن دورة التصنيع (باستخدام الأساليب الأوتوماتيكية بقدر الحاجة وفي حدود الإمكانات المتاحة).
٩. توفير خدمات الصيانة الدورية والوقائية للمعدات والآلات.

منظومة التصنيع:

تتكون منظومة التصنيع شكل (١) من عناصر ذات أنشطة متعددة وترتبط وتتفاعل فيما بينها وتشمل ما يلي:

أولاً: -الموارد وتتضمن:

i) **العمالة:** وهم الأفراد العاملون على كافة مستويات المنشأة بتخصصاتهم ومهاراتهم ومعارفهم المختلفة.

ii) **معدات الإنتاج:** وهي الماكينات والآلات والعدد والأدوات والتجهيزات والمثبتات والمرشدات ومعدات نقل ومناولة المواد والتي قد تصل في بعض الأحيان إلى مستويات مختلفة من

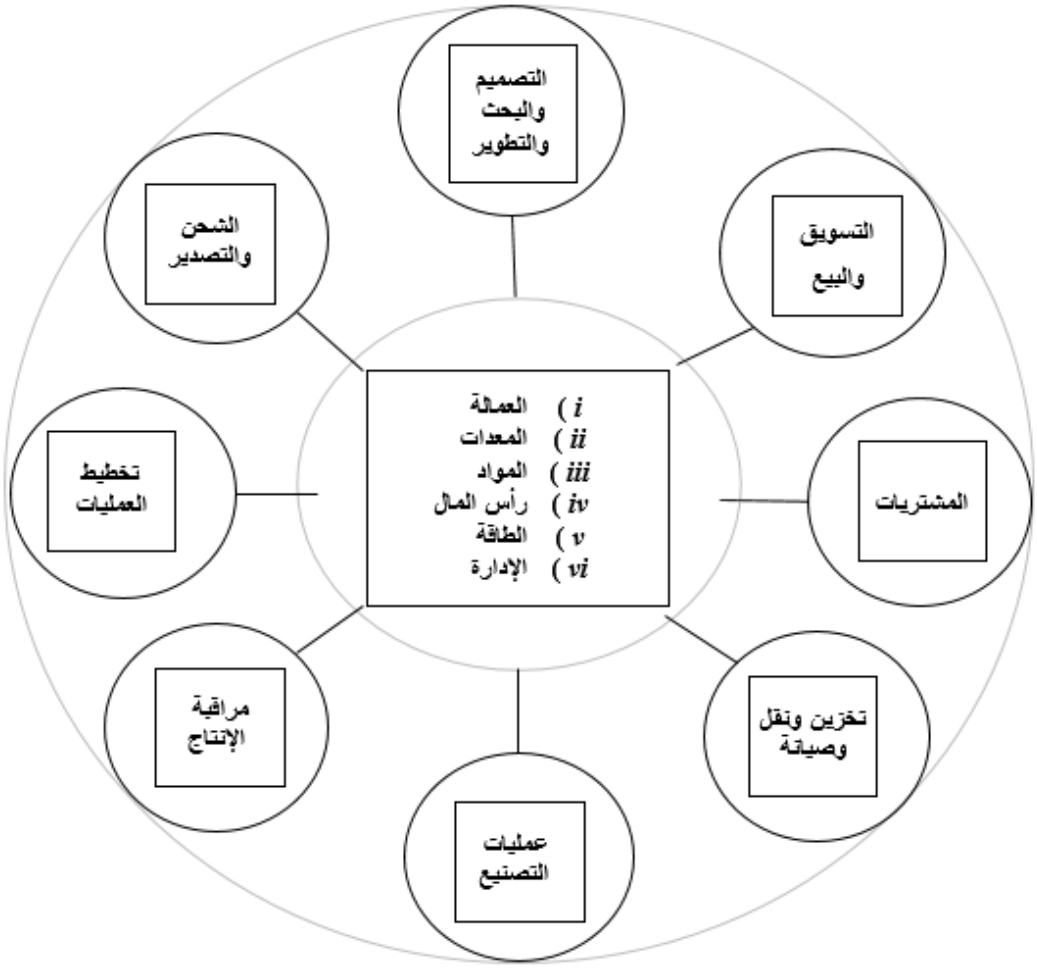
الأوتوماتكية مثل استخدام الحاسب في التحكم في الماكينات والروبوت الصناعي ... إلخ، وقد أمكن في بعض الدول الصناعية استخدام الحاسبات في السيطرة على كافة أنشطة التصنيع فيما يسمى بالنظام المتكامل للتصنيع مما يؤدى إلى تحسين الجودة والمحافظة عليها وزيادة الإنتاجية ورخص التكلفة وهو ما يؤدى بالتالي إلى زيادة القدرة على المنافسة.

iii **) المواد:** ويقصد بها المواد اللازمة للتصنيع وقد تكون مواد خام او مواد نصف مصنعة أو مواد مصنعة.

iv) **رأس المال:** الأموال اللازمة للاستثمارات وشراء المعدات والمواد وجميع متطلبات ومستلزمات الإنتاج.

v) **الطـــاقة:** وهي جميع أنواع الطاقة اللازمة لتحريك المعدات والماكينات اللازمة للتصنيع (الطاقة الكهربائية – الهواء المضغوط -الطاقة الحرارية للبخار ... إلخ).

vi) **الإدارة:** وهي العقل المفكر لرسم استراتيجيات التصنيع وعقد التعاقدات وإعداد الاتفاقيات واتخاذ القرارات ووضع السياسات الكفيلة بحسن سير العمل وتصحيح الأخطاء ودفع عجلة الإنتاج.



شكل ١ منظومة التصنيع

ثانياً: -أنشطة التصنيع وتشمل:

i) **التصـــميم والبحث والتطوير:** ومهمتها تصـــميم المنتجات طبقا لطلب العميل والعدد والآلات والمستلزمات والمثبتات والمرشدات اللازمة للتصنيع وتطوير المنتج طبقا لما يرد من تقارير عن كفاءة أدائه وقدرته على المنافسة.

ii) تخطيط العمليات اللازمة للتصنيع طبقا لتصميم المنتج.

iii) تنفيذ عمليات التصنيع في ورش الإنتاج طبقا للخطة الموضوعة والبرنامج الزمنى المحدد من قبل قسم تخطيط الإنتاج.

iv) مراقبة الإنتاج لضمان التنفيذ طبقا للخطة وإخطار قسم تخطيط الإنتاج عن أي انحراف عن الخطة وأسبابه وطرق علاجه.

v) خدمات التخزين والنقل الداخلي للمواد والمنتجات وصيانة المعدات.

vi) المشتريات لشراء الخامات والعدد والمعدات ومستلزمات الإنتاج.

vii) التسويق والمبيعات وخدمة ما بعد البيع.

viii) الشحن والتصدير للمنتجات تامة الصنع.

دورة التصنيع:

١- تبدأ دورة التصنيع وكما يوضحها شكل رقم ٢ بالحصول على المعلومات اللازمة من السوق المحلى أو العالمي عن المنتج الجديد المطلوب تصـــنيعه من حيث شـــكله ووظيفته وعمره ودرجة موثوقيته *Reliability* والكميات المطلوبة منه والسعر المتوقع ودراسة جدوى تصنيعه وكذلك عن المنتجات الحالية المطلوب تطويرها من حيث مشاكلها وأعطالها وأسباب ذلك وطرق العلاج وذلك كله من خلال الطلبات المباشـــرة من العملاء أو من خلال تقارير قســـم خدمة ما بعد البيع التي تتضـــمن ملاحظات ورغبات وشكاوى العملاء.

٢- يقوم قسم التصميم بإعداد تصور مبتكر لفكرة المنتج الجديد ووضع مواصفاته الفنية الكاملة وإعداد التصميم المبدئي له ويتم بعد ذلك اختيار المواد المناسبة وإجراء الحسابات الهندسية اللازمة للتحديد النهائي للأبعاد ووضع التصميم الإنشائي للمنتج وإعداد الرسومات والمستندات الفنية الكاملة.

٣- يقوم قسم تخطيط الإنتاج بإعداد خطة لتسلسل عمليات التصنيع وإصدار أمر التشغيل متضمنا خطوات التصنيع وتوصيف ومقايسة المواد والعدد والمثبتات والمرشدات والمعدات وأسلوب التفتيش الفني وأجهزة القياس المطلوبة كما يقوم بطلب شراء معدات جديدة إن لزم الأمر.

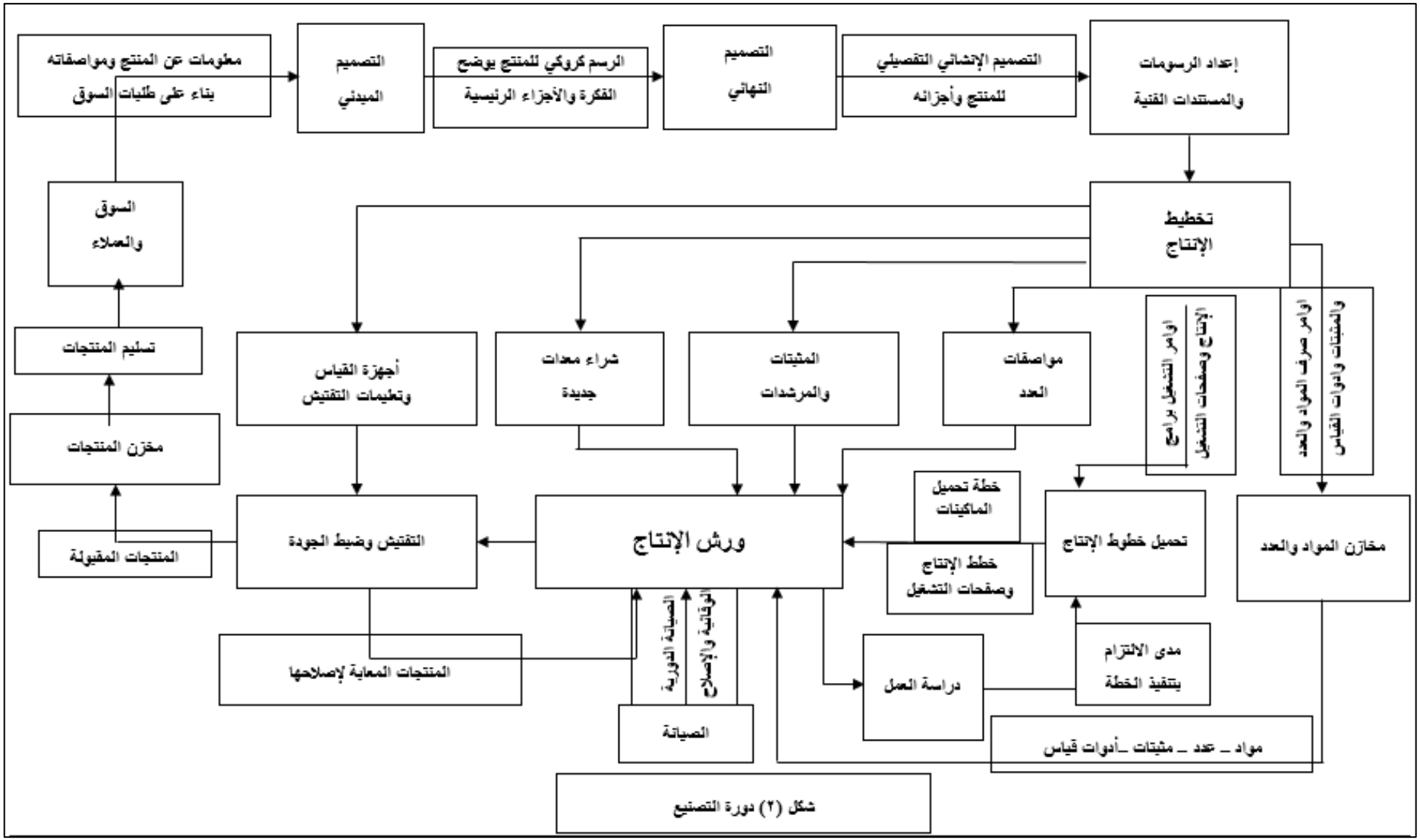
٤- يتم إخطار المخازن بما تحتاجه عمليات التصـــنيع من مواد و عدد ومثبتات وأدوات قياس ... إلخ لصرفها للورش على أمر التشغيل.

٥- تقوم الورش الإنتاجية بتنفيذ التعليمات الواردة في أمر التشـغيل لتصـنيع المنتج ويسـاندها طوال فترة التنفيذ قسم الصـيانة الذي يقوم بإجراء عمليات الإصـلاح الفوري والصـيانة الدورية والوقائية لضـمان استمرار المعدات في عملها دون أعطال.

٦- يقوم قسـم دراسـة العمل بمتابعة عمليات التصـنيع وإخطار قسـم تخطيط الإنتاج عن مدى انحرافات التنفيذ عن الخطة الموضوعة لاتخاذ الإجراءات اللازمة لتصحيح المسار.

٧- يقوم قسـم التفتيش الفني بفحص وقياس المنتجات طبقا لتعليمات ضـبط الجودة المحددة في التصـميم وتحليل نسـب المعاب وأسـبابها واقتراح طرق علاجها وإعادة المنتجات المعابة إلى الورش الإنتاجية لإصلاحها إن أمكن أو الاستفادة منها أو تكهينها إن تعذر ذلك.

٨- يتم تسليم المنتجات المقبولة (السليمة) طبقا للمواصفات الفنية الواردة في التصـميم للمخازن حيث يتم تسليمها في المواعيد المحددة للعملاء أو طرحها في منافذ التسويق أو تصديرها إلى الخارج ويقوم قسم خدمة ما بعد البيع بنشـاطه في متابعة أداء المنتجات المباعة ورفع التقارير اللازمة وبذلك تكتمل دورة التصنيع.



شكل (٢) دورة التصنيع

الإنتاجية *Productivity*

هي درجة الاستخدام الفعال للموارد المتاحة لتصنيع المنتجات المطلوبة للأسواق وتوفير الخدمات اللازمة لها وتختلف مؤشراتها حسب مستوى التقييم فعلى مستوى المصنع أو المؤسسة تعتبر معدلات الربح مؤشر على فعالية الإنتاجية بينما على المستوى القومي تكون الإنتاجية هي نسبة الدخل القومي إلى الإنفاق الكلى لذلك فإن افضل وسيلة لزيادة الدخل القومي هي زيادة الإنتاجية بينما يؤدى انخفاض الإنتاجية إلى عجز الميزان التجاري وانخفاض معدل النمو وزيادة الكساد والبطالة وتراكم الديون مما يؤدى إلى مزيد من الفقر وتدنى المستوى المعيشي للفرد والمجتمع.

مؤشرات الإنتاجية للمؤسسات الصناعية:

يعبر عن الإنتاجية بنسبة المخرجات/المدخلات وعلى ذلك يمكن قياس الإنتاجية عن طريق مؤشرات عديدة مثلاً:

١. قيمة المبيعات من المنتج / تكلفة المنتج.
٢. الأرباح / الأجور.
٣. الأرباح / التكاليف.

كما يمكن التعبير عنها بنسبة قيمة (أو كمية) الإنتاج الفعلي / قيمة (أو كمية) الإنتاج المستهدف.

وسائل تحسين الإنتاجية:

١. اختيار التكنولوجيا الأكثر ملاءمة *(Most appropriate Technology)* من بين التكنولوجيات الحديثة المتاحة نظراً لما يمكن أن تؤدى إليه من خفض زمن التشغيل وتقليل العمالة وتحسين الجودة وتقليل الفاقد ومن ثم خفض التكاليف.
٢. ترشيد اختيار الماكينات والعدد والمواد بحيث تؤدى إلى خفض زمن وتكلفة التشغيل.
٣. ترشيد استخدام المواد والطاقة والمعدات والعدد مما يؤدى إلى خفض التكاليف.
٤. رفع مستوى العنصر البشرى من حيث المهارة والكفاءة والشعور بالمسئولية والانتماء.
٥. رفع كفاءة الأداء بمستوياتها المختلفة لترشيد وضع السياسات وتخطيط المشروعات ومتابعة التنفيذ وتطبيق نظم الحوافز والجزاءات.
٦. ترشيد سياسة الحكومة من حيث تطبيق القوانين المنظِمة للتصدير والاستيراد مثل خفض قيمة الرسوم الجمركية وضريبة المبيعات وتشجيع التصميم والتطوير والابتكار.
٧. توفير التمويل والمرافق بالقوى البشرية.

٨. تطوير سياسات التسويق وفتح الأسواق داخلياً وخارجياً وتوفير خدمات ما بعد البيع وسرعة الاستجابة لمتطلبات ومتغيرات السوق للحفاظ على العملاء واكتساب عملاء جدد مما يؤدى إلى تحسين القدرة التنافسية للشركة المنتجة وزيادة قيمة المبيعات.

التنمية التكنولوجية:

تعد قضية التنمية التكنولوجية في أي دولة قضية استراتيجية من الدرجة الأولى فقد أصبحت التكنولوجيا من أهم عوامل السيطرة والقوة من النواحي الاقتصادية والسياسية والعسكرية لذلك اهتمت الدول الصناعية بالصناعات التكنولوجية المتقدمة التي تشتمل على أساليب صناعية حديثة متميزة تعتمد على إنجازات وإبداعات الفكر البشرى وتكمن أهميتها في كونها ليست مجرد قضية استثمار فحسب بل هي في المقام الأول قضية أمن قومي تحدد مصائر الدول حيث أن الأمن القومي لا يتحقق بالمساحات أو الثروات بل يتحقق بالمستوى التكنولوجي للدولة وأحوال المجتمعات والشعوب فيها وهناك دول تحولت بالصناعات التكنولوجية من طريق التخلف والمديونية والبطالة والركود إلى طريق التقدم والنمو والرخاء والانتعاش الاقتصادي وذلك من خلال إتباع سياسة قومية محدودة الأهداف وخطوط عمل واضحة ملائمة لظروف المجتمع وطبيعة البشر يواكبها جدية والتزام وتصميم وعزم على تنفيذ الخطط وتحقيق الأهداف من القائمين بالتنفيذ ويساندها دعم وتشجيع من الحكومات التي تحملت أعباء البحث والتطوير والتصميم وتوفير المناخ الملائم لها وعقد التحالفات الاقتصادية مع الشركات العالمية العملاقة وجذب الاستثمارات الأجنبية ومن الأمثلة الهامة لهذه الصناعات :

- صناعة الإلكترونيات.
- البرمجيات ونظم المعلومات.
- نظم التحكم الآلي.
- الروبوت.
- المواد المؤلفة والمواد الذكية.
- الصناعات المعتمدة على الهندسة الوراثية والهندسة الحيوية.

<u>وتتميز الصناعات التكنولوجية المتقدمة بما يلي:</u>

١. قلة الاعتماد على الموارد الطبيعية وزيادة الاعتماد على الفكر والتطور والابتكار.
٢. كفاءة إنتاجيه عالية.
٣. عائد مادي مرتفع.
٤. استيعاب الاستثمارات الصغيرة والكبيرة على حد سواء.
٥. تنمية الصناعات الأخرى وخصوصاً الصناعات المغذية.

٦. توفير فرص عمل لخدمة ما بعد البيع في مجالات التدريب والتركيبات والصيانة.
٧. استيعاب مستويات متباينة من العمالة.
٨. إعداد كوادر فنية على مستوى عالي يمكن تصدير الفائض منها إلى الخارج.

الإنتاج في الوقت المطلوب *Just in time production (JIT)*:

هو نظام إنتاج نشـــأ في اليابان بهدف خفض المخزون الذي يعتبر تجميداً للأموال وإشـــغالا للمكان الذي يمكن الاستفادة منه بطريقة أفضل.

يقوم هذا النظام على فكرة إنتاج الكمية المطلوبة بالضـبط من الأجزاء في أي محطة تصـنيع بحيث تسـلم لمحطة التسـليم التالية لها حسـب تسـلسـل العمليات في الوقت المطلوب بالضـبط وهو ما يتعارض تماماً مع الفكر السـائد حالياً والذي يفضل إنتاج كميات أكبر من المطلوب يتم تخزينها تحسباً لظروف الأعطال وتعويضاً للمعيبات وهو ما يعبر عنه بعبارة *Just in case production*

<u>ويشترط لتطبيق نظام *(JIT)* الشروط التالية:</u>

١) اســـتقرار برامج التحميل لفترة طويلة بحيث لا يحدث فيها تغيير للخطة العامة للإنتاج لضـــمان عدم الانحراف عن خط السير المعتاد للعمليات أو تغيير معدلات الإنتاج أو تغيير ضبط المعدات.
٢) تقليل زمن التجهيز ويتحقق من خلال ما يأتي:
a. إجراء أكبر قدر ممكن من التجهيز خلال تنفيذ عمليات التشغيل.
b. استخدام أدوات ربط سريعة وفعالة.
c. تقليل عمليات ضبط المعدات قدر الإمكان.
d. استخدام نظام تصنيع المجموعات مما يمكن من تصنيع المشغولات المتشابهة على نفس المعدات.
٣) الإنتاج على دفعات قليلة الحجم: نتيجة لخفض زمن التجهيز ينخفض الحجم الاقتصادي للدفعة (حإ)
٤) الالتزام بتســليم المنتجات في الموعد المحدد ولضــمان ذلك يجب تســليم الدفعة من العمليات الســابقة إلى العمليات التالية قبل نفاد كمية الأجزاء في العمليات التالية.
٥) استخدام أجزاء وخامات سليمة تماماً خالية من العيوب وهو ما يستلزم أيضاً تصنيع الأجزاء بدون عيوب، وعلى كل عامل التحقق من سلامة الأجزاء بنفسه قبل تسليمها للعملية التالية.
٦) استخدام معدات سليمة يمكن الاعتماد عليها لضمان استمرارها في الإنتاج دون أعطال مما يقلل المخزون بين العمليات ويلاحظ أنه في نظام *(JIT)* لا مجال لأعطال الماكينات لذا يجب تطبيق أســاليب الصــيانة الوقائية.

٧) استخدام نظام سحب الأجزاء حيث أن محطات الإنتاج التالية هي التي تطلب عدد الأجزاء اللازمة لها من المحطة السابقة لها عندما تكاد تفرغ من إنتاج الأجزاء الخاصة بها بحيث تضمن عدم إنتاج أجزاء أكثر من المطلوب.

٨) استخدام قوة عاملة على مستوى فني عالٍ وعلى قدر كبير من الالتزام والشعور بالمسئولية والتعاون بحيث يقومون بالتفتيش على ما ينتجونه من أجزاء ويتعاملون مع المشاكل الفنية التي تتعرض لها المعدات لتفادى تعطلها عند الإنتاج.

٩) التعامل مع مصادر توريد للخامات والأجزاء موثوق بها وهو ما يمكن تأكيده من خلال الاحتياطات الآتية:

a. تقليل عدد الموردين.

b. اختيار الموردين على أساس التزامهم بشروط الجودة ومواعيد التسليم بناءً على سابقة الأعمال.

c. اختيار الموردين الأقرب جغرافياً إلى موقع المصنع.

d. إبرام عقود توريد طويلة الأجل.

القدرة التنافسية في الصناعة:

هي القدرة على تصميم وتصنيع المنتجات محلياً وعالمياً وتعتمد على الابتكار والتجديد مما يمثل مواجهة بين الإمكانيات الفكرية والمادية للشركات المتنافسة وهو ما يستلزم التطوير السريع والمستمر لتلك الإمكانيات.

مصادرها:

١-توفر القدرة على التصميم والابتكار والتطوير وإعداد الكوادر الفنية اللازمة.

٢-امتلاك التكنولوجيا الحديثة الأكثر ملاءمة.

٣-القدرة على التصنيع بإنتاجية مرتفعة وجودة عالية.

٤-توفير مصادر التمويل.

٥-الاستجابة الفورية لرغبات ومتطلبات العملاء لتوفير المنتج المطلوب بالمواصفات والكميات المطلوبة في الوقت المطلوب.

٦-وضوح الرؤية المستقبلية وإعداد خطط الإنتاج وتوفير الإمكانيات اللازمة.

دور التصميم وأهميته في منظومة التصنيع:

يلعب التصميم دوراً هاماً ورئيسياً في نجاح تسويق المنتجات الصناعية ومن ثم في زيادة القدرة التنافسية للمنشأة فمن المعروف أن الابتكار في التصميم يعتبر واحداً من أهم عوامل رواج السلعة في السوق كما أن تكلفة المنتج المحددة لسعره تعتمد إلى درجة كبيرة على جودة التصميم إذ يعتبر التصميم مسئولاً عن أكثر من ٧٠ % من تكلفة المنتج وهو ما يمثل قيمة المواد المستخدمة لصناعة المنتج وتكاليف تصنيعها بالأساليب اللازمة للوصول إلى مستوى الدقة وجودة التشطيب التي يفرضها المصمم لكي يؤدى المنتج وظيفته. لذلك فإن التصميم الجيد هو التصميم المبتكر والذي يتميز بالنظرة الشاملة إلى ارتباط عملية التصميم والمواد التي يختارها المصمم ومستويات الدقة ودرجة التشطيب التي يحددها بعمليات التصنيع والوقت اللازم للتنفيذ وتكلفة التصنيع مستهدفا بذلك خفض التكلفة الكلية للمنتج وهو ما يعرف بالتصميم للتصنيع *Design for manufacture.*

وفيما يلي مجموعة من الإعتبارات العامة للتصميم الواجب توافرها في التصميم الجيد وهي: -

التصميم للتصنيع -التصميم الاقتصادي – التصميم الآمن – التصميم للمحافظة على البيئة – اختيار المواد – اختيار أساليب التصنيع -التقييس للتصميم والتصنيع.

أولاً: التصميم للتصنيع: *Design for Manufacture*

يرتبط التصميم ارتباطا وثيقا بالتصنيع ولا يجوز الاهتمام بأي نشاط منهما دون الأخر إذ ينبغي على التصنيع تنفيذ كل متطلبات التصميم من حيث نوع المواد والأبعاد والدقة والمعالجة الحرارية ومعالجة السطوح ودرجة التشطيب ... إلخ.

كما ينبغي عند تصميم أي جزء من أجزاء المنتج أخذ إمكانية التصنيع في الاعتبار من حيث التأكد من أنه قد تم استخدام أفضل أساليب التصنيع الممكن استخدامها لتصنيع المنتج من ناحية سهولتها وملاءمتها للمواد المختارة (مثل ملاءمة عمليات القطع بالتفريغ الكهربي بالأقطاب أو بالسلك للمعادن الصلدة مهما بلغت صلادتها) فضلا عن ملاءمة المواد لأساليب التصنيع المستخدمة (مثل ملاءمة المواد المطيلة لعمليات التشكيل بالحدادة والسحب والدرفلة والبثق ... إلخ) وملاءمة المواد سهلة الانصهار للصب في القوالب (*Die casting*) و من ذلك أيضا ملاءمة عمليات التصنيع لأبعاد المنتج التي حددها المصمم مثل استخدام الإسطمبات في قص الأجزاء الصغيرة من الألواح *(Blanking)* بينما تستخدم عمليات القطع بالبلازما أو بأشعة الليزر لقص الأشكال الكبيرة من الألواح بأي محيط *(Contour)* ومن ذلك أيضا ملاءمة عمليات التصنيع لسمك جدران المنتج حيث يوجد حد أدنى للسمك الذى يمكن الوصول إليه من خلال بعض عمليات التصنيع (مثل الصب في الرمل أو الصب في القوالب) تفرضه طبيعة كل عملية. وكذلك ملاءمة عمليات التصنيع لمستوى الجودة المطلوبة في المنتج من حيث دقة الأبعاد والشكل ودرجة النعومة ... إلخ مما يفرض في بعض الأحيان استخدام عمليات التشطيب كالتجليخ

والتحضـين والطحن والتلميع ... إلخ كما يجب أخذ حجم الإنتاج في الاعتبار فهناك أسـاليب للإنتاج الكمي تختلف عن أسـاليب الإنتاج بالقطعة. كل ذلك مع تحقيق أقل تكلفة ممكنة للمنتج وهو ما يستلزم إلمام المصـمم بخصـائص وإمكانيات المواد وأسـاليب التصـنيع المختلفة والمعدات والماكينات اللازمة لها ومدى ملاءمتها للمواد الهندسـية المختلفة إلى جانب الإلمام بالعوامل المؤثرة على كفاءة التشـغيل واقتصـاداته وجودة المنتج وكذلك الإلمام بإمكانيات التحكم في متغيرات التشغيل للحصـول على الدقة وجودة التشطيب المطلوبة في أقل وقت وبأقل تكلفة. ومن ناحية أخرى يجب مراعاة أسـلوب التجميع المناسـب وتصـميم المثبتات اللازمة لذلك لتسـهيل تجميع أجزاء المنتج وفكها في أقل وقت مع مراعاة إمكانية اسـتخدام وسـائل التجميع الحديثة مثل الروبوت إذا ما توفرت الشروط الاقتصادية لذلك.

مميزات التصميم للتصنيع: -

١ -تسهيل تصنيع وتجميع المنتج.

٢ -تحسين الجودة.

٣ -تقليل التكاليف.

٤ -تقليل فترة التوريد.

٥ -إرضاء العميل.

ثانياً: التصميم الاقتصادي: *Economic Design*

نتيجة لإطلاق التنافس الصـناعي على المستويين المحلى والعالمي خصـوصـاً في ظل النظام الاقتصـادي العالمي الجديد فلابد أن يسـعى تصـميم المنتجات إلى رفع الجودة وخفض التكلفة نظراً للدور الهام الذي تلعبه التكلفة في التأثير على إمكانية التسويق في ظل ذلك التنافس فمن المعروف تماما أن زيادة التكلفة لنفس الجودة تخرج المنتج من دائرة المنافسة. ويمكن تلخيص أسباب زيادة تكلفة المنتج فيما يلي: -

١. صـعوبة شـكل المنتج: إذ تحتاج المنتجات المعقدة إلى أسـاليب تشـغيل معقدة وعدد وتجهيزات خاصـة ووقت طويل مما يرفع التكلفة.
٢. سوء اختيار المواد: إذ أن اختيار المواد غالية الثمن يرفع التكاليف المباشرة كما أن المواد صعبة التشغيل تحتاج إلى وقت تشغيل أطول وتستهلك عدد أكثر وتسبب زيادة نسبة المعيبات.

٣. الاحتياج إلى استخدام عدد مكلفة: إذ أن اعتماد التصميم على استخدام عدد خاصة في عمليات التصنيع يستلزم تصميم وتصنيع هذه العدد مما يسبب زيادة وقت الإعداد للتشغيل حتى بداية التوريد *(lead time)* كما يزيد تكلفة التصنيع خصوصاً إذا كان حجم الإنتاج قليلاً.
٤. الاحتياج إلى استخدام معدات غالية: يؤدى إلى زيادة التكاليف ما لم ينتج عن ذلك زيادة حجم الإنتاج بشكل يتجاوز العائد منه نسبة الزيادة في التكاليف.
٥. انخفاض حجم الإنتاج: يحمل المنتج نصيبا أكبر من التكاليف الثابتة.
٦. مبالغة المصمم في اشتراطات الدقة وجودة التشطيب دون داع يسبب زيادة تكاليف العدد وساعات التشغيل والتفتيش الفني وتكاليف المعاب.
٧. وعلى ذلك يجب أن يهتم المصمم بمراعاة قواعد التصميم الاقتصادي التالية:

قواعد التصميم الاقتصادي:

١. تبسيط التصميم وتقليل عدد أجزاء المنتج بقدر الإمكان لتسهيل التصنيع والتجميع والتفتيش والتدوير *(Recycling)* ولا يتأتى ذلك إلا بالمراجعة المستمرة الواعية للتصميم مستهدفا تلك الأغراض.
٢. دقة اختيار المواد على أساس سهولة وسرعة تصنيعها وانخفاض تكلفة التصنيع وليس فقط على أساس ثمن شرائها.
٣. عدم المبالغة في اشتراطات الدقة وجودة التشطيب، بل يجب تحديدها بالقدر الذى يكفى لكى يؤدى المنتج وظيفته وهذا يعنى السماح بأقصى أخطاء وأقصى خشونة سطح يمكن أن يؤدى بها المنتج وظيفته بكفاءة على الوجه المطلوب وذلك لتجنب الحاجة إلى استخدام عمليات تشطيب زائدة عن الحاجة و ما تتطلب من تكاليف إضافية.
٤. استخدام الأجزاء القياسية *Standard Parts*
٥. اشتراك المنتجات المختلفة في الأجزاء المستخدمة.
٦. تسهيل عمليات التصنيع والتجميع والتعبئة والتغليف.
٧. تقليل احتياج المنتج للضبط.

ثالثاً: التصميم للأمان: *Design For Safety*

يجب أن يتوفر في التصميم الجيد للمنتج عنصر الأمان طوال فترة استخدامه حتى في حالات السهو والخطأ أو سوء الاستخدام، إذ أن وقوع حوادث أو إصابات بين المستخدمين للمنتج في أي من هذه الحالات نتيجة لعدم توفر الحماية اللازمة والكافية لهم مثل ما يحدث في حالات المكابس والمقصات الآلية غير المؤمنة والماكينات ذات العدد القاطعة سريعة الدوران كعدد القطع في ماكينات تشغيل الأخشاب وأحجار التجليخ في ماكينات التجليخ

المختلفة ... إلخ تعرض الجهة الصانعة لتلك المعدات (وتشمل المصمم والقائمين بالتنفيذ والتسويق) للمسؤولية إذ أنه من المفروض أن تكون الجهة الصـــانعة على دراية تامة بما يترتب على عدم توفر الحماية لمســـتخدم المنتج المصـنع لديها من نتائج وتبعات مما يعرضـها عند وقوع الحوادث إلى عقوبات وخسـائر مادية وأدبية فضـلا عن فقدها لثقة العملاء وفقدها بالتالي لمكانتها في السوق.

لذلك على المصمم أن يعمل على توفير الحماية للمستخدم لتلافى المشاكل. كذلك ينبغي مراعاة تأمين المنتج ضد الانهيار أو التلف طوال فترة اسـتخدامه وتأمين المسـتخدم له ضـد الإصـابة نتيجة لذلك. وفيما يلي بيان للأحوال الممكنة لانهيار المنتج:

١. توقف المنتج عن أداء وظيفته نتيجة للكسـر مثل كسـر أعمدة نقل الحركة أو الخوابير المسـتخدمة فيها أو كسر آليات التروس في آليات نقل الحركة أو انهيار البلى في كراسي رولمان البلى. إلخ.
٢. تدهور أداء المنتج نتيجة للبرى مثل تآكل كراسي المحور الانزلاقية مما يؤثر على سلامة دوران الأعمدة فيها أو البري في الإسطمبات مما يغير أبعاد المنتجات المشكلة بواسطتها وكذلك استهلاك العدد القاطعة بما يغير دقة الشكل والأبعاد ودرجة تشطيب السطح للمنتجات المشغلة بواسطتها.
٣. حدوث بعض الظواهر التي تهدد بانهيار المنتج مسـتقبلا إذا اسـتمر اسـتخدامه مثل ظهور الشـروخ في أعمدة نقل الحركة أو الأجزاء الأخرى المعرضـــة للأحمال الديناميكية أو الإجهادات الحرارية المتكررة مثل أجزاء محركات الاحتراق الداخلي كذراع التوصـــيل وعمود المرفق والكباســـات وغرف الاحتراق إلخ.

رابعاً: التصميم للمحافظة على البيئة: ***Environmentally Safe Design***

يجب على المصمم مراعاة عدم تلوث البيئة بما يتخلف عن تصنيع المنتجات من مخلفات ضاره بالبيئة كما يجب عليه محاولة الاستفادة من عوادم الصـناعة وتدوير المنتجات *(Recycling)* عند انتهاء عمرها وفيما يلي بعض الإجراءات الواجب اتخاذها خلال التصميم للمحافظة على البيئة:

أ- الحد من عدد المواد المستخدمة وتقليل عوادمها ومخلفاتها بالتصميم الجيد للمنتج.
ب- الاستغناء عن المواد الضارة بالبيئة مثل الرصاص والأسبستوس والفريون إلخ واستبدالها بمواد أخرى غير ضارة من خلال تطوير تصميم المنتج وعمليات التصنيع.
ت- مناولة المواد الخطرة (النووية والكيماوية) ومعالجتها والتخلص من العوادم بطريقة فنية سليمة (صناعة الأسمنت مثلاً).
ث- محاولة البحث عن المواد وأساليب التصنيع المناسبة للبيئة.

ج- مراعاة تدوير المنتجات لإعادة استخدام المواد (*Recycling*).

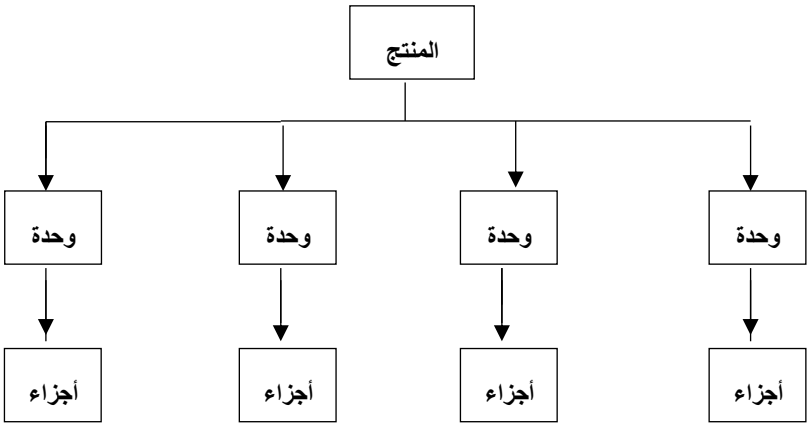
ح- عند تصميم أجزاء المنتج على أساس تدويرها ينبغي مراعاة سهولة فك المنتج بعد انتهاء عمره للاستفادة من الأجزاء والمواد.

خامساً: اختيار المواد: *Materials Selection*

تتكون المنتجات عادة (ماكينات -معدات -سيارات -طائرات -غسالات -ثلاجات ... إلخ) من أجزاء ووحدات (شكل٣) تجمع الأجزاء إلى وحدات والوحدات إلى المنتج الكامل. ويلزم لتصميم أي من هذه المنتجات اختيار المادة المناسبة لتصنيع كل جزء من بين المواد الهندسية المتاحة.

ويمثل اختيار المواد خطوة هامة في التصميم ويلزم لذلك الإلمام بالخصائص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية للمواد الهندسية كالصلب بأنواعه والحديد الزهر وسبائك النحاس وسبائك الألمنيوم وغيرها ومساحيق المعادن والمواد غير المعدنية كاللدائن (البلاستيك) والمطاط والسيراميك والزجاج والمواد المؤلفة (*Composites*) والسبائك المخصوصة التي تتحمل درجات الحرارة العالية مثل سبائك النيكل والمولبيديوم والسبائك التي تتميز بخفة الوزن والمتانة العالية كسبائك التيتانيوم ... إلخ و قد تزايد الاهتمام مؤخرا بالمواد المؤلفة كبديل لبعض المواد التقليدية - نظرا لرخص ثمنها نسبيا و زيادة متانتها النوعية - في صناعات السيارات والطائرات.

وتلعب خصائص قابلية التصنيع للمواد *(Manufacture ability)* دوراً كبيراً في اختيار المواد والمقصود بهذا هو المفهوم الشامل لقابليتها للتشغيل والتشكيل واللحام والمعالجة الحرارية بأقل تكلفة وهي تؤثر من خلال ذلك على عمر المنتج وتكلفته ونجاحه في أداء وظيفته.



شكل ٣ مكونات المنتج من وحدات وأجزاء

أسس اختيار المواد الهندسية:

أ- أن تؤدى المادة الوظيفة المحددة لها بالكفاءة المطلوبة من حيث ملاءمة خصائصها الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية لمتطلبات الوظيفة (مثل المتانة -مقاومة البري -مقاومة الصـــدأ والتآكل -مقاومة الحرارة. إلخ).

ب- أن تتميز بسهولة التصنيع (سهولة التشكيل أو التشغيل أو الصب ... إلخ) بحيث تلائم أساليب التصنيع المتوفرة دون الحاجة إلى معدات أو أدوات خاصة أو مكلفة أو عماله زائدة أو مهارة فائقة بقدر الإمكان.

ت- أن يؤدى اختيارها إلى تقليل زمن التصنيع وتكلفته الكلية (شاملة المواد وعمليات التصنيع ... إلخ) ومثال على ذلك المواد سهلة التشغيل *Free Cutting Materials*

ث- وفرة المواد المختارة بالمقاسات المطلوبة حيث يؤدى اختيار المقاسات الأكبر إلى تشغيل إضافي ومن ثم إلى تكاليف إضافية.

ج- ملاءمتها لشكل المنتج والعمر الافتراضي له.

ح- مدى قابليتها لإعطاء المظهر الخارجي وجودة التشـــطيب واللون المطلوب لما لذلك من تأثير على المشترى وبالتالي على نجاح التسويق.

سادساً: اختيار أساليب التصنيع: *Selection of Manufacturing Methods*

تعتبر من أهم العوامل المرتبطة باختيار المواد وتؤثر بالتالي على جودة وتكلفة المنتج ومن الأســـاليب المعروفة حالياً ما يلي:

أ- الصب بأنواعه للأشكال المعقدة.

ب- التشكيل: الدرفلة – السحب – الحدادة – البثق – تشكيل المساحيق.

ت- التشـــغيل: خراطة – تفريز – ثقب – كشـــط – تخليق – تفتيح تروس – تجليخ -تشـــغيل بالموجات فوق الصوتية -التشغيل الكيميائي والكهروكيميائي -التشغيل بالتفريغ الكهربائي بالأقطـــاب وبالسلك -التشغيل بأشعة الليزر والأشعة الإلكترونية.

ث- الوصل: اللحام بأنواعه -لحام المونة والقصدير -اللصق -الوصل بالبرشام -الربط بالمسامير.

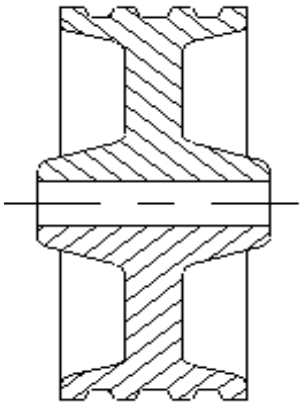
ج- التشطيب: الطحن -التحصين -الصقل -التلميع -إزالة زوائد الرائش ومعالجة الأسطح -كسوة الأسطح - الطلاء.

ويعتمد اختيار أحد أساليب التصنيع على شكل المنتج وأبعاده كما يعتمد على نوع المادة وخواصها فالمشغولات المعقدة لا يمكن تشغيلها إلا بالصب مثلا، والمـــــــواد الصلدة أو القصفة *(Brittle)* لا تقبل التشكيل بالدرفلة أو السحب أو الحدادة أو البثق ... إلخ بينما يمكن صبها أو تشغيلها بطرق عديدة ويجب ملاحظة أن عمليات التصنيع

قد تغير من خصائص المواد فالتشكيل على البارد يؤدى إلى زيادة الصلادة والمتانة وتقليل الممطولية عما كانت عليه قبل التشكيل. كذلك فان عمليات التشكيل على الساخن تسبب حدوث تغيرات في البنية الميكروسكوبية للمواد وكذلك تغير في الأبعاد وتشوه في الشكل وأكسدة للأسطح عند درجات الحرارة العالية مما لا ينتج معه جودة سطح أو دقة أبعاد وهو ما يحتاج بعد التشكيل إلى إجراء عمليات تشغيل للحصول على الدقة وجودة التشطيب المطلوبة

مثال:

يراد اختيار المادة المناسبة لصناعة طارة تخفيض سرعات لمجموعة سيور V كما بالشكل المقابل، مستخدمة لنقل القدرات المنخفضة.



الحل:

فيما يلي الاعتبارات الواجبة عند اختيار المواد:

أ – المواد الهندسية الممكنة:

هي المواد الهندسية الملائمة لأداء وظيفة نقل الحركة بالسيور V مثل: الصلب – الحديد الزهر – الألمنيوم.

ب – أسلوب التصنيع المناسب:

بالنظر إلى شكل الطارة الموضح في الشكل فان أسلوب التصنيع المناسب هو الصب في قالب من الرمل (*Sand Casting*) ويتميز الألمنيوم بسهولة الصب لانخفاض نقطة انصهاره ثم يليه الزهر ثم يليه الصلب ويتبع ذلك التشغيل بالخراطة الخارجية والداخلية وهنا أيضا يتميز الألومنيوم بسهولة تشغيله يليه الزهر ثم يليه الصلب.

ج – تكاليف شراء المواد الخام:

يبلغ ثمن الألومنيوم ضعف ثمن الحديد الزهر أو الصلب لنفس الأبعاد.

د – تكاليف التشغيل بالخراطة:

نتيجة لسهولة تشغيل الألمنيوم عن الزهر وعن الصلب يمكن اختيار شروط قطع تعطى معدلات تشغيل تصل إلى ١٢ مرة مثل الصلب وثمانية أمثال الزهر مما يجعل زمن تشغيل الألمنيوم وبالتالي تكلفة تشغيله ٨/١ الزهر، ١٢/١ من الصلب لنفس الأبعاد لذلك وعلى الرغم من ارتفاع ثمن الألومنيوم كمادة خام إلا أن تكاليف التصنيع للطارة المصنوعة من الألمنيوم تقل بشكل واضح عن المواد المذكورة.

هـ – نتيجة الاختيار:

بناء على الشروط الفنية والاقتصادية التي تم استعراضها فان المادة الأفضل هي الألومنيوم.

سابعاً: التقييس للتصميم والتصنيع:

Standardization for Design and Manufacture

هي أنظمة تهدف إلى الحد من تنوع الأجزاء المصـــنعة أي إلى تقليل عدد الأنواع المنتجة من الجزء الواحد (كالمســـامير القلاووظ مثلا) إلى الحد الأدنى بهدف إمكان إنتاج النوع الواحد بكميات غزيرة يمكنه من اســتخدام المعدات الأتوماتيكية المتخصصة في الإنتاج الكمي مما يوفر المنتجات في السوق بأقل تكلفة.

مجالات التقييس:

يتضمن التقييس الأنشطة التالية:

أ- تحديد أبعاد الخامات مثل أقطار القضـبان وأبعاد الألواح وأقطار الأسـلاك والمواسـير... إلخ بحيث يتم تصنيعها بطريقة اقتصادية.

ب- تحديد المواصفات الكاملة لأجزاء الماكينات من مواد وأبعاد مثل مسامير الربط بالقلاووظ وصواميلها – مسـامير البرشـام – البنوز – اليايات – كراسـي رولمان البلى -خوابير أعمدة نقل الحركة – السـيور - الطـارات – الجنـازير – التروس – القوابض (*Clutches*)، والوصـــلات (*Couplings*)، الفرامـل (*Brakes*).

ت- تحديد أشكال وأبعاد ومواد العدد القاطعة مثل عدد الخراطة والثقب والبرغلة والقلاووظ وسكاكين التفريز وأحجار التجليخ ... إلخ بحيث تغطى احتياجات التصنيع وتنتج بالكميات الاقتصادية.

ث- تحديد مجالات حدود الدقة (الإزواجات والتفاوتات *Fits and tolerances*) للأبعاد والشـكل والوضـع وخشـونة السـطح مما يسـهل على المصـمم اختيار نوع الإزواج المناسـب (شـحط -خلوص -انتقالي) مما يضمن تأدية المنتج لوظيفته.

ج- تحديد المواصفات للمواد الهندسية وطرق إجراء اختباراتها.

ح- تحديد مواصفات زيوت التشحيم وزيوت الهيدروليك وطرق إجراء اختباراتها.

مميزات التقييس: يترتب على ما تقدم الفوائد والمميزات التالية:

أ- ضـــمان توافق الأجزاء التي تركب مع بعضـــها مثل التروس التي تعشـــق معا (توصـــيف الموديول) والمسـامير مع الصـواميل (توصـيف الخطوة) والأعمدة مع الجلب وكراسـي المحور (توصـيف القطر الاسـمي) وهو ما يعرف بالتبادلية (*Interchangeability*) وتعنى سـهولة اسـتبدال جزء مكان آخر له

نفس الأبعاد والمواصفات دون أدنى حاجة إلى توفيق الأجزاء عن طريق البرادة مثلا مما يسهل عمليات الصيانة ويقلل تكلفتها.

ب- عدم الحاجة إلى تصميم الأجزاء القياسية (*Standard Parts*) حيث يعتمد المصمم على اختيار تلك الأجزاء من الجداول القياسية (المسامير -السيور -كراسي رولمان البلى ... إلخ) في تصميمه للمعدات الجديدة مما يوفر جهد المصمم ووقت التصميم.

ت- ضمان توفير العدد اللازمة لتصنيع الأجزاء القياسية مثلا البنط اللازمة لعمل الثقوب للقلاووظ وعدد القلوظة لعمل القلاووظ الداخلي أو الخارجي بالخطوة المطلوبة وسكاكين فتح أسنان التروس لتفتح الأسنان بالموديول المطلوب وبراغل تشطيب الثقوب والتجاويف لتحقيق الدقة اللازمة للإزواج ولتكن *H 7* مثلا.

ث- تيسير إجراء اختبارات القبول للماكينات والمعدات مثل ماكينات التشغيل -محركات الاحتراق الداخلي – المضخات التوربينات... إلخ للتأكيد على جودتها.

لكي يتم الحد من تنوع الأجزاء على النحو المشار إليه لتحقيق التصنيع الاقتصادي لها فقد تم وضع نظام لاختيار الأبعاد الإسمية للخامات والأجزاء وماعدا ذلك من المواصفات الإسمية للماكينات مثل المكابس وماكينات التشغيل والمحركات الكهربية ... إلخ يقوم هذا النظام على اختيار تلك القيم من سلسلة محدودة من الأعداد تسمى بالأعداد المفضلة.

الأعداد المفضلة: (*Preferred Numbers*)

وهي أعداد مختارة من مجموعة الأعداد الطبيعية تنتظم في متواليات هندسية (*Geometric Series*) أساساتها هي الجذور الخامس والعاشر والعشرون والأربعون للعدد (١٠)

$$\sqrt[5]{10} = 1.6 \quad , \quad \sqrt[10]{10} = 1.25 \quad , \quad \sqrt[20]{10} = 1.12 \quad , \quad \sqrt[40]{10} = 1.06$$

يختار المصمم منها السلسلة التي تلائمه وهي قابلة للضرب في ١٠، ١٠٠، ١٠٠٠ أو ٠,١، ٠,٠١، ٠,٠٠١، أنظر جدول رقم (١) ومن الأمثلة على ذلك:

١- تحديد سرعات ماكينات التشغيل مخرطة مثلا فيها ٨ سرعات بين ٤٠، ١٠٠٠ لفه / دقيقة هي:

٤٠، ٦٣، ١٠٠، ١٦٠، ٢٥٠، ٤٠٠، ٦٣٠، ١٠٠٠ (لفة / دقيقة).

وهي تتبع متسلسلة أساسها ١,٦ على سبيل المثال.

٢- تحديد أقطار مسامير القلاووظ:

M4, M5, M6, M8, M10, M12, M16, M20, M24, M30

وهي تتبع متسلسلة أساسها ١,٢٥.

٣- تحديد أقطار العدد القاطعة تنتج ســـكينة التفريز المحيطي بأقطار ٤٠ , ٥٠ , ٦٣ , ٨٠ , ١٠٠ , ١٢٥ , ١٦٠ مم وهي تتبع متسلسلة أساسها ١,٢٥

٤- درجات خشـونة السـطح: ٠,١، ٠,١٦، ٠,٢٥، ٠,٤، ٠,٦٣ , ١، ١,٦، ٢,٥ , ٤، ٦,٣ , ١٠ ميكرون وهي تتبع متسلسله أساسها ١,٦

جدول رقم (١): متسلسلات الأعداد المفضلة			
٤٠	٢٠	١٠	٥
١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠
١,٠٦	-	-	-
١,١٢	١,١٢	-	-
١,١٨	-	-	-
١,٢٥	١,٢٥	١,٢٥	-
١,٣٢	-	-	-
١,٤٠	١,٤٠	-	-
١,٥٠	-	-	-
١,٦٠	١,٦٠	١,٦٠	١,٦٠
١,٧٠	-	-	-
١,٨٠	١,٨٠	-	-
١,٩٠	-	-	-
٢,٠٠	٢,٠٠	٢,٠٠	-
٢,١٢	-	-	-
٢,٢٤	٢,٢٤	-	-
٢,٣٦	-	-	-
٢,٥٠	٢,٥٠	٢,٥٠	٢,٥٠
٢,٦٥	-	-	-
٢,٨٠	٢,٨٠	-	-
٣,٠٠	-	-	-
٣,١٥	٣,١٥	٣,١٥	-
٣,٣٥	-	-	-

جدول رقم (١): متسلسلات الأعداد المفضلة			
٣,٥٥	٣,٥٥	-	-
٣,٧٥	-	-	-
٤,٠٠	٤,٠٠	٤,٠٠	٤,٠٠
٤,٢٥	-	-	-
٤,٥٠	٤,٥٠	-	-
٤,٧٥	-	-	-
٥,٠٠	٥,٠٠	٥,٠٠	-
٥,٣٠	-	-	-
٥,٦٠	٥,٦٠	-	-
٦,٠٠	-	-	-
٦,٣٠	٦,٣٠	٦,٣٠	٦,٣٠
٦,٧٠	-	-	-
٧,١٠	٧,١٠	-	-
٧,٥٠	-	-	-
٨,٠٠	٨,٠٠	٨,٠٠	-
٨,٥٠	-	-	-

ثامناً: مراحل التصميم:

يمر تصميم المنتج بمراحل متعددة إلى أن يكتمل ويصبح صالحا للتنفيذ على المستوى الإنتاجي أنظر شكل٤ وفيما يلي هذه المراحل:

١) يتم التعرف على احتياجات العملاء من خلال دراسات السوق ومن ثم يتم الحصول على معلومات وافية عن المنتجات الجديدة المطلوب تصنيعها أو المنتجات الحالية المطلوب تطويرها وتشمل كافة المواصفات الخاصة بأداء المنتج ومدخلاته ومخرجاته *(Input and output)* وخصائصه وأبعاده والقيود المحددة لها (أي المحددة للحد الأدنى والحد الأقصى لها) والعدد المطلوب سنويا أو حجم دفعات الإنتاج (*Lot size*) والسعر المتوقع على ضوء أسعار المنتجات المنافسة في السوق والظروف البيئية المحيطة به كدرجة الحرارة والرطوبة والتعرض للمواد الكيميائية أو البرى أو الصدمات أو الاهتزازات أو الأحمال المتغيرة .... إلخ ودرجة المعولية (*Reliability*) والعمر التقديري والمدى الوظيفي (في حالة تعدد الوظائف المطلوبة منه) كما يشمل أيضا حصر المواد المتوفرة في السوق وأبعادها وكمياتها ومعدات ومستلزمات التصنيع المتاحة وحدود كل منها.

٢) إعداد تصور مبدئي عن فكرة المنتج ووضع مواصفاته على ضوء ما سبق.

٣) إعداد تصميم مبدئي مبتكر للمنتج المطلوب بالاسترشاد بالمعلومات والمواصفات التي تم الحصول عليها وترجمة ذلك إلى رسم كروكي يبين فكرة وملامح المنتج ومكوناته الأساسية بشكل عام.

٤) القيام بتقييم التصميم وعمل دراسة الجدوى اللازمة له.

٥) إعداد التصميم الإنشائي والتصميم التفصيلي لكل جزء من أجزاء المنتج مع الاستعانة بالوحدات المتكاملة الجاهزة مثل المحركات الكهربية أو الاسطوانات الهيدروليكية أو الهوائية وملحقاتها من أجهزة تحكم وصمامات ومصادر الطاقة اللازمة لها أو الأجزاء القياسية مثل رولمان البلى والسيور والقوابض الكهرومغناطيسية أو الميكانيكية ... إلخ وهذه لا يعاد تصميمها بل يتم اختيارها من كتالوجات الموردين لها طبقا للمواصفات المطلوبة.

٦) اختيار المواد المناسبة لكل جزء حسب وظيفته طبقا للأسس السابق ذكرها في مجال اختيار المواد للتصميم وحسب الظروف البيئية المعرضة لها مثل مقاومة الصدأ أو التآكل بالكيماويات أو تحمل درجات الحرارة العالية أو مقاومة الصدمات ويراعى عدم استخدام مواد ذات مواصفات أجود من اللازم لتفادى زيادة التكاليف.

٧) إجراء الحسابات الهندسية اللازمة لإيجاد الأبعاد بناء على قيمة الإجهادات القصوى المسموح بها مع أخذ معاملات أمان مناسبة لتغطى التفاوتات في خواص المواد وفي تقدير الأحمال والصدمات والظروف المحيطة علما بأن المبالغة في معامل الأمان يؤدى إلى استخدام أبعاد أكبر مما يلزم ومن ثم تكلفة أكبر بينما يؤدى انخفاض معامل الأمان إلى حدوث انهيار غير متوقع للمنتج خصوصا تحت تأثير الأحمال الديناميكية التي قد تؤدى إلى الإعياء (*Fatigue*).

٨) تحديد مستويات الدقة وجودة التشطيب والصلادة والمظهر العام حسب متطلبات الوظيفة دون مبالغة ينتج عنها زيادة في التكاليف.

٩) إعداد النماذج الرياضية اللازمة لمحاكاة أداء المنتج على الحاسب الآلي لدراسة تأثير العوامل المختلفة على أداء المنتج مثل تغير ظروف التحميل أو الظروف البيئية المحيطة أو محاكاة تحريك الآليات *(Animation)* يكشف أي خلل في التصميم فيتمكن المصمم من تصحيحه.

١٠) تنفيذ العينة الأولية (*Prototype*) يتم تنفيذ عينة واحدة من المنتج مطابقة تماما للتصميم تعرف باسم العينة الأولية ويتم اختبارها طبقا للمواصفات من حيث دقة الأبعاد والشكل والوضع وسلامة الحركات وكذلك اختبار الأداء تحت ظروف مماثلة لتلك التي يتعرض لها المنتج مثل الظروف البيئية وظروف التحميل ويتم تعديل التصميم عند اكتشاف أي عيوب فعلى سبيل المثال في حالة ماكينات التشغيل تتم الاختبارات الآتية على العينة الأولية:

(أ) اختبارات الدقة مثل الاستقامة -الاستواء -التوازي والتعامد للأسطح الانزلاقية واللامركزية في الحركات الدورانية للأعمدة طبقا للمواصفات القياسية.

(ب) اختبارات التحميل الإستاتيكى: حيث تحمل الماكينة بأحمال مماثلة لما قد تصادفه تحت ظروف التشغيل الفعلي وتقاس الإزاحات في الاتجاهات المطلوبة ويحدد منها مدى جساءة الماكينة طبقا للمواصفات القياسية.

(ت) اختبارات التحميل الديناميكي: حيث تعرض العينة لاهتزازات قسرية متغيرة التردد لإيجاد الاستجابة الديناميكية يستدل منها على التردد الطبيعي والجساءة الديناميكية للماكينة الكاملة و هذا الاختبار يعكس جانبا مهما من أداء الماكينة تحت ظروف التشغيل الفعلية ويوضح مواطن الضعف في أجزاء الماكينة لتحسين تصميمها من الناحية الديناميكية.

(ث) اختبار التشغيل الفعلي: ويتم فيه تشغيل شغلة قياسية بشروط قطع محددة طبقا للمواصفات القياسية ويتم التفتيش على دقة أبعاد وشكل الشغلة وجودة تشطيب سطحها.

(ج) في ماكينات التشغيل ذات التحكم العددي *(CNC)* وبالإضافة إلى ما تقدم يتم اختبار دقة حركات الماكينة بقياس المسافات الفعلية التي تتحركها من خلال البرنامج المحدد لذلك ويتم تنفيذ شغلة قياسية يتم التفتيش عليها بعد التشغيل كما تقدم.

غير أنه يفضل في بعض الحالات استخدام نماذج هندسية مصغرة (١: ٢ - ١: ١٠) *Reduced scale models* بديلة للعينة الأولية نظرا لسهولة تصنيعها واختبارها وقلة تكلفتها وسهولة إدخال أي تعديلات عليها ويتم تحويل معاملات أدائها إلى الحجم الطبيعي باستخدام حسابات خاصة طبقا لنظرية النماذج (*Theory of models*) ومن الأمثلة على ذلك استخدام تلك النماذج في صناعة الطائرات وماكينات التشغيل والمضخات والتوربينات نظرا لارتفاع تكلفة إعداد العينة الأولية بالحجم الطبيعي في تلك الأحوال وعموما يتم إعداد العينة الأولية أو النماذج المصغرة لها في ورشة خاصة (*Prototype workshop*)، حيث يتم تنفيذ التصميم باستخدام الحاسب الذى يقوم بالتحكم في ماكينة تشغيل عددية (فريزة / مخرطة) لتصنيع العينة الأولية طبقا لمواصفات التصميم ولقد ظهر في السنوات الأخيرة أسلوب جديد لإعداد العينة الأولية باستخدامك الحاسب و هو المعروف باسم الإعداد السريع للعينة الأولية (*Rapid port typing*) ويتم ذلك بدون استخدام أي عدد وتقوم ماكينة تصنيع العينات الأولية بهذه الطريقة بتحويل ما تم تصميمه بمعونة الحاسب إلى مجسم ثلاثي الأبعاد بطريقة *Stereolithography* دون أي تشغيل أو تشكيل حيث يتم ترجمة ملفات التصميم بالحاسب *CAD* إلى مقاطع أفقية على العينة التي تستخدم في تصنيعها مادة مونومر *Monomer* سائل تتجمد عند تعرضها للأشعة الضوئية أو الحرارية وهى من المواد الأكريليتية (*Acrylates*) التي تتميز بتأثرها بالضوء وتقوم الماكينة بمعونة الحاسب بتوجيه أشعة فوق بنفسجية أو أشعة الليزر لتؤثر على السائل في الاتجاهات والمسارات التي يحدها

الحاسب حسب رسم المنتج فتتجمد طبقات متتالية من المادة طبقة طبقة في اتجاه رأسي إلى أن يتكون الجسم كله في زمن وجيز.

١١) بعد التأكد من سلامة التصميم وإدخال أي تعديلات لازمة يتم إعداد الرسومات الهندسية والمستندات الفنية الكاملة وتشمل ما يلي:

أ) الرسم الإنشائي: رسم المنتج كاملا بأجزائه وعليه الأبعاد الرئيسية والإزواجات بين الأجزاء المركبة معا

ب) الرسم التفصيلي: لكل جزء في مسقطين على الأقل بالإضافة إلى أي مساقط مساعدة لتوضيح التفاصيل ويوضح علية الأبعاد التفصيلية والتفاوت على الأبعاد وعلى الأشكال وعلى الأوضاع ودرجات الخشونة المسموح بها للأسطح المختلفة والمادة المصنوع منها ونوع المعالجة الحرارية وموضعها ودرجة الصلادة (برينيل أو روكويل أو فيكرز) وغالبا ما يكون مقياس الرسم ١:١

ت) الرسم التجميعي: ويوضح أجزاء المنتج مجمعة ومرقمة حسب ورودها في كشف الأجزاء ففي الرسم الإنشائي وغالبا لا توضع أبعاد أو تفاوتات أو درجة خشونة إلا الأبعاد اللازمة للتجميع في بعض الأحيان للضرورة ويرسم غالبا بمقياس رسم ١:١.

ث) كشف بالمواد المستخدمة يوضح نوعها وكميتها والمعالجة الحرارية اللازمة.

ج) اختيار أساليب التصنيع الملائمة مع التأكد من ملائمة المعدات لحجم الإنتاج ودقته.

١٢) إنتاج لوط تجريبي يتم التفتيش عليه ومراجعة التصميم على ضوء ذلك.

١٣) بدء التشغيل بطريقة طبيعية مع قيام التفتيش بدوره في ضبط وتأكيد الجودة

شكل٤ مراحل
التصميم لمنتج جديد

مثال:

يراد تصميم مسمار حلقي *Eye bolt* لرفع ماكينة وزنها ٢ طن بالونش

الحل:

القوة المؤثرة على مقطع المسمار هي قوة شد محوريه مقدارها ٢ طن = ٢٠,٠٠٠ نيوتن

نختار خامة صلب متوسط الكربون *C45* لسهولة تصنيعه وملاءمته للتشكيل على الساخن للحلقة وتشغيل القلاووظ ولمتانته واعتدال سعره

متانة الشد = ٨٠٠ (نيوتن / مم٢)، إجهاد الخضوع ٦٤٠ (نيوتن / مم٢)

معامل الأمان: نظرا للتفاوت المحتمل في نتائج الشد في معامل اختبار المواد يؤخذ معامل أمان للمادة ١,٥، ويؤخذ معامل أمان للحمل ٢، ولتركيز الإجهاد ٢، ويؤخذ معامل المعولية ١,٥

فتصبح معامل الأمان = ١,٥ × ٢ × ٢ × ١,٥ = ٩

إجهاد التصميم = إجهاد الخضوع ÷ معامل الأمان = ٦٤٠ ÷ ٩ = ٧١ (نيوتن / مم٢)

مساحة مقطع المسمار = الحمل ÷ إجهاد التصميم = ٢٠٠٠٠ ÷ ٧١ = ٢٨٢ (مم٢)

$$\text{القطر الأصغر للمسمار} = \sqrt{\frac{٤ \times ٢٨٢}{ط}} = ١٩ \text{ (مم)}$$

القطر الأصغر للمسمار من الجداول = ٢٠,١ (مم)

القطر الأسمى للمسمار = ٢٤ (مم)

فيصبح المسمار المطلوب *M 24*

الهندسة العكسية *Reverse Engineering*

هي مجموعة الأنشطة والخطوات اللازمة لإعداد بيانات التصميم التفصيلي لمعدات أو ماكينات أو لمنظومات *Systems* موجودة على هيئه عينة أو رسومات جاهزة واستنباط مواصفات أدائها وذلك عند عدم توفر تلك البيانات ويقوم بذلك مصممون آخرون مختلفون عن المصمم الأصلي.

وهى وسيلة لا غنى عنها لبناء القدرة الذاتية على مستوى المصنع أو المؤسسة أو المستوى القومي وتتضمن البدء من حيث انتهى الآخرون بشرط الاختيار السليم الواعي للمنتجات التي تطبق عليها الهندسة العكسية وينبغي

مراعاة ضرورة تطوير التصميم لتحسين مواصفات الأداء وتفادى عيوب التصميم السابق وخفض سعر المنتج حتى لا تتعارض مع حقوق الملكية الفردية طبقاً لاتفاقية الجات عام ١٩٩٤ وهو ما يتضمن إضافة أو استبدال للوظائف واستخدام آليات ومواد بديلة وتكنولوجيات متطورة ويتبع عملية التصميم إعداد الرسومات التنفيذية وصفحات التشغيل وتصنيع العينة الأولية واختبارها وتعديل التصميم إن لزم الأمر ثم إصدار المستندات النهائية وتصنيع دفعة أولية مع تطبيق نظم الجودة عليها ويتبع ذلك التصنيع المستقر كالمعتاد كما ينبغي التأكيد على تعظيم القيمة المضافة للمنتج من خلال:

١ -تعميق عمليات التصنيع.

٢ -زيادة الاعتماد على الموارد والمكونات المحلية.

٣ -تطوير وظيفة المنتج وتحسين معدلات أدائه لوظيفته باستخدام تكنولوجيات متقدمة.

خطوات تطبيق الهندسة العكسية:

١- تفهم طبيعة المعدة أو الماكينة أو المنظومة المطلوب تصميمها بالهندسة العكسية وذلك من خلال دراسة العينة الموجودة أو الرسومات أو المستندات التي يمكن الحصول عليها لها ومعرفة الوظائف التي تؤديها.

٢- دراسة تحليلية للمنتج وتحديد عناصره ومكوناته من خلال وضع تصور منطقي للأقسام الرئيسية والفرعية التي يتكون منها والعلاقات المنطقية بينها مع توصيف دقيق لوظائف كل عنصر دون فك المنتج.

٣- تحديد مستويات عمليات الفك المطلوبة والقياسات والاختبارات اللازمة للحصول على البيانات الخاصة بالمواد والأبعاد وقيم المتغيرات.

٤- إجراء عمليات الفك وتفكيك المنتج إلى وحدات وأجزاء وعناصر ومكونات.

٥- إجراء عمليات التحليل والاختبارات للمواد وتحديد بدائلها واختبار معاملات الأداء ومن خلال ذلك يتم وضع خصائص وبيانات كل عنصر أو مكون.

٦- تقدير الإزواجات اللازمة لتجميع المكونات والعناصر والأجزاء والوحدات من خلال دراسة وتحليل البيانات الخاصة بها وعلاقتها ببعضها.

٧- وضع الأبعاد والتفاوتات ودرجة الخشونة والمعاملات السطحية والحرارية.

٨- تحديد مراحل وخطوات التجميع ومواضع التفتيش والاختبارات بعد التجميع.

٩- إعداد المستندات الفنية بتسجيل حسابات التصميم وإعداد الرسومات النهائية ومواصفات التفتيش وصفحات التشغيل.

.

الباب الثاني

تخطيط عمليات التشغيل

هو تحديد طرق وخطوات التصنيع وكذلك إيجاد شروط التشغيل (شروط القطع) للجزء المراد إنتاجه وذلك بطريقة اقتصادية وتنافسية، ويمثل تخطيط العمليات المرحلة المتوسطة بين تصميم المنتج وتصنيعه حيث يتم بواسطته تحويل بيانات التصميم إلى البيانات الفنية الخاصة بالتصنيع ومن ثم إلى تعليمات التشغيل التي تصدر إلى الورش لتنفيذ المطلوب ويتضمن ذلك:

١. تحديد عمليات التصنيع *(Manufacturing Processes)*
٢. تحديد المعدات والماكينات الملائمة لعمليات التشغيل.
٣. تحديد أنواع المثبتات اللازمة وتصميمها وتصنيعها إذا لزم الأمر.

وذلك بغرض تحويل الأجزاء من صورتها الأولية (مواد خام) كمواد ذات أشكال وحالات مختلفة إلى الصورة النهائية للمنتج كما حددها المصمم في الرسم التنفيذي، فمثلا إذا أخذنا منتجات يتم تصنيعها من خلال عمليات التشغيل المكني نجد أن المواد الأولية الداخلة في التصنيع تأخذ أشكالاً وحالات متعددة فهي إما على هيئة قضبان مدرفلة على الساخن أو على البارد أو مسبوكات أو مطروقات أو ألواح تم قطعها باللهب (الأوكسى أستلين أو البلازما) ...الخ وعلى المخطط اختيار عمليات التشغيل الملائمة من بين العمليات المتاحة مثل الخراطة - التفريز - الثقب – التجويف – التخليق – الكشط - التجليخ بالإضافة إلى عمليات التشغيل اللاتقليديه مثل التفريغ الكهربي بالأقطاب (الحفر بالشرر *spark*) أو بالسلك (القطع بالسلك *wire cut*) أو التشغيل الكهروكيميائى ويحتاج مخطط العمليات في ذلك إلى معرفة ما يلى :

١. متطلبات المنتج كما هو وارد في الرسومات التنفيذية.
٢. المعدات المتوفرة وإمكاناتها وحدودها ودرجة تحملها.

وبعد ذلك يقوم مخطط العمليات معتمدا على خبرته بإعداد خطط وبرامج التشغيل.

خطوات التخطيط لعمليات التصنيع:

١. دراسة الرسومات التنفيذية للمنتج واستخلاص مواصفاته الفنية منها.
٢. تحديد عمليات التشغيل اللازمة لتحقيق متطلبات الشكل والأبعاد والدقة ودرجة تشطيب السطح للأجزاء المطلوب تصنيعها.
٣. اختيار الماكينات والمعدات الملائمة لعمليات التشغيل والتي تفي بمتطلبات التصميم من حيث الدقة ودرجة التشطيب.

٤. تحديد متطلبات المنتج من العمليات البينية (المعالجة الحرارية -معالجة السطوح ... إلخ)
٥. إعداد بطاقة تسلسل العمليات (مثلاً خراطة ثم تفريز ثم معالجة حرارية ثم تجليخ ... إلخ).
٦. إعداد بطاقة تسلسل الخطوات التكنولوجية لكل عملية تشغيل وتتضمن:
أ. اختيار شروط التشغيل (شروط القطع) لكل خطوة والعدد اللازمة تلك الخطوة.
ب. حساب زمن التشغيل وزمن التجهيز ومن ثم زمن دورة التشغيل وإضافة السماحات لحساب زمن الإنتاج.
ت. إعداد التكلفة التقديرية للمنتج.

تصنيف عمليات التشغيل:

تصنف عمليات التشغيل حسب نوع السطح المشغل وتصنف الأسطح كما يلي:

١. الأسطح الدورانية الخارجية وتنقسم إلى:
   أ. أسطح أسطوانية.
   ب. أسطح مخروطية.
   ت. أسطح فورمه (تشكيلية).
   ث. أسطح لولبية أو حلزونية.
٢. الأسطح الدورانية الداخلية وتنقسم إلى:
   أ. ثقب ذنبه.
   ب. ثقب نسبة الطول إلى القطر أقل من أو يساوى ١٠ (ثقب غير عميق).
   ت. ثقب نسبة الطول إلى القطر أكبر من ١٠ (ثقب عميق).
   ث. سطح أسطواني داخلي.
   ج. مسلوب داخلي.
   ح. تخويش عدل.
   خ. تخويش مخروطي.
   د. قلاووظ داخلي.
٣. الأسطح المستوية وتنقسم إلى:
   أ. أسطح منبسطة.
   ب. أسطح ذات محيط مغلق أو شبه مغلق.
   ت. مجاري الخوابير في الأعمدة.
   ث. المشقبيات.

ج. مجاري الخوابير في صرة التروس أو الطارات.

٤. الأسطح الخارجية غير الدورانية وتنقسم إلى:

أ. أسطح خارجية منتظمة متعددة الأضلاع (المربع - المسدس ... إلخ) .

ب. كنتور خارجي.

ت. تروس ومسننات خارجية.

٥. الأسطح الداخلية غير الدورانية وتنقسم إلى:

أ. أشكال داخلية منتظمة متعددة الأضلاع (مربع - مسدس ... إلخ) .

ب. كنتور داخلي.

ت. تروس ومسننات داخلية.

وبناء على ذلك يتم تصنيف عمليات التشغيل اللازمة للحصول على تلك الأسطح وتتفاوت دقة تشغيل كل منها ودرجة خشونتها حسب نوع العملية المستخدمة وعلى ذلك فإنه يتم اختيار أسلوب التشغيل المناسب للوصول إلى مستوى الدقة ودرجة التشطيب المطلوبة من خلال معرفة حدود كل عملية وقدرتها على تحقيق ذلك.

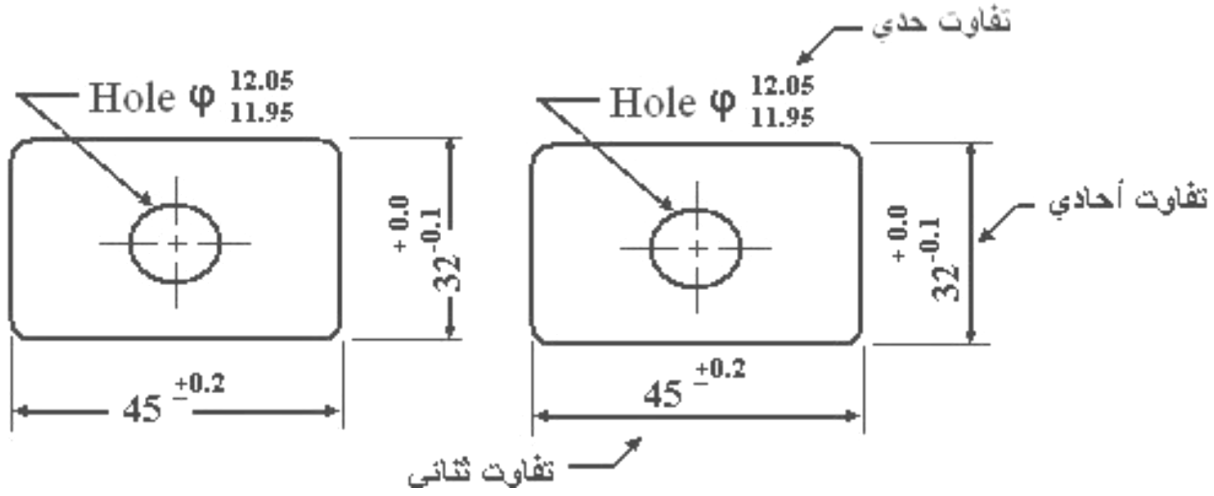
وقبل أن نصنف عمليات التشغيل لبد من معرفة معنى التفاوت وعلاقته بخشونة الأسطح:

التفاوت *TOLERANCE*

التفاوت هو مقدار سماحات الانحراف عن قيمة البعد الاسمي في الاتجاهين معاً $\pm$ أو في اتجاه واحد.

من المتفق عليه من الناحية العلمية استحاله الوصول إلى أي بعد مطلوب إنجازه دون حدوث انحراف (تفاوت) عن القيمة المطلوبة والمحددة نظريا على الرسم مهما كان هذا الانحراف بسيطا، وكلما كانت الدقة عالية احتجنا لوقت عمل أكثر ولجهد مضاعف وبالتالي تزداد تكاليف الإنتاج.

وتبرز أهمية التفاوت في الأجزاء التي يتطلب إنتاجها دقة عالية كما في الأجزاء التي تتداخل مع بعضها البعض مثل أعمدة الدوران والمحامل (كراسي المحاور) وفي هذا الوضع تصبح الدقة أمراً هاماً لضمان توافق الأجزاء مع بعضها البعض ويحدد مقدار التفاوت المسوح به اعتمادا على طبيعة الجزء وعمره الافتراضي وعلاقته بالعناصر المجاورة له وظرف التشغيل التي سيتعرض لها وغيرها من الاعتبارات التي يجب الأخذ بها ويكتب مقدار التفاوت المسموح به على الرسومات التنفيذية حيث يسمح للبعد بالانحراف عن قيمته الأسمية في الاتجاهين معاً سواء زيادة أو نقصان كما يلي



وعلى هذا يمكن تعريف التفاوت على أنه الخطأ المســـموح به في مقاس الجزء ويســـاوي الفرق بين الحدين الأقصى والأدنى للمقاس

منطقة التفاوت *Tolerance zone*:

هي المنطقة الواقعة بين الحدين الأقصى والأدنى للمقاس.

رتبة التفاوت *Tolerance grade*

رتبة التفاوت أو مستوى الدقة رمزها في الجداول *IT* وتشير إلى مدى دقة التفاوت من خلال قيمة التفاوت وهذه الدرجة تعتبر دليلا واضـــحاً لمدى جودة الإنتاج، وللتفاوت ثماني عشـــر رتبة تختلف كل رتبة عن الأخرى في القيم فكلما كبر رقم الرتبة ازدادت قيمة تفاوتها ودل على انخفاض الدقة المطلوبة في الجزء.

وكلما كانت رتبة التفاوت صـــغيرة كان التفاوت قليل وبالتالي تكون الدقة عالية وتمثل رتبة التفاوت بمجموعة أرقام يبلغ عددها (١٨) رقما مرتبة كالآتي:

- المجموعة الأوُلى *5 – 01* تفاوتات دقيقة.
- المجموعة الثانية *10 – 6* تفاوتات متوسطة.
- المجموعة الثالثة *16 – 11* تفاوتات كبيره.

ولكي نفهم هذا الأمر دعنا نستعرض جزء من جدول النظام الدولي *ISO* لرتب التفاوت:

جدول رقم ١

NOMINAL(BASIC) SIZES (mm) البعد الاسمي (مم)		INTERNATIONAL TOLERANCE GRADES رتبة التفاوت الدولية (كلما زادت رتبة التفاوت قلت دقة الجزء المصنع)								
OVER أكبر من	UP TO INCL. حتى ويشمل	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7
0	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10
3	6	0.4	[illegible]	1	1.5	2.5	4	5	8	12
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15
10	18	0.5	0.8	1	2	3	5	8	[illegible]	18

حتى IT16

منطقياً كلما زاد مقاس الجزء المصنع كلما زاد مقدار التفاوت عند نفس الرتبة

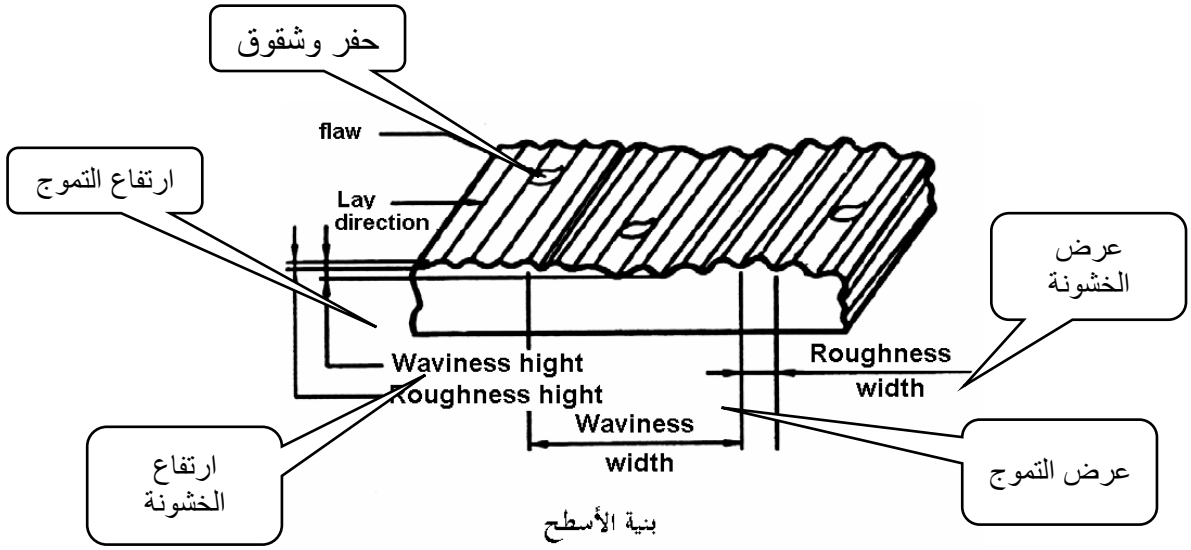
حتى 3150مم

الرتبة 01 للأجزاء المصنعة الدقيقة جداً

قيمة التفاوت بالميكرون

تشطيب الأسطح (الخشونة)

كما هو متعارف عليه فإن للسطوح المشغلة بنية غاية في التعقيد من ناحية احتوائها على العديد من التعرجات والتموجات التي لا تكون واضحة بالعين المجردة ولو أننا أنجزنا الأسطح بواسطة أدق عمليات التشغيل فلن نستطيع الحصول على سطح خال من التموجات والخشونة ولكن نستطيع تقليل ذلك، والخشونة roughness هي مصطلح يصف أشكال السطوح ومدى انتظامها واحتوائها على تموجات بسبب عمليات التشغيل ونستطيع قياس درجة الخشونة بقياس المسافة الرأسية بين قمم وقيعان تضاريس الأسطح وتختلف درجة الخشونة المطلوبة من سطح لآخر بحسب التطبيق المطلوب للجزء المراد إنجازه ففي بعض التطبيقات تكون الحاجة ماسة إلى إنجاز أسطح عالية الدقة كما في كراسي المحاور Bearings حيث أن الاحتكاك هنا عامل غير مرغوب فيه وعلى النقيض من هذا ففي بعض التطبيقات تنتج أسطح خشنة لزيادة القوى والعزوم المنقولة بواسطة الاحتكاك.



المصطلحات المتعلقة بالخشونة

- **الرصف *Lay***

يستخدم هذا المصطلح لوصف اتجاه نمط السطح المتكرر بواسطة عملية التشغيل.

- **الخشونة *Roughness***

هي دالة لمقدار الفراغات الدقيقة الناتجة من عدم انتظام السطح، تنتج الخشونة من عمليات التشغيل.

- **ارتفاع الخشونة *Roughness Height***

هو ارتفاع عدم الانتظاميات مستندة إلى خط مرجعي .يقاس ارتفاع الخشونة عادتاً بالميكرون.

- **عرض الخشونة *Roughness Width***

هو المسافة الموازية للسطح الإسمي بين القمم أو النتوءات المتتابعة والتي تحُدد النموذج السائد للخشونة يقُاس عرض الخشونة بالميكرون.

- **التموج *Waviness***

يشُير إلى عدم الانتظام في السطح ذو الفراغات الأوسع من الخشونة وهو ناتج من الالتواء أو الاهتزاز أو انحراف العمل أثناء التشغيل.

- **ارتفاع التموج *Waviness Height***

يمثل المسافة بين القمة إلى الانخفاض للمقطع الجانبي للسطح مقاساً بالميكرون.

- **الخدوش *Flaws***

هي شقوق تنتج على السطح المشغل نتيجة لرداءة حافة عدة القطع، حيث ربما تكون مثلومة أو غير ملائمة لمعدن الشُغلة.

والجدول التالي يوضح درجة الخشونة التقريبية والتي نستطيع الحصول عليها بواسطة عمليات التشغيل المختلفة وكذلك رتبة التفاوت (مستوى الدقة) المقابلة لها.

جدول رقم ٢		
رتبة التفاوت (مستوى الدقة) ودرجة خشونة السطح الناتجة من عمليات التصنيع المختلفة		
العملية	**رتبة التفاوت (*IT*)**	**درجة الخشونة *Rz (μ m)***
السباكة (رمل – قوالب)	١٢ - ١٦	١٦٠ - ١٠٠٠
السباكة الدقيقة	١٠ - ١٢	٢٥ - ١٦٠
الحدادة	١٢ - ١٦	١٦٠ - ١٠٠٠
الخراطة	٨ - ١٠	٢,٥ - ٤٠
الخراطة الدقيقة	٥ - ٧	٠,٦٣ - ١,٦
الخراطة عالية الدقة	٤ - ٦	٠,٤ - ١
الكشط	٩ - ١٢	١٠ - ١٠٠
الثقب	١٠ - ١٢	١٦ - ١٠٠
الثقب العميق	٦ - ٨	١ - ٤
البرغلة	٦ - ٨	١ - ٤
التجويف أو التخويش	٨ - ١٠	٢,٥- ٤٠
التخليق بالمشدات	٦ - ٨	١ - ٤
التفريز	٨ - ١٠	٢,٥ - ٤٠
التجليخ الداخلي	٦ - ٨	١ – ٤
التجليخ الخارجي والسطحي	٥ - ٧	٠,٦٣ – ١,٦
التجليخ الدقيق	٤ - ٦	٠,٤ - ١
التشغيل بالتفريغ الكهربي	٨ - ١٠	٢,٥ - ٤٠
التشغيل الكهروكيميائي	٥ - ٨	٠,٤ – ١,٦
الصقل	٤ - ٦	٠,٤ - ١
التحضين	٢ - ٤	٠,١٦ - ٠,٦٣

مما هو متعارف عليه إنه كلما زادت نعومة وجودة إنجاز الأسطح زادت تكاليف الإنتاج لذلك يراعى عدم إنجاز سطح ما إلا وإنتاجه وفق أعلى خشونة ممكنة مقبولة بحيث يمكن للجزء المنتج أن يقوم بوظيفته على أكمل وجه وذلك لخفض تكاليف الإنتاج.

أنواع خشونة السطح.*(Types of Surface Roughness)*

إن الخشونة النهائية للسطح المُشغل يمكن اعتبارها مساوية لمجموع الخشونة المثالية والخشونة الطبيعة.

١. الخشونة المثالية *(Ideal Roughness)*:

هي أفضل خشونة يمكن الحصول عليها لشكل عدة قطع ومقدار تغذية معين ويمكن الحصول على الخشونة المثالية إذا توفرت الشروط التالية:

- عدم وجود حد القطع الناشئ.*(B.U.E)* .
- عدم وجود اصطكاك.
- حركات ماكينة القطع مضبوطة جداً.

٢. الخشونة الطبيعية *(Natural Roughness)*:

في الواقع العملي يصعب الحصول على ظروف مثالية بصورة اعتيادية، لذلك ينشأ نوع آخر من الخشونة وهي الخشونة الطبيعية والتي تُشكل نسبة كبيرة من الخشونة الفعلية وهي الخشونة الناتجة من عدم انتظام عملية القطع وهناك عِدة عوامل تؤثر على الخشونة الطبيعية والعوامل الرئيسية منها هي:

- تكَون حد القطع الناشئ (المولد) عند تشغيل بعض المواد (مثل الألمونيوم) والذي يعتبر العامل الرئيسي للخشونة الطبيعية.
- استخدام ظروف تشغيل غير ملائمة تشمل سرعة القطع، التغذية، وعمق القطع والتي تؤثر بشكل سلبي على الإنجاز السطحي للمادة المُشغلة.
- استخدام عدة قطع ذات شكل هندسي ومادة لا تُلائم مادة الشُغلة المراد تشغيلها.
- بلى (تآكل) عدة القطع.
- تضرر أو تخدش سطح الشُغلة عند جريان الرايش واحتكاكه بسطحها.
- عدم جساءة واستقرار ماكينة التشغيل وعدم ضبط حركاتها إضافة إلى ضعف تثبيت الشُغلة كل ذلك يسبب الاهتزازات والاصطكاك.
- وجود عيوب في بنية معدن الشُغلة.
- تولد رائش غير مستمر عند قطع المواد الهشة.
- تمزق مادة الشُغلة عند قطع معادن لدنة بسرعة منخفضة.

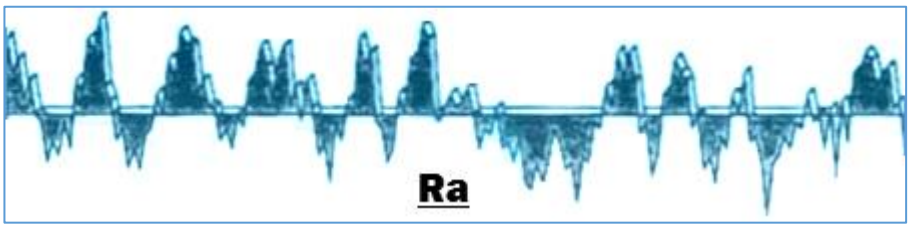
إضافة إلى ذلك تؤثر الخشونة على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للسطح المُشغل حيث تنخفض مقاومة الكِلال ومقاومة الشد نتيجة لتكون نقاط ضُعف تتركز فيها الإجهادات في نهايات الانخفاضات الناتجة من عدم انتظام السطح المُشغل، كذلك سوف تقل مقاومة المادة المشغلة للتآكل الكيميائي والميكانيكي وتزداد مقاومة الاحتكاك نتيجة لضُعف انزلاق السطوح الخشنة.

مقاييس الخشونة:

لكي يتم وصف خشونة الأسطح بطريقة سليمة كان لابد من الاتفاق على مقاييس عددية تعبر عن درجة الخشونة وقد اتفق المتخصصون في مجال خشونة الأسطح على عدد من المقاييس العددية لتكون مقاييس موحدة تستخدم للتمييز بين الأسطح ذات درجات الخشونة المختلفة أشهر هذه المقاييس وأهمها هو:

الخشونة المتوسطة *Arithmetic average roughness Ra*

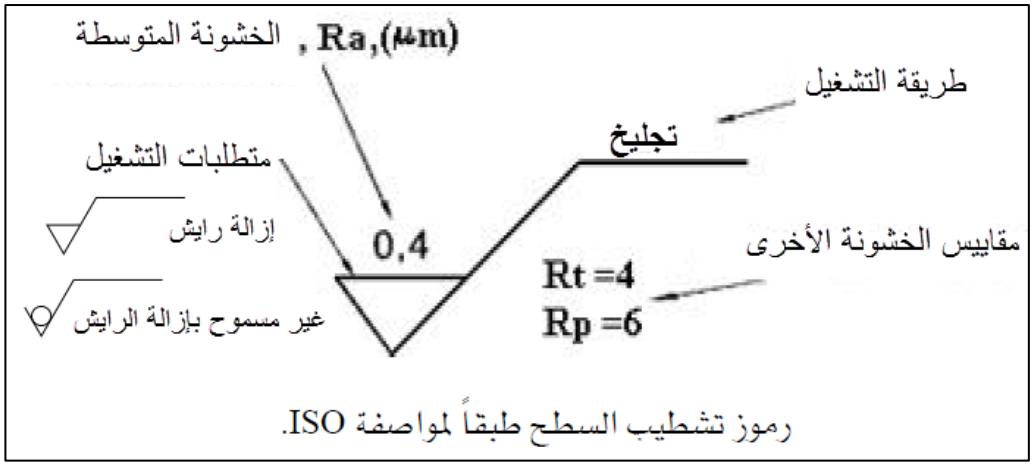
هي المتوسط الحسابي لمدى ابتعاد الانحرافات عن البعد الفعلي ويتم حساب الخشونة المتوسطة بقسمة مجموع المساحات المظللة في الرسم التالي على طول العينة.



الرسم يمثل تضاريس سطح عينة تم فحصها بجهاز فحص جودة الأسطح

رموز تشطيب الأسطح في الرسومات التنفيذية

من المعروف أن الرسومات التنفيذية تحتوي على رموز ومصطلحات لتمييز الأبعاد والأقطار الخارجية والداخلية وعمليات التصنيع المختلفة التي تتم على الجزء المرسوم بالإضافة لذلك توجد رموز ومصطلحات تمييز الدرجات المختلفة لخشونة الأسطح وقد أصدرت منظمة التوحيد القياسي *ISO* مواصفة تحتوي على مصطلحات وعلامات خاصة تشير إلى مقاييس الخشونة وجودة السطح وأسلوب الإنتاج والشكل التالي يوضح مثال على هذه الرموز:



رموز تشطيب السطح طبقاً لمواصفة ISO.

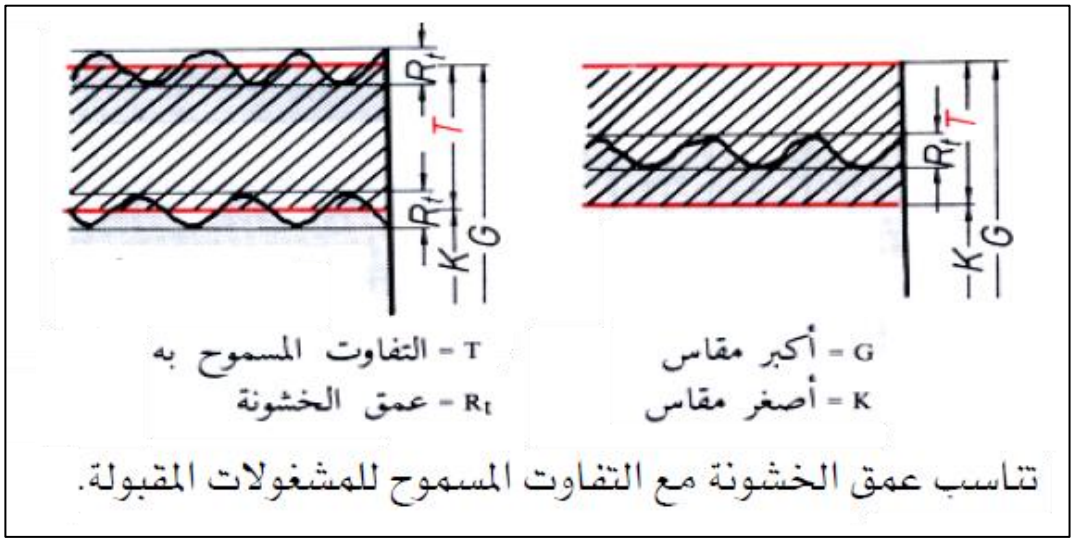
كما توجد رموز أخرى تتبع نظام المواصفات الألمانية *DIN* كانت تستخدم على نطاق واسع كنظام دولي قبل صدور مواصفة التوحيد القياسي *ISO* وفيها يتم الإشارة إلى درجة تشطيب (إنجاز) السطح بعلامات على شكل مثلث مقلوب كما هو موضح بالشكل التالي:

رموز تشطيب (إنجاز) الأسطح و الاستخدامات المناظرة.

رمز تشطيب (إنجاز) السطح و مدلوله	تطبيقات الاستخدام
الأسطح ذات قيم الإنجاز الفائقة	• الأسطح المانعة بدون استخدام مواد مانعة للتسرب و التي تستخدم للضغوط العالية (أوعية الضغط و أنابيب الضغط العالي). • الإزواجات الخلوصية المعرضة لتحميل عالٍ (الاسطوانات و الكباسات الهيدروليكية). • الإزواجات التداخلية (أعمدة التوربينات و أطواق العجلات). • أسطح القياس في أجهزة القياس (قوالب القياس المنزلقة . محددات القياس السدادية). • الأسطح الانزلاقية (أسطوانات و مكابس المحركات).
الأسطح ذات قيم الإنجاز العالية	• الأسطح المانعة بدون استخدام مواد مانعة للتسرب و التي تستخدم للضغوط المنخفضة (أوعية الضغط). • الإزواجات الخلوصية المعرضة لتحميل كبير (المحامل الانزلاقية). • الإزواجات الانزلاقية (العجلات المنزلقة على الأعمدة). • الأسطح الانزلاقية (الأدلة الانزلاقية). • أسطح التدحرج (المحامل التدحرجية و جوانب أسنان التروس). • أسطح التثبيت (الثقوب و السيقان المخروطية لتثبيت العدد).
الأسطح ذات قيم الإنجاز المتوسطة	• الأسطح المانعة باستخدام مواد مانعة للتسرب (الشفاه). • أسطح الإزواجات الخلوصية المعرضة لتحميل خفيف (المحامل الانزلاقية ذات الخلوص الكبير). • الإزواجات الانتقالية (الأعمدة و صرر العجلات). • أسطح الإزواج (حواف و أكتاف المركزة).
أسطح ذات قيم إنجاز منخفضة	أسطح الاتصال و التقابل، وأسطح الربط بمسامير ملولبة للأجزاء الكبيرة.
	الأسطح الخام الناتجة من عمليات لا تنتج رايشاً (الصب النظيف ،التشكيل بالقوالب، الطرق بعناية، التشغيل بالبرادة).
بدون علامة	الأسطح الخام الناتجة من عمليات الحدادة و السحب و الضغط و الدرفلة و التشكيل.

ونظراً لأن خشونة السطح تسبب زيادة أو نقص في أبعاد قطع التشغيل لذلك يجب ألا تتعدى هذه الانحرافات قيم التفاوت وإلا أصبح المنتج مرفوض لذلك فان عمق الخشونة *Rt* يجب أن يكون في حدود نسبة صغيرة لا تزيد

عن ٣٠% من التفاوت المسموح به وبالتالي يراعى تقليل عمق الخشونة كلما كان التفاوت المسموح به صغيراً ويوضح الشكل التالي مثالاً لسطح مشغولة تظهر فيه الخشونة كجزء صغير من التفاوت المسوح به:



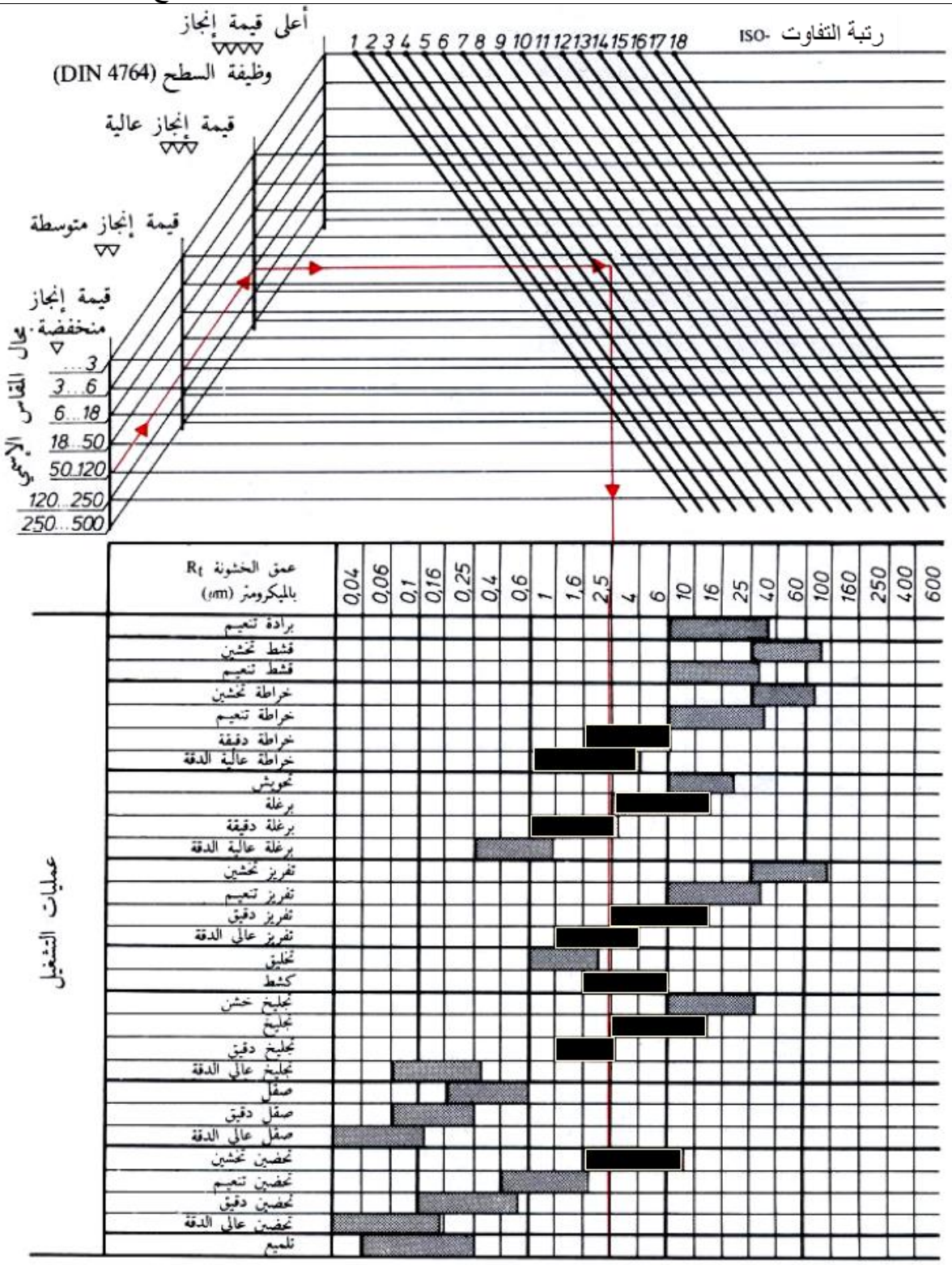
تناسب عمق الخشونة مع التفاوت المسموح للمشغولات المقبولة.

العلاقة بين الخشونة والتفاوت

لكي يصل عمق الخشونة إلى القيم التي تحقق تناسباً مع قيم التفاوت المسوح به يجب استخدام عمليات تشغيل مناسبة ويوضح جدول رقم ٣ التالي عمليات التشغيل التي يمكن بها الوصول إلى القيم المختلفة لعمق الخشونة وارتباط تلك العمليات برتب التفاوت المسوح بها (مستوى الدقة) والمقاس الاسمي للمشغولة وذلك طبقاً للمواصفة القياسية *ISO* ولتوضيح استخدام هذا الجدول نأخذ مثالاً لعمود قطره *60* مم ورتبة التفاوت (الجودة) *7* $(\emptyset 60h7)$

ومطلوب تشغيله بدرجة تشطيب سطحي ▽▽ ، فإذا تتبعنا الاسهم بداية من تحديد المجال الذي يقع فيه البعد الاسمي (*120 – 50*مم) ثم الوصول على قيمة التشطيب المطلوبة ▽▽ ثم التحرك أفقياً لملاقاة رتبة التفاوت *7* وأخيراً نزولاً رأسياً الى الجدول سنجد أن عمق الخشونة *Ra* المراد الوصول إليه على هذا العمود يجب ألا يزيد عن $2.5\mu m$.

جدول رقم ٣
عمليات التشغيل المختلفة وعلاقتها برتب التفاوت وعمق خشونة السطح



يتضح من الجدول أن هذه القيمة يمكن الحصول عليها عن طريق أي من عمليات التشغيل التي تقع على اليسار (خراطة دقيقة، الخراطة عالية الدقة، البرغلة الدقيقة، تفريز عالي الدقة،..إلخ) وإذا رجعنا إلى جدول رتب

التفاوت (جدول رقم ١) لاســـتخراج قيمة التفاوت بالميكرون المناظرة للرتبة 7 وللقطر 60 مم ســـنجدها تساوي 30 ميكرون أي أن نسبة عمق الخشونة ($2.5\mu m$) إلى التفاوت المسوح به ($30\mu m$) تقل عن 10% مما يجعل العمود مقبول إذا أنتج بتلك المواصفات.

جدول رقم ١

NOMINAL(BASIC) SIZES (mm) البعد الاسمي (مم)		INTERNATIONAL TOLERANCE GRADES رتبة التفاوت الدولية (كلما زادت رتبة التفاوت قلت دقة الجزء المصنع)								
OVER أكبر من	UP TO INCL. حتى ويشمل	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7
30	50	0.8	1	1.6	2.6	4	7	11	16	25
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30

حتى IT16

المجال الذي يقع فيه البعد الاسمي لقطر

رتبة التفاوت 7

قيمة التفاوت بالميكرون

وفيما يلي تصنيف عمليات التشغيل اللازمة لكل نوع من الأسطح وحدود الدقة والخشونة الناتجة من كل عملية:

أولاً: تشغيل الأسطح الدورانية الخارجية:

١. **الخراطة الخارجية وتنقسم إلى:**

- خراطة طولية للأسطح الأسطوانية والمخروطية والشطف والقلاووظ الخارجي.
- خراطة الفورم وتتم باستخدام عدة خاصة لخراطة الفورم القصيرة باستخدام التغذية العرضية.
- الخراطة الوجهية لإستعدال الأوجه الجانبية للأسطح الأسطوانية وإستعدال الأكتاف والقطعية وتتم كلها بالتغذية العرضية.
- خراطة الكنتور وتستخدم لعمل الفورم الطويلة والأشكال المعقدة على المخارط ذات التحكم العددي أو باستخدام تجهيزات النسخ.

وينتج من الخراطة مستوى دقة يصل إلى *IT8* وخشونة سطح تصل إلى٢,٥ ميكرون (أنظر جدول رتبة التفاوت (مستوى الدقة) ودرجة خشونة السطح الناتجة من عمليات التصنيع المختلفة السابق ذكره).

ويمكن الحصول من الخراطة على دقة أعلى باستخدام الخراطة الدقيقة والتي تصل إلى مستوى *IT5* وخشونة سطح تصل إلى ٠,٦٣ ميكرون والممكن تحقيقها عادتاً بالتجليخ مما قد يغنى عن التجليخ في بعض الأحيان و هي تتم على مخارط عالية الدقة والجساءة باستخدام عدد فائقة الصلادة كالماس في تشغيل المواد الغير حديدية والغير معدنية كما هو الحال في الكباسات المصنوعة من سبائك الألومنيوم أو نتريد البورون في تشغيل المواد الحديدية عند سرعات عالية و تغذية صغيرة غير أنها تستلزم ألا يقل مستوى الدقة الناتج من عمليات التشغيل السابقة لها عن *IT8* و خشونة لا تتجاوز ١٠ ميكرون ويمكن تحت ظروف تشغيل خاصة إجراء خراطة عالية الدقة لمستوى *IT4* وخشونة حتى ٠,٤ ميكرون بعدة من الماس للمواد الغير حديدية والغير معدنية كما يمكن إجراء خراطة فائقة الدقة لنفس المواد على معدات فائقة الدقة والجساءه وتحت ظروف تشغيل خاصة باستخدام عدة من الماس وحيد البلورة *Mono Crystal Diamond Tool* لتشغيل أسطح درافيل ماكينات تصوير المستندات والأقراص الصلبة للحاسبات *Hard Disks* و المرايا *Mirrors* والتي يصل دقتها إلى *IT4 – IT2* وخشونة سطحها إلى ٠,١ ميكرون

ولكي يتم تحقيق مستوى الدقة والخشونة المطلوبة لأي منتج لابد من إتباع تسلسل معين لخطوات التشغيل حيث تستلزم بعض العمليات تشغيل مسبق بشروط معينة كما هو مبين في الجدول التالي:

جدول رقم ٤

عمليات التشغيل للأسطح الدورانية الخارجية وما تتطلبه من عمليات تشغيل سابقة

العمليات المطلوبة	العمليات السابقة	درجة الخشونة السابقة (ميكرون)	ملاحظات
خراطة خارجية طوليه $\frac{\text{الطول}}{\text{القطر}} < 30$	تسوية الوجه وخراطة جزء يكفي للربط في الظرف.	–	التثبيت في الظرف
خراطة خارجية طوليه $\frac{\text{الطول}}{\text{القطر}} > 30$	تسوية الوجه وثقب ذنبه فيه مع سناده بالمخنقة ثم خرط جزء يكفي للربط في الظرف	–	التثبيت في الظرف مع سناده بالذنبة من الغراب
سلبية خارجية	خراطة خارجية طولية	–	–

جدول رقم ٤
عمليات التشغيل للأسطح الدورانية الخارجية وما تتطلبه من عمليات تشغيل سابقة

العمليات المطلوبة	العمليات السابقة	درجة الخشونة السابقة (ميكرون)	ملاحظات
خراطة وجهية عمودية على القطر الخارجي	خراطة خارجية	–	التثبيت في الظرف والتسوية ثم تقلب الشغلة لتسوية الوجه الآخر
خراطة القطر الخارجي بالنسبة للقطر الداخلي	خراطة داخلية لمستوى دقة *IT 8* على الأقل	–	تثبيت الشغلة على شاقة أسطوانية تثبت في الظرف
خراطة الفورم القصيرة	خراطة خارجية	–	تستخدم عدة خاصة لخراطة الفورم بالتغذية العرضية
خراطة الفورم الطويلة (الكنتور)	خراطة خارجية	–	تتم على مخرطة *CNC*
خراطة دقيقة	خراطة طولية ناعمة لمستوى دقة *IT8*	أقل من ١٠	تتم على مخرطة عالية الدقة والجساءة

٢. التجليخ الخارجي للأسطح الدورانية وينقسم إلى:

- تجليخ أسطواني خارجي للأعمدة التي غالبا ما تكون مقساة وتتم التغذية طوليا بينما تدور الشغلة حول محورها ويعتبر تجليخ أعمدة المرفق حالة خاصة منها.
- تجليخ عائم للقضبان الطويلة وكذلك البنوز القصيرة حيث يتميز بعدم الحاجة لتثبيت الشغلة.
- تجليخ القلاووظ الخارجي والمجاري الحلزونية (مثل البنطة).
- تجليخ الفورم القصيرة حيث يتم تشكيل فورمة حجر التجليخ حسب الشكل المطلوب في الشغلة
- تجليخ كنتور *Profile Grinding*

يؤخذ عمق القطع في التجليخ من ٠,٠٢ إلى ٠,٠٥مم في التخشـــين بينما يبلغ من ٠,٠٠٥ إلى ٠,٠١ مم في التنعيم أما التغذية الطولية فتؤخذ من ¼ إلى ¾ عرض الحجر لكل لفة من الشغلة و تصل دقة السطح المشغل بالتجليخ الخارجي إلى مستوى *IT5* حسب جدول رتبة التفاوت (مستوى الدقة) ودرجة خشونة السطح الناتجة من عمليات التصنيع المختلفة السابق ذكره مع خشونة سطح أقل من ١ ميكرون بينما في التجليخ الدقيق تبلغ الدقة *IT4* و الخشونة ٠,٤ ميكرون و يوضح الجدول التالي ما تتطلبه عملية التجليخ الأسطواني الخارجي من تشغيل سابق، مع ملاحظة أن المشغولات المطلوب تقسيتها يتم المعالجة الحرارية لها (تقسية ومراجعة) بعد عمليات التشغيل السابقة للتجليخ ويتم التجليخ بعد انتهاء المعالجة الحرارية لتصحيح الأخطاء الناتجة عنها لذلك

يجب إضـــافة ســـماح للتجليخ بقيمة ٠,٣ – ٠,٦ مم على القطر لهذا الغرض وفي حالة التغليف الكربوني أو النيتروجيني (عملية الكربنة أو النتردة) يتم زيادة سمك طبقة التغليف بمقدار ٠,٥مم كسماح تشغيل ويتبع مثل ذلك أيضا في حالة التقسية السطحية للمحافظة على سمك الطبقة المقساة.

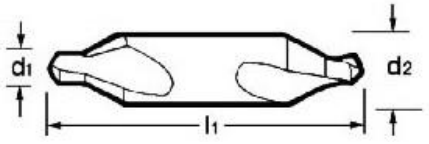
تابع جدول رقم ٤ عمليات التشغيل للأسطح الدورانية الخارجية وما تتطلبه من عمليات تشغيل سابقة			
العمليات المطلوبة	**العمليات السابقة**	**درجة الخشونة السابقة (ميكرون)**	**ملاحظات**
التجليخ الأسطواني الخارجي	خراطة خارجية ناعمة بدقة لا تقل عن *IT8*	أقل من ١٠	يتم التجليخ بعد التقسية (إن وجدت)
تجليخ القلاووظ الخارجي بخطوة كبيره عمق كبير أو خطوة صغيرة عمق صغير	خراطة أو تفريز القلاووظ	–	تستخدم ماكينة خاصة لتجليخ القلاووظ
التجليخ العائم	قضبان مد رفلة أو مسحوبة على البارد. بنوز مشغلة بالخراطة	–	ماكينة التجليخ العائم
تجليخ الفورة	خراطة خارجية	–	يتم تشكيل حجر التجليخ بعدة من الماس حسب الفورم المطلوبة
تجليخ الكنتور	خراطة خارجية	–	حجر تجليخ مستدق

ثانياً: تشغيل الأسطح الدورانية الداخلية:

يســتخدم لذلك عمليات الثقب والخراطة الداخلية والتفريز الدوراني الداخلي والتجليخ والصــقل وكذلك عمليات التشغيل اللا تقليدية (التفريغ الكهربي بقطب أو بالسلك والتشغيل الكهروكيمياوي).

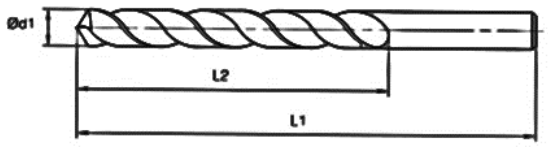
١. تشغيل الثقوب ويتضمن العمليات التالية:

- الثقب ببنط المراكز (سـنتر دريل *Centre drill*) لعمل الفجوة اللازمة لسـند الأعمدة بذنبه الغراب على المخارط أو الفريزة أو التجليخ أو لعمل ثقب مبدئي لتحديد مركز تهتدى به البنط في عمليات الثقب التالية ويجب ألا يقل قطر السنتر دريل عن ٠,٢٥ من قطر البنطة التالية له كي يحتوى مقدمة البنطة و يمنعها من الانحراف عن محور الثقب.



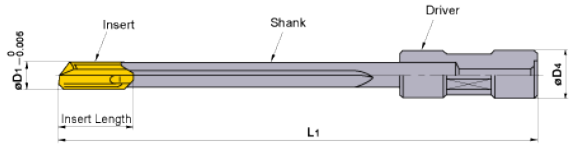
Centre drill

- الثقب في مصـمت: تسـتخدم البنط العادية لعمل الثقوب في مصـمت إذا كان عمق الثقب لا يتجاوز ١٠ مرات قطره ويتم الثقب على مرحلة واحدة إذا كانت نسـبة العمق إلى القطر أقل من ٣ مرات أما لو كانت أكبر فيتم الثقب على عدة مراحل يتخللها خروج البنطة في كل مرة بغرض إخراج الرايش وتبريد البنطة وتوصيل سائل التبريد إلى منطقة القطع وتبلغ دقة التشغيل مستوى رتبة التفاوت *IT10* والخشونة ١٦ ميكرون.



twist drill
البنط العادية

- الثقب العميق: عندما تزيد نسـبة عمق الثقب إلى قطره عن ١٠ مرات تسـتخدم عدة خاصـة لذلك تعمل على توصيل سائل التبريد تحت ضغط كاف إلى منطقة القطع لطرد الرايش إلى الخارج وتبريد وتزييت منطقة القطع وتبلغ دقة التشـغيل *IT9* وخشـونة السـطح ٥ ميكرون ويمكن تحقيق مسـتوى دقة *IT6* وخشونة سطح ١ ميكرون في حالة استخدام العدد الدقيقة للثقب العميق مثل *Gun drill*.



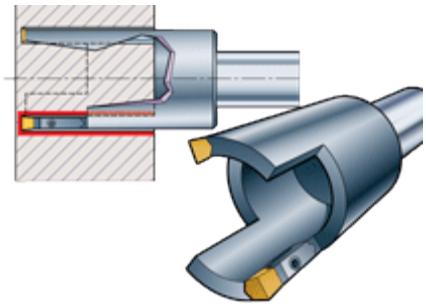
Gun drill

- توسـيع الثقوب: يتم توسـيع الثقوب للاقتراب من المقاس النهائي باسـتخدام البنط أو بالخراطة الداخلية باسـتخدام قضـبان التجويف *Boring bar* وخصـوصـا للتمهيد للقلاووظ أو للبرغلة وفي الحالة الأخيرة يفضـل اسـتخدام بنطة خاصـة بتوسـيع الثقوب *Core drill* لأنها عدة قياسـية مرتبطة بالأبعاد القياسـية للبرغل وتحقق مستوى *IT8* وخشونة ٢,٥ ميكرون.

Core drill

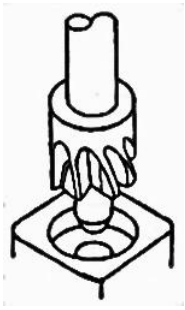
- ويمكن اسـتخدام التفريز الدائري لتوسـيع الثقوب بأقطار كبيرة لكن بعمق لا يتجاوز نصـف القطر باسـتخدام سـكينة طرفية على ماكينات التفريز ذات التحكم العددي أو تثبيت الشـغلة على صـينية دوارة على الفريزة الرأسية.

- التشغيل المنشاري للثقوب *Trepanning* يتم بواسطته تشغيل الثقوب العميقة ذات الأقطار الكبيرة من ٥٠ إلى ٥٠٠ مم و بنسبة طول إلى قطر تصل إلى ١٠٠: ١ باستخدام عدة على هيئة منشار حلقى يعمل على تخليق فجوة حلقية بطول الشغلة تحصر داخلها عمود من المادة يخرج بأكمله سليماً و يستفاد به كمادة خام بدلاً من تحويله إلى رايش و يبلغ مستوى الدقة *IT9* والخشونة ٥ ميكرون.

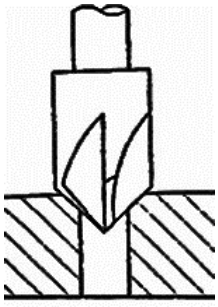


Core drill

- تخويش الثقوب: يستخدم لعمل تخويش عدل *Counter boring* للفجوة اللازمة مثلا لرأس مسمار غاطس بينما تتم عملية التخويش المخروطي *Counter sinking* لمسامير الربط الصغيرة حتى قطر ١٠ مم أو فجوة كبيرة لاستقبال ذنبه ساندة أو عمل شطف للثقوب الكبيرة وتحقق مستوى *IT8* وخشونة ٢,٥ ميكرون.



Counter boring
تخويش عدل



Counter sinking
التخويش المخروطي

- القلاووظ الداخلي: يتم تشغيل القلاووظ الداخلي بذكر القلاووظ للقلاووظات الصغيرة حتى *M20* وتستخدم الخراطة الداخلية لما هو أكبر.

ذكر القلاووظ *M-- tab*

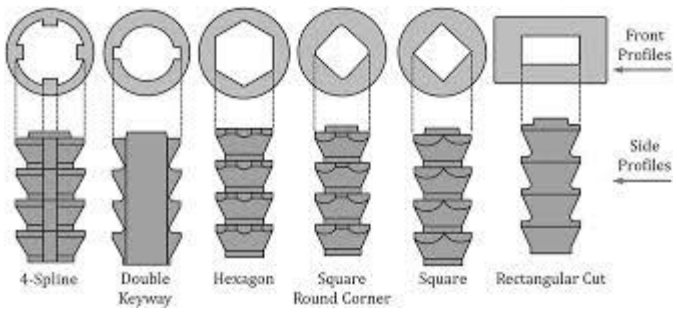
- البرغلة: تتم بواسطتها تشطيب الثقوب حتى مستوى دقة *IT6* ودرجة خشونة ١ ميكرون

البرغل *reamer tool*

- التشـــغيل اللاتقليدى للثقوب: تســـتخدم طريقة التفريغ الكهربي بالقطب لعمل ثقوب حتى قطر ٠,١ مم بعمق حتى ٢,٥ مم وأشعة الليزر لعمل ثقوب حتى قطر ٠,٠٥ مم بعمق حتى ٢,٥ مم في المواد العالية الصـــلادة التي يســـتحيل ثقبها بالعدد المعروفة بينما تســـتخدم الأشـــعة الإلكترونية لعمل ثقوب بقطر من ٠,٠٢ وحتى ٠,١ مم بدقة ± ٠,٠٠٢ بعمق حتى ٣ مم.
- وفيما يلي بيان بحدود الأقطار لكل عملية ثقب:
- التشغيل المنشاري للثقوب للأقطار ٥٠ ـ ٥٠٠ مم لنسبة طول إلى قطر حتى ١٠٠: ١
- الثقب العميق برأس قاطعة لأقطار ٢٠ – ١٠٠ مم لنسبة طول إلى قطر حتى ٢٥٠: ١
- الثقب العميق بسلاح وحيد ١,٥ – ٥٠ مم لنسبة طول إلى قطر حتى ٢٥٠: ١
- الثقب العميق بالبنطة الخاصة بذلك ٦ – ٥٠ مم لنسبة طول إلى قطر حتى ٥٠: ١
- الثقب بالبنط العادية ٠,١ – ٨٠ مم لنسبة طول إلى قطر حتى ١٠: ١ مع سحب البنطة عدة مرات.
- الثقب بالتفريغ الكهربي لأقطار أكبر من ٠,١ بدقة ± ٠,٠٢ مم لعمق حتى ٢,٥ مم بدقة ± ٠,٠٢ مم.
- الثقب بأشعة الليزر لأقطار من ٠,٠٥ لعمق حتى ٢,٥ مم بدقة ± ٠,٠٢ مم.
- الثقب بالأشعة الإلكترونية لأقطار من ٠,٠٢ حتى ٠,١ مم لعمق حتى ٣ مم بدقة ± ٠,٠٠٢ مم.

٢. تخليق الثقوب بالمشدات الداخلية *Hole broaching*

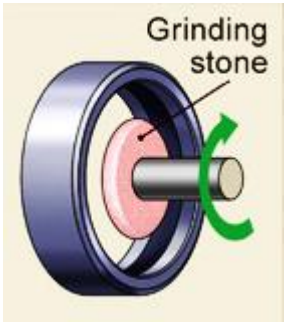
يتكون المشـد الداخلي من عدة أسـطوانية طويلة تحمل عدداً كبيرا من الأسـنان القاطعة تسـحب خلال تجويف الشغلة بينما تتدرج الأسنان في الارتفاع في اتجاه طول المشد بحيث ترتفع كل سنة عن سابقتها بمقدار التغذية لكل سنة و تتقاسم سماح التشغيل فيما بينها بالتساوي وتشمل أسنان للتخشين تبلغ التغذية فيها ٠,٠٥ – ٠,٢مم لكل سـنة (يتحدد عددها من سـماح التخشـين) وأسـنان للتنعيم عددها ٤ - ٦ أسـنان تبلغ التغذية فيها ٠,٠١ – ٠,٠٢ مم لكل سنة لإزالة سماح التنعيم و أسنان للتشطيب عددها ٤ - ٨ أسنان كلها بنفس الارتفاع (التغذية فيها = صفر) بالإضافة إلى أسنان للصقل ويتم تشغيل الثقب في مشوار طولي واحد بسرعة ٤ - ١٠ (م / دقيقة) مما يجعل تخليق الثقوب بالمشـدات أسـرع عمليات التشـغيل على الإطلاق و تحقق دقة تشـغيل تصـل إلى *IT6* وخشونة سطح حتى ١ ميكرون.



broaching tool
عدة تخليق

٣. التجليخ الداخلي: *Internal grinding*

يستخدم لتشطيب الأسطح الدورانية الداخلية لتحقيق مستوى دقة يصل إلى *IT6* ودرجة خشونة حتى ١ ميكرون ويلائم الأسطح المقساة وتبلغ التغذية من ¼ إلى ¾ عرض حجر التجليخ لكل لفة من الشغلة

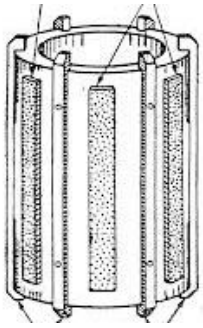


التجليخ الداخلي
Internal grinding

٤. الصقل الداخلي: *Internal honing*

يستخدم لتشطيب الأسطح الداخلية بعد عملية التجليخ ويتم باستخدام عدة أسطوانية دوارة تحمل عدة أصابع من مواد حاكه ناعمة وتتحرك محوريا بحركة تغذية ترددية داخل تجويف الثقب المراد تشـــطيبه يتحقق من خلالها مسـتوى دقة يصـل إلى *IT4* ودرجة خشـونة حتى ٠,٤ ميكرون مما يلائم تصـنيع الأسـطوانات الهيدروليكية والهوائية إلخ.

صقل أسطوانة محرك



عدة صقل
honing tool

٥. التحضين الداخلي: *Internal lapping*

يستخدم للتشطيب العالي للأسطح الداخلية باستخدام معجون يحمل حبيبات حاكه دقيقة وتصل الدقة فيه إلى مستوى *IT2* ودرجة الخشـونة إلى ٠,١٦ ميكرون ومن أمثلة اسـتخدامه تشـطيب أسـطوانة طلمبة حقن الوقود السـائل في محركات الديزل والبنزين *Fuel injection pumps*.

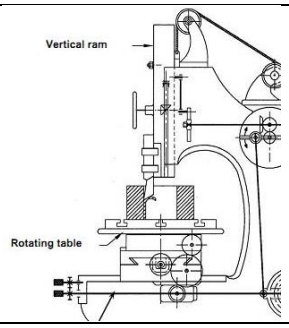
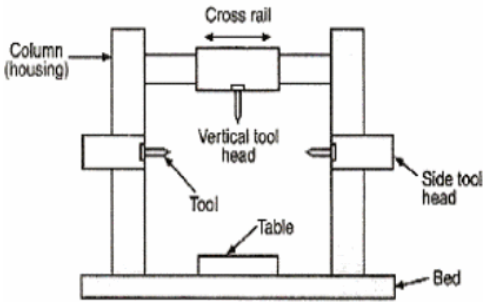
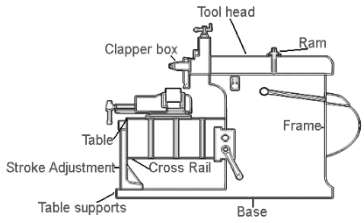
تحضين أسطوانة مضخة زيت
Internal lapping

جدول رقم ٥ عمليات التشغيل الداخلي والعمليات السابقة لها			
العملية	**العملية السابقة**	**الخشونة السابقة (ميكرون)**	**ملاحظات**
الثقب بمثقاب المراكز (سنتر دريل).	تسوية سطح الشغلة بالخراطة الوجهية أو بالتفريز الطرفي على الأسطح الدورانية.	—	—
الثقب بالبنطة.	الثقب بمثقاب المراكز.	—	—
التوسيع بمثقاب التوسيع.	الثقب بالبنطة.	—	—
تشغيل ثقوب مستطيلة بالتفريز.	تسوية السطح بالمكشطة أو بالتفريز.	—	تستخدم سكينة *Slot drill*
الخراطة الداخلية.	الثقب بالبنطة أو تشكيل فجوة بالسباكة.	—	—
التخويش	الثقب بالبنطة	—	—
تشغيل أسطح دورانية داخلية بالتفريز الدائري	الثقب بالبنطة أو التجويف بالسباكة	—	فريزه *CNC*
القلاووظ الداخلي	الثقب أو خراطة داخلية	—	—
البرغلة	الثقب والتوسيع بالمثقاب أو بالخراطة الداخلية الناعمة	أقل من ٢٠	—
تخليق الثقوب بالمشدات الداخلية	خراطة داخلية ناعمة أو برغلة بدقة *IT8* على الأقل	أقل من ٢٠	—
الثقب العميق	ثقب بمثقاب المراكز	—	على ماكينة الثقب العميق
التجليخ الداخلي	خراطة داخلية ناعمة بدقة *IT8* على الأقل	أقل من ١٠	—
الصقل الداخلي	برغلة أو تجليخ داخلي	أقل من ٥	على ماكينة الصقل
التحضين الداخلي	تجليخ داخلي دقيق	أقل من ٥	على ماكينة التحضين
الثقب والتجويف بالتفريغ الكهربي	—	—	على ماكينة التشغيل بالتفريغ الكهربي بالأقطاب

ثالثاً: تشغيل الأسطح المستوية:

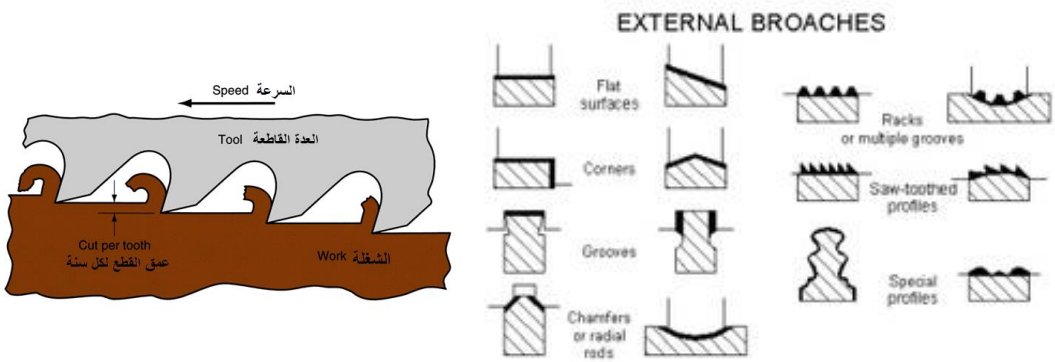
١. الكشط: *Shaping , planning and slotting*

تستخدم المكاشط بأنواعها المختلفة لتشغيل الأسطح المستوية (مثل أسطح الانزلاق لماكينات التشغيل) لأنها ماكينات ترددية تتميز حركة القطع وحركة التغذية فيها بأنها خطية و تستخدم المكاشط العربة في تشغيل المشغولات الكبيرة الحجم الثقيلة الوزن بينما تستخدم المكاشط النطاحة للمشغولات الأصغر حجماً و الأخف وزناً أما المكاشط الرأسية فتستخدم لتشغيل الأسطح المستوية الداخلية والخارجية المنتظمة والمتعددة الأضلاع (مربع – مسدس ... إلخ) وفتح المشقبيات والتجاويف والأخاديد الداخلية نظراً لأنها مزودة بصينية تقسيم ذات تغذية دورانية، وتبلغ دقة التشغيل في حالة الكشط الناعم *IT9* بينما تبلغ خشونة السطح ١٠ ميكرون.

		
slotting المكشطة الرأسية	*planning* المكشطة العربة	*Shaping* المكشطة النطاحة

٢. التخليق بالمشدات الخارجية *External broaching*

يتكون المشد الخارجي مثل المشد الداخلي من عدد كبير من الأسنان تتزايد في الارتفاع بطريقة متدرجة بحيث ترتفع كل سنة عن سابقتها بمقدار التغذية للسنة وبالتالي تتقاسم الأسنان سماح التشغيل بالتساوي على طول المشد وتشمل أسنان تخشين وتنعيم وتشطيب مما يسمح بإزالة سماح التشغيل كله في مشوار طولي واحد وهو ما يجعل عملية التشغيل بالمشدات من أسرع عمليات التشغيل وتبلغ دقة التشغيل *IT6* وخشونة السطح ١ ميكرون.



التخليق الخارجي

٣. التفريز *Milling*

تستخدم عملية التفريز لتشغيل الأسطح المستوية على النحو التالي:

- **التفريز المحيطي *Peripheral milling***

يستخدم لتسوية الأسطح المنبسطة يستخدم فيه سكاكين ذات أسنان محيطيه لولبية لعرض أكبر من ٣٠ مم وأسنان عدلة لعرض أقل من ذلك ويشترط عند تسوية الأسطح المنبسطة بتلك السكاكين أن يكون عرض السكينة أكبر من عرض الشغلة لمنع احتكاك جانبي السكينة بالشغلة

- **التفريز المحيطي الوجهي *Side and face milling***

تستخدم سكاكين ذات أسنان محيطية وأسنان وجهية لتشغيل سطحين متعامدين في نفس الوقت.

- **التفريز الوجهي *Face milling***

تستخدم رؤوس حاملة للأطراف الكربيدية وتصلح لتسوية الأسطح المستوية بكفاءة تشغيل عالية.

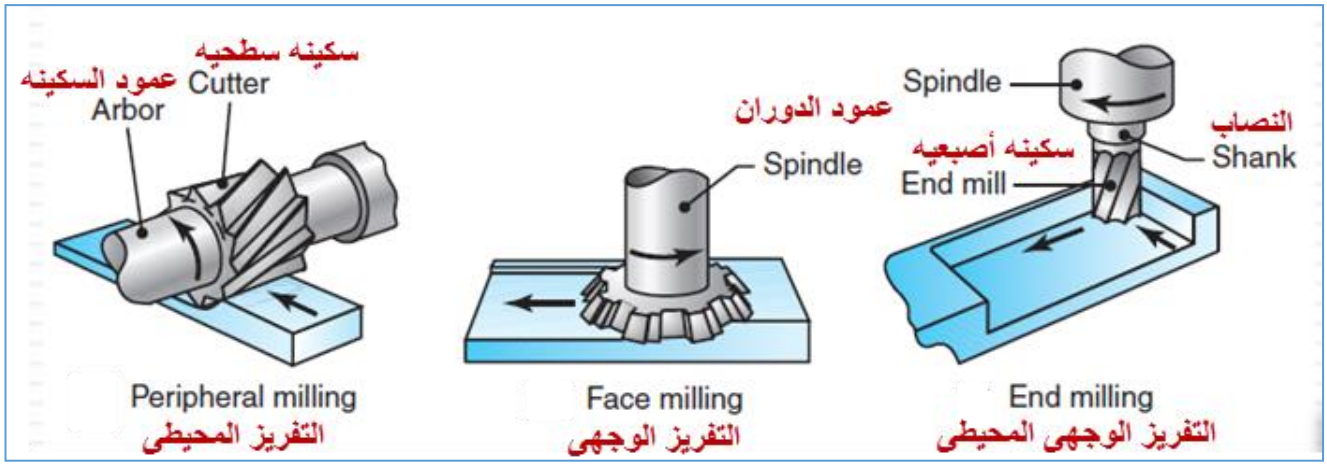
- **التفريز الطرفي *End milling***

لتشغيل المشقبيات وخصوصا مجاري الخوابير المشغلة في الأعمدة.

- **التفريز المحيطي للمشقبيات**

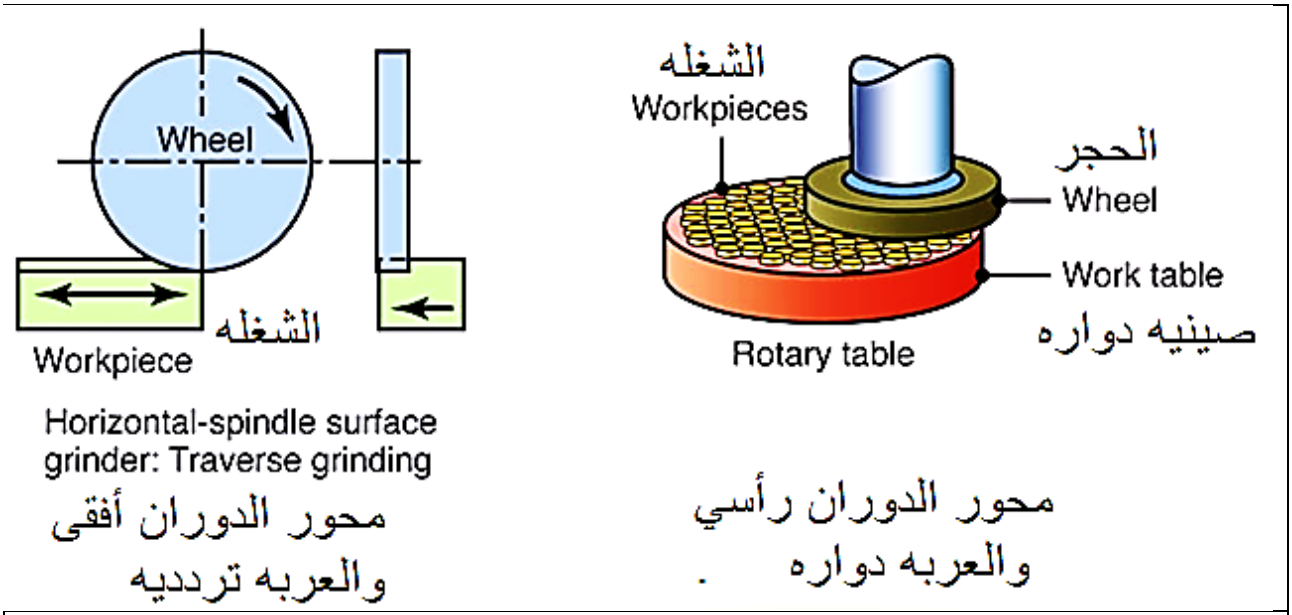
يتم تشغيل المشقبيات ومجاري الخوابير المفتوحة بسكينة تفريز محيطيه ذات عرض صغير حسب عرض المشقبية.

يحقق التفريز الناعم مستوى دقة أعلى من *IT8* وخشونة سطح تصل إلى ٢,٥ ميكرون.



٤. التجليخ السطحي *Surface grinding*

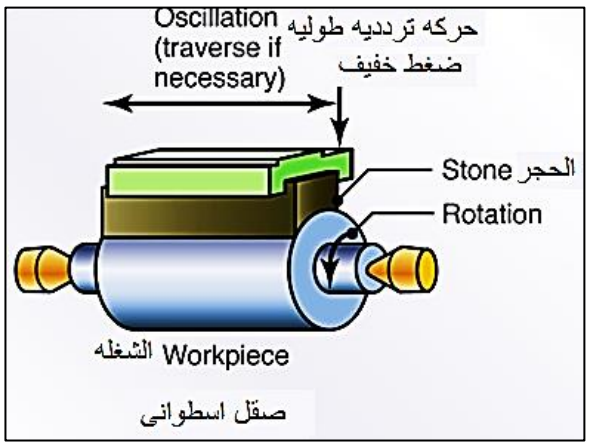
تستخدم عملية التجليخ السطحي كعـــملية تشطيب للأسطح المستوية تتبع الكشط على المكشطة العربة أو المكشطة النطاحة أو بعد عمليات التفريز المحيطي أو الوجهي أو بعد التخليق بالمشدات الخارجية وتصل دقة التجليخ السطحي إلى مستوى *IT5* و درجة الخشونة إلى ٠,٦٣ ميكرون كما تتميز الأسطح بدرجة عالية من الاستواء لا يتجاوز الخطأ فيها ± ٠٠٢, مم .



التجليخ السطحي *Surface grinding*

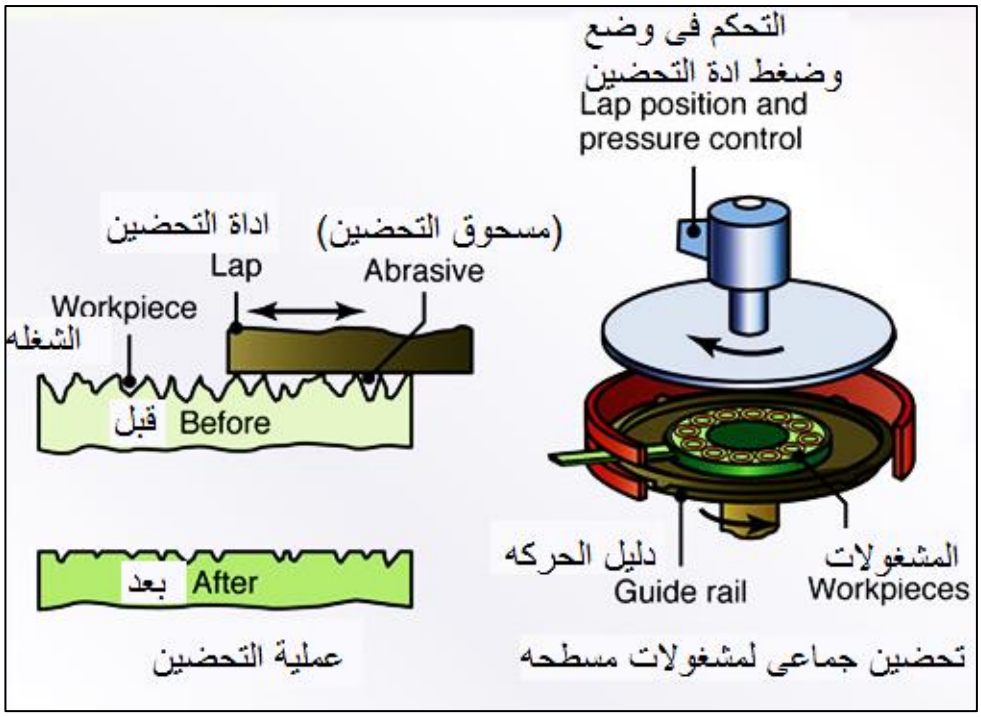
٥. الصقل الخارجي *External honing*

يستخدم لتشطيب الأسطح الخارجية مع تحسين محدود في دقة الأبعاد والشكل ويتم باستخدام حجر متوسط الصلادة يتكون من مواد حاكه دقيقة الحبيبات وبالضغط به على الشغلة بقوة من ٥ إلى ٥٠٠ نيوتن مع حركة قطع اهتزازيه للحجر في حدود ٢ – ٧ مم بتردد ٢ – ٥٠ ذبذبة / ثانية وتتحرك الشغلة بحركة التغذية الطولية عموديا على اتجاه الاهتزازات المستعرضة وتصل الدقة إلى *IT4* وخشونة السطح إلى ٠,٤ ميكرون.



٦. التحضين الخارجي *External lapping*

يستخدم للتشطيب العالي للأسطح من ناحية واحدة أو من الجهتين باستخدام حبيبات حاكه دقيقة محمولة في معجون وتتميز هذه الطريقة بعدم تأثرها بالأخطاء الهندسية للأسطح الانزلاقية للماكينة المستخدمة مما يسمح بدقة أعلى وتعتبر أدق وسائل التشطيب المعروفة وتصل الدقة فيها إلى مستوى *IT2* ودرجة الخشونة إلى ٠,١٦ ميكرون.



رابعاً: تشغيل الأسطح الداخلية غير الدورانية:

تنقسم إلى أسطح مسننة (تروس) أو مضلعة أو مخددة أو كنتور يتم تفتيح أسنان التروس الداخلية على مقشطة التروس بينما يتم تشغيل الأسطح الداخلية المضلعة المنتظمة (مربع - مسدس ... إلخ) والمخددة بواسطة المشدات الداخلية بينما تشغل أسطح الكنتور الداخلي بالتفريز باستخدام سكينة طرفية على ماكينة تفريز بالتحكم العددي *CNC* و تستخدم أيضا ماكينات التشغيل بالتفريغ الكهربي (ماكينات القطع بالسلك *wire cut* أو الشرارة *spark*) لهذا الغرض خصوصا في حالة المواد عالية الصلادة والتي يستحيل أو يصعب تشغيلها بالطرق التقليدية.

خامساً: تشغيل الأسطح الخارجية غير الدورانية

مثل تشغيل المحيط الجانبي للمشغولات بشكل معين كنتور *Contouring* ويستخدم لذلك ماكينات التفريز ذات التحكم العددي كما يستخدم التشغيل بالتفريغ الكهربي أو بالتشغيل الكهروكيميائي خصوصا في حالة المواد عالية الصلادة وتشغل التروس الخارجية بأنواعها بإحدى طرق التوليد على ماكينة الهوب أو مكشطة التروس إلخ بينما تشغل الأشكال ذات الفورم بالتفريز بسكاكين الفورم *Form relieved cutter*

جدول ٦ عمليات تشغيل الأسطح المستوية والعمليات السابقة لها			
العملية	**العمليات السابقة**	**درجة الخشونة السابقة (ميكرون)**	**ملاحظات**
تسوية الأسطح بالكشط	—	—	—
تسوية الأسطح بالتفريز	—	—	—
تسوية الأسطح الجانبية عموديا على القاعدة	تسوية السطح السفلى بالتفريز أو بالكشط	—	سكينة طرفية
التخليق بالمشد الخارجي	تسوية السطح السفلى بالتفريز أو بالكشط	—	—
تشغيل في محيط مغلق (كنتور) *Contour*	تسوية السطح السفلى بالتفريز أو بالكشط	—	سكينة طرفية
تفتيح مجاري الخوابير في الأعمدة بالتفريز الطرفي أو المحيطي	خراطة الأعمدة	—	سكينة مجاري خوابير محيطية للمجاري المفتوحة وسكينة طرفية للمجاري المقفلة
تفتيح مجاري مفتوحة الطرفين بالتفريز المحيطي	تسوية السطح السفلى والعلوي والجانبين بالتفريز أو بالكشط	—	سكينه وجه وجنب
تفتيح مجاري حرف *T* بالتفريز المحيطي الوجهي	تفتح المجاري بسكينة وجه وجنب بمستوى دقة *IT8*	أقل من ٢٠	سكينة مجاري *T*
التجليخ السطحي	تسوية السطح بالتفريز أو بالكشط مستوى دقة *IT8*	أقل من ٢٠	—
الصقل الخارجي	تجليخ ناعم مستوى دقة *IT6*	أقل من ٥	—
التحضين الخارجي	تجليخ ناعم مستوى دقة *IT 6*	أقل من ٥	—
التشغيل بالتفريغ الكهربي بالقطب أو بالسلك	—	—	—
التشطيب الكهروكيميائى	تسوية بالتفريز أو بالكشط لمستوى دقة *IT8*	أقل من ٢٠	—

تخطيط تسلسل عمليات التشغيل: *Process Sequence Planning*

الخطوات التمهيدية لتخطيط عمليات التشغيل:

انطلاقاً من الرسومات التنفيذية لأجزاء المنتج يتم اتخاذ الخطوات التالية تمهيدا لتخطيط عمليات التشغيل:

١. دراسة الرسومات التنفيذية للجزء المراد تصنيعه لاستخلاص البيانات الآتية:

أ. شكل الجزء.

ب. أبعاد الجزء.

ت. الدقة وجودة تشطيب السطح.

ث. المعادن المستخدمة.

ج. المعالجة الحرارية اللازمة.

٢. تحليل البيانات ويتضمن ما يلي:

أ. تحليل شكل الجزء إلى العناصر الهندسية الأساسية للأسطح (أسطح دورا نية، مستوية، داخلية، خارجية ... إلخ) حسب التصنيف السابق ذكره.

ب. تحديد الأبعاد الحاكمة التي تؤثر على اختيار عمليات التشغيل واختيار العدد القاطعة فمثلا لتشغيل ثقب بقطر صغير وعمق كبير يستلزم استخدام عملية الثقب العميق بالعدة الخاصة بها.

ت. تحليل بيانات الدقة ودرجة تشطيب السطح (قيمة الإنجاز أو خشونة السطح) من بيانات التفاوتات المكتوبة على الأبعاد في الرسم التنفيذي للجزء وذلك لتحديد مستوى الدقة (رتبة التفاوت *IT*) كما يلي:

- حساب مقدار التفاوت من العلاقة

مقدار التفاوت في البعد = (الحد الأقصى – الحد الأدنى) للبعد

وطبقاً للنظام الدولي للتوحيد القياسي *ISO* فإن:

مقدار التفاوت في البعد = قيمة التفاوت الأساسي حسب مستوى الدقة *IT* x معامل البعد (ϑ)

$$\vartheta = 0.45\ x\ \sqrt[3]{d}\ +\ 0.001\ d$$

حيث:

d: = البعد المعطى له التفاوت سواء كان قطرا أو طولا (مم)

وعلى ذلك فإن:

قيمة التفاوت الأساسي = $\frac{\text{مقدار التفاوت في البعد}}{\vartheta}$ (ميكرون)

ومن جدول رتب التفاوت (جدول رقم ١) يمكن تحديد رتبة التفاوت المناظرة لقيمة التفاوت وللمجال الذي يقع فيه البعد الأسمي المعطى d

٣. تحديد عملية التشغيل النهائية المناسبة:

بعد تحديد رتبة التفاوت يمكن تحديد عملية التشـغيل النهائية المناسـبة ودرجة الخشـونة الناتجة بالميكرون من خلال العلاقة بيانات رتبة التفاوت ودرجة تشـطيب السـطح (قيمة الإنجاز المطلوبة) (جدول رقم ٣) كما سـبق وأن أوضحنا.

الشروط الواجب توافرها في عملية التشغيل النهائية:

- ملاءمتها لتشغيل نوع الأسطح المطلوبة.
- ملاءمتها لنوع المادة المختارة.
- تحقق مستوى الدقة ودرجة الخشونة المطلوبة.
- تناسب حجم الإنتاج المتوقع.
- تحقق أقل تكلفة تصنيع.

٤. تحديد عمليات التشغيل السابقة:

لكي يتم تحقيق مسـتوى الدقة والخشـونة المطلوبة بناء على متطلبات عملية التشـغيل النهائي لابد من تحديد تسلسل خطوات التشغيل والتي تتضمن عمليات التشغيل المسبق وذلك كما سبق وأوضحنا من الجداول رقم ٤ ، ٥ ، ٦ .

وفيما يلي جدول رتب التفاوت *IT* (مستوى الدقة) طبقا للنظام الدولي *ISO* كاملاً

NOMINAL(BASIC) SIZES (mm) البعد الاسمي (مم)		INTERNATIONAL TOLERANCE GRADES جدول رقم (١) رتب التفاوت الدولية (كلما زادت رتبة التفاوت قلت دقة الجزء المصنع)								
OVER أكبر من	UP TO INCL. حتى ويشمل	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7
0	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18
18	30	0.6	1	1.6	2.6	4	6	9	13	21
30	50	0.8	1	1.6	2.6	4	7	11	16	25
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	16	22	35
120	180	1.2	2	3,5	5	8	12	18	25	40
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	62
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57
400	500	4	6	8	10	16	20	27	40	63
500	630	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70
630	800	5	7	10	12	18	25	35	50	80
800	1000	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90

NOMINAL(BASIC) SIZES (mm) البعد الاسمي (مم)		INTERNATIONAL TOLERANCE GRADES جدول رقم (١) رتب التفاوت الدولية (كلما زادت رتبة التفاوت قلت دقة الجزء المصنع)								
OVER أكبر من	UP TO INCL. حتى ويشمل	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7
1000	1250	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105
1250	1600	8	11	16	21	29	40	54	78	126
1600	2000	9	13	18	26	35	48	65	92	160
2000	2500	11	16	22	30	41	67	77	110	175
2500	3150	13	18	26	36	60	69	93	135	210

NOMINAL(BASIC) SIZES (mm) البعد الاسمي (مم)		INTERNATIONAL TOLERANCE GRADES تابع جدول رقم (١) رتب التفاوت الدولية (كلما زادت رتبة التفاوت قلت دقة الجزء المصنع)								
OVER أكبر من	UP TO INCL. حتى ويشمل	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
0	3	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3	6	18	30	48	75	120	180	300	480	760
6	10	27	36	68	90	60	220	360	580	900
10	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	33	52	84	130	210	330	520	840	1300

NOMINAL(BASIC) SIZES (mm) البعد الاسمي (مم)		INTERNATIONAL TOLERANCE GRADES تابع جدول رقم (١) رتب التفاوت الدولية (كلما زادت رتبة التفاوت قلت دقة الجزء المصنع)								
OVER أكبر من	UP TO INCL. حتى ويشمل	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
30	50	39	62	100	160	260	390	620	1000	1600
50	80	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	64	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	60	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	81	130	210	320	620	810	1300	2100	3200
315	400	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	97	155	250	400	630	970	1500	2500	4000
500	630	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400
630	800	125	200	320	500	800	1250	2000	3200	6000
800	1000	140	230	360	560	900	1400	2300	3600	5600
1000	1250	165	260	420	660	1060	1650	2600	4200	6600
1250	1600	195	310	500	780	1260	1950	3100	5000	7800
1600	2000	230	370	600	920	1500	2300	3700	6000	920
2000	2500	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000
2500	3150	330	540	860	1360	2100	3300	5400	8000	1350

مثال:

يراد تشغيل السطح الأسطواني الداخلي في جزء من صلب *ST 37* بالمواصفات التالية:

$d = 25^{+0.021}\ mm$

$R_t = 1.6\ \mu m$

حيث:

d: قطر الجزء المشغل (مم)

R_t : درجة خشونة = ١,٦ ميكرون

حدد عمليات التشغيل المطلوبة.

الحل:

مقدار التفاوت في القطر = ٢١ ميكرون

نحسب معامل القطر ϑ من العلاقة:

$$\vartheta = 0.45\ x\ \sqrt[3]{d}\ +\ 0.001\ d$$

$$\vartheta = 0.45\ x\ \sqrt[3]{25}\ +\ 0.001\ x\ 25 = 1.340$$

وعلى ذلك فإن:

قيمة التفاوت الأساسي = $\frac{\text{مقدار التفاوت في البعد}}{\vartheta}$ (ميكرون)

قيمة التفاوت الأساسي = $\frac{21}{1.340} = 16$ (ميكرون)

وهو ما يناظر مستوى الدقة *IT7* وذلك بالرجوع إلى الجدول رقم ١ وأمام مجال البعد الاسمي من *30 : 18*.

<u>عمليات التشغيل الممكنة لهذا الجزء</u>

بالرجوع إلى جدول رقم (٣) يتضح أن العمليات الممكنة للتشغيل النهائي لهذا الجزء هي الخراطة عالية الدقة أو البرغلة الدقيقة أو التجليخ الدقيق ويختار منها عملية البرغلة الدقيقة لأنها أقل تكلفة وأسهل في التنفيذ وهي تتطلب عمليات سابقة مثل الثقب والتوسيع وعلى ذلك يصبح تسلسل العمليات كما يلي:

١. ثقب بمثقاب المراكز.

٢. ثقب بالبنطة.
٣. توسيع إما بمثقاب التوسيع أو بالخراطة الداخلية.
٤. برغلة دقيقة.

التسلسل النمطي لعمليات التشغيل:

يمكن وضع تصور عام للتسلسل النمطي لعمليات التشغيل بالاسترشاد بالجداول رقم (٤،٥،٦) على النحو التالي:

أولاً: تسلسل عمليات تشغيل الأسطح الدورانية الخارجية:

١. التشغيل الخارجي فائق الدقة للأسطح الدورانية *IT4 – IT2* يستلزم التسلسل الآتي:
أ. خراطة خارجية ناعمة.
ب. معالجه حرارية (إن وجد).
ت. تجليخ خارجي.
ث. تجليخ عالي الدقة أو صقل.
ج. تحضين.

وفي حالة المواد الغير حديدية والغير معدنية تستخدم الخراطة فائقة الدقة بالماس على معدات فائقة الدقة والجساءة وتحت ظروف خاصة.

٢. التشغيل الخارجي عالي الدقة *IT6 – IT4* يستلزم التسلسل الآتي:
أ. خراطة خارجية ناعمة
ب. معالجة حرارية (إن وجد)
ت. تجليخ خارجي
ث. تجليخ عالي الدقة أو صقل.

وفى حالة المواد غير الحديدية أو غير المعدنية تستخدم الخراطة عالية الدقة بالماس.

٣. التشغيل الخارجي الدقيق *IT7 – IT5* للمواد الحديدية يستلزم الآتي:
أ. الخراطة الخارجية الناعمة
ب. معالجة حرارية (إن وجد)
ت. تجليخ خارجي.

وفى حاله المواد غير الحديدية تســـتخدم الخراطة الخارجية الناعمة ثم الخراطة الدقيقة بالماس كما في حالة الكباسات المصنوعة من سبائك الألمنيوم.

٤. التشغيل الخارجي متوسط الدقة *IT10 – IT8* يستلزم التسلسل الآتي:

أ. خراطة خارجية تخشين

ب. خراطة تنعيم.

٥. التشغيل الخارجي منخفض الدقة *IT12 – IT10* يستلزم خراطة خارجية عادية.

ثانياً: تسلسل عمليات تشغيل الأسطح الدورانية الداخلية:

١. التشغيل الداخلي فائق الدقة *IT4 – IT2* يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. ثقب.

ب. خراطة داخلية أو تشغيل بمثقاب توسيع.

ت. معالجة حرارية (إن وجد).

ث. تجليخ أسطواني داخلي.

ج. صقل.

ح. تحضين.

٢. التشغيل الداخلي عالي الدقة *IT6 – IT4* يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. ثقب.

ب. خراطة داخلية أو تشغيل بمثقاب توسيع.

ت. معالجة حرارية (إن وجد).

ث. تجليخ أسطواني داخلي.

ج. صقل.

وفي حالة المواد الغير الحديدية والغير معدنية يســـتخدم الماس للخراطة الداخلية عالية الدقة على مخارط عالية الدقة والجساءة.

٣. التشغيل الداخلي الدقيق *IT8 – IT6* يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. ثقب

ب. خراطة داخلية أو تشغيل بمثقاب توسيع

ت. معالجة حرارية (إن وجد)

ث. تجليخ داخلي ويستبدل التجليخ بالبرغلة في حالة الإنتاج قليل العدد أو بالتخليق بالمشد الداخلي في حالة الإنتاج الكمي أو عند تشغيل المواد الغير حديدية عند عدم الحاجة إلى التجليخ.

وفى حالة الثقوب العميقة الصغيرة القطر يستخدم الثقب العميق *Deep hole drilling*

بينما في حالة الثقوب العميقة كبيرة القطر يستخدم التشغيل المنشاري للثقوب *Trepanning*

٤. التشغيل الداخلي متوسط الدقة *IT8 - IT10* يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. ثقب

ب. خراطة داخلية أو تشغيل بمثقاب توسيع

٥. التشغيل الداخلي منخفض الدقة *IT10 – IT12*: يستلزم الثقب في حالة موافقة الأبعاد لذلك أو الثقب ثم الخراطة الداخلية.

ثالثاً: تسلسل عمليات تشغيل الأسطح المستوية:

١. تشغيل فائق الدقة للأسطح المستوية *IT2 – IT4* يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. تفريز وجهي ناعم

ب. معالجه حرارية (إن وجد).

ت. تجليخ سطحي.

ث. تجليخ سطحي عالي الدقة أو صقل.

ج. تحضين.

٢. تشغيل عالي الدقة للأسطح المستوية *IT 4 – IT6* يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. تفريز وجهي أو محيطي ناعم.

ب. معالجه حرارية (إن وجد).

ت. تجليخ سطحي.

ث. تجليخ سطحي عالي الدقة أو صقل.

٣. تشغيل دقيق *IT6 – IT8* يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. تفريز وجهي أو محيطي ناعم.

ب. معالجه حرارية (إن وجد).

ت. تجليخ سطحي.

٤. تشغيل متوسط الدقة *IT8 – IT10* يستلزم الآتي:

يكتفى بالتفريز الوجهي أو المحيطي

٥. تشغيل منخفض الدقة *IT12 – IT10* يستلزم الآتي:

التفريز العادي أو الكشط.

رابعاً: تشغيل القلاووظ:

القلاووظ الخارجي:

١. تشغيل عالي الدقة يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة خارجية ناعمة.

ب. تقسية

ت. تشغيل القلاووظ بالتجليخ

ث. ثم بالتحضين.

٢. تشغيل دقيق يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة خارجية ناعمة.

ب. تقسية

ت. تشغيل القلاووظ بالتجليخ.

وفي حالة القلاووظ كبير الخطوة:

أ. خراطة خارجية ناعمة

ب. خراطة القلاووظ

ت. تقسية

ث. تجليخ القلاووظ

أو:

أ. خراطة خارجية ناعمة.

ب. تفريز القلاووظ.

ت. تقسية.

ث. تجليخ القلاووظ.

٣. تشغيل متوسط الدقة يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة خارجية ناعمة.

ب. خراطة أو تفريز القلاووظ.

٤. تشغيل منخفض الدقة يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة خارجية.

ب. تشغيل بكفة القلاووظ.

القلاووظ الداخلي:

١. تشغيل عالي الدقة يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة داخلية ناعمة.

ب. تقسية.

ت. تشغيل القلاووظ بالتجليخ الداخلي.

ث. تحضين.

٢. تشغيل دقيق يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة داخلية ناعمة.

ب. تقسية.

ت. تشغيل القلاووظ بالتجليخ الداخلي.

٣. تشغيل متوسط الدقة يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة داخلية ناعمة.

ب. خراطة داخلية أو تفريز داخلي للقلاووظ.

٤. تشغيل منخفض الدقة يستلزم:

تشغيل بذكر القلاووظ.

خامساً: تشغيل التروس (المسننات):

التروس الخارجية:

١. تشغيل فائق الدقة (*IT2 – IT4*) يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة خارجية ناعمة.

ب. تفتيح الأسنان على إحدى ماكينات تفتيح التروس.

ت. تقسية.

ث. تجليخ خارجي أسطواني.

ج. تجليخ الأسنان.

ح. صقل.

خ. تحضين.

٢. تشغيل عالي الدقة (*IT4 – IT6*) يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة خارجية ناعمة.

ب. تفتيح الأسنان على إحدى ماكينات تفتيح التروس.

ت. تقسية.

ث. تجليخ خارجي أسطواني.

ج. تجليخ الأسنان.

ح. صقل.

٣. تشغيل دقيق (*IT6 – IT8*) يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة خارجية ناعمة.

ب. تفتيح الأسنان على إحدى ماكينات تفتيح التروس.

ت. تقسية.

ث. تجليخ خارجي أسطواني.

ج. تجليخ الأسنان.

وفى حالة عدم الحاجة إلى تقسية يستخدم السحج (حلاقة التروس) *(Gear Shaving)* بعد تفتيح الأسنان مباشرة بدلا من تجليخ الأسنان كما هو الحال في حالة المواد الغير حديدية والمواد الغير معدنية.

٤. تشغيل متوسط الدقة (*IT8 – IT10*) يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة خارجية ناعمة.

ب. تفتيح الأسنان على إحدى ماكينات تفتيح التروس.

تشغيل منخفض الدقة (*IT10 – IT12*) يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة خارجية ناعمة.

ب. تفتيح الأسنان بسكينة قطع تروس على الفريزة الأفقية

<u>التروس الداخلية:</u>

١. تشغيل فائق الدقة (*IT2 – IT4*) يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة داخلية ناعمة.

ب. تفتيح الأسنان على مكشطة التروس.

ت. تقسية.

ث. تجليخ داخلي أسطواني.

ج. تجليخ الأسنان.

ح. صقل.

خ. تحضين.

٢. تشغيل عالي الدقة (*IT4 – IT6*) يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة داخلية ناعمة.

ب. تفتيح الأسنان على مكشطة التروس.

ت. تقسية.

ث. تجليخ داخلي أسطواني.

ج. تجليخ الأسنان.

ح. صقل.

٣. تشغيل دقيق (*IT6 – IT8*) يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة داخلية ناعمة.

ب. تفتيح الأسنان على مكشطة التروس.

ت. تقسية.

ث. تجليخ داخلي أسطواني.

ج. تجليخ الأسنان.

٤. تشغيل متوسط الدقة (*IT8 – IT10*) يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. خراطة داخلية ناعمة.

ب. تفتيح الأسنان على مكشطة التروس.

تسلسل عمليات تشغيل الأسطح بصفة عامة:

تحتوي المشغولات عادة على عدة أسطح هندسية مختلفة الأشكال دورانية وغير دورانية داخلية وخارجية إلخ، يكون بينها علاقات تموضـــع كالتوازي أو التعامد أو الميل بزاوية محددة أو المركزية إلخ، لذلك يجب أخذ هذا في الاعتبار عند وضع تسلسل العمليات للمحافظة على تلك العلاقات ومن ثم للوصول إلى مستوى دقة الوضع المطلوب مما يستلزم البدء بعمليات التشغيل التي تشكل الأسطح المرجعية للعمليات التالية لها والتي يحددها رسم الشغلة ومن أمثلة ذلك:

١. تفريز مشقبية خابور (أو تشغيل بطح) في عامود يستلزم أن يتم تشغيل المشقبية (أو البطح) موازيا لمحور العامود أي للسطح الأسطواني الخارجي له الموازي لهذا المحور بطبيعة الحال، لذلك يعتبر السطح الخارجي للعمود مرجعيا بالنسبة للتفريز وعليه فلابد أن يبدأ التشغيل بالخراطة ثم بالتفريز مع مراعاة أن يتم التثبيت عند التفريز على نفس السطح المرجعي المستخدم في الخراطة مثال ذلك إذا تمت الخراطة بين ذنبتين (محور العمود) يجب أن يتم التفريز بالتثبيت بين الذنبتين وإذا كان التثبيت في الخراطة بالظرف والذنبة تستخدم نفس طريقة التثبيت عند التفريز.
٢. الثقب المحوري في وجه شغلة أسطوانية أو الموازي للمحور لابد أن يكون عموديا على الوجه لذلك ينبغي تسوية الوجه عموديا على القطر الخارجي للشغلة حيث يكون القطر الخارجي مرجعيا بالنسبة للخراطة الوجهية ثم للثقب بعد ذلك.
٣. تفتيح أسنان التروس لابد أن يتم بالنسبة لمحور الترس أي بالنسبة للقطر الداخلي في حالة التروس الخارجية أو الخارجي في حالة التروس الداخلية، بالإضافة إلى الأسطح الوجهية للترس كأسطح مرجعية يلزم تشغيلهم أولا بالخراطة الوجهية ثم الداخلية ثم البرغلة أو التجليخ لتشطيب القطر الداخلي، و يتم ذلك كله بالنسبة للقطر الخارجي كسطح مرجعي أولى ثم تستخدم هذه الأسطح كأسطح مرجعية لتشطيب القطر الخارجي ثم يتم تفتيح الأسنان على إحدى ماكينات تشغيل التروس للوصول إلى مستوى دقة *IT10 - IT8* ويتبعها عملية سحج للأسنان *Gear shaving* أي حلاقة للوصول إلى مستوى *IT8 - IT6* عند عدم الحاجة إلى التقسية (أو للمواد التي لا تقبل التقسية) أو التجليخ بمستوى دقة *IT8 - IT6* في حالة الاحتياج إلى التقسية ويتم التشغيل في كل الأحوال بالنسبة إلى القطر الداخلي كسطح مرجعي.

تخطيط تسلسل خطوات التشغيل *Operation Sequence Planning*

تتكون كل عملية تشغيل من مجموعة من الخطوات تتم على نفس الماكينة يلزم تحديدها واختيار العدة المناسبة وشروط التشغيل لكل خطوه ومنها يمكن حساب زمن التشغيل فمثلا تحتاج عمليات الخراطة الطولية إلى خراطة وجهية وثقب ذنبه لنتمكن من سند الشغلة بالغراب المتحرك وهذه يجب أن تتم قبل الخراطة الطولية حتى يتسنى تثبيت الشغلة وسندها جيدا فتصبح الخطوات كما يلي تطبيقا لقاعدة الأسطح المرجعية:

١. تثبيت الشغلة في الظرف مع سندها بالمخنقة الثابتة.
٢. خراطة وجهية.
٣. خراطة طولية لمسافة تكفي للربط في الظرف.
٤. تقلب الشغلة وتسند بالمخنقة الثابتة للخراطة الوجهية للقورة الثانية.

٥. عمل ثقب ذنبه في محور الشغلة.
٦. سند بالذنبة من الغراب مع التثبيت في الظرف.
٧. الخراطة الطولية أو العرضية المطلوبة.
٨. القياس.
٩. القطعية بعد انتهاء خطوات التشغيل.

وتتبع خطوات مماثلة في حالات التشغيل الأخرى كالتفريز أو التجليخ ... إلخ.

تقدير سماح التشغيل ***Machining Allowance***

يحتاج تخطيط عمليات التشغيل إلى تحديد سماح التشغيل في كل خطوة من خطوات عملية التشغيل وهو عمق الطبقة المراد إزالتها بخطوة التشغيل لإزالة عيوب الخطوة السابقة ويعتمد بالتالي على أخطاء الأبعاد وخشونة السطح لذلك يحسب الحد الأدنى لسماح التشغيل على النحو التالي:

أولاً: عملية التشغيل النهائية وما قبلها:

١. للأسطح الدورانية:

سماح التشغيل = ½ تفاوت القطر + (خشونة السطح السابق - خشونة السطح المشطب)

٢. للأسطح المستوية:

سماح التشغيل = تفاوت البعد + (خشونة السطح السابق - خشونة السطح المشطب)

ثانياً: عملية التشغيل الأولى من الخام:

سماح التشغيل للأقطار mm $= 0.3 * \sqrt{D} * \sqrt[8]{L}$

سماح التشغيل الأطوال mm $= 0.2 * \sqrt{D} * \sqrt[8]{L}$

حيث:

D: القطر بعد التشغيل مم.

L: الطول بعد التشغيل مم.

ليصبح قطر الخام = القطر بعد التشغيل + سماح التشغيل للأقطار

وطول الخام = الطول بعد التشغيل + سماح التشغيل الأطوال

إعداد بطاقات العمليات *Process Sheets*

بناء على ما تقدم يمكن إعداد خطة العمليات *Process planning* التي توضح مسار الجزء خلال العمليات المختلفة في بطاقة تعرف باسم بطاقة العمليات *Routing sheet* أو *Process sheet* توضح تسلسل العمليات والماكينات المستخدمة ونوع المثبتات المطلوبة كما هو مبين بالشكل التالي:

بطاقة العمليات *Process sheet*		
اسم الجزء:----------	**رقم أمر التشغيل:---------**	
الكميه:---------	**المادة: ----------**	**مقاس الخام: --------**

م	عملية التشغيل	الماكينة المستخدمة	المثبتات وملحقاتها	زمن العملية
١				
٢				
٣				
٤				
٥				

إعداد بطاقة خطوات التشغيل ***Operation sheet***

يتم إعداد التسلسل التكنولوجي لخطوات التشغيل لكل عمليه بحيث يوضح في كل خطوة قيمه عمق القطع والتغذية وسرعة القطع وزمن التشغيل ثم تقدير الزمن التجهيز والتحميل وإيجاد زمن دورة التشغيل وتعرف بطاقة خطوات التشغيل باسم *Operation sheet* ويوضح الشكل الآتي هذه البطاقة:

بطاقة خطوات التشغيل ***Operation sheet***	
اسم العملية:	
رسم الجزء:	الماكينة:
	رقم كودى:
	العدد:
	المثبتات:

اسم الجزء:	رقم أمر التشغيل:
المادة:	الكمية:

م	خطوات التشغيل	مشوار التشغيل	سرعة القطع	سرعة الدوران	التغذية	عمق القطع	الزمن	
							تجهيز	تشغيل
						الزمن الكلى		

الباب الثالث

شروط التشغيل وحساب أزمنة القطع

اختيار شروط التشغيل

يحتاج تخطيط العمليات إلى اختيار شـروط التشـغيل لكل خطوة و ذلك يعنى بالتحديد إيجاد قيم سـرعة القطع والتغذية وعمق القطع التي تعتبر المتغيرات الأسـاسـية لأى عملية تشـغيل حيث أنها تؤثر تأثيرا مباشـراً على أدائها من خلال تأثيرها على قوى القطع و القدرة المستنفذة و درجة الحرارة في منطقة القطع وعمر العدة ودقة التشـغيل وجودة التشـطيب وهو ما يؤثر بالتالي على معدل إزالة المادة من سـطح الشـغلة ومن ثم على معدلات الإنتاج وزمن التشـغيل وتكلفة القطعة، لذلك يؤدى سـوء اختيار شـروط القطع إلى انخفاض الإنتاجية و تدهور مستوى جودة المنتج وارتفاع تكلفة التصنيع، و يتم تحديد قيمه شروط القطع حسب الترتيب التالي:

أولاً: -تحديد عمق القطع:

هو مسافة دخول العدة القاطعة عموديا على سطح الشغل وفي الاتجاه العمودي على اتجاه حركة التغذية وتتحدد قيمته بعمق الطبقة المراد إزالتها من سطح الشـغل في كل مشـوار تغذية لإزالة سماح التشـغيل *Machining Allowance* وصولاً من الخامة إلى المنتج النهائي في مشوار واحد أو في عدة مشاوير تغذية و يتضمن ذلك إزالة سـماح التشـغيل المخصـص للتخلص من العيوب الناشـئة من العمليات السـابقة على الشـغلة مثل عدم الاستدارة أو عدم الاستقامة أو عدم الاستواء و خشونة السطح و أخطاء الأبعاد ... إلخ فضـلاً عن التغير في حالة طبقات السطح مثل ما يحدث من تصـلد نتيجة لعمليات التشكيل على البارد كالدرفلة والسحب و خلافه أو تولد الإجهادات الداخلية من عمليات تشـكيل أو تشـغيل سـابقة أو الإجهادات الحرارية الناتجة من التبريد غير المنتظم خلال الصب أو التشكيل على الساخن أو المعالجة الحرارية أو تأكسد السطح ... إلخ و هو ما ينتج عنه ما يسـمى بالطبقة الغشـيمة (*Hard Skin*) وتتراوح قيمة عمق القطع في حالة التخشـين التي تسـتخدم لإزالة العيوب المذكورة ما بين ٢ إلى ١٠ مم حسـب الطريقة التي صـنعت بها الخامة (مسـبوكات – مطروقات – مدرفلات على السـاخن - مدرفلات على البارد ... إلخ) وحسـب خصـائص المادة المراد تشـغيلها (المتانة - الصـلادة) وحسب نوع عملية التشـغيل و حالتها (تخشين – تنعيم) والجساءة الإستاتيكية و الديناميكية لمنظومة التشغيل بأكملها و طاقة الماكينة المستخدمة و بشرط ألا يتجاوز أقصى قيمة لعمق القطع = ٠,٦ *x* عرض الحد القاطع *x* جيب زاوية المقابلة.

وتتراوح قيمة عمق القطع في حالة التشـطيب المتوسـط لإزالة العيوب الناتجة من عملية التخشـين ما بين ٠,٥ إلى ١ مم بينما يستخدم عمق قطع ٠,٢٥ إلى ٠,٥ مم في حالة التشغيل الدقيق.

ثانياً: -التغذية:

هي مقدار ما تتحركه العدة بالنسبة للشغلة في وجود حركة القطع الرئيسية استمراراً لعملية إزالة الرايش فمثلاً في حالة الخراطة فإن حركة القطع الرئيســـية هي حركة دوران المشـــغولة حول محورها بينما حركة العدة الواجب حدوثها أثناء الدوران لإزله الرايش تســـمى هي حركة التغذية، تعطى التغذية في حالة كل من الخراطة والثقب والبرغلة والتخويش بوحدات (مم / لفة) وتعطى في حالة المكاشط بوحدات (مم / للمشوار) بينما تحدد قيمة التغذية في حالة التفريز بوحدات (مم / للسنة) أولاً لضمان عدم زيادة تحميل أسنان السكينة ثم يحسب منها قيمة سرعة التغذية بوحدات (مم / دقيقة).

اختيار قيمة التغذية:

يتم اختيار قيمة التغذية من الجداول حسب نوع عملية التشغيل و ودرجة التشطيب المطلوب (تخشين أو تنعيم) ففي حالة التخشين تؤخذ أكبر قيمة تسمح بها طاقة منظومة التشغيل وجساءتها بحيث لا تؤدى إلى انهيار أي من عناصـرها أو تسـبب التحميل الزائد للماكينة أو انحناء الشـغلة أو العدة القاطعة أو إفلات أي منهما من المثبتات الخاصة بهما وفي حالة التنعيم تختار أكبر قيمة تغذية تؤدى إلى تحقيق مستوى الدقة و درجة التشطيب المطلوبة ويوضـــح الجدول التالي قيم التغذية المعتادة في عمليات التشـــغيل المختلفة ويراعى اختيار القيم الأصـــغر في حالات المواد الأعلى متانة واختيار القيم الأكبر في حالات المواد الأقل متانة.

جدول رقم ١ قيم التغذية لعمليات التشغيل المختلفة لصلب *St 50*

عملية التشغيل	خراطة مم/لفة	ثقب مم/لفة	كشط مم/للمشوار	تفريز			
				وجهي	محيطي	طرفي	
						قطر>٢٠مم	قطر<٢٠مم
				مم / للسنة			
تخشين	١ - ٠,٣	٠,٥ - ٠,١	٣ - ٠,٣	٠,٥ - ٠,١	٠,٢ - ٠,١	٠,٠٥ - ٠,٠٣	٠,١ - ٠,٠٥
تشطيب متوسط	٠,١ - ٠,٠٥	٠,١ - ٠,٠٥	٠,٢ - ٠,١	٠,١ - ٠,٠٥	٠,١ - ٠,٠٥	٠,٠٣ - ٠,٠٢	٠,٠٥ - ٠,٠٣
تنعيم	- ٠,٠٢٥ ٠,٠٥	-	-	- ٠,٠٢٥ ٠,٠٥	- ٠,٠٢٥ ٠,٠٥	٠,٠٢ - ٠,٠١	٠,٠٣ - ٠,٠٢

سرعة التغذية:

تستخدم سرعة التغذية (مم / دقيقة) في الأحوال الآتية: -

١. لحساب زمن التشغيل

$$\text{زمن التشغيل} = \frac{\text{طول مشوار التغذية}}{\text{سرعة التغذية}}$$

٢. اختيار التغذية على ماكينات التفريز التقليدية (مم/ دقيقة) حيث أن التغذية غير مرتبطة بسرعة الدوران كما في حالة الخراطة والثقب.

٣. اختيار التغذية على ماكينات التشغيل *CNC*

ثالثاً: -سرعة القطع:

هي السرعة الخطية لحركة القطع النسبية بين العدة القاطعة والشغلة وتنتج من دوران الشغل في حالة الخراطة ومن دوران العدة القاطعة في حالة التفريز والثقب، بينما تعرف بأنها السرعة الخطية المتوسطة خلال مشوار القطع في حالة المكاشط، ويتم حساب سرعة القطع كما يلي: -

أ- في حالة حركة القطع الدورانية (للعدة أو الشغلة)

$$\textbf{سرعة القطع (ع)} = \frac{\textbf{ط} \times \textbf{ق} \times \textbf{ن}}{١٠٠٠} \quad \textbf{(م/دقيقة)}$$

حيث: ق = قطر العدة أو الشغل أيهما تدور (مم)

ن = سرعة الدوران (لفة / دقيقة)

ط = النسبة التقريبية = ٣,١٤

ب- في حالة حركة القطع الترددية للمكاشط.

$$\textbf{سرعة القطع (ع)} = \frac{\textbf{ل} \times \textbf{ن} (١ + \textbf{ك})}{١٠٠٠} \quad \textbf{(مم / دقيقة)}$$

حيث: ل = طول المشوار الطولي (مم)

ن = سرعة التردد (مشوار/ الدقيقة)

ك = نسبة سرعة القطع إلى سرعة الرجوع (تحدد من الماكينة المستخدمة).

ويتم اختيار سرعة القطع (ع) من الجداول حسب مادة الشغل ومادة العدة القاطعة ونوع عملية التشغيل لعمر محدد للعدة في حالتي التنعيم والتخشين (حسب قيمة التغذية) على ألا تتعدى القدرة اللازمة للتشغيل لسرعة القطع المختارة قدرة المحرك الكهربي المستخدم ويلاحظ أن سرعة القطع المسموح بها لعمر محدد للعدة القاطعة تقل بزيادة صلادة ومتانة مادة الشغلة بينما تزداد مع صلادة العدة القاطعة كما يؤدى استخدام سوائل التبريد إلى زيادة ١٠% إلى٢٠% في السرعة المسموح بها عن القطع الجاف وهى في حالة التنعيم أعلى منها في حالة التخشين بحوالي ٥٠% وعند زيادة سرعة القطع عن القيمة المسموح بها في كل حالة ينخفض عمر العدة القاطعة بدرجة كبيرة فمثلا عند زيادة سرعة القطع بنسبة ٢٠% ينخفض عمر العدة القاطعة بنسبة ٦٧% للعدد المصنوعة من صلب السرعات العالية بينما ينخفض بنسبة ٥٠% للعدد الكربيدية.

حساب سرعة الدوران أو التردد من سرعة القطع: -

بعد اختيار سرعة القطع المناسبة لمادة كل من الشغلة والعدة من الجداول يمكن حساب سرعة الدوران للمخارط والفرايز والمثاقيب ... إلخ كما يلي: -

$$ن = \frac{١٠٠٠ \times ع}{ط \times ق} \text{ (لفة / دقيقة)}$$

وفى حالة المكاشط والماكينات الترددية الأخرى:

$$ن = \frac{١٠٠٠ \times ع}{ل\ (١ + ك)} \text{ (مشوار / دقيقة)}$$

وتفيد معرفة سرعة الدوران في ضبط سرعة عامود الماكينة وكذلك في حساب سرعة التغذية اللازمة لحساب زمن التشغيل حيث أن زمن التشغيل في أي عمليه يتم حسابه كما يلي.

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{\text{طول مشوار التشغيل (ل) } x \text{ عدد المشاوير (و)}}{\text{سرعة التغذية (ى)}}$$

حساب سرعة التغذية:

أ. في حالة الخراطة والثقب والبرغلة:

ى = ت × ن

حيث:

ى = سرعة التغذية (مم/الدقيقة).

ت = التغذية (مم/لفه).

ن = سرعة الدوران (لفه/الدقيقة).

ب. في حالة التفريز:

ى = ت س X س X ن (مم/الدقيقة).

ت س = التغذية (مم/للسنة).

س = عدد أسنان السكينة.

ت. في حالة المكاشط:

ى = ت X ن (مم / الدقيقة).

ت = التغذية (مم/للمشوار).

ن = سرعة التردد (مشوار/الدقيقة).

جدول رقم ٢ سرعات القطع (متر/الدقيقة) لخراطة صلب إنشائي *St 50* أو *C 35* بعدة صلب سرعات عالية (عمر العدة ٦٠ دقيقة).

عمق القطع (مم)	التغذية (مم/ لفة)				
	٠,١	٠,٢	٠,٣	٠,٤	٠,٥
١	٨٠	٦٣	٥٤	٤٨	٤٤
٢	٧٠	٥٥	٤٧	٤٢	٣٨
٣	٦٥	٥٠	٤٤	٣٨	٣٥
٤	٦٢	٤٨	٤٠	٣٦	٣٤
٥	٦٠	٤٦	٣٨	٣٥	٣٢

عمر العدة القاطعة:

عمر العدة هو الزمن بالدقائق لوصول العدة القاطعة إلى حالة يسوء بعدها أداء عملية التشغيل وذلك عندما تصل قيمة البري إلى قيمة محددة ٠,٦ مم لصلب السرعات العالية أو ٠,٤ مم للعدد الكربيد.

جدول رقم٣ سرعات القطع (متر/دقيقة) لخراطة بعض المواد باستخدام عدة صلب سرعات عالية وعدة كربيد.

عمق القطع من ٢ – ٣ مم، التغذية من ٠,٢ – ٠,٥ مم/لفة ، عمر العدة القاطعة ٦٠ دقيقة.

مـــادة الشـغلـة	سـرعـة الـقـطـع متر/دقيـقـة		
	عدة صلب	عدة كربيد	
	سرعات عالية	بدون تغليف	مغلفة
صـلـب إنشائي	٣٥ - ٥٠	١٢٠ - ٢٠٠	١٨٠ - ٣٠٠
صـلـب كربوني	٢٥ - ٣٥	١٠٠ - ١٤٠	١٥٠ - ٢٠٠
صـلـب مـصـبـوب	١٥ - ٢٠	٦٠ - ٨٠	١٠٠ - ١٢٠
صـلـب سبائكي	١٠ - ٣٠	٦٠ - ١٢٠	١٠٠ - ١٨٠
حـديد زهر رمادي ١٤٠ – ١٨٠ *HB*	٢٠ - ٤٠	٨٠ - ١٥٠	١٢٠ - ٢٢٠
حـديد زهر رمادي ٢٢٠ – ٢٦٠ *HB*	١٢ - ٢٠	٦٠ - ٨٠	٩٠ - ١٢٠
حـديد زهـر طـرى	١٥ - ٣٠	٥٠ - ١٢٠	٩٠ - ٢٠٠
حـديد زهـر ناشـف (أبيض)	—	٢٠ - ٦٠	٤٠ - ١٠٠
ألـومـنـيـوم	٢٠٠ - ٣٠٠	١٥٠٠ – ٢٥٠٠	—
ألـومـنيوم / سـيليكون / ماغنسيوم	٥٠ - ٨٠	٣٠٠ – ٤٠٠	—
ألومنيوم سيليكون (١٢% سيليكون)	٤٠ - ٦٠	٣٠٠ – ٤٠٠	—
نـحـاس أحـمـر	٥٠ - ٦٠	٨٠٠ – ١٠٠٠	—
نـحـاس أصـفـر	٨٠ - ١٠٠	٨٠٠ – ١٠٠٠	—
بـــرونـز	٥٠ - ٦٠	٤٠٠ – ٥٠٠	—

ملاحظات :

١. يؤدى استخدام عدد القطع الكربيديه إلى زيادة سرعة القطع إلى حوالي ٤ مرات في حالة تشغيل الصلب ومن ٨-١٠ مرات في حالة تشغيل المواد الغير حديدية وذلك عن استخدام عدد القطع من صلب السرعات العالية.

٢. تتناسب سرعة القطع تناسبا عكسيا مع متانة الشد للمواد المشغلة في حالة الصـــلب الإنشائي والكربوني وعلى ذلك يمكن استنتاج سرعات القطع لأنواع الصلب التي تختلف في المـتانة عن صلب *St 50* (أو *C 35*) من النسبة العكسية للمتانة

٣. في حالة التشغيل المتقطع تخفض سرعة القطع الموجودة في الجداول بنسبة تصل إلى ٢٠%.

٤. عند تشغيل الطبقة الغشيمة في المدرفلات والمطروقات تخفض السرعة بنسبة ٢٠ – ٣٠% بينما في حالة المسبوكات تخفض السرعة بنسبة ٤٠%.

٥. عند زيادة زاوية المقابلة (*æ*) تخفض سرعة القطع المختارة بنسبة ١٠% لكل ١٥° تزيدها زاوية المقابلة عن الزاوية ٤٥°.

٦. في حالة الخراطة الداخلية تخفض ســرعة القطع بنســبة ٢٠% للأقطار الداخلية الصــغيرة حتى ٧٥ مم وتخفض هذه النسبة بزيادة القطر عن ذلك.

٧. في حالة الخراطة الوجهية حتى محور الشغلة ترفع سرعة القطع المختارة بنسبة ٣٠% وتخفض هذه النسبة كلما بعد المشوار عن محور الشغلة.

٨. عند استخدام سوائل التبريد يمكن زيادة سرعات القطع المختارة من الجداول بنسبة ١٠ – ٢٠%.

٩. عند استخدام قلم القطعية تخفض السرعة بنسبة ٢٠% لضعف مقطعه.

جدول رقم ٤سرعات القطع (متر/الدقيقة) لثقب بعض المواد باستخدام بنطة من صلب سرعات عالية

(عمر العدة القاطعة ٦٠ دقيقة)

مادة الشغلة	سرعة القطع (متر / الدقيقة)
صــلب إنشائي	٢٨ ـ ٣٥
صــلب كربوني	١٨ – ٢٢
صــلب مصبــوب	١٨ – ٢٢
صــلب سبائكي	١٠ – ١٨
حــديد زهــر	١٨
ألــومنيــوم	٩٠ ـ ١١٠
نــحاس أحــمر	٥٦
نــحاس أصــفر	٤٥
بــرونــز	٣٠

جدول رقم ٥ سرعات القطع (متر/ الدقيقة) لتفريز المواد بسكينة صلب سرعات عالية (عمر العدة القاطعة ٦٠ دقيقة)

مادة الشغلة	حالة التشغيل	تفريز محيطي	تفريز وجهي	تفريز فورمه	تفريز بسكينة قرصيه	تفريز طرفي	
						ق>٢٠	ق<٢٠
صلب إنشائي	تخشين	٢٢	٢٢	١٨	١٥	٢٥	١٩
	تنعيم	٢٩	٢٩	٢٤	٢٠	٣٠	٢٣
صلب كربوني	تخشين	١٩	١٩	١٦	١٥	٢٥	١٩
	تنعيم	٢٥	٢٥	٢١	٢٠	٣٠	٢٣
صلب مصبوب	تخشين	١٧	١٧	١٤	١٣	٢٠	١٧
	تنعيم	٢٢	٢٢	١٨	١٦	٢٥	٢٠
صلب سبائكي	تخشين	١٧	١٧	١٤	١٢	٢٠	١٥
	تنعيم	٢٢	٢٢	١٨	١٦	٢٤	١٨
زهر رمادي	تخشين	١٦	١٥	١٣	١١	١٨	١٣
	تنعيم	٢١	٢٠	١٧	١٤	٢١	١٦
زهر طرى	تخشين	١٩	٢١	١٦	١٥	٢٤	١٨
	تنعيم	٢٥	٢١	٢١	١٩	٢٩	٢٢
ألومنيوم	تخشين	٣٢٠	٣٤٠	٢٦٥	٢٤٠	٤٠٠	٣٠٠
	تنعيم	٤٢٠	٤٥٠	٣٤٠	٣١٥	٤٨٠	٣٦٠
ألومنيوم / سيليكون / ماغنسيوم	تخشين	٢٠٠	٢١٥	١٦٠	١٥٠	٢٥٠	١٩٠
	تنعيم	٢٦٠	٢٨٠	٢١٠	٢٠٠	٣٠٠	٣٠٠
نحاس أحمر	تخشين	٤٨	٤٧	٤٠	٣٤	٥٥	٤١
	تنعيم	٦٢	٦٢	٥٢	٤٤	٦٦	٥٠
نحاس أصفر	تخشين	٤٨	٥٢	٤٠	٣٧	٦٠	٤٥
	تنعيم	٦٢	٦٧	٥٢	٤٨	٧٢	٥٥
برونز	تخشين	٤٤	٤٧	٣٦	٣٤	٥٥	٤١
	تنعيم	٥٧	٦٢	٤٧	٤٤	٦٦	٥٠

ملحوظة: عند استخدام رأس تفريز ملقمة بالكربيد يجب ضرب قيمة السرعة المختارة من الجدول *x* ٤

جدول رقم ٦ سرعات القطع (متر/ الدقيقة) لعمليات التشغيل على المكاشط باستخدام عدة صلب سرعات عالية لبعض المواد (عمر العدة القاطعة ٦٠ دقيقة).

مادة التشغيل	التغذية (مم / المشوار)						
	٠,٢	٠,٣	٠,٥	٠,٦٣	٠,٨	١	٢
صلب إنشائي	٢٣	٢٠	١٧	١٦	١٥	١٤	١٢
صلب كربوني	١٥	١٣	١٢	١٠	١٠	٩	٨
صلب مصبوب	١٥	١٣	١١	١٠	١٠	٩	٧
حديد زهر	٢٣	١٨	١٥	١٣	١٢	١١	٨

جدول رقم ٧سرعات القطع لعمليات التشغيل على المكاشط باستخدام عدة كربيديه لبعض المواد
(عمر العدة القاطعة ٦٠ دقيقة)

مادة التشغيل	التغذية (مم / المشوار)						
	٠,٢	٠,٣	٠,٥	٠,٦٣	٠,٨	١	٢
صلب إنشائي	٥٨	٥٢	٤٧	٤٤	٤١	٣٩	٣٣
صلب كربوني	٣٤	٣٠	٢٧	٢٦	٢٤	٢٣	٢٠
صلب مصبوب	٣٠	٢٧	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	١٨

أمثلة محلولة لحساب زمن التشغيل

مثال ١:

أحسب زمن خراطة عمود من قطر ٦٢ مم إلى قطر ٥٠ مم بطول ٢٤٥ مم إذا كان عمق القطع ٣ مم وسرعة القطع ٦٠ (متر / الدقيقة) والتغذية ٠,٣٣ (مم / لفة).

الـــحل:

$$\text{سماح التشغيل} = \frac{٦٢ - ٥٠}{٢} = ٦ \text{ مم}$$

طول المشوار = ٢٤٥ + ٢,٥ + ٢,٥ = ٢٥٠ (مم).

عدد المشاوير (و) = ٦ ÷ ٣ = ٢ (مشوار).

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{\text{ع} \times ١٠٠٠}{\text{ط} \times \text{ق}} = \frac{٦٠ \times ١٠٠٠}{\text{ط} \times ٦٢} = ٣٠٠ \text{ لفة/دقيقة}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{\text{و} \times \text{ل}}{\text{ت} \times \text{ن}} = \frac{٢ \times ٢٥٠}{٠,٣٣ \times ٣٠٠} = ٥ \text{ (دقائق)}$$

مثال ٢:

يراد عمل ثقب نافذ بقطر ٢٥ مم *H7* بطول ١٠٠ مم لمشغولة من الصلب الإنشائي ***St 50*** أحسب الزمن اللازم للتشغيل؟

الحل:

يمكن أن تتم خطوات التشغيل اللازمة بعدة طرق على النحو التالي:

<u>الطريقة الأولى:</u>

١- ثقب بمثقاب مراكز سنتر دريل ∅ ٦,٣ مم لهداية المثقاب التالي له.

سرعة القطع = ٣٠ (م / دقيقة) (جدول رقم ٤)

التغذية = ٠,١ (مم / لفة) (جدول رقم ١)

طول مشوار التغذية = ١٠ (مم).

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{\text{ل}}{\text{ت} \times \text{ن}}$$

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{١٠٠٠ \times ٣٠}{\text{ط} \times ٦,٣} = ١٥٠٠ \text{ (لفه / دقيقة)}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{١٠}{١٥٠٠ \times ٠,١} = ٠,٠٦٧ \text{ (دقيقه)}$$

٢- الثقب بمثقاب بقطر ∅ ٢٢ مم.

سرعة القطع = ٣٥ (م / دقيقة) (جدول رقم ٤).

التغذية ٠,٣ (مم / لفة) (جدول رقم ١).

سماح الدخول = ٢,٥ (مم).

سماح الخروج = ٧,٥ (مم) (لخروج مقدمة البنطة من الشغلة).

طول مشوار التغذية (ل) = ١٠٠ + ٢,٥ + ٧,٥ = ١١٠ (مم).

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{١٠٠٠ \times ٣٥}{ط \times ٢٢} = ٥٠٠ \text{ (لفه / دقيقة)}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{١١٠}{٥٠٠ \times ٠,٣} = ٠,٧٣٣ \text{ (دقيقه)}$$

٣- الخراطة الداخلية (تخشين) إلى قطر ٢٤مم باستخدام قضيب تجويف صلب سرعات عالية.

سرعة القطع = ٤٠ (م / دقيقة) (جدول رقم٣).

التغذية = ٠,٢٥ (مم / لفة).

عمق القطع = ١ (مم) في المشوار الواحد.

طول مشوار التغذية (ل) = ١٠٠ + ٣ مم سماح دخول + ٢ مم سماح خروج = ١٠٥ (مم)

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{١٠٠٠ \times ٤٠}{ط \times ٢٤} = ٥٣٠ \text{ (لفه / دقيقة)}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{١٠٥}{٥٣٠ \times ٠,٢٥} = ٠,٨ \text{(دقيقه)}$$

٤- الخراطة الداخلية (تنعيم) إلى قطر ∅٢٤,٧ مم باستخدام قضيب التجويف.

سرعة القطع = ٦٠ (م / دقيقة)

التغذية = ٠,١ (مم / الدقيقة)

عمق القطع = ٠,٣٥ (مم) في المشوار الواحد

طول مشوار التغذية (ل) = ١٠٥ (مم).

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{١٠٠٠ \times ٦٠}{\text{ط} \times ٢٤,٧} = ٧٧٣ \text{ (لفه / دقيقة)}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{١٠٥}{٧٧٣ \times ٠,١} = ١,٣٦ \text{ (دقيقه)}$$

٥- البرغلة إلى قطر ٢٥مم *H7* باستخدام برغل صلب سرعات عالية ∅ ٢٥ مم *H7*

سرعة القطع = ١٦ (م / دقيقة).

التغذية = ٠,٢٥ (مم / لفة).

طول مشوار التغذية (ل) = ١٠٠ + ٢,٥ + ١٧,٥ = ١٢٠ (مم).

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{١٠٠٠ \times ١٦}{\text{ط} \times ٢٥} = ٢٠٠ \text{ (لفه / دقيقة).}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{١٢٠}{٢٠٠ \times ٠,٢٥} = ٢,٤ \text{ (دقيقه).}$$

زمن التشغيل الكلى = ٠,٠٦٧ + ٠,٧٣٣ + ٠,٨+ ١,٣٦ + ٢,٤= ٥,٣٦ (دقيقة).

<u>الطريقة الثانية:</u>

١- الثقب بمثقاب المراكز بقطر ∅ ٦,٣ (مم) لهداية المثقاب التالي له.

زمن التشغيل ٠,٠٦٧ (دقيقة) كما سبق.

٢- الثقب بمثقاب بقطر ∅ ٢٢ (مم).

زمن التشغيل ٠,٧٣٣ (دقيقه) كما سبق.

٣- التشغيل بمثقاب التوسيع *Core drill* بقطر ∅ ٢٤,٧٥ (مم).

سرعة القطع = ٣٥ (م / دقيقة).

التغذية ٠,٣ (مم / لفة).

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{١٠٠٠ \times ٣٥}{ط \times ٢٤,٧٥} = ٤٥٠ \text{ (لفه / دقيقة)}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{١١٠}{٤٥٠ \times ٠,٣} = ٠,٨١ \text{(دقيقه)}$$

٤- البرغلة إلى قطر ٢٥مم *H7* باستخدام برغل صلب سرعات عالية ∅ ٢٥ مم *H7*

زمن التشغيل (ز) = ٢,٤ (دقائق) كما سبق.

زمن التشغيل الكلى = ٠,٠٦٧ + ٠,٧٣٣ + ٠,٨١ + ٢,٤= ٤,٠١ (دقيقة).

<u>الطريقة الثالثة:</u>

١- الثقب بمثقاب المراكز بقطر ∅ ٦,٣ (مم) لهداية المثقاب التالي له.

زمن التشغيل ٠,٠٦٧ (دقيقة) كما سبق.

٢- الثقب العميق باستخدام عدة ذات حد قاطع منفرد بقطر ∅ ٢٥ مم صلب سرعات عالية *HSS*

سرعة القطع المسموح بها ٦٠ (متر/ دقيقة).

قيمة التغذية الطولية ٠,٠٥ (مم / لفة).

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{١٠٠٠ \times ٦٠}{ط \times ٢٥} = ٧٦٤ \text{ (لفه / دقيقة)}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{١١٠}{٧٦٤ \times ٠,٠٥} = ٢,٨٨ \text{(دقيقه)}.$$

يعتبر التشـغيل في هذه الحالة تشـطيبا نهائيا يحقق الدقة لمسـتوى *H7* ولا يحتاج بالتالي لأي عملية تشـطيب كالبرغلة.

الزمن الكلى للتشغيل = ٠,٠٦٧ + ٢,٨٨ = ٢,٩٦ (دقيقة).

مقارنة بين الطرق المختلفة لتشغيل الثقب ∅ ٢٥ *H7*:

الطريقة	العمليات	زمن التشغيل بالدقيقة
الأولى	الثقب ثم التوسيع بالخراطة الداخلية ثم البرغلة	٥,٣٦
الثانية	الثقب ثم التشغيل بمثقاب التوسيع ثم البرغلة	٤,٠١
الثالثة	الثقب العميق	٢,٩٦

يتضح من مقارنة العمليات المختلفة التي استخدمت في تشغيل ثقب بقطر ٢٥ مم *H7* بطول ١٠٠ مم لمشغولة من الصلب الإنشائي *St 50* أن الطريقة الثالثة هي أسرع الطرق، وأن الطريقة الأولى هي أبطؤها غير أن الطريقة الثالثة تستلزم ماكينة خاصة وعدة خاصة لذلك لا نلجأ إليها إلا إذا توفرت الماكينات والعدد اللازمة.

مثال ٣:

يراد تسوية سطح شغلة طولها ٤٣٠ مم وعرضها ١٤٠ مم بإزالة ١٠ مم من سطحها على المكشطة الناطحة فإذا كانت مادة الشغلة صلب *St 50* وسرعة القطع المسموح بها لتشغيلها بعدة صلب سرعات عالية هي ١٥ (م/الدقيقة) والتغذية = ١ (مم/المشوار) وعمق القطع في حالة التخشين ٣ (مم) بينما تبلغ هذه القيم على الترتيب ٢٤ (م/دقيقة)، ٠,٢(مم/المشوار)، ١(مم) في حالة التنعيم وكانت نسبة سرعة القطع إلى سرعة الرجوع =٠,٥

الحل:

طول مشوار التشغيل بالتغذية (ب) = ١٤٠ + ٥ + ٥ = ١٥٠ (مم).

سماح التشغيل للتخشين = ١٠ - ١ = ٩ (مم).

طول مشوار القطع (ل) = ٤٣٠ + ٣٥ + ٣٥ = ٥٠٠ (مم).

عدد أوجه التخشين (و١) = ٩ ÷ ٣ = ٣ وجه

عدد أوجه التنعيم (و٢) = ١ وجه.

سرعة تردد المكشطة في التخشين (ن) = $\frac{١٥ \times ١٠٠٠}{٥٠٠ \times ١,٥}$ = ٢٠ (مشوار/دقيقة).

سرعة تردد المكشطة في التنعيم (ن) = $\frac{٢٤ \times ١٠٠٠}{٥٠٠ \times ١,٥}$ = ٣٢ (مشوار/دقيقة).

زمن عملية التخشين = $\frac{٣ \times ١٥٠}{٢٠ \times ١}$ = ٢٢,٥ (دقيقة).

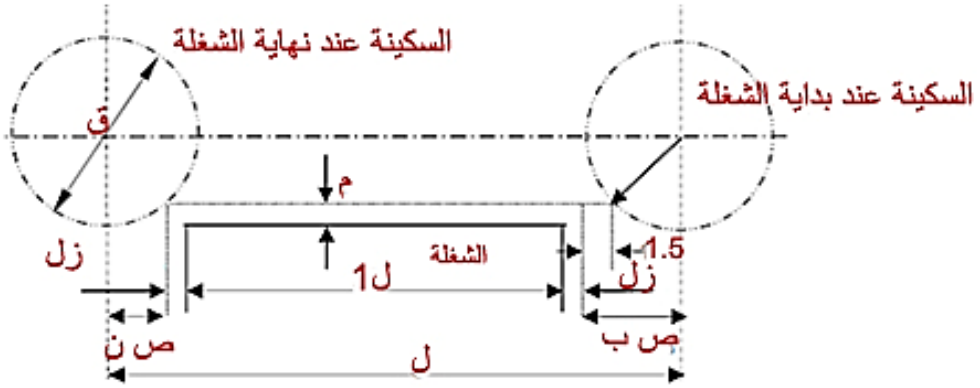
زمن عملية التنعيم = $\frac{١ \times ١٥٠}{٣٢ \times ٠,٢}$ = ٢٣,٥ (دقيقة).

الزمــن الكلـى للمكشــطة = ٢٢,٥ + ٢٣,٥ = ٤٦ (دقيقة)

حساب زمن التفريز

١-حساب زمن التفريز السطحي

يحسب زمن التفريز (ن) عموما بالمعادلة الأساسية التالية



$$ن = \frac{ل * د}{ع ت}$$ دقيقه

حيث:

ل = طول التفريز (مم)

(وتختلف قيمة طول التفريز (ل) باختلاف طريقة التفريز فنجد أن قيمتها في التفريز السطحي

ل= (ل١) + ٢ × (زل) + (صب) + (صن) مم

علما بان:

ل١= طول الشغلة المطلوب تفريزها مم

زل = زيادة التشغيل في طول الشغلة مم

صب = خلوص بداية التشغيل مم

صن = خلوص نهاية التشغيل مم

د = عدد مرات القطع

عت = سرعة التغذية مم/د

ويحسب طول خلوص بداية التشغيل (صب) من العلاقة التالية:

$$\text{صب} = ١,٥ + \sqrt{(\text{ق})\ (\text{م}) - (\text{م})^{٢}}\ \text{مم}$$

حيث:

١,٥ مم = اقل بعد للسكينة عن الشغلة قبل بداية القطع.

ق = قطر سكينة التفريز مم.

م = عمق القطع مم.

عند حساب (صن) خلوص نهاية التشغيل يجب مراعاة الاتي:

عند أجراء عمليات التفريز الخشن فإننا لا نحتاج إلى أبعاد كل جسم سكينة التفريز عن سطح الشغلة ونكتفي بأن نبعد محور السكينة عن نهاية الشغلة بمقدار (صن) =١,٥ مم وعلى ذلك فأن خلوص بداية ونهاية التشغيل عند التفريز التخشينى يحسب بالمعادلة التالية:

$$(\text{صب}) + (\text{صن}) = ٣ + \sqrt{(\text{ق})\ (\text{م}) - (\text{م})^{٢}}$$

أما عند أجراء عمليات التفريز التنعيمى فأننا نحتاج إلى أبعاد كل جسم سكينة التفريز عن سطح الشغلة بمقدار ١,٥ مم وعلى ذلك فأن خلوص بداية ونهاية التشغيل عند التفريز التنعيمى يحسب بالمعادلة التالية:

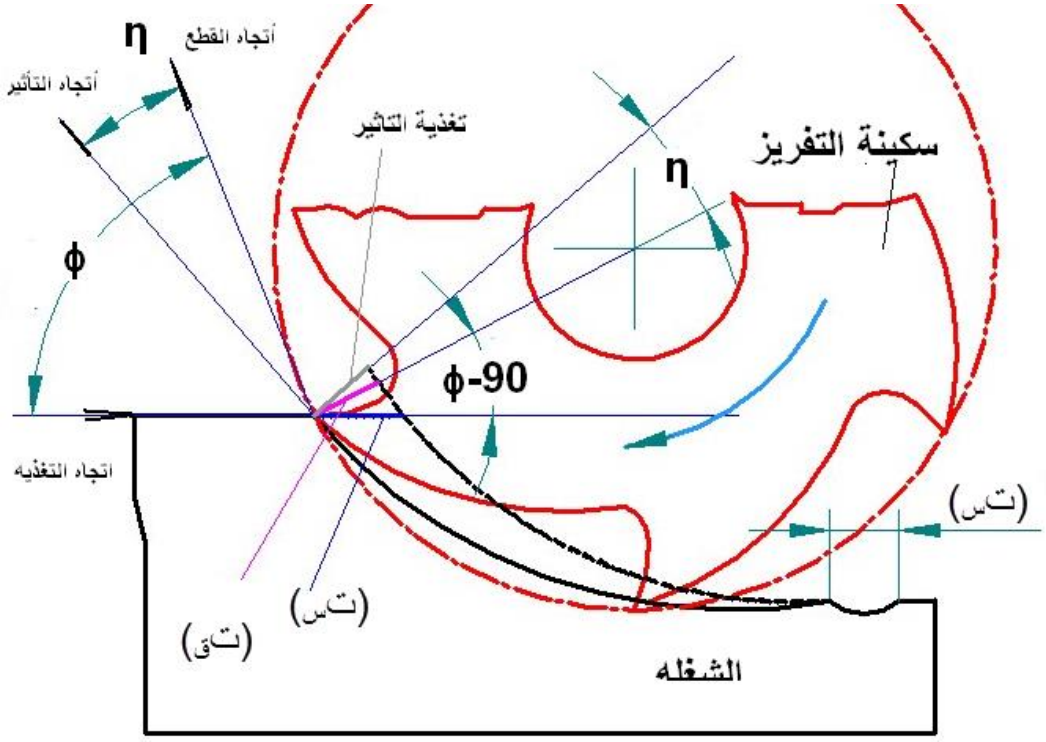
$$(\text{صب}) + (\text{صن}) = ٣ + ٢\sqrt{(\text{ق})\ (\text{م}) - (\text{م})^{٢}}$$

التغذية:

حركة التغذية

حركة التغذية هي تلك الحركة بين الشغلة والعدة التي مع حركة القطع تجعل إزالة الرايش ممكنه لعدة مرات أو بصفة مستمرة أما اتجاه التغذية فهو الاتجاه اللحظي لحركة التغذية أثناء عملية إزالة الرايش.

تغذية القطع (تق)



تغذية القطع (تق) هي المسافة بين سطحي القطع الناشئين خلف بعضهما البعض مباشرتاً

ويتم حساب تغذية القطع (تق) بالمعادلة التالية:

$$(ت_{ق}) \approx ت_{س} mm \quad (\sin\varphi)$$

حيث :

(تس) = تغذية السنه الواحدة (مم/سنة)

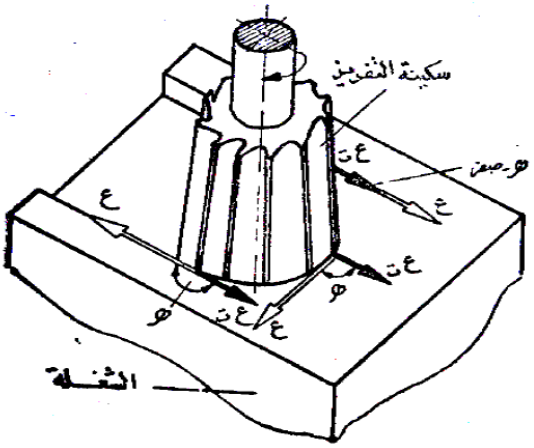
φ = زاوية اتجاه التغذية (درجة)

جا = جيب الزاوية

زاوية اتجاه التغذية Φ

زاوية اتجاه التغذية (Φ فاى)، هي الزاوية المحصورة بين اتجاه التغذية واتجاه القطع

لاحظ أن زاوية اتجاه التغذية تتغير مقدارها باستمرار أثناء القطع



تغذية السنة (تس)

تغذية السنه (تس) هي مشوار التغذية بين سطحي قطع ناشئين خلف بعضهما مباشرة مقاس على اتجاه التغذية أي إنها التغذية لكل سنه أو لكل قاطع.

وتحسب تغذية السنه (تس) بالمعادلة التالية:

$$(تس) = \frac{(تم)}{ي} \quad \text{مم سنة}$$

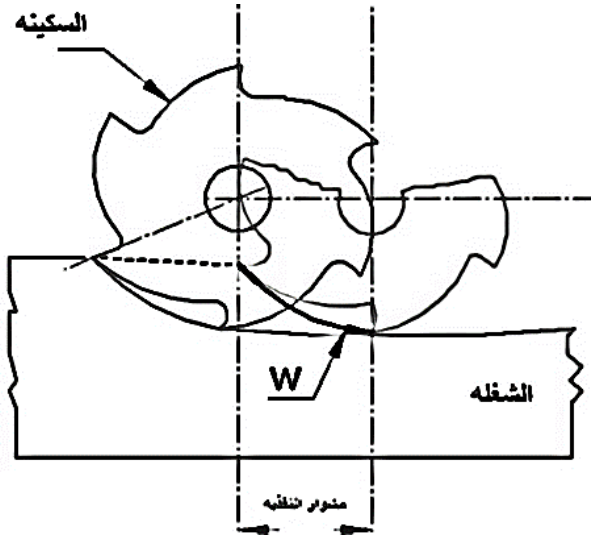
حيث :

(تم) = التغذية لكل لفة (مشوار التغذية) (مم / لفة)

ي = عدد أسنان أو قواطع السكينة.

مشوار التغذية (تم)

مشوار التغذية أو مجموع المشاوير الجزئية (التغذية لكل سنة) هو ذلك الطريق الذي تقطعه العدة في اتجاه التغذية لكل لفة من لفات السكينة



سرعة التغذية ع$_{ت}$

سرعة التغذية هي السرعة اللحظية للعدة في اتجاه التغذية

تحسب قيمة سرعة التغذية بالمعادلة التالية:

ع$_{ت}$ = (ت$_{س}$) (ى) (ن) مم/دقيقة

حيث:

(ت$_{س}$) = تغذية السنه

ى = عدد أسنان سكينة التفريز

ن = عدد لفات سكينة التفريز (لفه / د)

٢- حساب زمن التفريز الوجهي

يحسب زمن التفريز الوجهي (ن) بنفس معادلة حساب زمن التفريز السطحي التالية:

$$ن = \frac{ل * د}{ع_{ت}} \quad \text{دقيقه}$$

حيث

ل= طول التفريز مم

د = عدد مرات التفريز (عدد الأوجه)

ع ت = سرعة التغذية مم/د

ونظرا لان التفريز الوجهي يمكن أن يتم محوريا (أي ينطبق فيه محور سكينة التفريز مع خط منتصف الشغلة) أو لا محوريا (أي يبتعد فيه محور السكينة عن خط منتصف الشغلة) فان لكل حالة من هاتين الحالتين ما يناسبها من معادلات لحساب زمن التفريز وسنتناول هنا حساب زمن التفريز الوجهي المحوري فقط.

حساب زمن التفريز الوجهي المحوري

يتم حساب زمن التفريز الوجهي المحوري حسب المعادلة الأساسية لحساب زمن التفريز (ن) والتي تنص على:

$$ن = \frac{ل * د}{ع ت}$$ دقيقه

كما أن طول التفريز (ل) يتم هنا أيضا حسب المعادلة الأساسية لحساب طول التفريز (ل) التي تنص على أن :

ل= ل١ + ٢(زل) + (صب) + (صن) مم

حيث :

ل١ = طول الشغلة المطلوب مم

زل = زيادة التشغيل في طول الشغلة مم

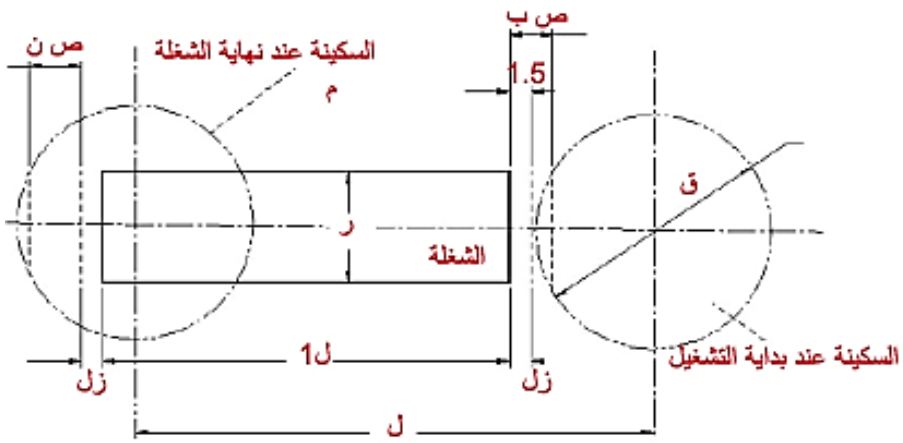
صب = خلوص بداية التشغيل مم

صن = خلوص نهاية التشغيل مم

إلا أن مقدار خلوص بداية التشغيل (صب) يختلف في حالة التفريز الوجهي المحوري الخشن عنة في حالة التفريز الوجهي المحوري الناعم، فنجد أن:

قيمة (صب) تحسب في التفريز الوجهي المحوري الخشن بالمعادلة التالية :

$$(صب) = ١,٥ + (ق/٢) - ٠,٥\sqrt{(ق)^{٢} - (ر)^{٢}}$$ مم



حيث:

ق=قطر سكينة التفريز الوجهية مم

ر= عرض الشغلة مم

وبما أن خلوص نهاية التشغيل في التفريز الوجهي المحوري الخشن (صن) =١,٥ مم أذن

(صب) + (صن) = ٣ + (ق/٢) - ٠,٥√(ق)٢ – (ر)٢ مم

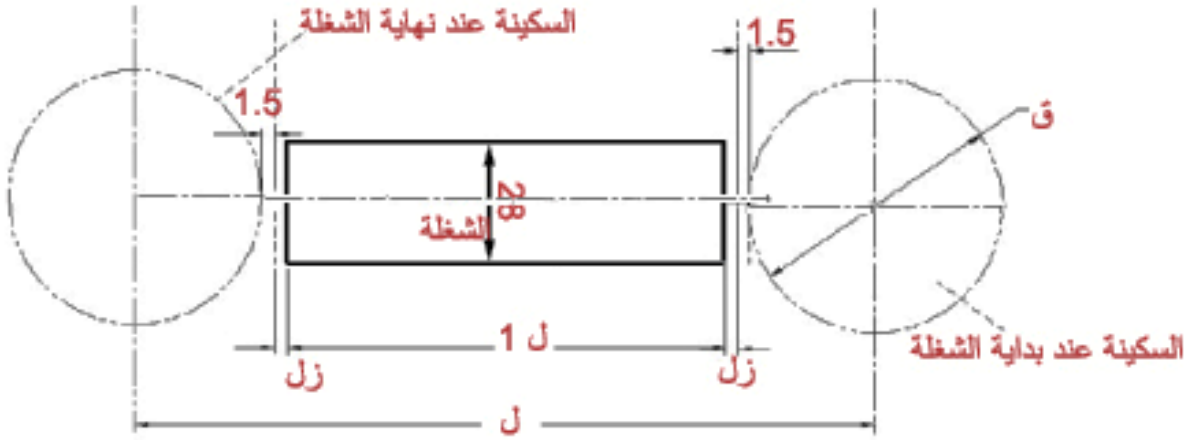
(انظر معاني الرموز بالمعادلة السابقة)

أما مقدار خلوص بداية ونهاية التشغيل (صب)، (صن) في التفريز الوجهي المحوري الناعم فيحسب بالمعادلة التالية:

(ص ب) + (ص ن) = ٣ + ق مم

حيث

ق = قطر سكينة التفريز مم



أمثله تطبيقيه على حسابات أزمنة عملية التفريز

١-التفريز الوجهي

مثال (١): المعطيات: يراد تفريز الشغلة الأتية تفريز وجهي محوري خشن.

أ- الشغلة:

متوازي مستطيلات من سبائك الزهر الرمادي (*GGL-25*) طولها (ل١) =٥٠٠مم، عرض = ١٥٠مم

ب- العدة:

سكينة تفريز وجهي ذات أسنان منفصلة من الكربيد قطرها (ق)= ٢٥٠ مم، وعدد أسنانها (ى) =١٢

ج- شروط القطع :

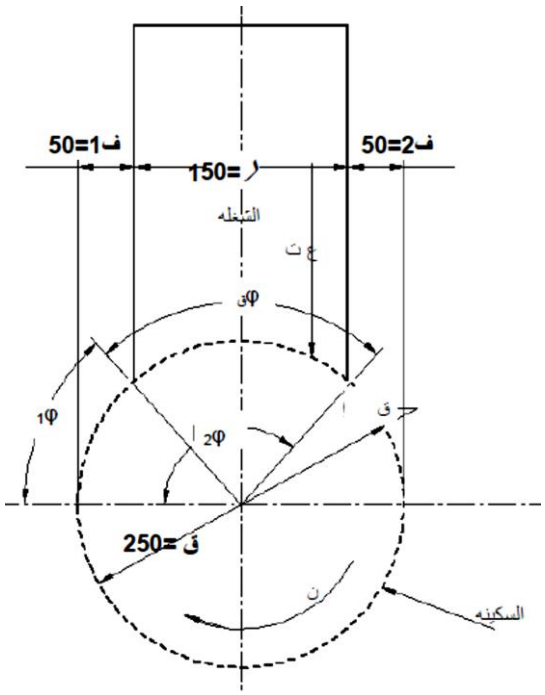
عمق القطع (م) =٥ مم، تغذية السنه (تس) =٠,١٦ مم/سنه، سرعة القطع (ع) =٦٣ م/د، عدد مرات القطع (د) =١

المطلوب حساب زمن التفريز الوجهي اللازم للشغلة ن

الحل:

تحسب قيمة سرعة التغذية في التفريز الوجهي (عت) بالمعادلة التالية:

عت = (تس) (ى) (ن) مم/دقيقة



حيث:

(تس) = تغذية السنه =٠,١٦ مم (المعطيات)

ى = عدد أسنان سكينة التفريز =١٢ سنه (المعطيات)

ن = عدد لفات سكينة التفريز (لفه / د) وتحسب من المعادلة التالية:

$$ن = \frac{1000\ ع}{ط\ ق}$$ لفه/د

حيث: ع = سرعة القطع =٦٣ م/د (المعطيات)

ق = قطر السكينة =٢٥٠ مم (المعطيات)

ط = النسبة التقريبية =٣,١٤

ن = $\frac{63X\ 1000}{250X\ ط}$ = ٨٠ لفه/د

ع$_{ت}$ = (ت$_{س}$) (ى) (ن)

ع$_{ت}$=٠,١٦ X ١٢ X ٨٠ = ١٥٤ مم/د

يحسب زمن التفريز الوجهي (ن) اللازم للشغلة باستخدام المعادلة التالية:

ن = $\frac{ل*د}{ع_{ت}}$ دقيقه

حيث: ل= طول التفريز مم

د = عدد مرات التفريز (عدد الأوجه)

ع$_{ت}$ = سرعة التغذية مم/د

على أن يتم الحساب بالترتيب التالي.

يحسب طول مشوار التفريز (ل) بالمعادلة كما يلي:

ل= ل$_{ا}$ + ٢(ز$_{ل}$) + (ص$_{ب}$) + (ص$_{ن}$) مم

علماً بان:

ل$_{ا}$ = طول الشغلة المطلوب = ٥٠٠ مم

ز$_{ل}$ = زيادة التشغيل في طول الشغلة (فرضا) = صفر

(ص$_{ب}$)+(ص$_{ن}$)=خلوص بداية التشغيل في اتجاه الطول +خلوص نهاية التشغيل في اتجاه الطول

$$(ص_{ب}) + (ص_{ن}) = 3 + (\frac{ق}{2}) - 0,5\sqrt{(ق)^2 - (ر)^2}$$ مم

حيث: ق =قطر سكينة التفريز الوجهية = ٢٥٠ مم

ر = عرض الشغلة = ١٥٠ مم

(ص$_{ب}$) + (ص$_{ن}$)= ٣ +١٢٥ – ١٠٠ = ٢٨ مم

ل = ٥٠٠ + ٢٨ = ٥٢٨ مم

عدد مرات القطع=١

ع$_{ت}$ سرعة التغذية = ١٥٤ مم /دقيقة

يعوض عن معادلة حساب زمن التفريز الوجهي

ن = $\frac{ل * د}{ع_{ت}}$ دقيقه

ن = $\frac{1 * 528}{154}$ = ٣,٧ دقيقه

التفريز السطحي

مثال (٢) المعطيات

١- الشغلة

متوازي مستطيلات من صلب (*ST50*) طول (ل$_{١}$) =٣٠٠مم، وعرض (ر) =٨٠ مم.

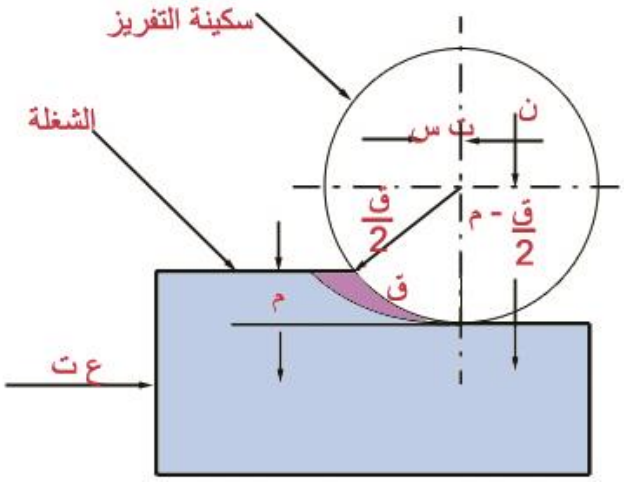
٢- العدة

سكينة تفريز سطحي مصنوعة من صلب السرعات العالية (*HSS*) قطر ٨٠ مم، وعدد أسنانها (قواطعها) (ى) = ٩ سنة

٣- شروط القطع

- عمق القطع (م) =٣مم
- تغذية السنه (ت$_{س}$) =٠,١ مم/سنه
- سرعة القطع (ع)= ٢٦ متر/دقيقة
- عدد مرات القطع (د) = ١

المطلوب حساب زمن تفريز الشغلة (ن).



الحل:

١- تحسب سرعة التغذية (عت) بالمعادلة كم يلى:

عت = (تس) (ى) (ن) مم/ دقيقة

$$\text{عت} = \frac{(\text{ت س})(\text{ى})(\text{ع})(1000)}{(\text{ط})(\text{ق})} \quad \textbf{مم/ دقيقة}$$

علما بان:

تس: تغذية السنة = ٠,١ مم (معطيات).

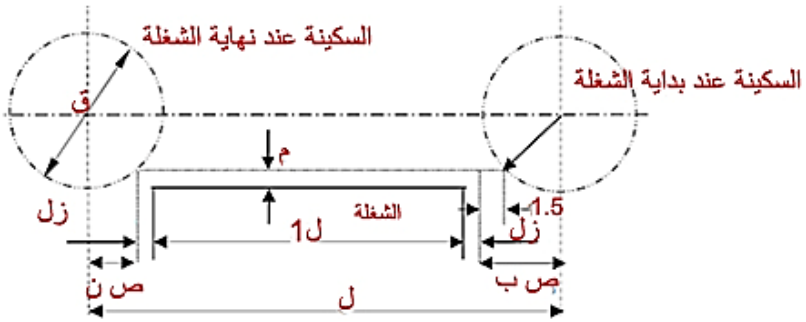
ى: عدد أسنان سكينة التفريز = ٩ سنه (معطيات).

ع: سرعة القطع = ٢٦ م/د (معطيات).

ق: قطر سكينة التفريز =٨٠ مم (معطيات).

$$\text{عت} = \frac{1000 \times 26 \times 8 \times 0.1}{3.14 \times 80} = ٩٢,٣ \quad \textbf{مم/ دقيقة}$$

زمن التفريز السطحى (ن) للشغلة يحسب من المعادلة التالية :



$$\text{ن} = \frac{\text{ل} * \text{د}}{\text{عت}} \quad \text{دقيقه}$$

حيث:

ل = طول التفريز (مم)

على أن يتم الحساب بالترتيب التالي

يحسب طول مشوار التفريز (ل) بالمعادلة التالية

ل = لا +٢ (زل) +(صب) +(صن) مم

علماً بان :

لا : طول الشغلة المطلوب تفريزها =٣٠٠ مم

زل: زيادة التشغيل في طول الشغلة (فرضاً تقديري) = ٢ مم

صب + صن =خلوص بداية التشغيل في اتجاه الطول +خلوص نهاية التشغيل في اتجاه الطول باعتبار التفريز تخشيني

(صب) + (صن) = ٣ + $\sqrt{(ق)\ (م) - (م)^{٢}}$ مم

(صب) + (صن) = ٣ + $\sqrt{(٨٠)\ (٣) - (٣)^{٢}}$ =١٨,٢ مم

ل = لا +٢ (زل) +(صب) +(صن) مم

ل = ٣٠٠ + ٢ x ٢ + ١٨,٢ = ٣٢٢,٢ مم

د عدد مرات القطع = ١

ع ت = سرعة التغذية = ٩٢ مم/ دقيقة (حسابيا)

نعوض عن معادلة حساب زمن التفريز السطحي

$$ن = \frac{ل * د}{ع\ ت} \quad \text{دقيقه}$$

$$ن = \frac{1 * 322.2}{92} = ٣,٥ \text{ دقيقه}$$

حساب زمن دورة التشغيل

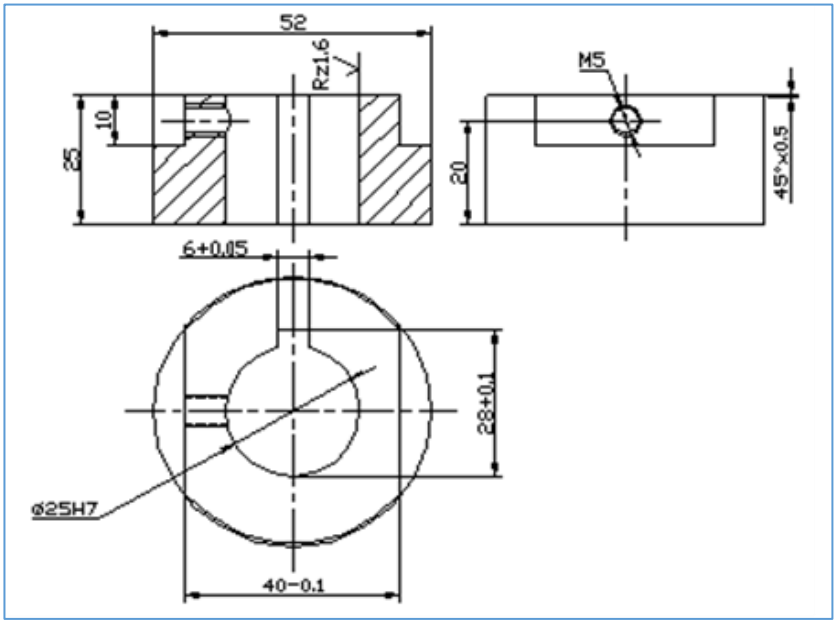
زمن دورة التشغيل هو مجموع زمن التشغيل الفعلي + زمن التجهيز

يشـــمل زمن التجهيز (يطلق عليه أيضـــاً الزمن العاطل) زمن تثبيت المشـــغولة وأزمنة المناولة وأزمنة القياس للتحقق من أبعاد لمشغولة خلال فترات التشغيل

مثال محلول على تخطيط عمليات التشغيل

المطلوب إعداد بطاقة العمليات وبطاقة تسلسل الخطوات لتنفيذ الجزء الموضح بالرسم

أسم الجزء جلبة تحديد مسافات مصنوعة من *St 50*



الحل:

أولاً: حساب أبعاد الخامة

يتطلب حساب أبعاد الخامة حساب سماحات التشغيل والتي يمكن تقديرها بالخبرة أو حسابها من العلاقات التالية:

حساب سماحات التشغيل:

سماح التشغيل للقطر = ٠,٣ × (ق)^{٠,٥} × (ل)^{٠,١٢٥}

سماح التشغيل للقطر = ٠,٣ × (٥٢)^{٠,٥} × (٢٥)^{٠,١٢٥} = ٤ (مم)

قطر الخامة = ٥٢ + ٤ = ٥٦ (مم)

سماح التشغيل للطول = ٠,٢ × (ق)^{٠,٥} × (ل)^{٠,١٢٥}

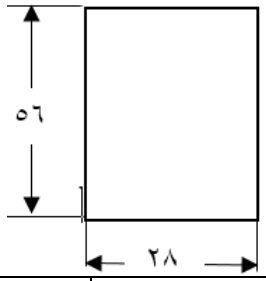
سماح التشغيل للطول = ٠,٢ × (٥٢)^{٠,٥} × (٢٥)^{٠,١٢٥} = ٣ (مم)

طول الخامة = ٣ + ٢٥ = ٢٨ (مم)

بطاقة العمليات	
أسم الجزء: جلبة تحديد مسافات	رقم أمر التشغيل: / /
الكمية: قطعة واحدة	الخامة: قضبان صلب *St50* بقطر ٥٦ وطول ٢٨مم

م	العملية	الماكينة	زمن العملية (دقيقة)	المثبتات اللازمة
١	قطع قضبان بطول ٢٨ (مم)	منشار ترددي	٢,٥	منجلة المنشار
٢	خراطة خارجية طولية وتشغيل داخلي وبرغلة	مخرطة ذنبه	١٢	تثبيت في الظرف وسناده بالذنبة
٣	تفريز البطحين	فريزة أفقية	٦	منجلة الفريزة مع بلوك *V*
٤	فتح مشقبية الخابور	مكشطة رأسية	١٠	منجلة المكشطة
٥	ثقب وقلوظة *M5*	مثقاب رأسي	٩,٥	منجلة المثقاب
		الزمن الكلى	٤٠	دقيقة

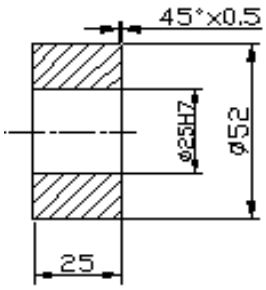
بطاقة خطوات التشغيل

اسم العملية: قطع القضبان بطول ٢٨ (مم)			
			الماكينة: منشار ترددي رقم كودى:٠٠٠ العدد: سلاح منشار ٢مم X ٤٠٠ مم
اسم الجزء	جلبة تحديد مسافة	رقم أمر التشغيل	٢٠١٥/١/١
المادة	صلب *St 50* قضبان ∅٥٦ (مم)	الكمية	١
المثبتات: منجلة المنشار الترددي			

م	خطوات التشغيل	مشوار التشغيل (مم)	سرعة القطع (م / د)	سرعة الدوران (لفة / د)	التغذية (مم / لفة)	عمق القطع (مم)	الزمن (دقيقة)	
							تجهيز	تشغيل
١	تجهيز	–	–	–	–	–	٠,٢٥	–
٢	تثبيت القضبان	–	–	–	–	–	٥	–
٣	قطع بطول ٢٨مم	٦٠	٢٤	٨٠	٠,٣	–	–	٢,٥
٤	مناولة	–	–	–	–	–	١,٢٥	–
٥	قياس	–	–	–	–	–	١	–
				الزمن الكلى			٧,٥	٢,٥

زمن دورة التشغيل لقطع القضبان= ٧,٥ + ٢,٥ = ١٠ (دقيقة).

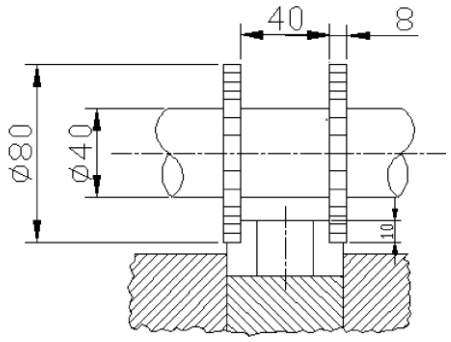
بطاقة خطوات التشغيل

اسم العملية: خراطة وثقب على المخرطة			
		الماكينة: مخرطة ذنبة رقم كودى:	
		العدد: أقلام خراطة طولية ووجهية بنطة مراكز ∅٦,٣ ، بنطة∅٢٢ ، برغل∅٢٥	
اسم الجزء	جلبة تحديد مسافة	رقم أمر التشغيل	١٥/ ١/ ٢
المادة	صلب *St 50*	الكمية	١
المثبتات: ظرف المخرطة، شاقة			

م	خطوات التشغيل	مشوار التشغيل (مم)	سرعة القطع (م / د)	سرعة الدوران (لفة / د)	التغذية (مم/لفة)	عمق القطع (مم)	الزمن (دقيقة)	
							تجهيز	تشغيل
١	تثبيت الشغلة	–	–	–	–	–	٣	–
٢	خراطة وجهية	٣٠	٦٠	٣٥٠	٠,١	١	–	٠,٨٥
٣	ثقب سنتر∅٦,٣	١٠	٣٠	١٥٠٠	يدويا	–	–	٠,٣
٤	ثقب∅٢٢	٣٥	٣٥	٥٠٠	٠,٣	-	–	٠,٨٢
٥	توسيع إلى∅٢٤,٧٥	٣٥	٣٥	٤٥٠	٠,٣	١,٣٧٥	–	٠,٨٢
٦	برغلة∅ ٢٥	٣٥	١٦	٢٠٠	٠,٢	٠,١٢٥	–	٢,٨
٧	تثبيت الشغلة من الجهة الأخرى	–	–	–	–	–	٣	–
٨	خراطة وجهية	٣٠	٦٠	٣٥٠	٠,١	١	–	١,٥
٩	خراطة خارجية∅٥٣	٣٥	٦٠	٣٥٠	٠,٣٣	١	–	١
١٠	خراطة خارجية∅ ٥٢	٣٥	٧٥	٤٥٠	٠,٠٨	٠,٥	–	٣,١
١١	شطف	١	٦٠	٣٥٠	٠,١	–	–	٠,٠٢
١٢	قياس	–	–	–	–	–	٤	–
١٣	مناولة	–	–	–	–	–	٢٧	–
	الزمن الكلى						٣٧	٢٢

زمن دورة التشغيل للخراطة والثقب على المخرطة = ٣٧ + ٢٢ = ٥٩ (دقيقة)

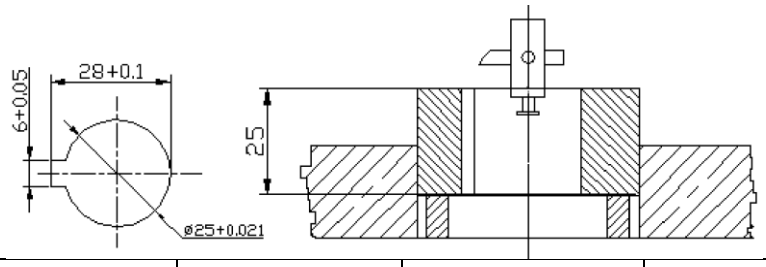
بطاقة خطوات التشغيل

اسم العملية: تفريز البطحين			
		الماكينة: فريزة أفقية رقم كودى:	
		العدد: ٢ سكينة جانبية وجهية ∅٨٠ مم × ٨ مم	
اسم الجزء	جلبة تحديد مسافات	رقم أمر التشغيل	١٥/١٠/٣
المادة	صلب *St 50*	الكمية	١
المثبتات: منجلة الفريزة مع عدد ٢ بلوك *V*			

م	خطوات التشغيل	مشوار التشغيل	سرعة القطع (متر / دقيقه)	سرعة الدوران (لفة / الدقيقة)	التغذية مم/المشوار	عمق القطع (مم)	الزمن(دقيقة)	
							تجهيز	تشغيل
١	تجهيز للتشغيل	–	–	–	–	–	٠,٣٠	–
٢	تثبيت الشغلة	–	–	–	–	–	١	–
٣	تفريز البطحين	١٥٠مم	٣٠	١٢٥	١٥٠	١٠	–	١
٤	مناولة	–	–	–	–	–	٣	–
٥	قياس	–	–	–	–	–	٠,٧	–
					الزمن الكلى		٥	١

زمن دورة التشغيل للتفريز = ٥ + ١ = ٦ (دقائق)

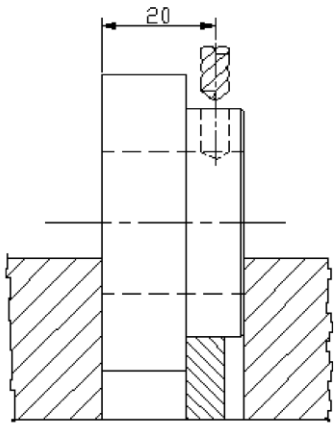
بطاقة خطوات التشغيل

اسم العملية: فتح مشقبية الخابور			
			الماكينة: المكشطة الرأسية رقم كودى: العدد: قلم مكشطة عرض ٦(مم)
أسم الجزء	جلبة تحديد مسافات صلب *St50*	رقم أمر التشغيل الكمية	١٥/١٠/٤ ١
			المثبتات: منجلة المكشطة

م	خطوات التشغيل	مشوار التشغيل (مم)	سرعة القطع متر/ دقيقة	سرعة التردد مشوار / الدقيقة	التغذية مم/المشوار	عمق القطع(مم)	الزمن (دقيقة)	
							تجهيز	تشغيل
١	تجهيز	–	–	–	–	–	٠,٥	–
٢	تثبيت الشغلة	–	–	–	–	–	٢	–
٣	فتح مشقبية تخشين	٣٥	٤	٥٠	٠,١	–	–	١
٤	فتح مشقبية تنعيم	٣٥	٤	٥٠	٠,٠٥	–	–	٢
٥	قياس	–	–	–	–	–	٢,٥	–
٦	مناولة	–	–	–	–	–	٢	–
	الزمن الكلى						٧	٣

زمن دورة التشغيل = ٧ + ٣ = ١٠ (دقائق)

بطاقة خطوات التشغيل

اسم العملية: ثقب وقلوظة *M5*				
			الماكينة: مثقاب رأسي رقم كودى:	
			العدد: بنطة ∅ ٤ مم، ذكر قلاووظ *M5* بنطة مراكز ∅ ٢ (مم)	
اسم الجزء	جلبة تحديد مسافات	رقم أمر التشغيل	١٥/١٠/٤	المثبتات: منجلة المثقاب
المادة	صلب *St50*	الكمية	١	

م	خطوات التشغيل	مشوار التشغيل (مم)	سرعة القطع (متر / دقيقة)	سرعة الدوران (لفة / الدقيقة)	التغذية مم / لفة	عمق القطع (مم)	الزمن (دقيقة)	
							تجهيز	تشغيل
١	تجهيز	–	–	–	–	–	٠,٣	–
٢	تثبيت الشغلة	–	–	–	–	–	٣	–
٣	ثقب ∅ ٢ (مم)	٥	١٠	١٥٠٠	يدويا	–	–	٠,٢
٤	ثقب ∅ ٤ (مم)	١٠	٢٠	١٥٠٠	٠,٠٥	–	–	٠,١٣
٥	قلوظة *M5*	١٥	٣	١٩٠	–	–	–	٠,١٧
٦	قياس	–	–	–	–	–	١,٧	–
٧	مناولة	–	–	–	–	–	٤,٠	–
				الزمن الكلى			٩,٠	٠,٥

زمن دورة التشغيل للثقب والقلوظة = ٩,٠ + ٠,٥ = ٩,٥ (دقائق)

زمن التصنيع = مجموعة أزمنة دورة التشغيل

زمن التصنيع = ١٠ + ٥٩ + ٦ + ١٠ + ٩,٥ = ٩٤,٥ دقيقة

الباب الرابع

قوى وقدرات القطع عند التفريز

مقدمه:

القطع بإزالة الرائش

تعتبر عمليات القطع بإزالة الرائش من أكثر اساليب التشغيل استخداما في مجالات الانتاج الصناعي وذلك لإمكانية الحصول على منتجات عالية الدقة من حيث مقاساتها ودرجة دقة تشطيب سطوحها، وبالتالي امكان ازواج تلك المنتجات.

وكما هو معروف فان الاجزاء المراد تصنعيها بأسلوب تشغيل المعادن بإزالة الرائش تأخذ شكلها النهائي بعد تشغيلها بواسطة عدد قاطعة لها من الخواص والمواصفات ما يجعلها قادرة على قطع تلك المعادن بالإضافة إلى مجموعة كبيرة من العوامل تربطها معا علاقات متبادلة تؤثر بشكل مباشر في عملية القطع.

عناصر المؤثرة في القطع بإزالة الرائش:

خصائص ومواصفات العدة القاطعة:

بما لمعدنها من خواص من حيث نوعه ومقدار صلادته ومرونته وقدرته على التأثير بالقطع في المعادن الاخرى والاستمرار فيه وكذلك الشكل الهندسي لطرف العدة القاطعة من حيث زوايا ميل الأسطح والتي تهيئ لها أكبر كفاءة ممكنه لإنجاز مهمة ازالة الرائش من معادن المشغولة.

خصائص ومواصفات معدن الشغلة:

بما لمعدنها من خواص من حيث نوعه ومقدار صلادته ومرونته ومدى قابليته للقطع، وما يترتب على القطع ذاته من احتكاك وما ينشأ عنه من حرارة والتبريد اللازم لذلك بقصد الحفاظ على صلادة العدة واطالة عمرها وعلى العلاقة الواجب مراعاتها دائما بين صلادة معدن الشغلة وصلادة مادة العدة القاطعة، وتأثير ذلك كله على خواص معدن الشغلة.

طبيعة استخدام المشغولة:

من حيث النعومة المطلوبة للسطوح ودقة المقاسات وما إذا كانت المشغولة جزء من تركيبة (ازواج) أم انها سوف تؤدى وظيفتها منفردة.

اسلوب القطع:

حيث تختلف ظروف القطع باختلاف أسـلوب ازالة الرائش فقوى القطع المؤثرة على الحد القاطع للعدة القاطعة والمشـغولة عند نقطة القطع في حالة الخرطة تختلف من حيث الاتجاه والمقدار عن حالة التفريز أو التثقيب أو التجليخ كما أنه في حالة التفريز مثلاً تختلف قوى القطع تبعاً لطريقة التفريز (تفريز تسـلقي - تفريز عادي) وتختلف تبعاً لنوع التفريز (وجهي – محيطي) وهكذا فإن لكل أسـلوب قطع بإزالة الرائش حالة قوى قطع خاصة به.

القوى اللازمة للقطع

من المهم حساب القدرة اللازمة لإنجاز القطع والتي تعطى حركة القطع الرئيسية كالحركة الدائرية او الترددية للعدة امام الشـغلة وحركات التغذية وعمق القطع وسـواء كانت هذه الحركات آليه او يدوية فإن تحديد القدرة اللازمة لإزالة الرايش من شغلة ما بشروط قطع محددة قبل البدء في التصنيع يحقق الفوائد الهامة التالية:

١- اختيار الماكينة المناسـبة وعدد القطع القادرة على تحمل قوى القطع والمناسـبين لشـروط القطع (سـرعة القطع، التغذية، عمق القطع) المحددة والمطلوب العمل بها.

٢- تغيير شروط القطع لتناسب قدرة الماكينة وقوة تحمل عدد القطع المتاحة بالورشة فعلا.

٣- الاستغلال الاقتصادي الامثل لعدد وماكينات القطع المتاحة بالورشة

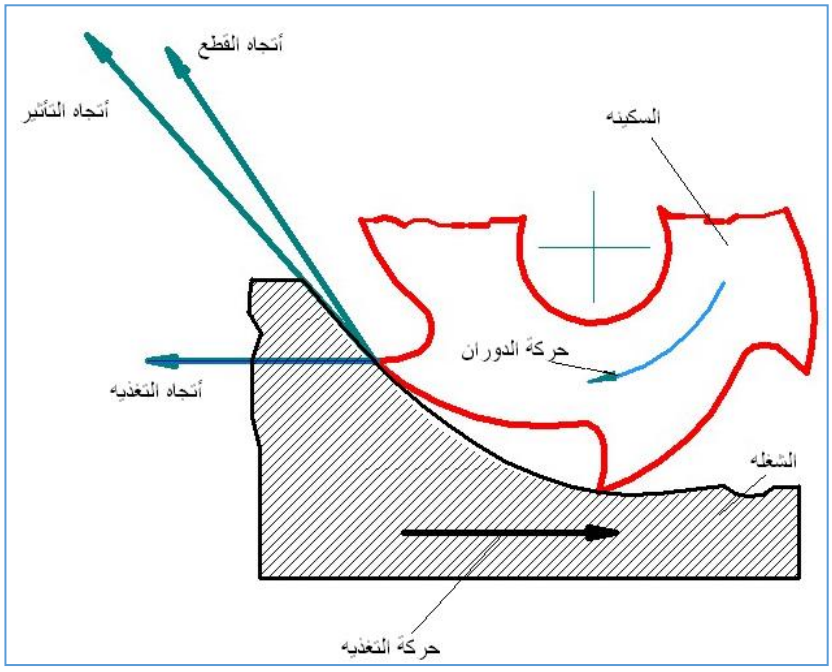
ولكي نستطيع ان نستوعب القوانين والمعادلات المستخدمة في حساب قوى وقدرات القطع لابد اولا من دراسة اهم العوامل المؤثرة فيها والتعرف على بعض التعاريف والمصطلحات.

تعاريف مصطلحات هامه

١- حركة العدة بالنسبة الشغلة:

في كل اساليب القطع بإزالة الرايش تحدد الحركة النسبية بين الشغلة والعدة على اساس ان الشغلة في وضع السكون وأن نقطة طرف الحد القاطع هي التي تتحرك بالنسبة لها.

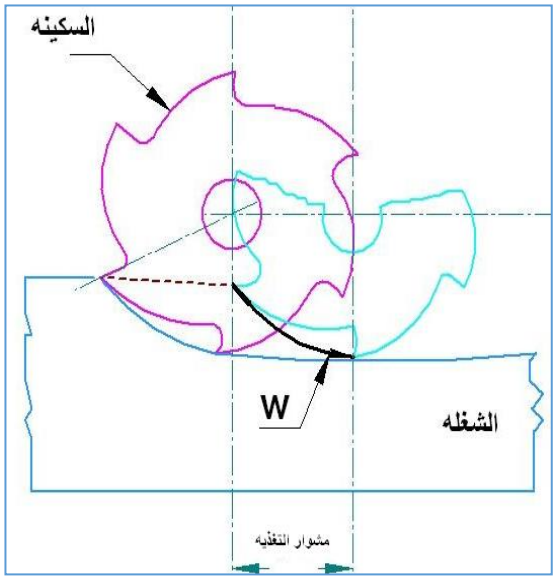
٢- حركة القطع الرئيسية:



حركة القطع الرئيســـية هي تلك الحركة بين الشـــغلة والعدة التي تزال فيها دفعه واحدة من الرايش اثناء لفة او مشوار واحد للشغلة او العدة دون ان تكون هناك حركة التغذية ويكون طولها في عملية التفريز هو طول محيط السكينة.

٣- خط القطع (*w*):

خط القطع (*w*) هو ذلك الطريق الذي تقطعه نقطة القطع المحددة على حد العدة القاطع اثناء ازالة الرايش من الشغلة في اتجاه القطع



مجموع خطوط القطع الجزئية التي تكون معا خط القطع الكلى W

$$W= \frac{(D)(\pi)(L)}{(S)}$$

حيث
D قطر السكينة
π النسبه التقريبيه
L الطول المراد قطعه
S مقدار التغذية مم/لف

٤- سرعة القطع (V)

سـرعة القطع (V) هي السـرعة اللحظية لنقطة القطع المحددة في اتجاه القطع او هي السـرعة التي تتحرك بها عدة القطع امام الشـــغلة او تتحرك بها الشـــغلة امام العدة في وحدة الزمن وتقاس عادة بالمتر لكل الدقيقة ويتم حساب قيمة سرع القطع (V) عموما بالمعادلة الأساسية التالية:

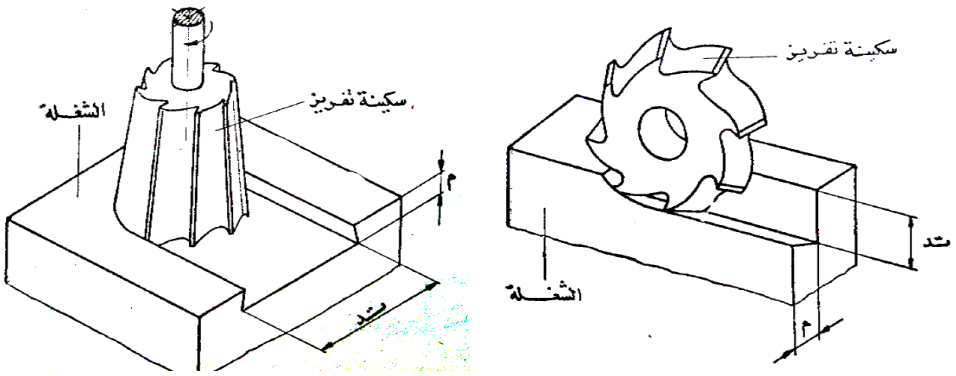
$$V= \frac{s}{t}$$

حيث:
s = المسافة (متر)
t = الزمن (دقيقه)
فاذا كانت حركة القطع دائرية تحسب سرعة القطع (V) بالمعادلة التالية:

$$V= \frac{(D)(\pi)(n)}{1000}$$

حيث
V = سرعة القطع م/د
D = قطر السكينة بالمم
π= النسبه التقريبيه =٣,١٤
n = عدد اللفات لفه / دقيقه

٥- عمق او عرض القطع (م (a))



عمق او عرض القطع (م) هو مقدار عمق او عرض تداخل حد العدة القاطع الرئيسي في الشغلة ويعبر عنه في التفريز الوجهي والجانبي بعمق التداخل (عمق القطع م) وفى التفريز الســـطحي تعتبر (م) هي عرض القطع وتساوي عرض السكينة إذا كانت السكينة تقطع بكامل عرضها او عرض الشغلة إذا كان عرض الشغلة أقل من عرض السكينة

٦- مقدار التداخل (تد)

مقدار التداخل (تد) هي مدى تغلغل حد العدة القاطع في الشغلة

٧- تغذية القطع (Ss)

تغذية القطع (Ss) هي المسافة بين سطحي القطع الناشئين خلف بعضهما البعض مباشرتا كما يوضحها الرسم التالي:

ويتم حساب تغذية القطع (Ss) بالمعادلة التالية:

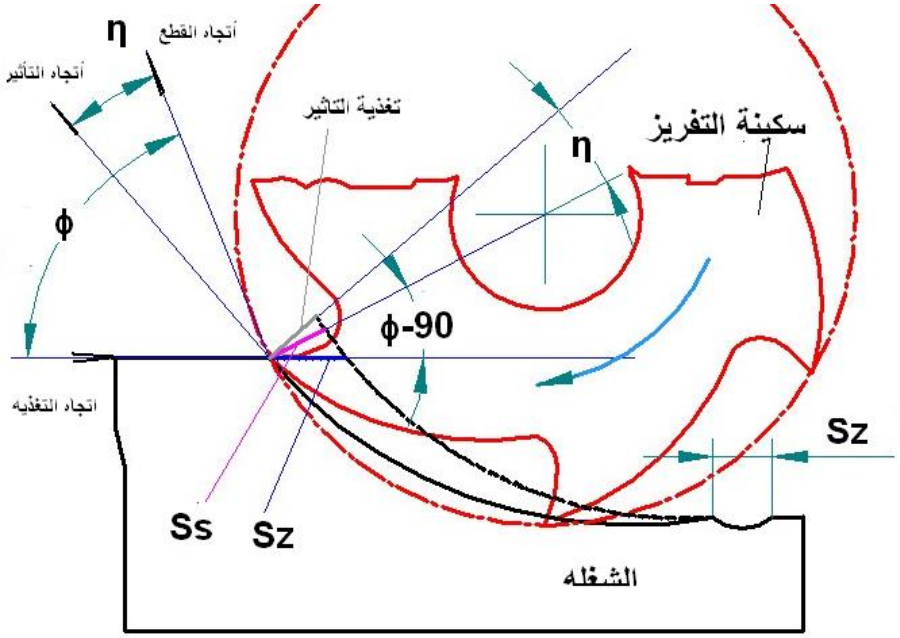
$$Ss \approx (S_Z)(\sin\varphi) \quad mm$$

حيث :

Sz = تغذية السنه الواحدة (مم/سنة)

Φ = زاوية اتجاه التغذية (درجة)

جا = جيب الزاوية

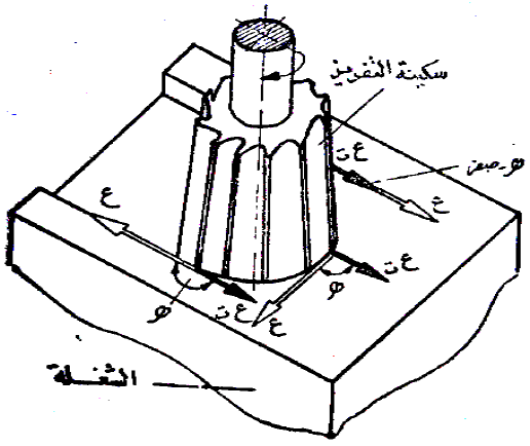


٨- حركة التغذية

حركة التغذية هي تلك الحركة بين الشغلة والعدة التي مع حركة القطع تجعل ازالة الرايش ممكنه لعدة مرات او بصفة مستمرة اما اتجاه التغذية فهو الاتجاه اللحظي لحركة التغذية اثناء عملية ازالة الرايش.

٩- زاوية اتجاه التغذية Φ

زاوية اتجاه التغذية (Φ فاى) هي الزاوية المحصورة بين اتجاه التغذية واتجاه القطع

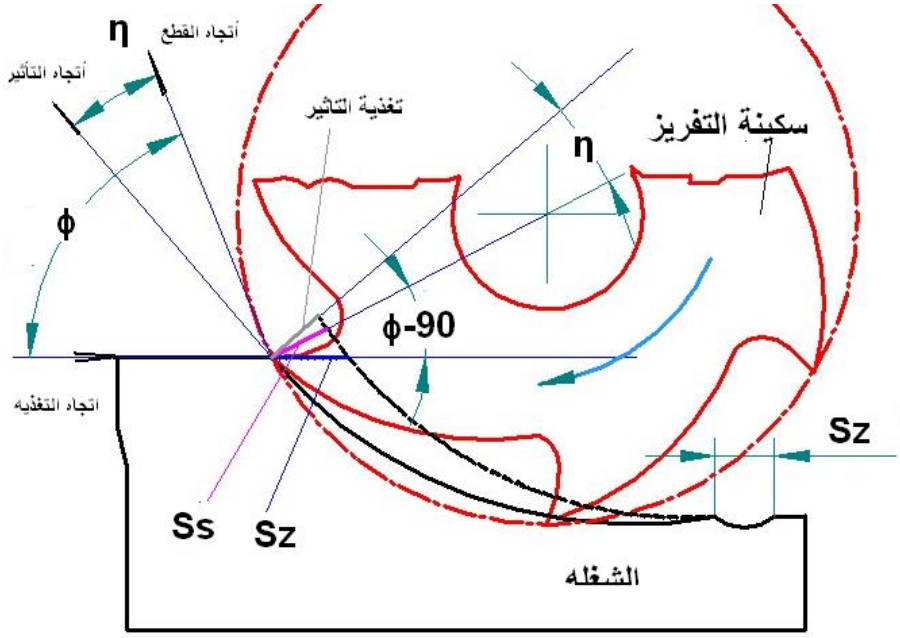


لاحظ أن زاوية اتجاه التغذية تتغير مقدارها باستمرار أثناء القطع.

تغذية السنة (Sz)

١٠- تغذية السنة (Sz)

هي مشوار التغذية بين سطحي قطع ناشئين خلف بعضهما مباشرة أي انها التغذية لكل سنه او لكل قاطع أنظر الشكل



وتحسب تغذية السنة (Sz) بالمعادلة التالية:

$$S_Z = \frac{U}{Z} \quad mm/z$$

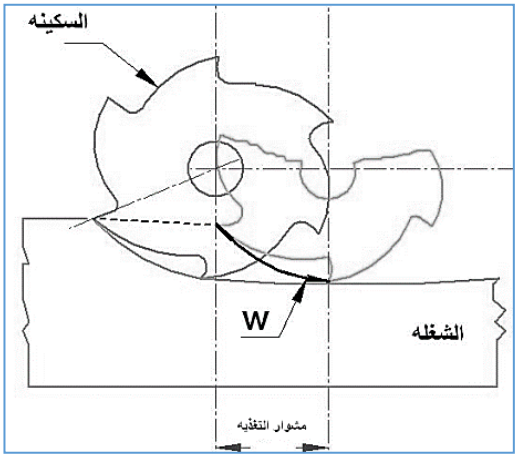
حيث:

U= قيمة التغذية (مم / لفة)

Z= عدد اسنان او قواطع العدة

١١- مشوار التغذية

مشوار التغذية او مجموع المشاوير الجزئية هو ذلك الطريق الذي تقطعه العدة في اتجاه التغذية



هنا يجب دائما مراعاة التميز بين المركبات المختلفة لمشوار التغذية.

١٢- سرعة التغذية u

سرعة التغذية هي السرعة اللحظية للعدة في اتجاه التغذية

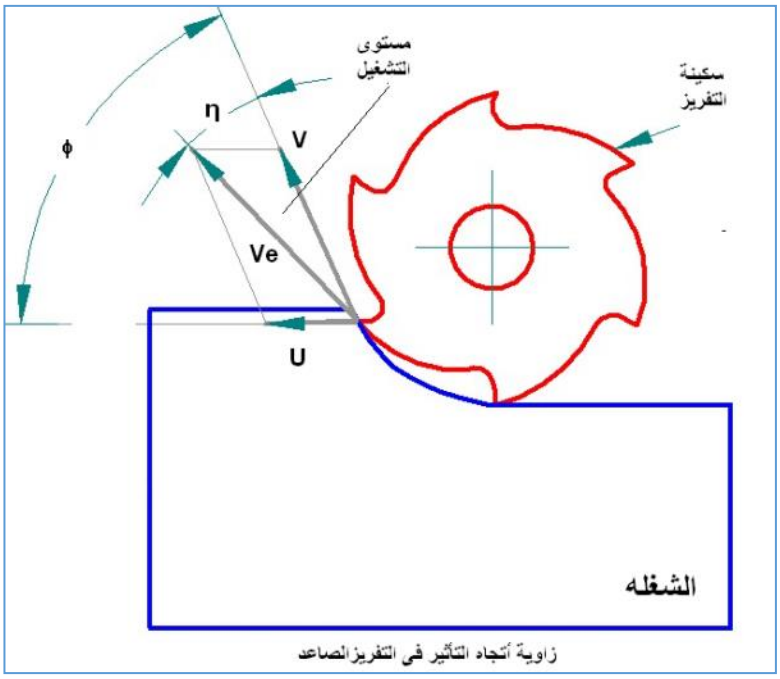
١٣- حركة التأثير

حركة التأثير هي تلك الحركة الناتجة عن حركة القطع – في وقت واحد – مع حركة التغذية، فان لم تكن هناك حركة تغذية – في نفس الوقت – فان حركة القطع تصبح هي نفسها حركة التأثير

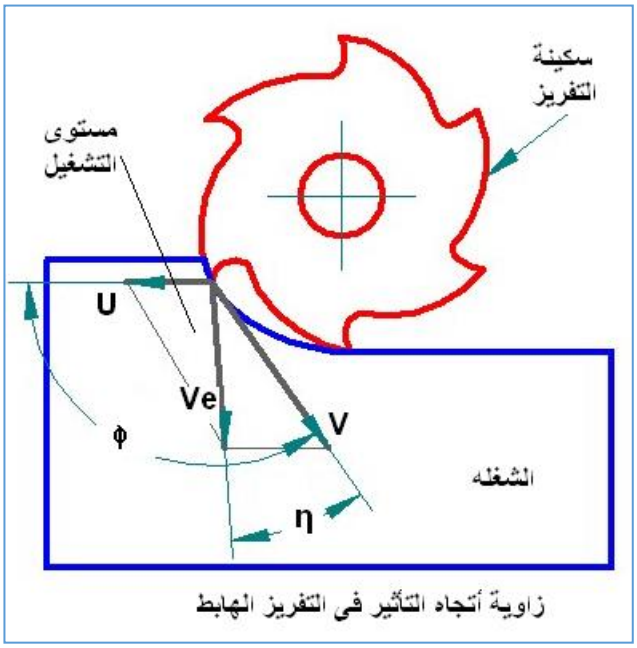
ويعتبر اتجاه التأثير هو الاتجاه اللحظي لحركة التأثير

١٤- زاوية اتجاه التاثير η ايتا

زاوية اتجاه التأثير η ايتا، هى الزاوية المحصورة بين اتجاه التأثير واتجاه القطع



زاوية أتجاه التأثير فى التفريز الصاعد



زاوية أتجاه التأثير فى التفريز الهابط

ويتم حساب قيمة ظل زاوية أتجاه التأثير (η ايتا) بالمعادلة التاليه:

$$TAN(\eta) = \frac{(SIN\varphi)}{\left(\frac{V}{u}\right) + (cos\varphi)}$$

حيث:

Tan = ظل الزاوية

Sin =جيب الزاوية

φ = زاوية أتجاه التغذية (درجه)

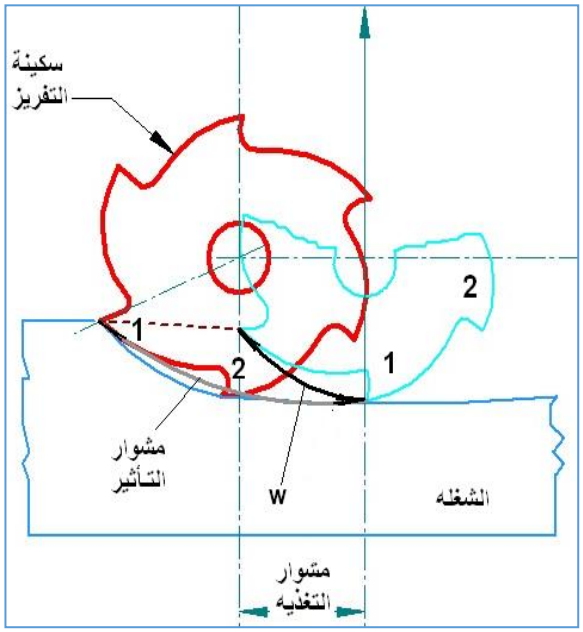
V = سرعة القطع (م/د)

U = سرعة التغذية (مم/د)

Cos = جيب تمام الزاوية

١٥- مشوار التأثير

مشوار التأثير هو ذلك الطريق (او مجموع المشاوير الجزئية) الذي تقطعه نقطة القطع في اتجاه التأثير



١٦- سرعة التأثير (Ve)

سرعة التأثير (Ve) هي السرعة اللحظية لنقطة القطع المحددة في اتجاه التأثير وتحسب قيمتها بالمعادلة التالية:

$$Ve = \frac{(V)(sin\varphi)}{sin(\varphi-\eta)} \qquad m/min$$

حيث:

V = سرعة القطع (متر/دقيقة)

Sin = جيب الزاوية

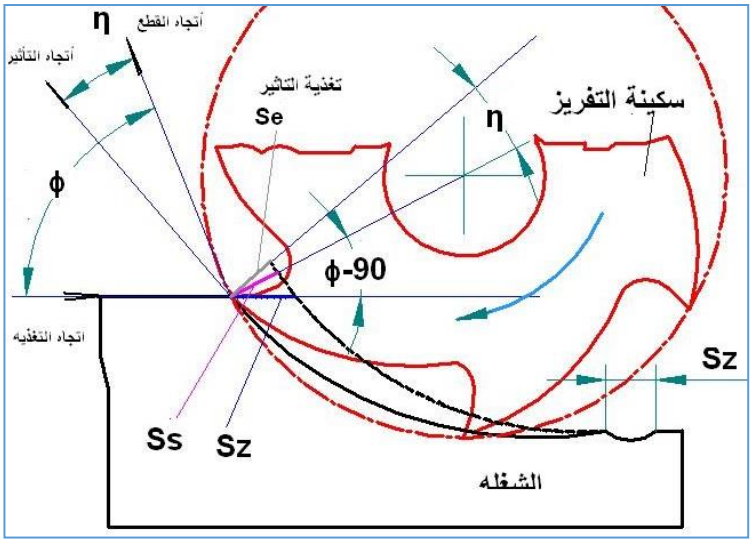
Φ = زاوية اتجاه التغذية (درجة)

η = زاوية اتجاه التأثير (درجة)

١٧- تغذية التأثير(Se)

تغذية التأثير (*Se*) هي المسافة بين سطحي القطع الناشئين خلف بعضهما البعض مباشرة وتقاس في مستوى التشغيل عموديا على اتجاه التأثير ويتم حساب قيمة تغذية التأثير (*Se*) بالمعادلة التالية:

$$(Se) \approx (Sz)\ \sin(\varphi - \eta) \quad mm$$



وفى كثير من الأحيان تكون النسبة (*Ve*) : (*V*) صغيره بحيث يمكن أن تهمل قيمة زاوية أتجاه التأثير (*η*) وهنا تكفى الدقة التي تنتج عن حساب قيمة تغذية التأثير طبقا للمعادلة الأتية:

$$(Se) \approx (Sz)\ \sin(\varphi) = (Ss) \quad mm$$

حيث:

Sz = تغذية السنه الواحدة (مم/سنه)

φ = زاوية أتجاه التغذية (درجه)

η = زاوية أتجاه التأثير (درجه)

Ss = تغذية القطع (مم)

وبالإضافة الى الحركات الرئيسية السابق ذكرها (حركة القطع، حركة التغذية وحركة التأثير) فان هناك بعض الحركات المساعدة الاخرى التي تشارك بصفة مباشرة في تكوين الرايش ونوجزها فيما يلي:

١٨- حركة الابتداء

حركة الابتداء هي تلك الحركة بين العدة والشغلة التي تدخل بها العدة الى الشغلة قبل عملية القطع مباشرة.

١٩- حركة التجهيز

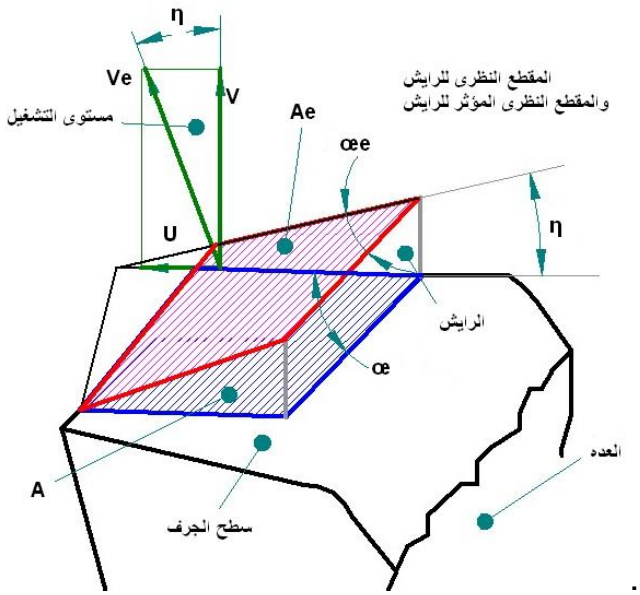
حركة التجهيز هي تلك الحركة بين العدة والشغلة التي تحدد سلفا الطبقة التي سيتم ازالتها من معدن الشغلة (تحديد عمق القطع).

حركة الضبط

حركة الضبط هي حركة تصحيح تتم بين العدة والشغلة وهي – على سبيل المثال – الحركة التي ينبغي ان تؤدى لتعويض تأكل طرف العدة.

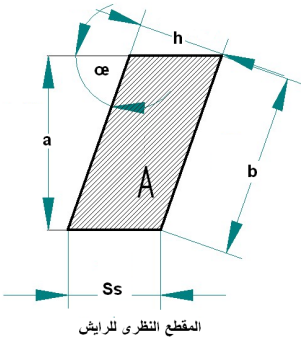
المقادير النظرية لإزالة الرايش

مقادير ازالة الرايش هي المقادير المشتقة من مقاسات القطع أي أنها ليست مقاسات الرايش الناتج ذاته وانما هي المقاسات النظرية للرايش والشكل يوضح المقطع النظري للرايش (*A*) والمقطع النظري المؤثر للرايش (*Ae*)



العرض النظري للرايش (*b*)

العرض النظري للرايش (*b*) هو عرض الرايش المفروض ازالته عموديا على أتجاه القطع ويقاس في مستوى سطح القطع كما هو موضح بالشكل:



ويتم حساب قيمة العرض النظري للرايش (b) عندما يكون الحد القاطع مستقيما وبدون استدارة طرفه بالمعادلة التالية

$$b=\frac{(a)}{(sin\text{œ})} \qquad mm$$

حيث:

a = عمق القطع (مم)

œ = زاوية المقابله (درجه)

السمك النظري للرايش (h)

السمك النظري للرايش (h) هو سمك الرايش المفروض ازالته عموديا على اتجاه القطع ويقاس عموديا على سطح القطع وفى العدد ذات الحدود القاطعة المستقيمة والتي لا تكون مقدمتها مستديرة يتم حساب السمك النظري للرايش (h) بالمعادلة التالية :

h= (Ss) (sinœ**)** *mm*

حيث

Ss = تغذية القطع (مم)

œ زاوية المقابلة (درجه)

المقطع النظري للرايش (A)

هو مقطع الرايش المفروض ازالته عموديا على اتجاه القطع

A= (a) (Ss) mm^2

وفى العدد التي تكون حدودها القاطعة مستقيمة (œ=90) وحوافها غير ملفوفة نجد ايضا ان

A= (b) (h) mm^2

حيث:

a = عمق القطع (مم)

Ss = تغذية القطع (مم)

b =العرض النظري للرايش (مم)

h =السمك النظري للرايش (مم)

تآكل عدة القطع

تتعرض العدة القاطعة لتآكل حدها القاطع – الواقع فعلا تحت تأثير القطع – ونتيجة لذلك ترتفع قوى القطع وكلما زاد هذا التآكل ارتفعت قيمة قوة التغذية (Fv) والقوة القطرية (Fp) (اللتان تكونان عادة اقل من قوة القطع) حتى تتساوى مع قوة القطع (Fs) التي تعتبر المركبة الاساسية في قوة ازالة الرايش (Fz) وهذ لا يعنى ان نشرع فور حدوث تآكل في طرف العدة في التوقف عن العمل ونعيد شحذ (سن) العدة وذلك لان هناك مدى يمكن السماح لتآكل العدة بالوصول اليه دون ان يكون له تأثير ضار على سير عملية ازالة الرايش وعند اخر هذا المدى يعتبر عمر الحد القاطع قد انتهى ويجب اعادة سن العدة.

عمر عدة القطع

عمر عدة القطع هو عبارة عن المدة التي تستخدم فيها العدة في القطع فعلا مع اعادة شحذها لإبراز حدها القاطع كلما تثلم حتى نصل الى حالة يصبح اعادة سنها غير ذي جدوى وبالتالي استخدامها مستحيلا أي ان قاطعها يكون قد استهلك تماما.

عمر الحد القاطع

هو المدة التي يستمر فيها في القطع حتى يبلغ تآكله اخر المدى المسموح به وهذا يعنى ان عمر الحد القاطع قد انتهى ويجب اعادة شحذه مرة اخرى.

ولا نستطيع تحديد عمر الحد القاطع تحديدا دقيقا قبل استخدامه نظرا لان هناك مجموعة كبيرة من العوامل تلعب دورا هاما في التأثير على عمر الحد القاطع اهمها:

١- نوع معدن عدة القطع.

٢- زوايا سن عدة القطع.

٣- نوع مادة الشغلة.

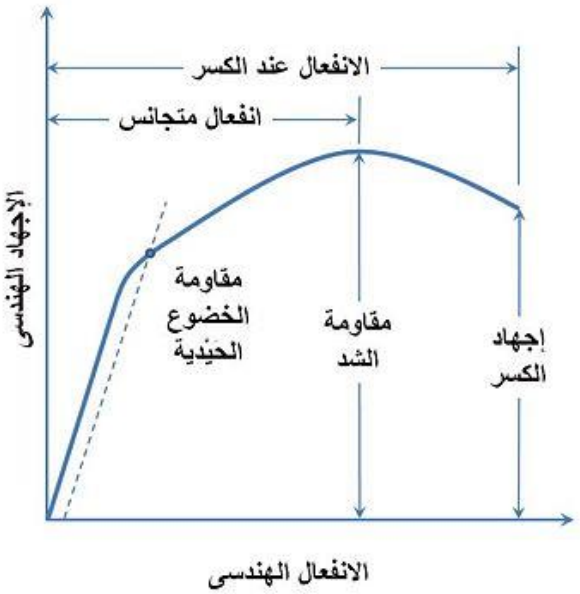
٤- شروط القطع المختارة.

٥- استخدام سائل التبريد واسلوب التبريد.

قوى وقدرات القطع

قوى القطع

لكي تصـبح عدة القطع قادرة على التغلغل في معدن الشـغلة فانة يجب ان تؤثر بقوى القطع الكافية للتغلب على جزيئات المعدن والتي تبدأ بالضغط ومرورا بمراحل التحول من حال الثبات الى حالة التشوه المرن ثم الى حالة التشوه اللدن واخيرا الى حالة الانهيار ثم الفصل.

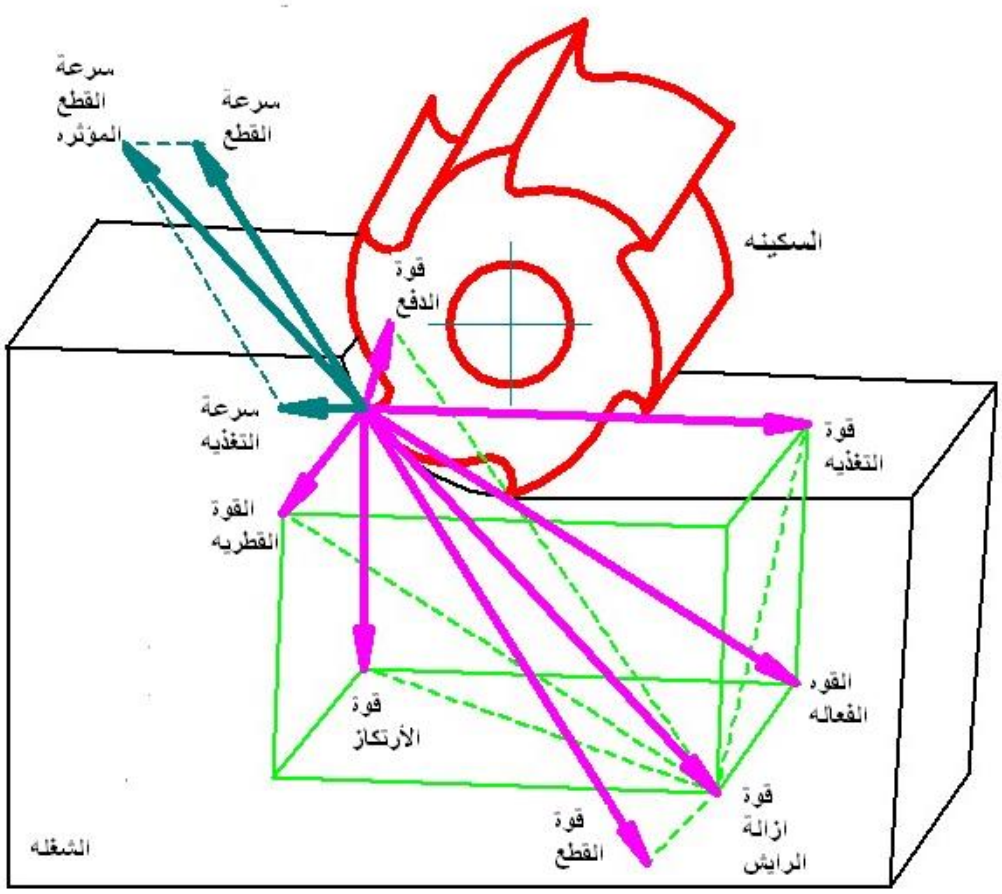


وقوى القطع في وظيفتها هذه تكون عبارة عن مجموعة من المركبات او القوى التي ينتقل تأثيرها الى طرف العدة حيث يؤثر بدوره في معدن الشـغلة بواسـطة عدد من الحركات التي تأخذ كل منها نصـيبا من تلك القوى وتؤثر به في اتجاه محدد حتى وتتم في النهاية عملية ازالة الرايش.

ويتم الحصول على قوى القطع اما من الماكينة كما هو الحال في عمليات القطع الالية كالخرط والتفريز والقشط أو من القوى العضلية للصانع كما هو الحال في عمليات القطع اليدوية كالبرد والنشر والتاجين.

مركبات قوى القطع واهم العوامل المرتبطة بها.

قوة ازالة الرايش (*Fz*)



مركبات قوة أزالة الرايش

قوة ازالة الرايش (*Fz*) هي القوة التي تؤثر على قاطع العدة اثناء إزالته للرايش فعلا، وتعرف هذه القوة ايضا بقوة القطع الكلية، وهي تتركب من قوة القطع (*Fs*) وقوة التغذية (*Fv*) والقوة القطرية (*Fp*) كمركبات اساسية وذلك بالإضافة الى بعض المركبات الجانبية الاخرى وهي قوة الارتكاز والقوة الفاعلة وقوة الدفع وعموما تحسب قوة إزالة الرايش (*Fz*) بالمعادلة التالية:

$$Fz = \sqrt{(\boldsymbol{Fs})^2 + (\boldsymbol{Fv})^2 + (\boldsymbol{Fp})^2} \qquad kg$$

(*Fz*) = قوة ازالة الرايش كجم

(*Fs*) = قوة القطع كجم

(*Fv*) = قوة التغذية كجم

(*Fp*) القوة القطرية كجم

وتعتبر قوة القطع (*Fs*) اهم المركبات الاساسية الثلاث لقوة ازالة الرايش (*Fz*) وذلك لأهميتها الكبرى في حسابات قدرة المطلوبة لإزالة الرايش وفى تحديد الماكينة المناسبة للقطع، ثم تليها في الاهمية قوة التغذية (*Fv*)

التي تبدو الحاجة اليها بصـــفة خاصـــة عند حســـاب قدرة التغذية، ثم القوة النظرية (*Fp*) التي تلعب من حيث مقدارها واتجاهها مع قوة التغذية (*Fv*) دورا رئيســـيا في حســـابات العدة وقوة تثبيتها، وبالرجوع الى الشـــكل السـابق نجد ان اتجاهات مركبات قوة ازالة الرايش الاساسـية الثلاث السـالفة الذكر تقع في الاتجاهات العمودية الثلاث اتجاه القطع واتجاه التغذية واتجاه محور العدة.

قوة القطع (*Fs*)

قوة القطع هي القوة الرئيســـية في مركبات قوة ازالة الرايش، وهي تؤثر على كل من العدة والشـــغلة في وقت واحد فبالنســـبة للعدة يتركز تأثير قوة القطع في الضـــغط على طرف الحد القاطع الواقع فعلا تحت عملية القطع وفى اتجاه معاكس لاتجاه القطع، وبالنسبة للشغلة فان قوة القطع تؤثر عليها في اتجاه القطع ذاته ومن ثم تتسبب في ازالة الرايش، ويتوقف مقدار قوة القطع في المقام الأول على نوع معدن الشـغلة باعتباره المؤثر الاول على قوة القطع، كما يتوقف مقدارها ايضـا على شـروط القطع (التغذية (*S*) وعمق القطع (*a*) وسـرعة القطع (*V*)) بالإضافة الى زوايا الحد القاطع (γ ,β,α) وشكل الحد القاطع وعلى نوع سائل التبريد، وعادة يكون مقدار قوة القطع (*Fs*) اضـعاف أي من قوة التغذية (*Fv*) او القوة القطرية (*Fp*) ويمكن تحديد قيمة قوة القطع بالحسـاب او بواسطة اجهزة خاصة.

اهم المؤثرات على قوة القطع

تتأثر قوة القطع بعدد من العوامل تصل الى نحو ١٥ عاملا وتعتبر العوامل العشر التالية اكثرها تأثيرا على قوة القطع:

١- معدن الشغلة.
٢- التغذية (*S*) او السمك النظري للرايش (*h*).
٣- عمق القطع (*a*) او العرض النظري للرايش (*b*).
٤- نسبة ازالة الرايش.
٥- زاوية الجرف (γ).
٦- زاوية المقابلة (*æ*).
٧- سرعة القطع (*V*).
٨- معدن العدة.
٩- التبريد والتزييت.
١٠- تآكل الحد القاطع.

١- تأثير معدن الشغلة.

عند تشـــغيل المعادن المختلفة (مع ثبات شـــروط القطع) تختلف قوة القطع نظرا لاختلاف الخواص الميكانيكية والفزيائية للمعادن فنجد انه كلما ارتفع جهد الشد للشغلة او ارتفعت الصلادة ارتفعت تبعا لذلك قوة القطع.

٢- تأثير التغذية (*S*)

تؤثر التغذية او (السمك النظري للرايش) تأثيرا فعالا على قوة القطع فكلما زادت التغذية زادت قوة القطع.

٣-تاثير عمق القطع(*a*)

بزيادة عمق القطع ترتفع قوة القطع.

٤- تأثير نسبة إزالة الرايش

يختلف اختيار مقدار نسـبة إزالة الرايش وهي عبارة عن نسـبة عمق القطع (*a*) إلى التغذية (*S*) في التخشـين عنه في التنعيم. اما عن علاقة نسـبة إزالة الرايش (س) بقوة القطع (*Fs*) فيسـتحسـن ان يصـغر مقدار (س) حيث يصـل الى أمثل نسـبة له عندما يصـبح مقطع الرايش مربعا أي عندما تصـل نسـبة عمق القطع (*a*) الى التغذية (*S*) ١:١ وتصبح بالتالي نسبة إزالة الرايش (س)=١.

٥- تأثير زاوية الجرف (*γ*)

كلما صـغرت زاوية جرف العدة (حتى تصـبح سـالبة) كلما زادت قوة القطع. تتغير قوة القطع بنسـبه تتراوح بين ١% الى ٢%مع كل درجة تغيير واحده في زاوية الجرف وذلك عند قطع الصلب وحديد الزهر.

٦- تأثير زاوية المقابلة (*æ*)

تؤثر زاوية المقابلة تأثيرا ضـــعيفا على قوة القطع حيث تنخفض قوة القطع انخفاض طفيف عندما تكون زاوية المقابلة ٦٠°.

٧- تأثير سرعة القطع (*V*)

من وجهة النظر العملية فإنه في مجال سرعات القطع التي تصل الى ٦٠٠ متر/دقيقة تتناقص قوة القطع (*Fs*) بتزايد سـرعات القطع (*V*) نسـبيا ما بين ١٠٠ متر/دقيقة و٦٠٠ متر/دقيقة (أي مجال الرايش الشـريطي) بينما يحدث العكس عند السرعات القطع المنخفضة (في مجال الرايش المتقطع) حيث تزداد قوة القطع (*Fs*) تدريجيا بانخفاض سرعة القطع (*V*) من ١٠٠ متر/دقيقة حتى ٢٠ متر/دقيقة أي في مجال الرايش المتفتت.

وفى هذه الحالة نجد ان تزايد قوة القطع يكون في حدود ٢٠% مع ملاحظة ان كل ما ســبق ذكره لا ينطبق الا في حالة قطع الصــلب ومصــبوباته وحديد الزهر بتغذية متوســطة، وكما تشــير بعض التجارب، ففي المعادن

الحديدية المحتوية على نيكل بين ٥٠% و٧٠% وعندما تكون سـرعة القطع (*V*) ٢٠ متر/دقيقة يحدث ارتفاع في قوة القطع (*Fs*) بين ٥٠%و ١٢٠% مما لو تم التشغيل بسرعة قطع قدرها ١٠٠ متر/دقيقة.

٨- تأثير معدن عدة القطع

ثبت من التجارب انه عند اسـتخدام العدد الخزفية في إزالة الرايش من المعادن الحديدية فقط فإن قوة القطع (*Fs*) تنخفض بنسبة ٥% الى ١٠% عنها في حالة استخدام العدد الكربيدية خصوصا المحتوية على قدر كبير من التيتانيوم وبشـرط ثبات شـروط القطع عند اسـتخدام كل من نوعي العدة وبالنسـبة لتأثير صـلب السـرعات العالية على قوة القطع فانه يحتاج لقوة قطع اعلا من المستخدمة مع العدد الكربيدية.

٩- تأثير التبريد والتزييت

باسـتخدام التبريد والتزييت في القطع تنخفض قوة القطع بالمقارنة بالقطع الجاف، وتؤكد الابحاث ان مقدار انخفاض قوة القطع (*Fs*) باستخدام التبريد يبلغ من ١٠% الى ١٥% عن قيمته في حالة عدم التبريد

١٠ تأثير تآكل الحد القاطع

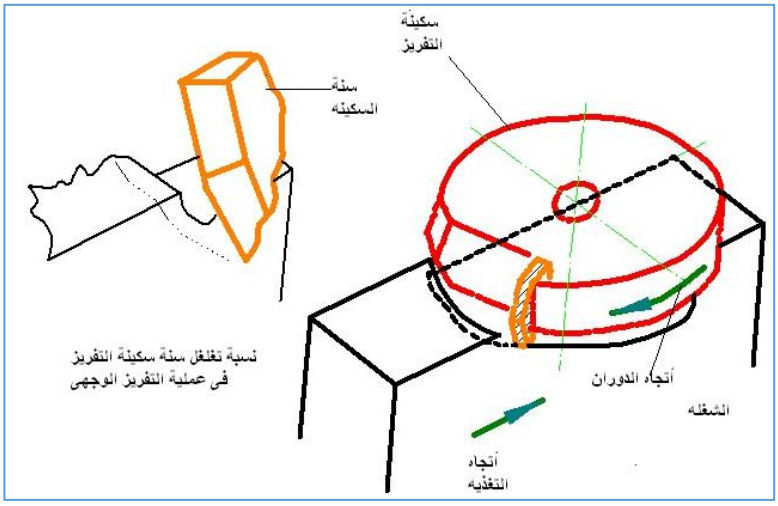
من المفهوم انه بتزايد وقت التشـغيل يحدث ان ينمو تآكل العدة القاطعة فيؤدى ذلك الى ارتفاع قوة القطع، وكلما زاد تآكل الحد القاطع ازدادت معه قوة القطع (*Fs*).

حسابات قوى وقدرات القطع

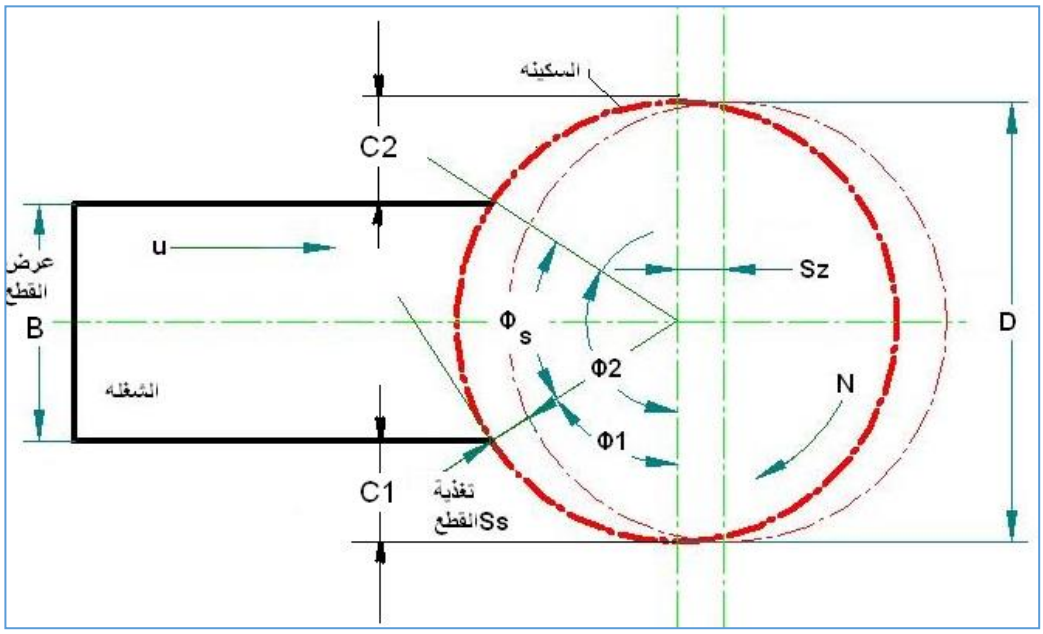
يتم تناول هذا الموضـوع من وجهة النظر العملية بطريقه حسـابيه سـهلة التطبيق حسـابات قوى وقدرات القطع، ومع أن النتائج بهذه الطريقة تنحرف بقدر ضـئيل عن النتائج المثالية إلا أنها قد مكنت من توفير أساليب سريعة للحسـابات العملية لقوة القطع بواسـطة معادلات بسـيطة وبمسـاعدة الجداول ويوجد عدد من هذه المعادلات تم التوصل اليها من نتائج الأبحاث.

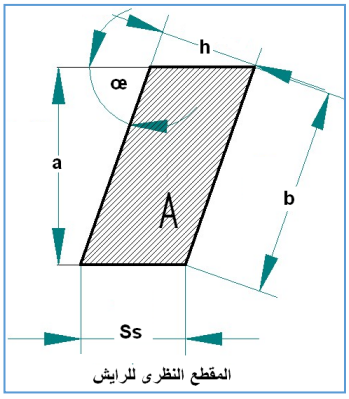
وفيما يلي المعادلات الأساسية لحساب قوة القطع في عمليات التفريز المختلفة:

أولا: حسابات قوى وقدرة القطع في التفريز الوجهي



تسلسل خطوات الحساب:





١- تحسب قيمة سرعة التغذية في التفريز الوجهي (*U*) بالمعادلة التالية

$$U = S_z * Z * n \qquad mm/min$$

حيث:

Sz = تغذية السنه مم

Z = عدد أسنان سكينة التفريز

n = عدد لفات سكينة التفريز (لفه / د)

٢- تحسب قيمة حجم الرايش الناتج في الدقيقة الواحدة (v) بالمعادلة التالية:

$$v = \frac{a*B*U}{1000} \qquad cm^3/min$$

حيث:

a = عمق القطع (مم)

B = عرض التفريز (مم)

u = سرعة التغذية (مم/د)

٣- تحسب النسبة ($\frac{B}{D}$)

حيث:

D = قطر السكينة مم

B = عرض التفريز مم

٤- تحسب قيمة (*X*) بالمعادلة التالية:

$$X = \frac{114.6}{\phi s} * \frac{B}{D}$$

حيث:

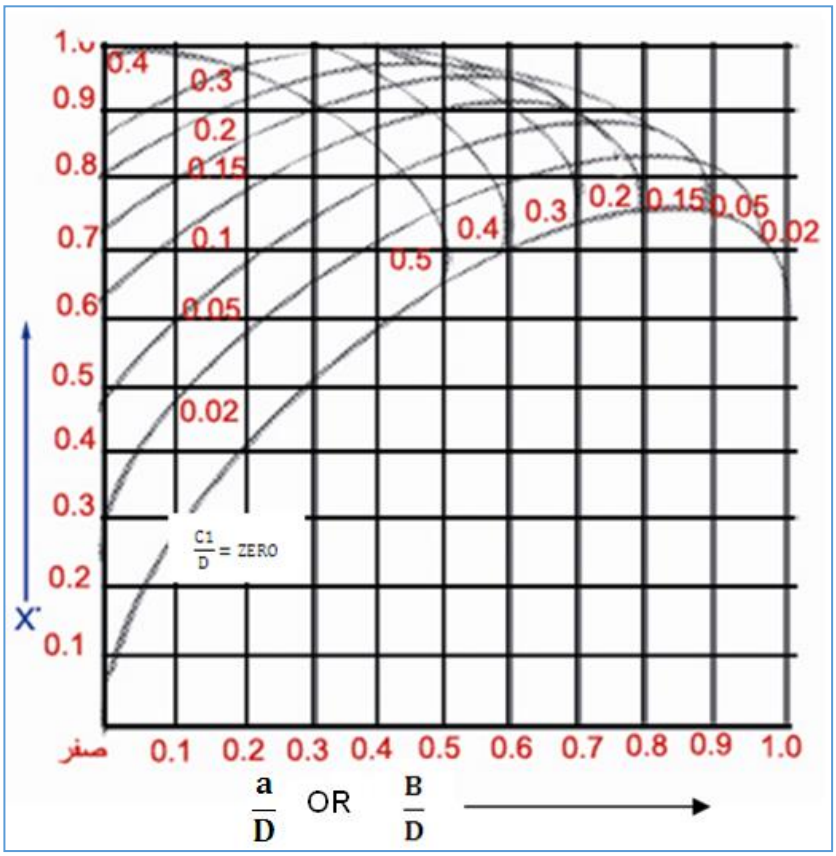
ϕs = زاوية منحنى القطع (أنظر الشكل)

B = عرض التفريز مم

D = قطر السكينة مم

أو تستخرج قيمة X من الشكل البياني الاتي:

وذلك على أساس نسبة عرض التفريز (B) الى قطر السكينة (D) أي النسبة $\frac{B}{D}$ وكذلك نسبة المسافة ($C1$) الى قطر السكينة (D) أي $(\frac{C1}{D})$



٥- يحسب السمك النظري المتوسط للرايش (hm) بالمعادلة التالية:

$$h_m = (x)\ (Ss)\ (sin\text{œ})\qquad mm$$

حيث:

(X) معامل يحسب أو يستخرج من المنحنى السابق

(Ss)= تغذية السنة مم/سنه

$(Sin\text{œ})$ = جيب زاوية المقابلة.

٦- تحسب قيمة مقاومة القطع النوعية لمعدن الشغلة (*Ks*) بالمعادلة التالية:

$$Ks = (Ks\ 1.1)/(h_m)^m \qquad kg/mm^2$$

حيث:

Ks = مقاومة القطع النوعية وهي القوه التي تزال بها مساحة قدرها ١مم٢ من المساحة النظرية لمقطع الرايش وتقاس بـ (كجم/مم٢).

Ks 1.1 = القيمة الاساسية لمقاومة القطع النوعية (كجم/مم٢) تستخرج من الجدول

مقاومة القطع النوعية الأساسية *Ks 1.1* هي خاصيه من الخواص الطبيعية للمعدن وتعنى القوه اللازمة لإزالة الرايش عندما يكون العرض النظري للرايش (*b*) =١ ، والسمك النظري للرايش (*h*) = ١.

m = ظل زاوية ميل منحنى سرعة القطع

وتتوقف قيمة كل من (*Ks 1.1*) و (*m*) على مدى صلادة معدن الشغلة وتستخرج من الجداول.

٧- تحسب قيمة الحجم النوعي للرايش (*Vs*) بالمعادلة التالية:

$$Vs = \frac{6120}{Ks * K\gamma * Kv * Kver} \qquad cm^3/kw\ min$$

حيث:

$K\gamma$, K_v , K_{ver}= معاملات التصحيح

<u>معاملات التصحيح</u>

قيم مقاومة القطع النوعية الأساسية المحددة بالجداول وضعت على أساس شروط قطع نظريه مثاليه وعندما تنحرف شروط القطع عن تلك التي وضعت على أساسها الجداول يصبح من الضروري اجراء عملية تصحيح لحساب قوة القطع وفيما يلى أهم المعاملات:

<u>معامل تصحيح زاوية الجرف</u> $K\gamma$

يراعى معامل تصحيح زاوية الجرف تأثير زاوية جرف العدة على قوة القطع ويحسب من المعادلة الآتية:

$$K\gamma = 1 - \frac{(\gamma - \gamma 0)}{66.7}$$

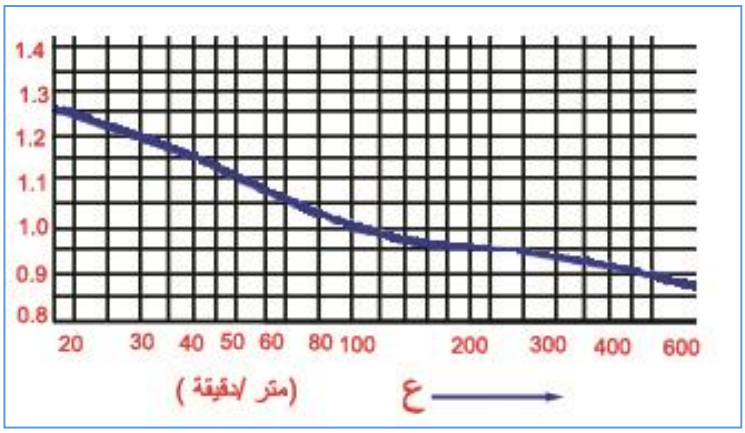
حيث:

γ ترمز الى القيمه الفعليه لزاوية الجرف

$\gamma 0$ أى γ صفر تعنى أذا أصبحت γ = صفر فأن ذلك يتطلب أن يضاف الى زاوية الجرف المقادير التاليه :
من ١الى ٦°فى حالة الصلب والزهر، ١° للمعادن الأخرى.

معامل تصحيح سرعة القطع K_v

يتحدد معامل تصحيح سرعة القطع بالنسبة للصلب والزهر بواسطة المنحنى الاتي:



معامل تصحيح تآكل العدة القاطعة K_{ver}

يستخدم معامل تصحيح تأثير تأكل الحد القاطع للعدة K_{ver} في مقابل نهاية عمر الحد القاطع في الحدود التالية:

K_{ver} = ١,٣ : ١,٥

٨- تحسب قيمة قدرة القطع لعملية التفريز الوجهي (P_s) بالمعادلة التالية:

$$Ps = V/Vs = \frac{a*B*U\ Ks*K\gamma*Kv*Kver}{6120*1000} \quad kw$$

حيث:

V = حجم الرايش سم٣ / د

Vs = قيمة الحجم النوعي للرايش سم٣ / كيلو وات دقيقة

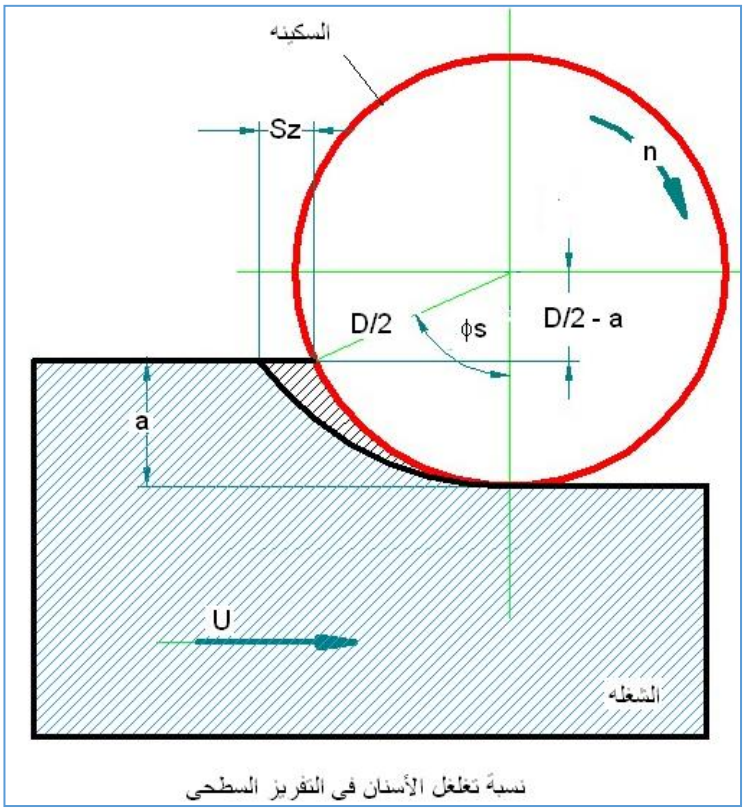
٩-تحسب قيمة قدرة محرك الفريزة *PA* بالمعادلة التالية:

$$PA = \frac{Ps}{\eta} \quad kw$$

حيث:

η = كفاءة الفريزة وتتراوح بين ٠,٦ : ٠,٨

ثانيا: حسابات قوى وقدرة القطع في التفريز السطحي



نسبة تغلغل الأسنان في التفريز السطحي

١- تحسب سرعة التغذية في التفريز السطحي (U) بالمعادلة التالية:

$$U = S_z * Z * n \qquad mm/min$$

حيث:

Sz = تغذية السنة مم

Z = عدد أسنان سكينة التفريز

n = عدد لفات سكينة التفريز (لفه / د)

٢- يحسب حجم الرايش الناتج في الدقيقة الواحدة (V) بالمعادلة التالية:

$$v = \frac{a*B*U}{1000} \qquad cm^3/min$$

حيث:

a = عمق القطع (مم)

B = عرض التفريز (مم)

u = سرعة التغذية (مم/د)

٣- تحسب النسبة $(\frac{a}{D})$

حيث:

a عمق القطع مم

٤- تحسب قيمة (X) من المعادلة التالية:

$$X = \frac{114.6}{\phi s} * \frac{a}{D}$$

حيث:

ϕs = زاوية منحنى القطع (أنظر الشكل)

a = عمق القطع مم

D = قطر السكينة مم

$$\phi s = \cos^{-1}\left(1 - \frac{2a}{D}\right)$$

٥- - يحسب السمك النظري المتوسط للرايش (hm) بالمعادلة التالية:

$$h_m = (x)\,(Ss) \quad mm$$

حيث:

(Ss) = تغذية السنة مم/سنه

٦- تحسب قيمة مقاومة القطع النوعية لمعدن الشغلة (Ks) بالمعادلة التالية:

$$Ks = (Ks\ 1.1)/(h_m)^m \quad kg/mm^2$$

حيث:

Ks = مقاومة القطع النوعية وهي القوه التي تزال بها مساحة قدرها ١مم٢ من المساحة النظرية لمقطع الرايش وتقاس بـ (كجم/مم٢).

Ks 1.1 = القيمة الاساسية لمقاومة القطع النوعية (كجم/مم٢) تستخرج من الجدول

مقاومة القطع النوعية الأساسية *Ks 1.1* هي خاصيه من الخواص الطبيعية للمعدن وتعنى ألقوه اللازمة لإزالة الرايش عندما يكون العرض النظري للرايش (*b*) =١، والسمك النظري للرايش (*h*) = ١

m = ظل زاوية ميل منحنى سرعة القطع

وتتوقف قيمة كل من (*Ks 1.1*) و (*m*) على مدى صلادة معدن الشغلة وتستخرج من الجداول

٧- تحسب قيمة الحجم النوعي للرايش (Vs) بالمعادلة التالية:

$$\mathbf{Vs} = \frac{\mathbf{6120}}{\mathbf{Ks} * \mathbf{K\gamma} * \mathbf{Kv} * \mathbf{Kver}} \quad \text{cm}^3/\text{kw min}$$

حيث:

$K\gamma$, K_v , K_{ver}= معاملات التصحيح

٨- - تحسب قيمة قدرة القطع لعملية التفريز السطحي (Ps) بالمعادلة التالية:

$$\boldsymbol{Ps} = \boldsymbol{V/Vs} = \frac{\boldsymbol{a} * \boldsymbol{B} * \boldsymbol{U}\ \boldsymbol{Ks} * \boldsymbol{K\gamma} * \boldsymbol{Kv} * \boldsymbol{Kver}}{\mathbf{6120} * \mathbf{1000}} \quad \text{kw}$$

حيث:

V = حجم الرايش سم٣ / د

Vs = قيمة الحجم النوعي للرايش سم٣ / كيلو وات دقيقة

٩-تحسب قيمة قدرة محرك الفريزة PAبالمعادلة التالية:

$$\boldsymbol{P_A} = \frac{\boldsymbol{Ps}}{\boldsymbol{\eta}} \quad \text{kw}$$

حيث:

η = كفاءة الفريزة وتتراوح بين ٠,٦: ٠,٨

حساب قوة القطع المتوسطة الكلية (F_{sm})

تساعد معرفة قوة القطع المتوسطة الكلية (القوة المحيطية المتوسطة) في تحديد الحمل الواقع على عامود السكينة في حالة التفريز السطحي أثناء القطع لمقارنتها بالقيم القياسية لتحمل أعمدة السكاكين

$$F_{sm} = F_{sm/z} * Z_i \quad kg$$

حيث:

F_{sm} = قوة القطع المتوسطة الكلية بالكيلوجرام

$F_{sm/z}$= قوة القطع المتوسطة لكل سنه من أسنان السكينة بالكيلوجرام

Z_i= عدد الأسنان المتغلغلة في لحظة ما من سكينة التفريز في المعدن المقطوع

$$F_{sm/z} = B * hm * Ks * K\gamma * Kv * Kver \quad kg$$

حيث:

$K\gamma * Kv * Kver$ = معاملات التصحيح

Ks = مقاومة القطع النوعية لمعدن الشغلة كجم/مم٢

B = العرض النظري للرايش مم

h_m = السمك النظري المتوسط للرايش مم

$$Z_i = \frac{z * \phi s}{360}$$

ϕs= زاوية منحنى القطع درجه

z = عدد أسنان السكينة

والجدول الاتي يحدد الحمل المسموح به على عامود السكينة

الحمل المسموح به على عامود سكينة تفريز الفريزة الأفقية

قطر عامود السكينة مم	القوة المحيطية المتوسطة المسموح بها كجم
١٣	١٠٠
١٦	٢٠٠
٢٢	٣٥٠
٢٧	٥٥٠
٣٢	٨٥٠
٤٠	١٤٠٠
٦٠	٢٢٠٠

أمثله تطبيقيه على حسابات القطع لعملية التفريز

١-التفريز الوجهي

مثال (١):

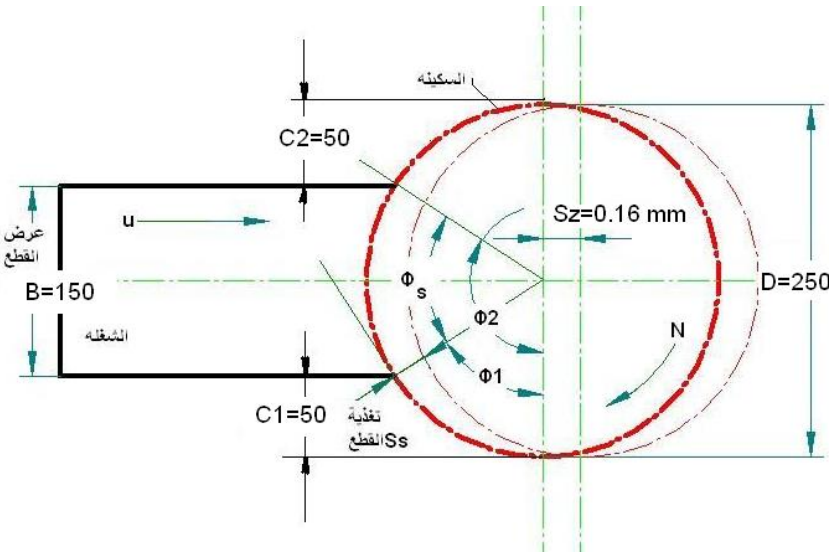
المعطيات: المطلوب إجراء تفريز وجهي محوري خشن لشغلة على شكل متوازي مستطيلات مصنوعة من سبائك الزهر الرمادي (*GGL-25*) طولها (*l*) =٥٠٠مم، وعرض (*B*) = ١٥٠مم، وذلك باستخدام سكينة تفريز وجهي ذات أسنان منفصلة من الكربيد قطرها (*D*)= ٢٥٠ مم، وعدد أسنانها (*Z*) =١٢، وزاوية المقابلة (*œ*) =٦٠°، إذا علمت أن شروط القطع كالتالي:

عمق القطع (*a*) =٥ مم، تغذية السنة (*Sz*) =٠,١٦ مم/سنة، سرعة القطع (*V*) =٦٣ م/د، درجة الكفاءة للفريزة (*η*) =٠,٧٥، عدد مرات القطع (*i*) =١

المطلوب: حساب الاتي:

١- قدرة ادارة محرك الفريزة (P_A)

الحل:



١ تحسب قيمة سرعة التغذية في التفريز الوجهي (*U*) بالمعادلة التالية

$$U = S_z * Z * n \qquad mm/min$$

حيث:

(*Sz*) = تغذية السنة =٠,١٦ مم (المعطيات)

Z = عدد أسنان سكينة التفريز =١٢ سنه (المعطيات)

n = عدد لفات سكينة التفريز (لفه / د) وتحسب من المعادلة التالية:

$$n=\frac{1000(v)}{(D)(\pi)}$$

حيث:

v = سرعة القطع =٦٣ م/د (المعطيات)

D = قطر السكينة =٢٥٠ مم (المعطيات)

π = النسبه التقريبيه =٣,١٤

$$n=\frac{1000(63)}{(250)(\pi)}=80 \quad rev/min$$

$$U = S_z * Z * n \qquad mm/min$$

$$U = 0.16 * 12 * 80 = 154 \qquad mm/min$$

٢- تحسب قيمة حجم الرايش الناتج في الدقيقة الواحدة (v) بالمعادلة التالية:

$$v=\frac{a*B*U}{1000} \qquad cm^3/min$$

حيث:

a = عمق القطع =٥ (مم) (المعطيات)

B = عرض التفريز =١٥٠ (مم) (المعطيات)

U = سرعة التغذية =١٥٤ (مم/د) (من الحساب)

$$v=\frac{5*150*154}{1000}=115.5 \quad cm^3/min$$

٣- تحسب النسبة $\left(\frac{B}{D}\right)$

حيث:

D = قطر السكينة مم

B = عرض التفريز (مم)

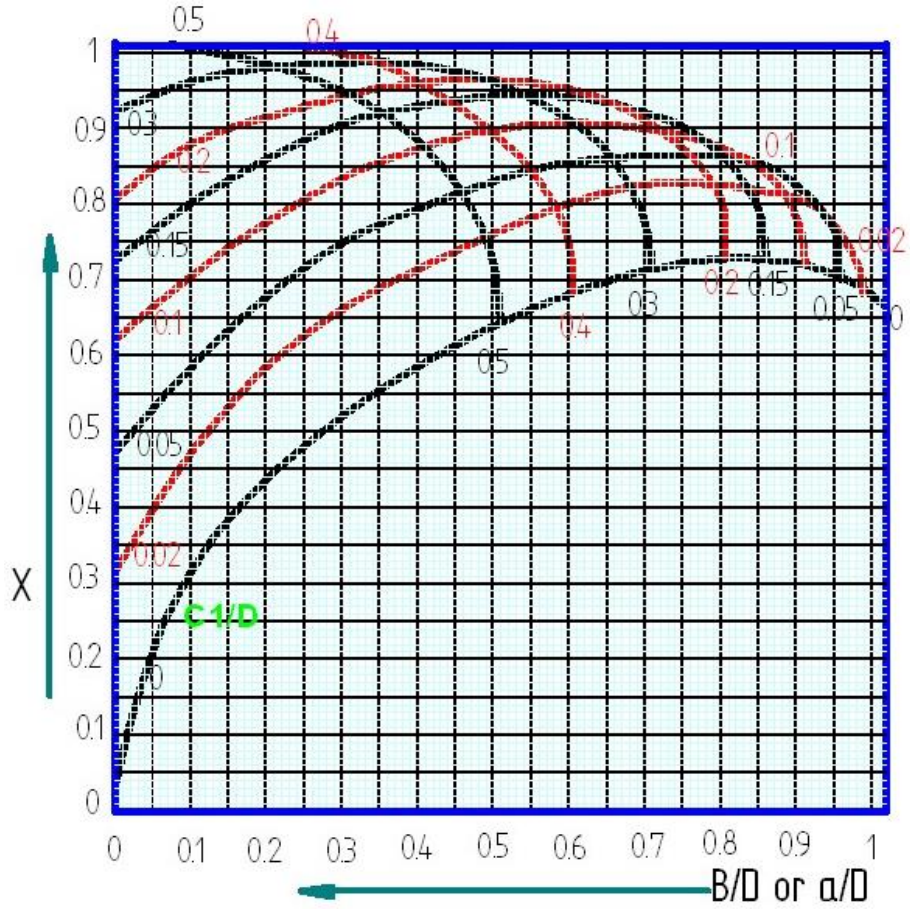
$$\frac{B}{D} = \frac{150}{250} = 0.6$$

٤- نحدد قيمة (X) بالاستعانة بالمنحنى التالي بالتسلسل الاتي:

نحسب نسبة المسافة ($C1$) الى قطر السكينة (D) النسبة ($\frac{C1}{D}$)

$$(\frac{C1}{D}) = (\frac{50}{250}) = 0.2$$

نحدد قيمة X على المنحنى البياني بالاستعانة بالمعلومتين السابقتين فنجد أن $X = 0.95$



٥- يحسب السمك النظري المتوسط للرايش (h_m) بالمعادلة التالية:

$$h_m = (x)\ (Sz)\ (\sin\text{œ})\qquad mm$$

حيث: (Sz) = تغذية السنه =٠,١٦ مم/سنه (معطيات)

جيب زاوية المقابلة = *(Sinœ)*

جا ٦٠° =٠,٨٦٦

$$h_m = (0.95)(0.16)(0.866) = 0.126 \quad mm$$

٦- تحسب قيمة مقاومة القطع النوعية لمعدن الشغلة (*Ks*) بالمعادلة التالية:

$$Ks = (Ks\ 1.1)/(h_m)^m \quad kg/mm^2$$

القيمة الاساسية لمقاومة القطع النوعية (*Ks 1.1*) (كجم/مم٢)، وقيمة ظل زاوية ميل منحنى سرعة القطع (*m*) تستخرج من الجدول بالنسبة للزهر الرمادي (*GGL-25*)

m =0.26

Ks 1.1 =116 kg/mm²

$$Ks = (116)/(0.126)^{0.26} = 199 \quad kg/mm^2$$

٧- تحسب قيمة الحجم النوعي للرايش (Vs) بالمعادلة التالية:

$$Vs = \frac{6120}{Ks * K\gamma * Kv * Kver} \quad cm^3/kw\ min$$

حيث:

$K\gamma$, K_v , K_{ver}= معاملات التصحيح

علما بان

Ks = مقاومة القطع النوعية لمادة الشغلة=١٩٩ كجم /مم

$K\gamma$ = معامل تصحيح زاوية الجرف

$$K\gamma = 1 - \frac{(\gamma - \gamma 0)}{66.7}$$

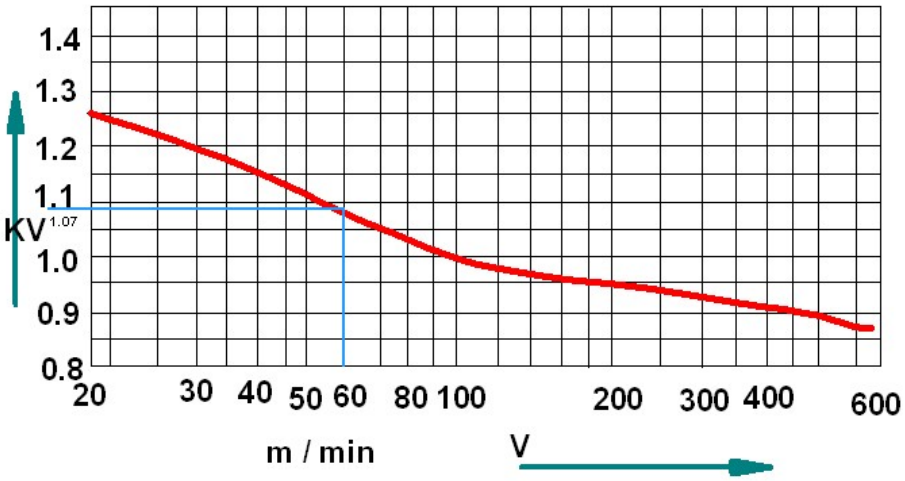
γ صفر تعنى أذا أصبحت γ = صفر فأن ذلك يتطلب أن يضاف الى زاوية الجرف المقادير التاليه :

من ١الى ٦°فى حالة الزهر

$$K\gamma = 1 - \frac{(0-2)}{66.7} = 1.03$$

Kv = معامل تصحيح سرعة القطع

تتحدد معامل تصيح سرعة القطع بالنسبة للصلب والزهر بواسطة المنحنى الاتي:



K_v =1.07

K_{ver} = معامل تصحيح تآكل العدة من= ١,٣: ١,٥

نختاره ١,٣

K_{ver} =1.3

$$Vs = \frac{6120}{1.99*1.03*1.07*1.3} = 21.5 \ \ cm^3/kw\ min$$

٨- تحسب قيمة قدرة القطع لعملية التفريز الوجهي (P_s) بالمعادلة التالية:

$$Ps = V/Vs \quad kw$$

حيث:

V = حجم الرايش سم٣ / د

Vs = قيمة الحجم النوعي للرايش سم٣ / كيلو وات دقيقة

$$Ps = 115.5/21.5 = 5.37 \ \ kw$$

٩- تحسب قيمة قدرة محرك الفريزة P_A بالمعادلة التالية:

$$P_A = \frac{Ps}{\eta} \quad kw$$

حيث: η = كفاءة الفريزة ٠,٧٥

$$P_A = \frac{5.37}{0.75} = 7.16 \ kw$$

التفريز السطحي

مثال (٢)

المعطيات: الشغلة على شكل متوازي مستطيلات من صلب (*ST50*) طول (*l*)=٣٠٠مم، وعرض (*B*) =٨٠مم، والعدة المستخدمة سكينة تفريز سطحي مصنوعة من صلب السرعات العالية *HSS* قطر ٨٠ مم، وعدد اسنانها (قواطعها) (*Z*)=٩ بزاوية جرف (γ) =١٢ إذا علمت أن شروط القطع كالتالي:

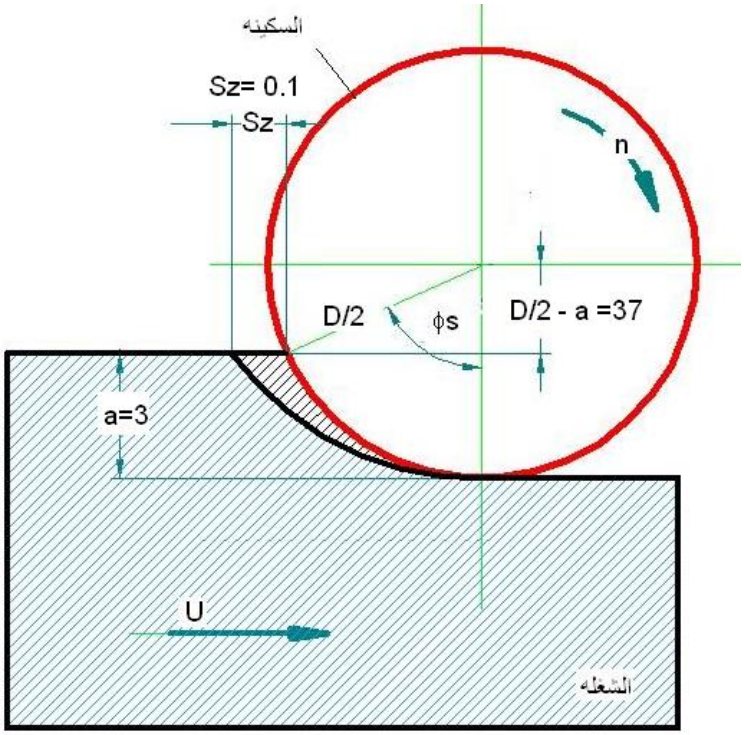
- عمق القطع (*a*) =٣مم
- تغذية السنة (*Sz*) =٠,١ مم/سنه
- سرعة القطع (*v*)= ٢٦ متر/دقيقة
- درجة كفاءة الفريزة (η) = ٠,٧
- عدد مرات القطع (*i*) = ١

المطلوب حساب الاتي:

١- قوة القطع الواقعة على سنة واحدة (قاطع واحد) من اسنان سكينة التفريز.($F_{sm/z}$)

٢- قدرة القطع اللازمة لتفريز الشغلة..... Ps

٣- قدرة اداء محرك الفريزة..... P_A



الحل

١- تحسب سرعة التغذية في التفريز السطحي (U) بالمعادلة التالية:

$U = S_z * Z * n$ *mm/min*

حيث:

(*Sz*) = تغذية السنه =*0.1* مم (المعطيات)

Z = عدد أسنان سكينة التفريز =*9* سنه (المعطيات)

n = عدد لفات سكينة التفريز (لفه / د) وتحسب من المعادلة التالية:

$$n= \frac{1000(v)}{(D)(\pi)}$$

حيث:

v = سرعة القطع =٢٦ م/د (المعطيات)

D = قطر السكينة = ٨٠ مم (المعطيات)

π = النسبه التقريبيه =٣,١٤

$$n= \frac{1000(26)}{(80)(\pi)} = 301 \ rev / min$$

$$U = S_z * Z * n \qquad mm/min$$

$$U = 0.1 * 9 * 103 = 92.3 \approx 92 \qquad mm/min$$

٢- يحسب حجم الرايش الناتج في الدقيقة الواحدة (V) بالمعادلة التالية:

$$v = \frac{a*B*U}{1000} \qquad cm^3/min$$

حيث:

a =*3* عمق القطع (مم)

B = *80* عرض التفريز (مم)

u = ٩٢ سرعة التغذية (مم/د)

$$v = \frac{3*80*92}{1000} = 22 \qquad cm^3/min$$

٣- تحسب النسبة $(\frac{a}{D})$

حيث: a = ٣ عمق القطع مم

D = ٨٠ قطر السكينة مم

$$(\frac{a}{D}) = \frac{3}{80}$$

تحسب قيمة X من المعادلة التالية:

$$X = \frac{114.6}{\phi s} * \frac{a}{D}$$

حيث:

ϕs = زاوية منحنى القطع (أنظر الشكل)

$$\phi s = \cos^{-1}(1 - \frac{2a}{D})$$

$$\phi s = \cos^{-1}(1 - \frac{2*3}{80}) = 22.5°$$

$$X = \frac{114.6}{22.5} * \frac{3}{80} = 0.191$$

٤- يحسب السمك النظري المتوسط للرايش (h_m) بالمعادلة التالية:

$$h_m = (x)(Sz) \quad mm$$

حيث:

$(Sz) = 0.1$ تغذية السنة مم/سنه

$$h_m = (0.191)(0.1z) = 0.019 \quad mm$$

٥- - تحسب قيمة مقاومة القطع النوعية لمعدن الشغلة (Ks) بالمعادلة التالية:

$$Ks = (Ks\ 1.1)/(h_m)^m \quad kg/mm^2$$

القيمة الاساسية لمقاومة القطع النوعية ($Ks\ 1.1$) (كجم/مم٢)، وقيمة ظل زاوية ميل منحنى سرعة القطع (m) تستخرج من الجدول بالنسبة لصلب ($ST50$)

$$Ks\ 1.1 = 199\ kg/mm^2 \quad , \quad m= 0.26$$

$$Ks= (199)/(0.019)^{0.26} \quad =555 \quad kg/mm^2$$

٦- تحسب قيمة الحجم النوعي للرايش (Vs) بالمعادلة التالية:

$$Vs = \frac{6120}{Ks*K\gamma*Kv*Kver} \quad \text{cm}^3\text{/kw min}$$

حيث:

$K\gamma$, K_v , K_{ver}= معاملات التصحيح

علما بان

Ks = مقاومة القطع النوعية لمادة الشغل = ٥٥٥ كجم /مم^2

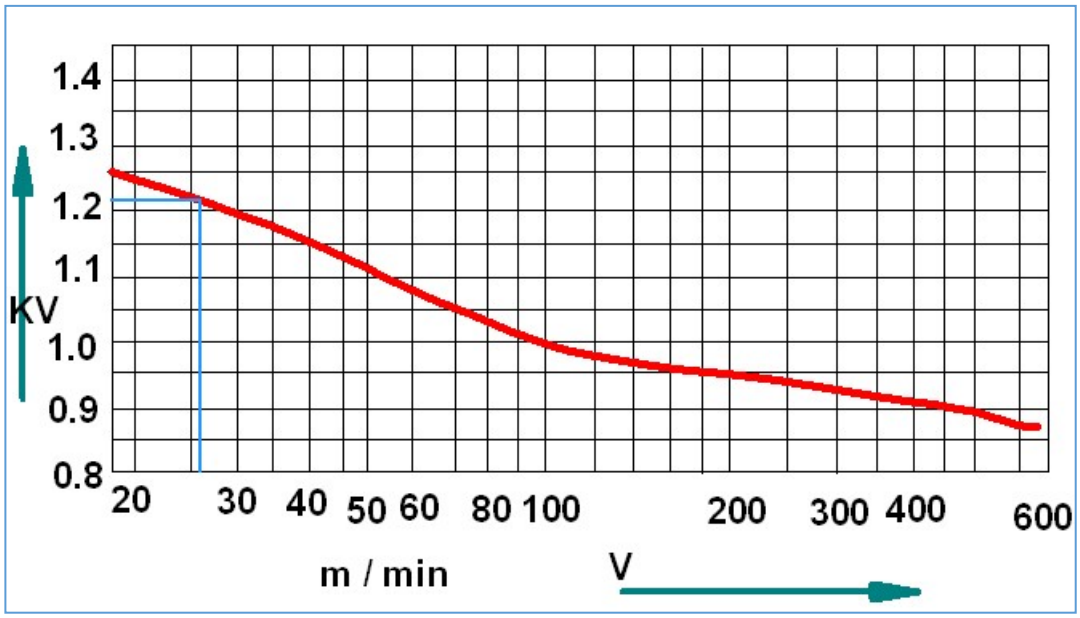
$(K\gamma)$ = معامل تصحيح زاوية الجرف

$$K\gamma = 1 - \frac{(\gamma - \gamma 0)}{66.7}$$

γ صفر تعنى أذا أصبحت γ = صفر فأن ذلك يتطلب أن يضاف الى زاوية الجرف المقادير التاليه :
من ١الى ٦°فى حالة الصلب

$$K\gamma = 1 - \frac{(12-6)}{66.7} = 0.91$$

Kv = معامل تصحيح سرعة القطع
تتحدد معامل تصيح سرعة القطع بالنسبة للصلب بواسطة المنحنى الآتي:



$Kv \approx 1.2$

Kver = معامل تصحيح تآكل العدة نختاره ١,٤

$$Vs = \frac{6120}{Ks*K\gamma*Kv*Kver} \quad \text{cm}^3\text{/kw min}$$

$$Vs = \frac{6120}{555*0.91*1.2*1.4} = 7.21 \quad \text{cm}^3\text{/kw min}$$

٧ – تحسب قوة القطع المتوسطة لكل سنه من أسنان السكينة بالكيلوجرام ($F_{sm/z}$) من المعادلة التالية:

$$F_{sm/z} = B * hm * Ks * K\gamma * Kv * Kver \quad kg$$

حيث:

$K\gamma$, K_v , K_{ver}= معاملات التصحيح

(*Ks*) = مقاومة القطع النوعية لمعدن = ٥٥٥ الشغلة كجم/مم^2 (حسابيا)

(*B*) = العرض النظري للرايش = ٨٠ مم (معطيات)

(hm) = السمك النظري المتوسط للرايش = ٠,٠١٩ مم (حسابيا)

$$F_{sm/z} = 80 * 0.019 * 555 * 0.91 * 1.2 * 1.4 = 1304 \quad kg$$

٨- - تحسب قيمة قدرة القطع لعملية التفريز السطحي (P_s) بالمعادلة التالية:

$$Ps = V/Vs \quad \text{KW}$$

حيث:

V =22 حجم الرايش سم٣ / د

Vs = 7.21 قيمة الحجم النوعي للرايش سم٣ / كيلو وات دقيقة

$$\mathbf{Ps = 22/7.21 \quad =3.07} \quad \text{KW}$$

٩-تحسب قيمة قدرة محرك الفريزة P_A بالمعادلة التالية:

$$P_A = \frac{Ps}{\eta} \quad \text{kw}$$

حيث:

η = كفاءة الفريزه *0.7*

$$P_A = \frac{3.07}{0.7} \quad = 4.39 \quad \text{kw}$$

تمارين تطبيقيه

تمرين رقم ١ (تفريز وجهي)

المعطيات: يراد إجراء تفريز وجهي محوري خشن لشغله على شكل متوازي مستطيلات من صلب ٣٤ طولها (l) =٢٠٠مم، وعرض (B) = ١٠٠مم، وذلك باستخدام سكينة تفريز وجهي ذات أسنان منفصلة من الكربيد قطرها (D)= ١٥٠ مم، وعدد أسنانها (Z) =١٢، وزاوية المقابلة (α=٦٠° إذا علمت أن شروط القطع هي:

عمق القطع (a) =٢ مم، تغذية السنه (Sz) =٠,١ مم/سنة، سرعة القطع (V) =٥٠ م/د، كفاءة للفريزة (η)=٠,٧٥، عدد مرات القطع (i) =١

المطلوب حساب الاتي:

١- قدرة ادارة محرك الفريزة (P_A)

٢- زمن التفريز الوجهي اللازم للشغلة T

تمرين رقم ٢ (تفريز سطحي)

المعطيات: يراد إجراء تفريز سطحي لشغله على شكل متوازي مستطيلات من صلب (*ST70*) طول (*l*)=٢٠٠مم، وعرض (*B*) =٦٠ مم، وذلك باستخدام سكينة تفريز سطحي مصنوعة من صلب السرعات العالية *hss* قطر ٦٠ مم، وعدد اسنانها (قواطعها) (*Z*)=٨ بزاوية جرف (*γ*) =١٠ إذا علمت أن شروط القطع هي:

- عمق القطع (*a*) =٢مم
- تغذية السنة (*Sz*) =٠,١ مم/سنه
- سرعة القطع (*v*)= ٣٠ متر/دقيقة
- درجة كفاءة الفريزة (*η*) = ٠,٧
- عدد مرات القطع (*i*) = ١

والمطلوب حساب الاتي:

١ قوة القطع الواقعة على سنة واحدة (قاطع واحد) من اسنان سكينة التفريز (Fsm_z)

٢ قدرة القطع اللازمة لتفريز الشغلة.....Ps

٣ قدرة اداء محرك الفريزة.....P_A

٤ زمن تفريز الشغلة .....T

الباب الخامس

تكاليف التصنيع

تعتبر تكاليف التصنيع هي المؤشر الأساسي عند اتخاذ القرار بشأن تصنيع أي منتج حيث يعتمد نجاح تسويق المنتج على مدى توفيره في الأسواق بالجودة المطلوبة بأسعار منافسة، وإذا ما تبين من دراسة الجدوى أن تكلفة تصنيعه بأسلوب معين تزيد عن تكلفة تصنيعه بأسلوب آخر منافس فمن الواجب تغيير أسلوب التصنيع إلى الأسلوب الذي يعطى نفس الجودة بتكلفة أقل، ومن أمثلة الأساليب المتنافسة: الصب في مقابل الحدادة بالإسطمبات وكذلك تشطيب الثقوب الدقيقة بالبرغل في مقابل تخليقها بالمشدات. وتشتمل تكلفة المنتج على العناصر الآتية: -

١- تكلفة المواد الداخلة في تصنيع المنتج وكذلك المواد الغير المباشرة.
٢- تكلفة ساعات التشغيل وتتكون من:
   a. تكلفة ساعات تشغيل الماكينات.
   b. تكلفة ساعات تشغيل العمالة.
٣- تكلفة العدد المستخدمة في تصنيع المنتج.
٤- تكلفة زمن التجهيز.
٥- تكلفة التصميم وتخطيط الإنتاج.
٦- تكلفة التفتيش الفني.
٧- تكلفة التخزين.

حساب عناصر التكاليف:

١- تكلفة المواد:

وهي تتوقف على العوامل الآتية:

أ- نوع المادة: صلب إنشائي - صلب كربوني – صلب سبائكي – حديد زهر بأنواعه – الألومنيوم و سبائكه – النحاس و سبائكه – البلاستيك بأنواعه ... إلخ .

ب- شكل المادة: ألواح – قضبان – قطاعات – أسلاك – مواسير ... إلخ.

ج- أبعاد المادة الخام: أقطار – أطوال – سمك ... إلخ.

د- عمليات التصنيع السابقة: درفلة – صب – طرق – سحب – بثق ... إلخ.

هـ- حالة المادة الخام: درفلة على الساخن أم على البارد، مخمرة (*Annealed*) أو مبردة في الهواء (*Normalized*).

تزداد تكلفة المواد بزيادة عمليات وخطوات التصنيع عليها فمثلا يكون سعر وحدة الأوزان من الأسلاك أغلى من سعر وحدة الأوزان من الأعمدة من نفس المادة وتقدر تكلفة المواد لكل جزء من أجزاء المنتج بوزن المادة المستخدمة في تصنيع كل جزء مضروبا في تكلفة وحدة الأوزان من هذه المادة ثم يطرح منها قيمة عادم الصناعة.

تكلفة المادة = (وزن المادة المستخدمة x تكلفة وحدة الأوزان) – (وزن العادم x ثمن بيع وحدة الأوزان من العادم).

٢- تكلفة ساعات التشغيل: (تكلفة زمن دورة التشغيل)

أ- تكلفة ساعات تشغيل الماكينات وتنتج من حاصل ضرب تكلفة الماكينة في وحده الزمن في زمن دورة التشغيل.

<u>تكلفة الماكينة في السنة:</u>

معدل الاستهلاك السنوي + فائدة رأس المال + تكاليف الصيانة السنوية + تكلفة موقع الماكينة سنويا + التكلفة السنوية للطاقة.

$$\textbf{تكلفة الماكينة في الساعة} = \frac{\textit{تكلفة الماكينة في السنة}}{\textit{عدد ساعات التشغيل سنويا}}$$

ب- تكلفة ساعات تشغيل العمالة وتنتج من حاصل ضرب تكلفة العمالة في وحدة الزمن في زمن دورة التشغيل.

$$\textbf{تكلفة العمالة في الساعة} = \textbf{إجمالي أجور العمالة المباشرة في الساعة} \times \left(١ + \frac{\textbf{نسبة الأجور الغير مباشرة}}{\textbf{الأجور المباشر}}\right)$$

٣- تكلفة العدد:

$$\textbf{تكلفة العدد} = \frac{\dfrac{\textbf{ثمن العدة}}{\textbf{عدد مرات شحذها أو استبدالها خلال عمرها}} + \textbf{تكاليف شحذ العدة لكل حد قاطع أو} + \textbf{تكاليف استبدال العدة}}{\textbf{عدد المنتجات المصنعة خلال عمر الحد القاطع}}$$

$$\textbf{أو تكاليف العدد} = \textbf{تكاليف الحد القاطع} \times \frac{\textbf{زمن التشغيل}}{\textbf{عمر الحد القاطع}}$$

٤- تكلفه زمن التجهيز:

وتشمل تكاليف تجهيز وتوضيب وضبط الماكينات المستخدمة وما تحتاجه من عدد ومثبتات وتحسب على أساس ضرب زمن التجهيز في مجموع تكاليف الماكينة والعمالة في وحدة الزمن مضافا إليها تكاليف أي تجهيزات تتم بعيدا عن الماكينة مقسوما على حجم الإنتاج.

$$\text{تكلفه التجهيز} = \frac{\text{زمن التجهيز} \times (\text{تكاليف العمالة في وحدة الزمن} + \text{تكاليف الماكينة في وحدة الزمن})}{\text{حجم الإنتاج}}$$

٥- تكلفة التصميم وتخطيط الإنتاج

$$\text{تكلفة التصميم وتخطيط الإنتاج} = \frac{\text{زمن عمليات التصميم وتخطيط الإنتاج } x \text{ تكلفة القوة العاملة في وحدة الزمن}}{\text{حجم الإنتاج}}$$

٦- تكلفه التفتيش الفني

تكلفه التفتيش الفني = النسبة المئوية لعينات التفتيش × زمن التفتيش × تكلفه التفتيش في وحدة الزمن.

$$\text{أو تكلفه التفتيش الفني} = \frac{\text{عدد العينات} \times \text{زمن التفتيش} \times \text{تكلفه التفتيش في وحدة الزمن}}{\text{حجم الإنتاج}}$$

٧- تكلفه التخزين

تكلفه التخزين = ١٢% من التكلفة الإجمالية للمنتج

التكلفة الكلية لتصنيع المنتج = مجموع عناصر التكلفة من (١) إلى (٧)

وبإضافة تكاليف التسويق وهامش الربح يمكن تحديد سعر البيع كما بالشكل التالي.

ويمكن كتابة معادلة التكاليف الكلية لتصنيع المنتج على الصورة الآتية:

$$\text{تكلفة التصنيع الكلية للمنتج} = ك١ + \frac{ك٢}{ن}$$

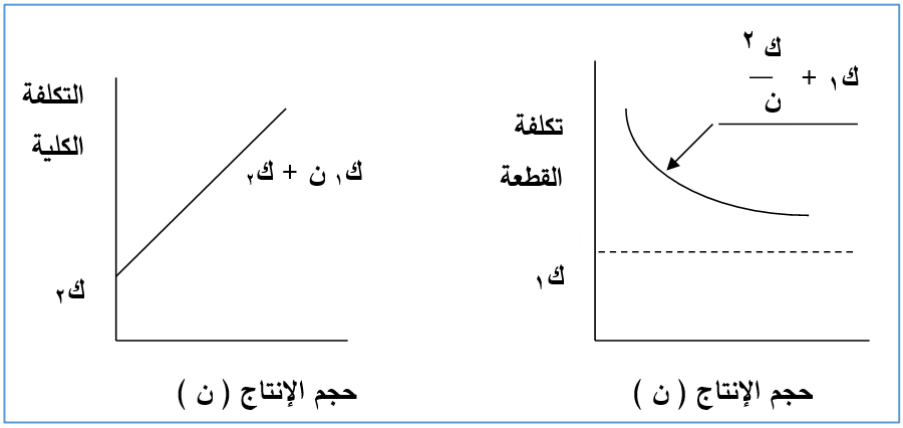
ك١ = مجموع عناصر التكلفة المتغيرة للقطعة من (١) إلى (٣)

ك٢ = مجموع عناصر التكلفة الثابتة من (٤) إلى (٧)

ن = حجم الإنتاج

التكلفة الكلية للإنتاج = ك١ ن + ك٢

ويوضح الشكلان الآتيان تأثير حجم الإنتاج على تكلفة القطعة والتكلفة الكلية للإنتاج:



يلاحظ أن زيادة حجم دفعه الإنتاج يقلل من نصيب المنتج من التكاليف الثابتة ك٢ بينما يظل نصيبه من التكاليف المتغيرة ك١ ثابتا بدون تغير كما يلاحظ أنه في حالة الإنتاج القليل الحجم تكون التكاليف الثابتة ك٢ هي العنصر الأساسي في التكلفة للمنتج بينما في حالة الإنتاج الكبير الحجم تتضاءل التكاليف الثابتة وتكون التكاليف المتغيرة ك١ أي تكلفه ساعات التشغيل (تكلفة الماكينة والعمالة) هي العنصر الرئيسي لتكلفة المنتج.

سعر البيع للقطعة							الربح
التكاليف الكلية للقطعة							تسويق وتوزيع ودعاية وإعلان
تكلفة الإنتاج للقطعة							المخازن والخدمات
تكلفة التصنيع للقطعة							تكلفة التصميم وتخطيط العمليات والتفتيش
تكلفة المصنع للقطعة							تكلفة المواد
تكلفة التشغيل للقطعة							تكاليف العدد
							الماكينات
							العمالة
عناصر التكاليف للقطعة							

العوامل المؤثرة على تكلفة المنتج:

١- تكلفة المواد: تزداد تكلفة المنتج بزيادة تكلفة المواد إلا إذا نتج عن استخدامها خفض زمن التشغيل وبالتالي خفض تكلفة ساعات التشغيل.

٢- ثمن شراء الماكينات: الماكينات الأغلى سعراً تسبب زيادة تكلفة ساعات التشغيل إلا إذا نتج عن استخدامها زيادة مقابلة في الإنتاجية لتعادل ارتفاع سعرها.

٣- حجم العمالة: وخصوصا العمالة غير المباشرة لتأثيرها على تكلفة ساعات التشغيل.

٤- زمن دورة التشغيل: تزيد تكلفة المنتج بزيادته وتقل بانخفاضه ويعتمد على شروط التشغيل والزمن العاطل.

٥- زمن التجهيز: يتحمل المنتج نصيبه من تكلفة زمن التجهيز حسب حجم الدفعة التي يتم لها التجهيز فتقل تلك التكلفة كلما زاد حجم الإنتاج بينما تزيد كلما قل حجم الإنتاج.

٦- زمن التصميم وتخطيط الإنتاج: يتحمل المنتج نصيبه من هذه التكلفة حسب حجم الدفعة كما سبق.

٧- زمن التفتيش: ترتفع تكلفة المنتج بزيادة زمن التفتيش على كل منتج وكذلك بزيادة نسبة التفتيش على الإنتاج كما إن ارتفاع نسبة المعيب تضيف مزيداً من التكلفة حيث أنها تم عليها عمليات تصنيع.

٨- عدد ساعات التشغيل الفعلية سنويا: تقدر بعدد الورديات× عدد ساعات التشغيل الفعلية في الوردية × عدد أيام العمل في العام. تنخفض تكلفة المنتج كلما زادت ساعات التشغيل الفعلية سنويا رغم انخفاض العمر الافتراضي للماكينات قليلا نتيجة لذلك.

مثال:

استخدمت فريزة قدرة ٥ كيلوات ثمن شرائها ٥٢٠٠٠ جنيه تعمل وردية واحدة ١٠٠٠ ساعة سنويا في تصنيع منتج من خامة ١٠٠ ×١٠٠ × ٥٠ (مم) صلب *St 50* مستخدماً عدة من صلب السرعات العالية احسب تكلفة تصنيع المنتج للمعطيات الآتية:

- سعر الكيلو جرام من صلب*St 50* = ٢,٥جنيه.
- العمر الافتراضي للماكينة ٢٠سنه ويبلغ سعر تكهينها ٢٠٠٠ج.
- فائدة رأس المال ١٠% سنويا.
- تكاليف الصيانة ١٠% من رأس المال موزعة على عمر الماكينة.
- مساحة الأرضية التي تشغلها الماكينة ١٠ متر مربع بسعر ٥٤ جنيه للمتر المربع سنويا.
- تكلفة استهلاك الكهرباء ٠,٣ جنيه للكيلو وات ساعة.
- أجر العامل المباشر ٢٥٠ جنيه شهريا ونسبة الأجور غير المباشرة ٣: ١
- ثمن شراء العدة ١٥ جنيها.

- عمر الحد القاطع ٣٠ دقيقة.
- عدد مرات سن العدة ٥٠ مرة.
- تكلفة سن العدة في كل مرة ١٥ جنيها في الساعة.
- زمن سن العدة ١٠ دقائق.
- زمن استبدال العدة ٣ دقائق.
- زمن تشغيل المنتج ١٥ دقيقة + ٤٥ دقيقة أوقات مناولة.
- مجموع التكاليف الثابتة ١٠٠ جنيه.
- حجم دفعة الإنتاج ٢٥ قطعة.

الحل:

أولاً: معدل تكلفة الماكينة في الساعة:

$$\text{معدل استهلاك الماكينة} = \frac{٥٢٠٠٠ - ٢٠٠٠}{٢٠} = ٢٥٠٠ \text{ جنيه في السنة}$$

$$\text{فائدة راس المال} = \frac{١٠}{١٠٠} \times ٥٢٠٠٠ = ٥٢٠٠ \text{ جنيه في السنة}$$

$$\text{تكاليف الصيانة} = \frac{١٠}{١٠٠} \times \frac{٢٠}{٥٢٠٠} = ٢٦٠ \text{ جنيه في السنة}$$

تكلفة الموقع = ١٠ × ٥٤ = ٥٤٠ جنيه في السنة.

تكلفة الكهرباء = ٥ x ٠,٣ x ١٠٠٠ = ١٥٠٠٠ جنيه في السنة

إجمال التكلفة السنوية للماكينة = ٢٥٠٠ + ٥٢٠٠ + ٢٦٠ + ٥٤٠ + ١٥٠ = ١٠,٠٠٠ جنيه

$$\text{معدل تكلفة الماكينة في الساعة} = \frac{١٠٠٠٠}{١٠٠٠} = ٢٦٠ \text{ جنيه}$$

ثانياً: معدل تكلفة العمالة في الساعة:

إجمالي تكلفة العمالة شهريا = ٢٥٠ (١ + ٣) = ١٠٠٠ جنيه

إجمالي التكلفة السنوية للعمالة = ١٠٠٠ x ١٢ = ١٢٠٠٠ جنيه

معدل تكلفة العمالة في الساعة = $\frac{١٢٠٠٠}{١٠٠٠}$ **= ١٢ جنيه**

ثالثاً: معدل تكلفة العدة للحد القاطع الواحد:

نصيب الحد القاطع من سعر العدة = $\frac{\text{سعر العدة}}{\text{عدد مرات السن}} = \frac{١٥}{٥٠}$ **=٠,٣ جنيه لكل حد قاطع جديد**

تكلفة زمن استبدال العدة = $\frac{٣}{٦٠}$ (١٢ + ١٠) = = ١,١٠ جنيه لكل حد قاطع

تكلفة سن العدة = $\frac{١٠}{٦٠}$ × ١٥ = = ٢,٥ جنيه لكل حد قاطع

إجمالي تكلفة العدة لكل حد قاطع = ٠,٣ + ١,١٠ + ٢,٥ = ٣,٩ جنيه

رابعاً: -تكلفة المواد:

كمية المادة المستخدمة للمنتج الواحد = $\frac{١٠٠ \times ١٠٠ \times ٥٠ \times ٧,٨}{١٠٠٠ \times ١٠٠٠}$ = ٤ (كيلو جرام)

تكلفة المادة المستخدمة = ٤ x ٢,٥ = ١٠ جنيه

خامساً: تكلفة ساعات التشغيل

= مجموع تكلفة الماكينة والعمالة في وحدة الزمن × زمن الدورة

$$\text{تكلفة ساعات التشغيل} = \frac{(١٠+١٢)}{٦٠} \times (٤٥+١٥) = ٢٢ \text{ جنيه}$$

سادساً: تكلفة العدة

إجمالي تكلفة العدة لكل حد قاطع x عدد الحدود القاطعة المستهلكة خلال زمن تشغيل المنتج.

$$\text{تكلفة العدة} = \frac{١٥ \times ٣,٩}{٣٠} = ٢ \text{ جنيه}$$

سابعاً: التكاليف الثابتة

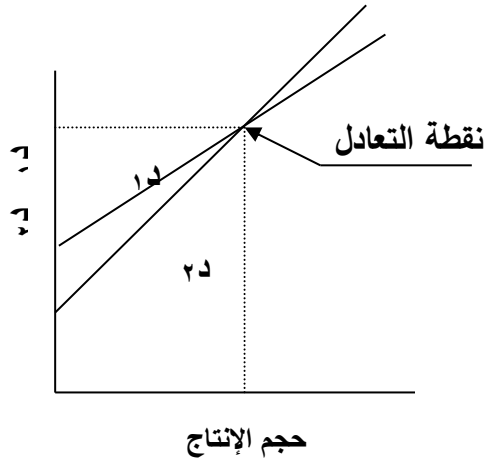
$$\text{نصيب المنتج من التكاليف الثابتة} = \frac{١٠٠}{٢٥} = ٤ \text{ جنيه}$$

ثامناً: التكلفة الكلية للمنتج

= ١٠ + ٢٢ + ٢ + ٤ = ٣٨ جنيه

يضاف إليها ١٢ % تكاليف تخزين = ٥ + ٣٨ = ٤٣ جنيه

نقطة التعادل: ***BREAK EVEN POINT***



هي نقطة تقاطع لمنحنيين لدالتين (د١ ، د٢) في نفس المتغير (ليكن حجم الإنتاج) عندها يتحقق لكل من الدالتين نفس القيمة، تستخدم الطريقة البيانية لإيجاد هذه النقطة حيث ترسم دالة التكاليف السنوية مثلا متضمنة عنصري التكاليف الثابتة والمتغيرة على المحور الرأسي كدالة في حجم الإنتاج على المحور الأفقي وتستخدم هذه الطريقة لأحد الأغراض الآتية:

١. تحليل الأرباح حيث تعبر نقطة التعادل بين دالة التكاليف ودالة العائد عن كمية الإنتاج التي تتساوى عندها التكاليف مع العائد السنوي (أي أن قيمة الربح = صفر) وبعدها يتحقق الربح بزيادة الإنتاج وقبلها تحدث خسارة وتزداد بتناقص حجم الإنتاج مما يساهم في إيجاد كمية الإنتاج الحرجة التي يجب تخطيها لتحقيق الربح وكذلك لتحديد كمية الإنتاج اللازمة لتحقيق ربح محدد.
٢. المقارنة بين أنظمة الإنتاج: نرسم علاقات التكاليف السنوية للإنتاج باستخدام كل من الأساليب المختلفة الممكنة في تصنيع منتج ما، كدوال في كمية الإنتاج ويتم تحديد النظام الأفضل اقتصاديا من خلال إيجاد نقط التعادل.
٣. اتخاذ القرار بالشراء لأجزاء جاهزة أو تصنيعها في المصنع أو تصنيعها جزئيا أو كليا لدى الغير يتخذ القرار بالشراء إن كان ثمن شراء المنتج من المورد الخارجي أقل من تكلفة تصنيعه داخليا بالمصنع و غالبا ما يكون ذلك بسبب إنتاجه لدى المورد الخارجي بكميات كبيرة على معدات متخصصة ذات إنتاجية عالية و تتخذ قرارات مماثلة في حالة عدم توفر بعض المعدات اللازمة لتصنيع المنتج داخليا بينما تتوفر لدى الغير فيتم تصنيع المنتج جزئيا لدى الغير أو باستئجار الماكينات المطلوبة مثلا.

مثال:

إذا كانت التكاليف الثابتة لدفعة الإنتاج لمنتج ما باستخدام الطريقة (١) تبلغ ١٥٠٠ جنيها للدفعة بينما تبلغ التكاليف المتغيرة ٣٦ جنيها للمنتج الواحد وكانت التكاليف الثابتة لنفس المنتج باستخدام الطريقة (٢) تبلغ ٢٢٠ جنيها للدفعة بينما تبلغ التكاليف المتغيرة ١٠٠ جنيه للقطعة.

أوجد حجم الدفعة التي تتساوى عندها الطريقتان (نقطة التعادل)، وإذا كان المطلوب إنتاج ٥٠ قطعة في الدفعة فما هي الطريقة الواجب استخدامها.

الحل:

$$ت = ك_{١} \times ن + ك_{٢}$$

الإنتاج بالطريقة (١):

$$ت_{١} = ٣٦ ن + ١٥٠٠$$

حجم الإنتاج	صفر	١٠	٢٠	٣٠	٤٠
التكاليف الثابتة (ك٢)	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠
التكاليف المتغيرة (ك١ x ن)	صفر	٣٦٠	٧٢٠	١٠٨٠	١٤٤٠
التكاليف الكلية (ت١)	١٥٠٠	١٨٦٠	٢٢٢٠	٢٥٨٠	٢٩٤٠

الإنتاج بالطريقة (٢)

ت٢ = ١٠٠ ن + ٢٢٠

حجم الإنتاج	صفر	١٠	٢٠	٣٠	٤٠
التكاليف الثابتة (ك٢)	٢٢٠	٢٢٠	٢٢٠	٢٢٠	٢٢٠
التكاليف المتغيرة (ك١ x ن)	صفر	١٠٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٤٠٠٠
التكاليف الكلية (ت٢)	٢٢٠	١٢٢٠	٢٢٢٠	٣٢٢٠	٤٢٢٠

الحل بالطريقة الحسابية:

١٥٠٠ + ٣٦ ن = ٢٢٠ + ١٠٠ ن

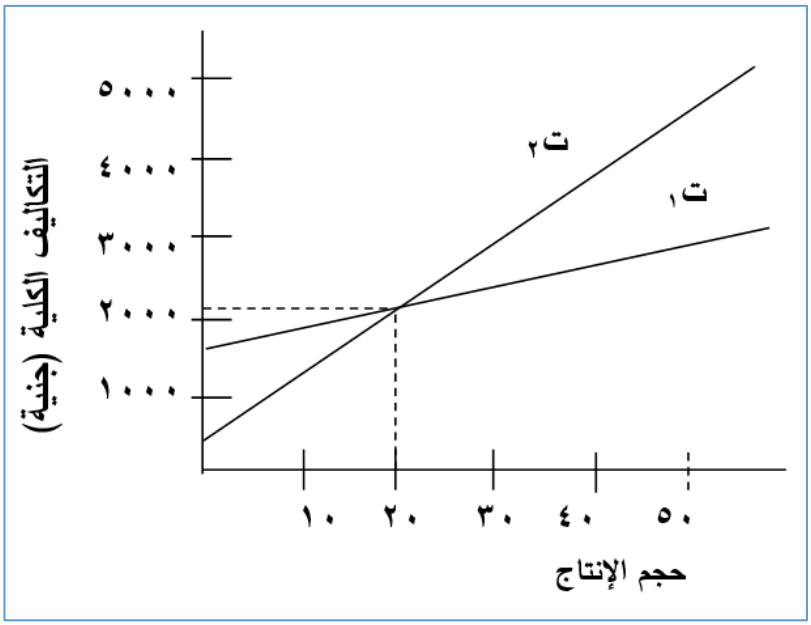
٦٤ ن = ١٢٨٠ ∴ ن = ٢٠ قطعة

وبالتعويض لعدد ٥٠ قطعة ففي كل من المعادلتين يتبين أن ت١ < ت٢ وعلى ذلك فإن الطريقة الأولى أفضل لإنتاج ٥٠ قطعة.

الحل بالطريقة البيانية:

حجم الدفعة ٢٠ قطعة

يتضح من الشكل أن الطريقة الأولى هي الأفضل لإنتاج ٥٠ قطعة لأن ت١ > ت٢ عند ٥٠ قطعة



طرق تخفيض تكلفة تصنيع المنتج:

نظرا للتأثير البالغ لسعر بيع المنتج على مدى نجاح تسويقه وحيث أن تكلفة التصنيع تمثل مالا يقل عن ٤٠% من سعر البيع فإن العمل على تخفيض تكاليف التصنيع مع المحافظة على الجودة هي الطريقة الفعالة لزيادة القدرة على المنافسة ومن ثم زيادة الربح.

وينبغي أن يظل تخفيض التكاليف هدفا دائما متجددا للمؤسسات الصناعية ولتحقيق ذلك الهدف يلزم تحليل عناصر العمليات الصناعية المنتجة وغير المنتجة بغرض التحسين الشامل الذي يتضمن تحسين التصميم وتحسين خطوات التصنيع التي تتحول المواد من خلالها إلى منتجات تامة الصنع وتحسين الجودة.

أولاً: تحسين التصميم: يمكن أن يتم من خلال الإجراءات الآتية: -

١. تقليل عدد مكونات وأجزاء المنتج الكامل لتبسيط التصميم والتنفيذ والفحص والتجميع.
٢. تطوير التصميم بحيث يسمح بتقليل عمليات التصنيع وتبسيطها.
٣. توسيع حدود التفاوتات المسموح بها في الشكل والوضع والأبعاد وفي خشونة السطح بالقدر الذي لا يخل بأداء المنتج لوظيفته.
٤. اختيار المواد البديلة الأرخص سعرا والتي تؤدى إلى تحسين الجودة وتقليل تكاليف التشغيل دون الإخلال بوظيفة المنتج.
٥. اختيار شكل وأبعاد المواد بحيث تكون أقرب ما يمكن للأبعاد النهائية للأجزاء *Near net shape* لتوفير استهلاك المواد والعدد ولتقليل زمن التشغيل.
٦.

ثانياً: تحسين خطوات التصنيع من خلال ما يلي: -

١. ترشيد استخدام المواد وتقليل عوادم الصناعة.
٢. استخدام المثبتات والمرشدات والعدد والتجهيزات التي تساهم في رفع الإنتاجية وتقليل العمالة و تقليل الحاجة إلى تكرار التفتيش و ذلك بما يناسب حجم الإنتاج.
٣. ميكنة عمليات التصنيع اليدوية وتحويل العمليات الميكانيكية إلى عمليات آلية بما يناسب حجم الإنتاج.
٤. استخدام العدد الحديثة التي تؤدى إلى زيادة الإنتاجية وتحسين الجودة.
٥. استخدام الماكينات الحديثة مثل مراكز التشغيل العددية بدلاً من التشغيل على عدة ماكينات مختلفة مع مراعاة ضرورة تحميلها من ورديتين إلى ثلاث ورديات بالمشغولات المناسبة على مدى العام كله
٦. استخدام المناولات الآلية بدلا من المناولات اليدوية.
٧. زيادة حجم الإنتاج قدر المستطاع وذلك بفتح أسواق جديدة للمنتج وإتباع الأساليب المتقدمة في التسويق.

ثالثاً: تحسين الجودة:

لإنتاج منتج سليم خال من العيوب بدون زيادة التكاليف وذلك من خلال تطبيق مفهوم الجودة الشاملة لتأكيد الجودة ولضمان التحسين المستمر لكافة عناصر منظومة التصنيع.

تأثير شروط القطع على تكاليف التصنيع:

تعمل زيادة كل من عمق القطع و التغذية على خفض تكاليف التشغيل للقطعة كما تؤدى زيادة سرعة القطع من ناحية إلى خفض تكاليف ساعات التشغيل نتيجة لخفض زمن التشغيل لكنها من ناحية أخرى تؤدى إلى زيادة تكاليف استهلاك العدة (نتيجة لتقليل عمر العدة) لذلك تكون المحصلة انخفاض تكاليف التشغيل للقطعة مع زيادة سرعة القطع في البداية إلى حد أدنى ثم ترتفع بعده بسبب زيادة تكاليف العدة لذلك تعرف سرعة القطع التي تبلغ عندها التشغيل الحد الأدنى لها بسرعة القطع المثلى (*Optimum Cutting Speed*) ويتحقق عندها القيمة المثلى لعمر العدة القاطعة أي عمر العدة الذى يؤدى إلى الحد الأدنى لتكاليف التشغيل كما بالشكل التالي وتحسب تلك القيمة من عناصر التكاليف السابق ذكرها كما يلى:-

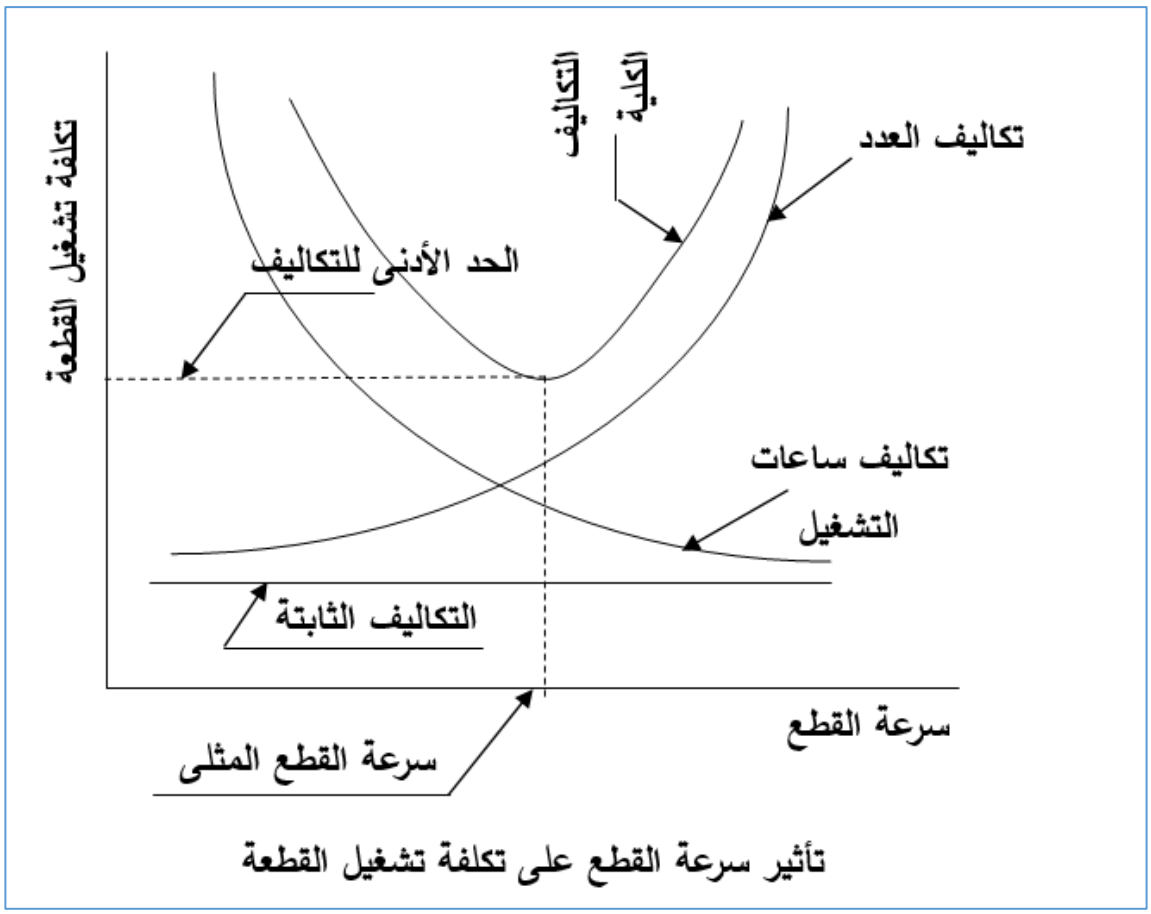
$$\text{العمر الأمثل للعدة (بالدقيقة)} = ٦٠ \times \frac{(١ - \text{س})}{(\text{س})} \times \frac{\text{تكاليف العدد للحد القاطع الواحد}}{\text{تكاليف الماكينة والعمالة في الساعة}}$$

$$\text{سرعة القطع المثلى} = \frac{\text{معامل مادة الشغلة والعدة}}{(\text{عمق القطع})\ ٠,١x\ (\text{التغذية})\ ٠,٣\ x\ (\text{عمر العدة الأمثل})\ \text{س}}$$

حيث:

(س) = ٠,١٦ للعدة المصنوعة من صلب السرعات العالية.

= ٠,٢ – ٠,٣ للعدة الكربيدية.



تأثير سرعة القطع على تكلفة تشغيل القطعة

الباب السادس

تطبيقات صناعية على تشغيل ماكينات الفرايز *CNC*

نظام الفانوك *21i* – نظام التكويد *B*

يوجد ثلاث نظم للتكويد بالـ *G* كود هم *A*، *B*، *C* يتيحها نظام الفانوك للمستخدم من خلال ضبط متغيرات نظام الماكينة للعمل بأي منهم (متغيرات النظام هي أرقام أو حروف أو إشـــارات لها دلالة تغير من ضـــبط نظام التحكم، ويخصـــص لها حيز في ذاكرة نظام التحكم للتســـجيل ولا يجب العبث فيها أو تغييرها إلا من خلال متخصص ذو خبرة أو بالرجوع إلى الشركة المصنعة للماكينة).

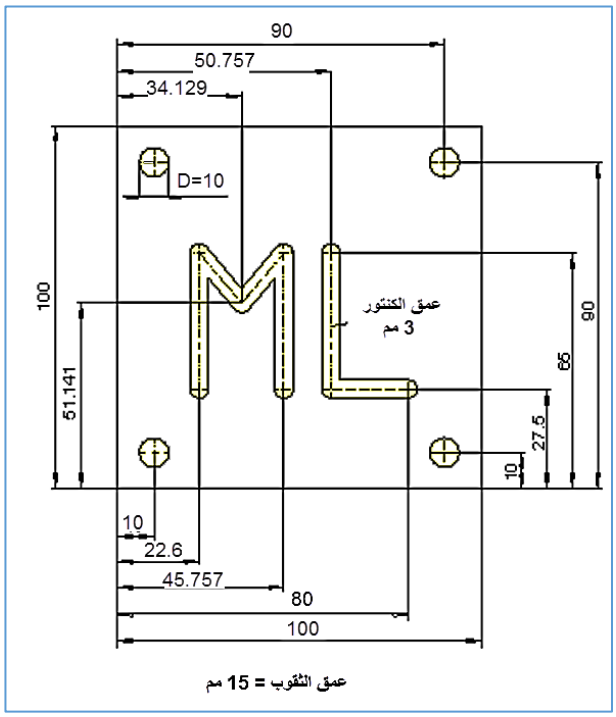
لا يمكن للماكينة أن تعمل بأكثر من نظام تكويد في نفس الوقت لذلك برمجة أي كود غير موجود بنظام التكويد يعترض عليه الكونترول ويعطي إنذار بوجود خطأ.

خلال هذا الباب ســـتكون الأمثلة بنظام التحكم الفانوك نظام التكويد *B* (تعمل به ماكينات شـــركة رومي (*FANUC Series 21i–MB (TB)*).

ملحوظة: بالصف الثاني تم التنويه عن الفرق بين نظم التكويد وهي ليست بالفروق الكبيرة ويمكن الرجوع إليها (نظام تكويد *C* تعمل به ماكينات شركة امكو).

أولا الفرايز

مثال رقم ١ : المطلوب عمل برنامج تصنيع المشغولة التالية باستخدام الأوامر *G00 and G01.*



برنامج رقم ١٠ (نموذج *ML*)	*O0010 (ML-PLATE)*
بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.	
تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.	*(9.8.2014 14:52*
نظام التحكم المستخدم فانوك *21i*	*(CONTROL FANUC 21i*
أبعاد الخامة (١٠٠ *x* ١٠٠ *x* ٥٠ مم).	*(BLANK DIMENSIONS X+100.000 Y+100.000 Z+050.000*
نوع معدن الخامة ألمونيوم.	*(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"*
وسيلة التثبيت منجلة.	*(VISE "Chuck Mill\Vise\RS 160"*
العدد المستخدمة.	*(TOOLS*
العدة رقم ٢ سلوت ميل من صلب السرعات العالية.	*(T02 " SLOT MILLING TOOL- HSS "*
العدة رقم ٣ بنطة من صلب السرعات العالية.	*(T03 " DRILL HSS "*
العدة رقم ٦ بنطة مركزة من صلب السرعات العالية.	*(T06 " SPOTTING DRILL HSS"*
مسجل إستعواض العدة يسجل به نصف قطر العدة ولاحظ انه لا داعي لتسجيل نصف قطر البنط كما يسجل به قياس العدة (*z*)	*(TOOL COMPENSATION* *(D02 T02 R002.500* *(D03 T03 R000.000* *(D06 T06 R000.000*
صفر المشغولة يستخدم *G54*	*(WORKPART ZEROPOINTS* *(G54*
رأس البرنامج. راجع الأكواد بكتاب الصف الثاني	*O0010* *N0010 G91 G28 Z0.* *N0012 G91 G28 X0. Y0.*

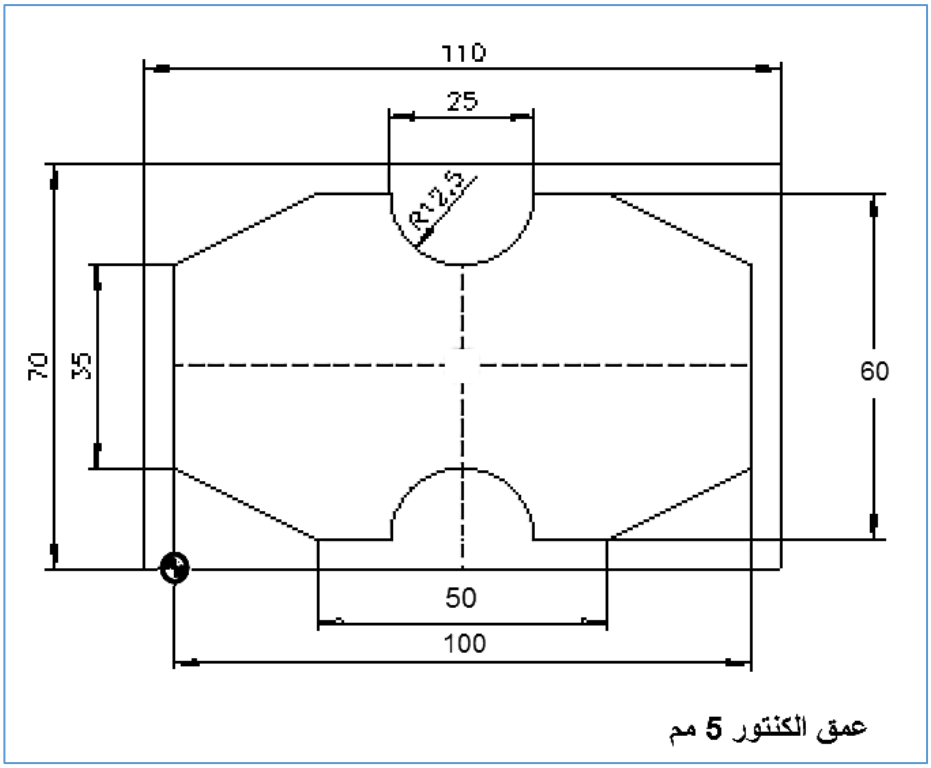
N0014 G54 G94 G40 G80 G49 G90 *N0016 G54* *N0018 G90* *N0020 G97*	
N0022 T6 M6 *N0024 S2800 M3* *N0026 G0 G43 Z50. H6* *N0028 G0 X10. Y10.* *N0030 G0 Z2.* *N0032 G1 Z-3. F40 M7* *N0034 G0 Z2.* *N0036 G0 X90.* *N0038 G1 Z-3.* *N0040 G0 Z2.* *N0042 G0 Y90.* *N0044 G1 Z-3.* *N0046 G0 Z2.* *N0048 G0 X10.* *N0050 G1 Z-3.* *N0052 G0 Z2.* *N0054 G0 Z100.* *N0056 M5* *N0058 M9*	عمل ثقب المركزة تمهيدا للثقب.
N0060 T3 M6 *N0062 S1800 M3* *N0064 G0 G43 Z50. H3* *N0066 G0 Y10.* *N0068 G0 Z2.* *N0070 G1 Z-15. F100 M7* *N0072 G0 Z2.* *N0074 G0 X90.* *N0076 G1 Z-15.*	الثقب

N0078 G0 Z2. *N0080 G0 Y90.* *N0082 G1 Z-15.* *N0084 G0 Z2.* *N0086 G0 X10.* *N0088 G1 Z-15.* *N0090 G0 Z2.* *N0092 G0 Z100.* *N0094 M5* *N0096 M9*	
N0098 T2 M6 *N0100 S2000 M3* *N0102 G0 G43 Z50. H2* *N0104 G0 X22.5 Y27.5* *N0106 G0 Z2.* *N0108 G1 Z-3. F120 M7* *N0110 G1 Y65. F160* *N0112 G1 X34.129 Y51.141* *N0114 G1 X45.757 Y65.* *N0116 G1 Y27.5* *N0118 G0 Z2.* *N0120 G0 X80.* *N0122 G1 Z-3.* *N0124 G1 X58.757* *N0126 G1 Y65.* *N0128 G0 Z2.* *N0130 G0 Z100.*	تفريز الكنتور
N0132 M5 *N0134 M9* *N0136 G0 X150. Y150.* *N0138 T00 M6* *N0140 M30*	نهاية البرنامج

مثال ٢

المطلوب عمل برنامج تصنيع المشغولة التالية باستخدام أومر القطع الدائري مع استعواض نصف قطر العدة

Use the circular commands G02 or G03 and the cutter radius compensation



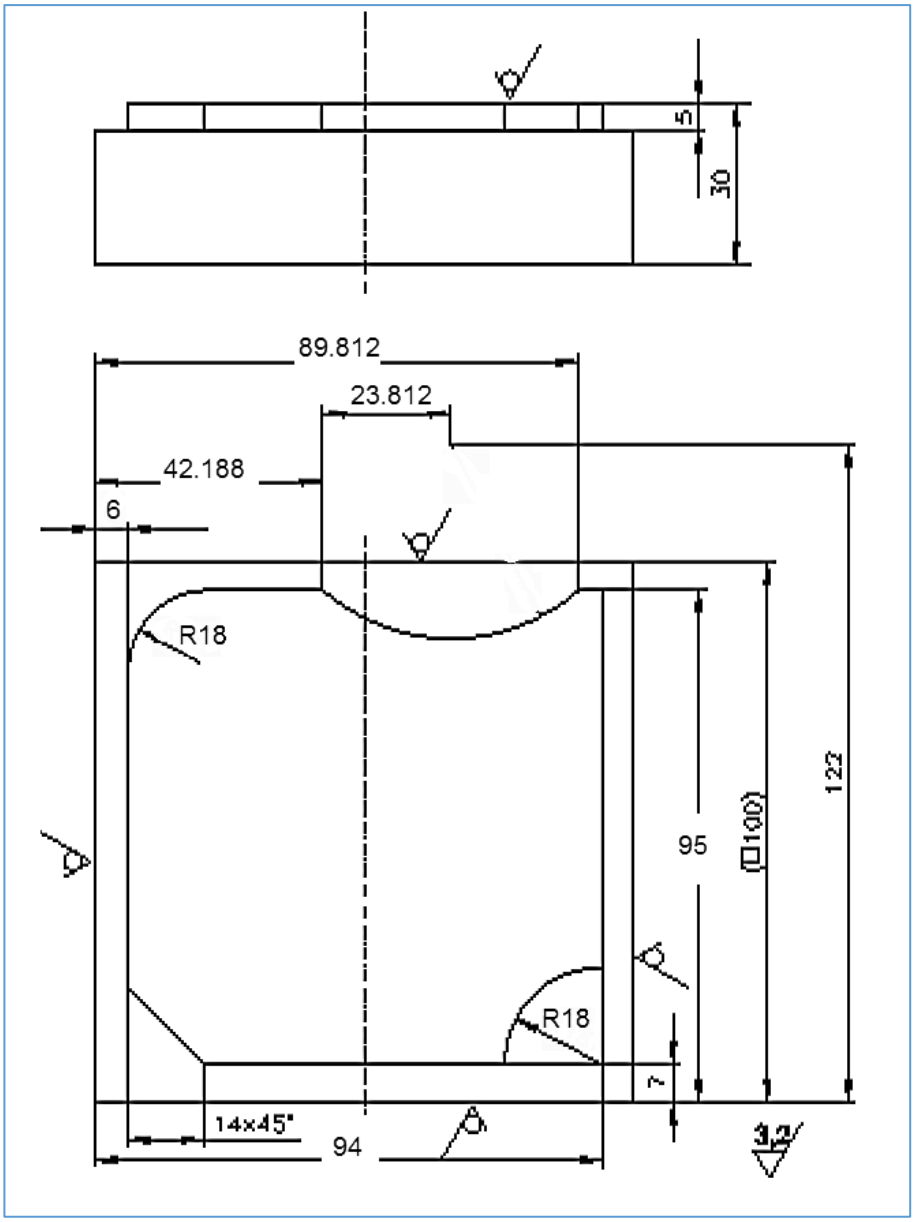
برنامج رقم ١٣ (أسم البرنامج)	*O13 (Contour plate 1)*
بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.	
تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.	*(9.11.2014 12:09*
نظام التحكم المستخدم فانوك *21i*	*(CONTROL FANUC 21I B*
أبعاد الخامة (١١٠ *x* ٧٠ *x* ٢٥ مم).	*(BLANK DIMENSIONS X+110.000 Y+070.000 Z+025.000*
نوع معدن الخامة ألمونيوم.	*(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"*
وسيلة التثبيت منجلة. والجزء المربوط عليه ١٥ مم	*(VISE "Chuck Mill\Vise\RS 160"* *(CHUCKING DEPTH E+015.000*
العدد المستخدمة.	*(TOOLS*
العدة رقم ٥ سلوت ميل من صلب السرعات العالية.	*(T05 "SLOT MILLING TOOL HSS "*

مسجل إستعواض العدة يسجل به نصف قطر العدة (نق = ٨مم) كما يسجل به قياس العدة (z)	*(TOOL COMPENSATION* *(D05 T05 R008.000*
صفر المشغولة يستخدم *G54*	*(WORKPART ZEROPOINTS G54*
رأس البرنامج. راجع الأكواد بكتاب الصف الثاني	*N0010 G91 G28 Z0.* *N0012 G91 G28 X0. Y0.* *N0014 G54 G98 G94 G40 G80 G49 G90* *N0016 G54* *N0018 G90* *N0020 G97*
عمل الكنتور.	*N0022 T5 M6* *N0024 S2000 M3* *N0026 G0 G43 Z50. H5* *N0028 G0 X120. Y90.* *N0030 G0 Z2.* *N0032 G1 Z-5. F200 M8* *N0034 G41 G1 X110. Y80. D5* *N0036 G1 X105. Y65.* *N0038 G1 Y17.5* *N0040 G1 X80. Y5.* *N0042 G1 X67.5* *N0044 G3 X42.5 I-12.5 J0.* *N0046 G1 X30.* *N0048 G1 X5. Y17.5* *N0050 G1 Y52.5* *N0052 G1 X30. Y65.* *N0054 G1 X42.5* *N0056 G3 X67.5 I12.5 J0.* *N0058 G1 X80.* *N0060 G1 X105. Y52.5* *N0062 G1 Y50.* *N0064 G3 X120. Y25. I24.916 J-2.051* *N0066 G40*
نهاية البرنامج	*N0068 G0 Z100.* *N0072 M5* *N0074 M9* *N0075 T00* *N0076 G0 X150. Y150.* *N0080 M30*

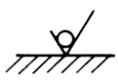
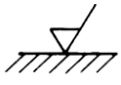
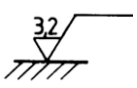
مثال ٣

المطلوب عمل برنامج تصنيع المشغولة التالية باستخدام أومر القطع الدائري مع استعواض نصف قطر العدة

Use the circular commands G02 or G03 and the cutter radius compensation.



ملحوظة معنى علامات التشغيل على الرسم:

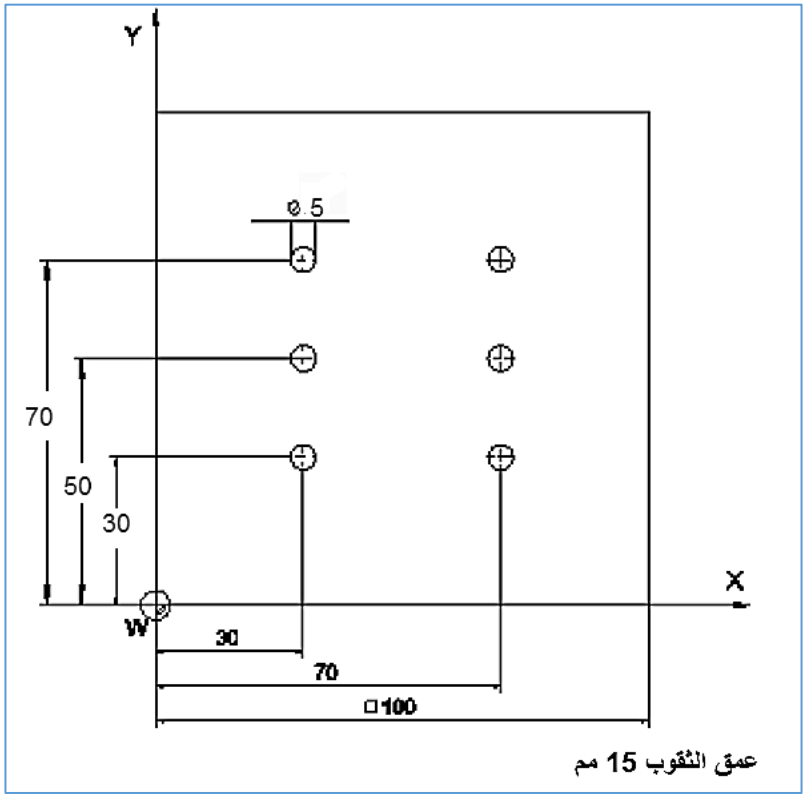
		
يُمنع تشغيل السطح	**سطح يتم تشغيله**	**درجة الخشونة *Ra* بالميكرون (٣،٢ ميكرون تدخل ضمن نطاق التفريز التشطيبي)**

برنامج رقم ١٤ (أسم البرنامج)	*O0014 (Contour plate 2)*
بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.	
تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.	*(9.11.2014 12:40*
نظام التحكم المستخدم فانوك *21i*	*(CONTROL FANUC 21I*
أبعاد الخامة (١٠٠ *x* ١٠٠ *x* ٣٠ مم).	*(BLANK DIMENSIONS X+100.000 Y+100.000 Z+030.000*
نوع معدن الخامة ألمونيوم.	*(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"*
وسيلة التثبيت منجلة. والجزء المربوط عليه ١٥ مم	*(VISE "Chuck Mill\Vise\RS 160"* *(CHUCKING DEPTH E+015.000*
العدد المستخدمة.	*(TOOLS*
العدة رقم ١ سلوت ميل من صلب السرعات العالية.	*(T01 "SLOT MILLING TOOL HSS ISO"*
مسجل إستعواض العدة يسجل به نصف قطر العدة (نق = ١٠مم) كما يسجل به قياس العدة (*z*)	*(TOOL COMPENSATION* *(D01 T01 R010.000*
صفر المشغولة يستخدم *G54*	*(WORKPART ZERO POINTS G54*
رأس البرنامج. راجع الأكواد بكتاب الصف الثاني	*N0010 G91 G28 Z0.* *N0012 G91 G28 X0. Y0.* *N0014 G54 G94 G40 G80 G49 G90* *N0016 G54* *N0018 G90* *N0020 G97*

N0022 T1 M6 *N0024 S2000 M3* *N0026 G0 G43 Z50. H1* *N0028 G0 X100 Y135* *N0030 G0 Z2.* *N0032 G1 Z-5. F200 M7* *N0034 G41 G1 X120 Y126 D1* *N0036 G3 X94. Y100 I0. J-26* *N0038 G1 Y25.* *N0040 G3 X76. Y7. I0. J-18.* *N0042 G1 X20.* *N0044 G1 X6. Y21.* *N0046 G1 Y77.* *N0048 G2 X24. Y95. I18. J0.* *N0050 G1 X42.188* *N0052 G3 X89.812 I23.812 J27* *N0054 G1 X100* *N0058 G3 X120 Y115 I0 J20* *N0060 G40 G1 X100 Y135*	عمل الكنتور.
N0062 G0 Z100. *N0066 M5* *N0068 M9* *N0068 T00* *N0070 G0 X150. Y150.* *N0074 M30*	نهاية البرنامج

مثال ٤

المطلوب عمل برنامج تصنيع المشغولة التالية باستخدام دورات التشغيل الجاهزة *G81 and G83.*



برنامج رقم ١٥ (أسم البرنامج)	*O0015 (Plate 2*
بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.	
تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.	*(9.11.2014 15:14*
نظام التحكم المستخدم فانوك *21i*	*(CONTROL FANUC 21I*
أبعاد الخامة (١٠٠ *x* ١٠٠ *x* ٥٠ مم).	*(BLANK DIMENSIONS X+100.000 Y+100.000 Z+050.000*
نوع معدن الخامة ألمونيوم.	*(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"*
وسيلة التثبيت منجلة. والجزء المربوط عليه ٥٠ مم	*(VISE "Chuck Mill\Vise\RS 160"* *(CHUCKING DEPTH E+050.000*
العدد المستخدمة.	*(TOOLS*
العدة رقم ٣ بنطة من صلب السرعات العالية.	*(T03 "DRILL HSS ISO 235"*
العدة رقم ٦ بنطة مركزة من صلب السرعات العالية.	*(T06 "SPOTTING DRIL HSS ISO 3294"*

مسجل إستعواض العدة يسجل به نصف قطر البنطة *T03* (نق = ٢,٥مم) كما يسجل به قياس العدة (*z*)	*(TOOL COMPENSATION* *(D03 T03 R002.500*
مسجل إستعواض العدة رقم *T06*	*(D06 T06 R000.000*
صفر المشغولة يستخدم *G54*	*(WORKPART ZERO POINTS G54*
رأس البرنامج. راجع الأكواد بكتاب الصف الثاني	*N0010 G91 G28 Z0.* *N0012 G91 G28 X0. Y0.* *N0014 G54 G94 G40 G80 G49 G90* *N0016 G54* *N0018 G90* *N0020 G97*
عملية السنترة	*N0022 T6 M6* *N0024 S2800 M3* *N0026 G0 G43 Z50. H6* *N0028 G0 X30 Y70* *N0030 F40* *N0034 G0 Z20.* *N0036 G81 G98 X30. Y70. Z-2. R2.* *N0040 X30. Y50.* *N0042 X30. Y30.* *N0048 X70. Y30.* *N0050 X70. Y50.* *N0052 X70. Y70.* *N0054 G80* *N0056 G0 Z100.* *N0058 M5*
عملية الثقب	*N0060 T3 M6* *N0062 S1800 M3* *N0064 G0 G43 Z50. H3* *N0068 F80* *N0072 G0 Z20.*

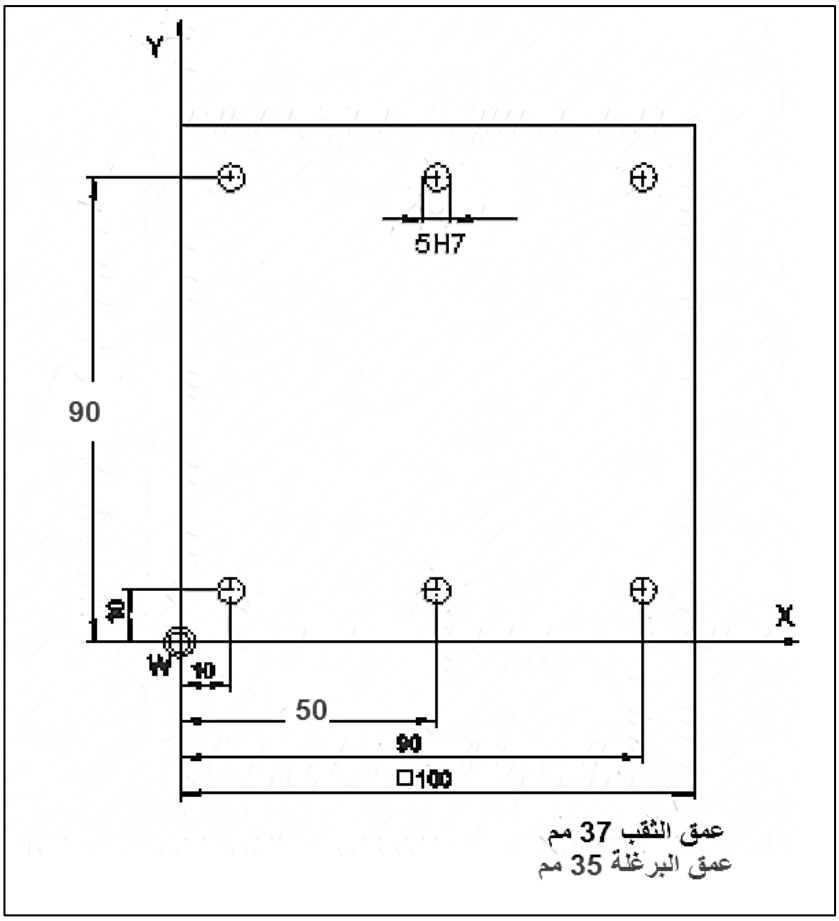
N0074 G83 G99 X30. Y70. Z-15 R2. Q5 *N0078 X30. Y50.* *N0080 X30. Y30.* *N0086 X70. Y30.* *N0088 X70. Y50.* *N0090 X70. Y70.* *N0092 G80*	
N0094 G0 Z100. *N0096 M5* *N0097 T00* *N0098 G0 X150. Y150.* *N0102 M30*	نهاية البرنامج

- *G81* كود دورة الثقب المستمر
- *G83* كود دورة الثقب بإخراج الرايش
- متغيرات دورات الثقب الجاهزة *G83 – G81*

G98	الرجوع إلى مستوى الاستقراب *I* (يستخدم الكود *G98* أو الكود *G99*)
G99 - R	الرجوع إلى المستوى المحدد بالمتغير *R* بالمليمترات
X… , Y…	إحداثي الثقب
Z	عمق الثقب (*G90 , G91*)
Q	طول مشوار التغذية (المتكرر) في كل مرة مم

مثال ٥

المطلوب عمل برنامج تصـــنيع المشـــغولة التالية والتي بها ثقوب يجب أن تبرغل، اســـتخدم دورات التشـــغيل الجاهزة *.G81, G83 and G85*.



معنى *5H7* المكتوبة على الثقب

5 : قطر الثقب بالمليمترات

H7: هو الحرف الدال على رتبة التفاوت *IT7* ومن الجداول يمكن تحديد حدود التفاوت وهي $^{+12}_{0}$ ميكرون وهي درجة تشطيب لا يمكن تحقيقها إلا ببرغلة الثقب أو تجليخه.

برنامج رقم ١٦ (أسم البرنامج)	*O0016 (Plate 3*
بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.	
تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.	*(9.11.2014 15:14*
نظام التحكم المستخدم فانوك *21i*	*(CONTROL FANUC 21I*

أبعاد الخامة (١٠٠ x ١٠٠ x ٥٠ مم).	*(BLANK DIMENSIONS X+100.000 Y+100.000 Z+050.000*
نوع معدن الخامة ألمونيوم.	*(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"*
وسيلة التثبيت منجلة. والجزء المربوط عليه ٥٠ مم	*(VISE "Chuck Mill\Vise\RS 160"* *(CHUCKING DEPTH E+050.000*
العدد المستخدمة.	*(TOOLS*
العدة رقم ٣ بنطة من صلب السرعات العالية.	*(T03 "DRILL HSS ISO 235"*
العدة رقم ٦ بنطة مركزة من صلب السرعات العالية.	*(T06 "SPOTTING DRIL HSS ISO 3294"*
العدة رقم ١٠ برغل(ريمر) من صلب السرعات العالية.	*(T10 "REAMER\ HSS ISO 521"*
مسجل إستعواض العدة يسجل به نصف قطر البنطة *T03* (نق = ٢,٤مم ، ٠,١ مم متروكة للبرغلة). كما يسجل به قياس العدة (*z*)	*(TOOL COMPENSATION* *(D03 T03 R002.400*
مسجل إستعواض العدة رقم *T06*	*(D06 T06 R000.000*
مسجل استعواض العدة رقم ١٠ الريمر *H7* بقطر ٥مم	*(D10 T10 R000.000*
صفر المشغولة يستخدم *G54*	*(WORKPART ZERO POINTS G54*
رأس البرنامج. راجع الأكواد بكتاب الصف الثاني	*N0010 G91 G28 Z0.* *N0012 G91 G28 X0. Y0.* *N0014 G54 G94 G40 G80 G49 G90* *N0016 G54* *N0018 G90* *N0020 G97*
عملية السنترة	*N0022 T6 M6* *N0024 S2800 M3* *N0026 G0 G43 Z50. H6* *N0028 G0 X10 Y10.* *N0030 F40* *N0034 G0 Z20.* *N0036 G81 G98 Z-3 R2. K1* *N0038 M98 P8500* *N0056 G0 Z100.*

N0058 M5	
N0060 T3 M6 *N0062 S1800 M3* *N0064 G0 G43 Z50. H3* *N0066 G0 X10. Y10.* *N0068 F80* *N0072 G0 Z20.* *N0074 G83 G98 Z-37. R4. Q20. K1* *N0076 M98 P8500* *N0094 G0 Z100.* *N0096 M5*	عملية الثقب
N0100 T10 M6 *N0102 S150 M3* *N0104 G0 G43 Z50. H10* *N0106 G0 X10. Y10.* *N0110 G0 Z20.* *N0112 G85 G98 Z-35. R6. K1* *N0114 M98 P8500*	عملية البرغلة
N0132 G0 Z100. *N0134 M5* *N0136 T00* *N0138 G0 X150. Y150.* *N0140 M30*	نهاية البرنامج

البرنامج الفرعي	***O8500***
إحداثيات الثقوب	*N0010 G99 X10. Y10.* *N0015 X50. Y10.* *N0020 G98 X90. Y10.*

N0025 G99 X90. Y90. *N0030 X50. Y90.* *N0035 G98 X10. Y90.*	
N0040 G80	إلغاء استدعاء دورات الثقب والبرغلة
N0045 M99	غلق البرنامج الفرعي

M98 P8500 هذا الأمر يحدد استدعاء البرنامج الفرعي رقم ٨٥٠٠ لمرة واحدة.

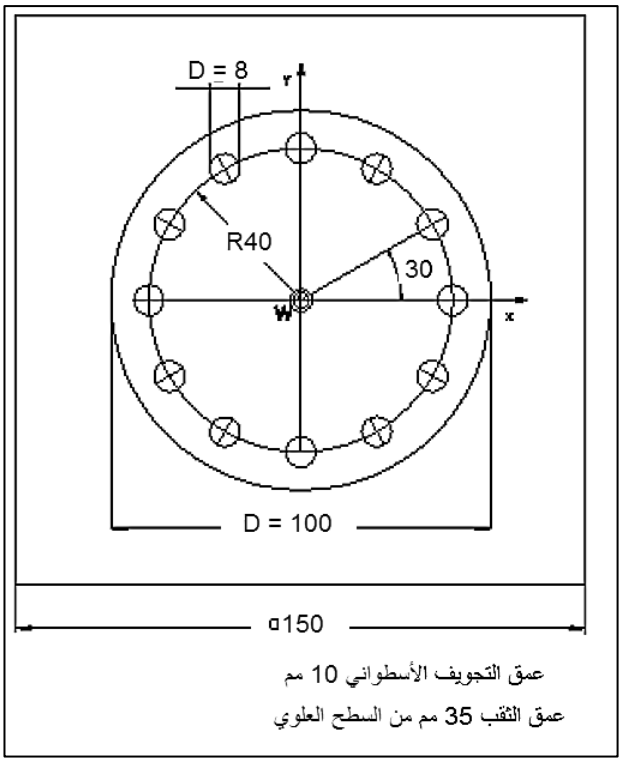
تفسير متغيرات دورات الثقب والبرغلة الجاهزة *G81, G83 and G85*

G98	الرجوع إلى مستوى البدء (*I*) بعد انتهاء الثقب (*Z20*). (يستخدم الكود *G98* أو الكود *G99*).
G99 - R	الرجوع إلى المستوى المحدد بالمتغير *R* بالمليمترات.
X… , Y…	إحداثي الثقب
Z	عمق الثقب (*G90 , G91*)
F	معدل التغذية أثناء مشوار القطع.
K	عدد مرات التكرار يجب أن يصاحبه الكود *G91*.
Q	طول مشوار التغذية (المتكرر) في كل مرة مم

- عدم برمجة المتغير *K* او برمجته *K=1* فهذا يعني تنفيذ ثقب واحد.
- تذكر أنه عند تنفيذ دورة البرغلة فان رجوع العدة من قاع الثقب يتم بحركة تغذية مستمره *F* وحتى المستوى المحدد بالمتغير *R*
- *G81* كود دورة الثقب المستمر
- *G83* كود دورة الثقب بإخراج الرايش
- *G85* كود دورة برغلة الثقوب بواسطة البراغل (الإليزوار) (*Reamer*)

مثال ٦

المطلوب عمل برنامج تصنيع المشغولة التالية والتي بها تجويف أسطواني وثقوب استخدم دورات التشغيل الجاهزة *G81 and G83.* للثقب مع استدعاء برنامج فرعي واستخدام كود دوران المحاور *G68.*



برنامج رقم ١٧ (أسم البرنامج)	*O0017 (Plate 4*
بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.	
تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.	*(9.11.2014 15:14*
نظام التحكم المستخدم فانوك *21i*	*(CONTROL FANUC 21I*
أبعاد الخامة (١٥٠ *x* ١٥٠ *x* ٥٠ مم).	*(BLANK DIMENSIONS X+150.000 Y+150.000 Z+050.000*
نوع معدن الخامة ألمونيوم.	*(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"*
وسيلة التثبيت منجلة. والجزء المربوط عليه ٥٠ مم	*(VISE "Chuck Mill\Vise\RS 160"* *(CHUCKING DEPTH E+050.000*
العدد المستخدمة.	*(TOOLS*
العدة رقم ٢ سلوت تفريز من صلب السرعات العالية.	*(T02 "SLOT MILLING TOOL HSS"*
العدة رقم ٣ بنطة من صلب السرعات العالية.	*(T03 "DRILL HSS ISO 235"*

العدة رقم ٦ بنطة مركزة من صلب السرعات العالية.	*(T06 "SPOTTING DRILL HSS ISO 3294"*
مسجل إستعواض العدة سلوت التفريز نصف قطره ١٠مم البنطة نصف قطرها ٤ مم	*(TOOL COMPENSATION* *(D02 T02 R010.000* *(D03 T03 R004.000* *(D06 T06 R000.000*
صفر المشغولة يستخدم *G54*	*(WORKPART ZERO POINTS G54*
رأس البرنامج. راجع الأكواد بكتاب الصف الثاني	*N0010 G91 G28 Z0.* *N0012 G91 G28 X0. Y0.* *N0014 G54 G94 G40 G80 G49 G90* *N0016 G54* *N0018 G90* *N0020 G97*
عملية تفريز التجويف الأسطواني	*N0022 T2 M6* *N0024 S1200 M3* *N0026 G0 G43 Z50. H2* *N0028 G0 X0. Y0.* *N0032 G0 Z2.* *N0034 G1 Z0. F200* *N0036 G1 Z-10. F60* *N0038 G1 X16. F200* *N0040 G2 X16. I-16. J0.* *N0044 G1 X28.* *N0046 G2 X28. I-28. J0.* *N0050 G2 X40. I6. J0.* *N0052 G2 X40. I-40. J0.* *N0056 G2 X0. I-20. J0. F600* *N0058 G0 Z20.* *N0060 G0 Z100.* *N0064 M5*
عملية السنترة	*N0066 T6 M6*

N0068 S2800 M3 *N0070 G0 G43 Z50. H6* *N0074 F40* *N0076 G0 X40. Y0* *N0078 G0 Z20.* *N0080 G81 G99 Z-13. R-9. K1* *N0082 M98 P129120* *N0106 G80* *N0107 G68 R0* *N0111 G69* *N0108 G0 Z100.* *N0110 M5*	
N0112 T3 M6 *N0114 S1800 M3* *N0116 G0 G43 Z50. H3* *N0118 G0 X40. Y0.* *N0120 F80* *N0124 G0 Z20.* *N0126 G83 G99 Z-35. R-9. Q5. K0* *N0128 M98 P129120* *N0152 G80* *N0153 G68 R0* *N0157 G69*	عملية الثقب
N0154 G0 Z100. *N0156 M5* *N0157 T00.* *N0158 G0 X150. Y150.* *N0162 M30*	نهاية البرنامج

البرنامج الفرعي	*O9120*
إحداثيات الثقوب	*N0020 G68 X0 Y0 G91 R30* *N0021 G90 X40 Y0*
غلق البرنامج الفرعي	*N0045 M99*

الدخول والخروج بحركة دورانية بالكود *G2* على سطح جدار التجويف يعطي تشطيب أفضل

G2 X40. I6. J0.

G2 X0. I-20. J0. F600

***G68* كود دوران نظام الإحداثيات**

R: زاوية الدوران وهي موجبه في اتجاه عكس عقارب الساعة مقاسه من الخط الواصل من مركز الدوران إلى إحداثي النقطة المراد إدارتها

الأمر الثاني بالنسبة للزاوية اذا كنت ستدير الكنتور عدة مرات ومقياس الزاوية *R* سيحدد بالإحداثيات المطلقه فلا مشكلة في تحديد مكان الكنتور اما اذا كان مقياس الزاوية سيحدد بالإحداثيات النسبية فراعي ان الزوايا تجمع بالتراكم ولا يلغي قيمة الزاوية الكود *G69* أي اذا اردت تنشيط الكود *G68* مرة اخرى بالإحداثيات النسبية فان الزاوية ستجمع على آخر قيمة لها من المرة السابقة لذلك عليك ان تعيد الزاوية الى الصفر اولا بالكود *G68*

***G69* إلغاء تنشيط كود دوران نظام الإحداثيات**

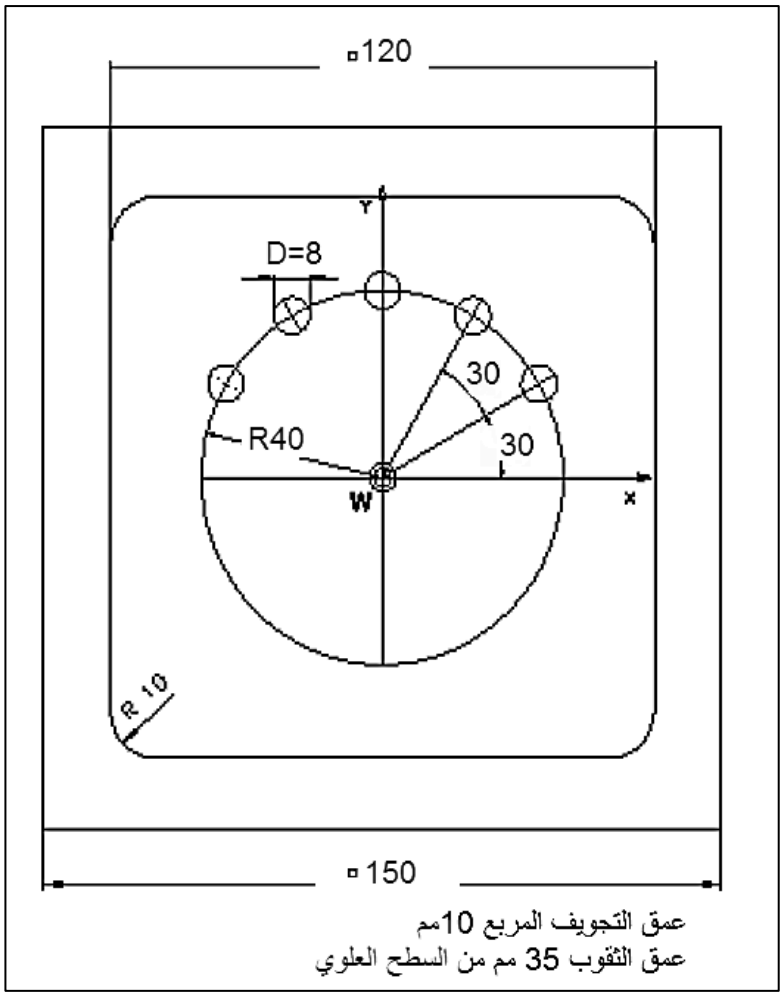
تفسير متغيرات دورات الثقب الجاهزة *G81 and G83*

الرجوع إلى مستوى البدء (*I*) بعد انتهاء الثقب (*Z20*). (يستخدم الكود *G98* أو الكود *G99*).	*G98*
الرجوع إلى المستوى المحدد بالمتغير *R* بالمليمترات.	*G99 - R*
إحداثي الثقب	*X... , Y...*
عمق الثقب (*G90 , G91*)	*Z*
عدد مرات التكرار يجب أن يصاحبه الكود *G91*.	*K*
طول مشوار التغذية (المتكرر) في كل مرة مم	*Q*

- عدم برمجة المتغير *K* أو برمجته *K=1* فهذا يعني تنفيذ ثقب واحد.

مثال ٧

المطلوب عمل برنامج تصنيع المشغولة التالية والتي بها تجويف مربع الشكل وثقوب، استخدم دورات التشغيل الجاهزة *G81 and G83.* للثقب مع استدعاء برنامج فرعي واستخدام الإحداثيات القطبية.



لاحظ أن العدة رقم *T2* (السلوت ميل) نصف قطرها ٩مم أي أقل من نصف قطر لف الأركان (١٠مم) وهو أمر مفضل من ناحية التصنيع لتسمح للسلوت أن يتحرك على المسار الدائري للركن.

النظام القطبي للبرمجة

في هذا النظام يحدد مكان النقطة بدلالة نصف القطر لدائرة مركزها قطب النظام وتمر بالنقطة وزاوية ميل الخط الواصل بين النقطة والقطب مقاسه على أحد محاور الدائرة فإذا كانت هذه النقطة تقع في المستوى *XY* أي مستوى *G17* كانت الزاوية موجبة باتجاه دوران عكس عقارب الساعة على محور *X* وهنا يجب أن ننوه أن القطب هو نقطة صفر المشغولة النشط قبل استدعاء النظام القطبي *G16*

بين الكود *G16* وهو بداية تنشـــيط الإحداثيات القطبية والكود *G15* وهو نهاية تنشـــيط الإحداثيات القطبية كل إحداثيات النقط تكون قطبية

برنامج رقم ١٨ (أسم البرنامج)	*O0018 (PLATE 5)*
بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.	
تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.	*(9.11.2014 15:14*
نظام التحكم المستخدم فانوك *21i*	*(CONTROL FANUC 21I*
أبعاد الخامة (١٥٠ *x* ١٥٠ *x* ٥٠ مم).	*(BLANK DIMENSIONS X+150.000 Y+150.000 Z+050.000*
نوع معدن الخامة ألمونيوم.	*(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"*
وسيلة التثبيت منجلة. والجزء المربوط عليه ٥٠ مم	*(VISE "Chuck Mill\Vise\RS 160"* *(CHUCKING DEPTH E+050.000*
العدد المستخدمة.	*(TOOLS*
العدة رقم ٢ سلوت تفريز من صلب السرعات العالية.	*(T02 "SLOT MILLING TOOL HSS"*
العدة رقم ٣ بنطة من صلب السرعات العالية.	*(T03 "DRILL HSS ISO 235"*
العدة رقم ٦ بنطة مركزة من صلب السرعات العالية.	*(T06 "SPOTTING DRILL HSS ISO 3294"*
مسجل إستعواض العدة سلوت التفريز نصف قطره ٩مم البنطة نصف قطرها ٤ مم	*(TOOL COMPENSATION* *(D02 T02 R009.000* *(D03 T03 R004.000* *(D06 T06 R000.000*
صفر المشغولة يستخدم *G54*	*(WORKPART ZERO POINTS G54*
رأس البرنامج. راجع الأكواد بكتاب الصف الثاني	*N0010 G91 G28 Z0.* *N0012 G91 G28 X0. Y0.* *N0014 G54 G94 G40 G80 G49 G90* *N0016 G54* *N0018 G90* *N0020 G97*
عملية تفريز التجويف المربع	*N0022 T2 M6* *N0024 S1200 M3* *N0026 G0 G43 Z50. H2*

N0028 G0 X0. Y0. *N0032 G0 Z2.* *N0034 G1 Z-10. F60* *N0036 G1 Y14.4 F200* *N0038 G1 X14.4* *N0040 G1 Y-14.4* *N0042 G1 X-14.4* *N0044 G1 Y28.8* *N0046 G1 X28.8* *N0048 G1 Y-28.8* *N0050 G1 X-28.8* *N0052 G1 Y39.9* *N0054 G1 X39.9* *N0056 G1 Y-39.9* *N0058 G1 X-39.9* *N0060 G1 Y39.9* *N0062 G2 X-28.8 Y51. I11.1 J0.* *N0064 G1 X50.* *N0066 G2 X51. Y50. I0. J-1.* *N0068 G1 Y-50.* *N0070 G2 X50. Y-51. I-1. J0.* *N0072 G1 X-50.* *N0074 G2 X-51. Y-50. I0. J1.* *N0076 G1 Y50.* *N0078 G2 X-50. Y51. I1. J0.* *N0080 G1 X-28.8* *N0082 G2 X0. Y0. I0. J-33.632 F600* *N0088 G0 Z100.* *N0092 M5*	
N0094 T6 M6 *N0096 S2800 M3* *N0098 G0 G43 Z50. H6*	عملية السنترة

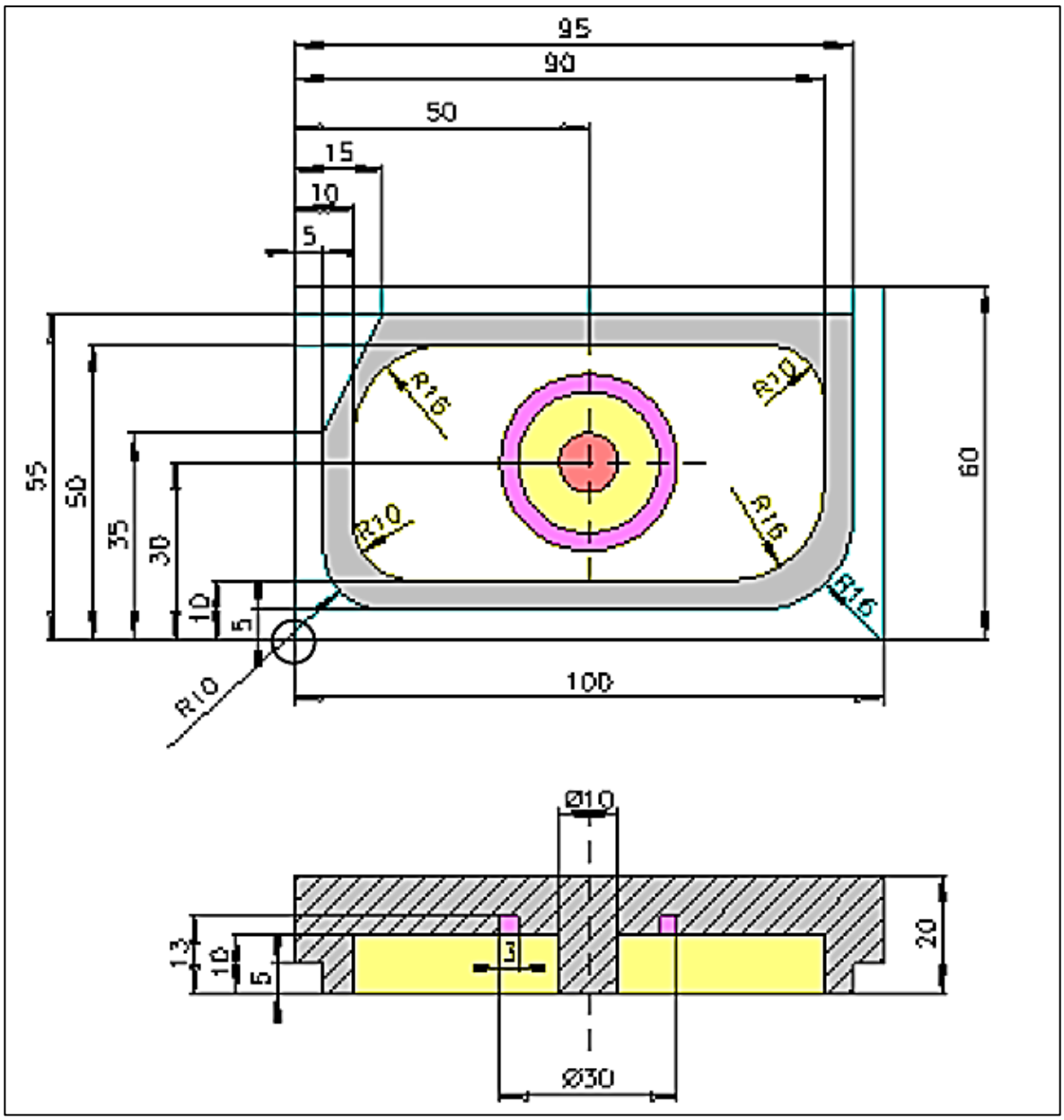
N0100 G0 X0. Y0. *N0102 F40* *N0106 G0 Z20.* *N0108 G81 G99 Z-13. R-9. K0* *N0110 M98 P9140* *N0122 G0 Z100.* *N0124 M5*	
N0126 T3 M6 *N0128 S1800 M3* *N0130 G0 G43 Z50. H3* *N0132 G0 X0. Y0.* *N0134 F80* *N0138 G0 Z20.* *N0140 G83 G99 Z-35 R-9. Q5 K0* *N0144 M98 P9140*	عملية الثقب
N0154 G0 Z100. *N0156 M5* *N0156 T00* *N0158 G0 X150. Y150.* *N0162 M30*	نهاية البرنامج

البرنامج الفرعي	***O9140***
تفعيل نظام الإحداثيات القطبية.	*N5 G16*
إحداثيات الثقوب	*N10 X40 Y30* *N15 Y60* *N20 Y90* *N25 Y120* *N30 Y150*
إلغاء تفعيل دورة الثقب وتفعيل نظام الإحداثيات المطلقة	*N35 G15 G80*
غلق البرنامج الفرعي	*N40 M99*

مثال ٨

المطلوب عمل برنامج تصنيع المشغولة التالية والتي تعتبر متوسطة التعقيد تقع في مستوى واحد (*2D*)

استخدم أوامر البرمجة بصيغة *ISO* لكتابة البرنامج لماكينة تعمل بكونترول فانوك *21i*



برنامج رقم ١٩ (أسم البرنامج)	*O0019 (PLATE 6)*
بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.	

تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.	*(9.11.2014 15:14*
نظام التحكم المستخدم فانوك *21i*	*(CONTROL FANUC 21I*
أبعاد الخامة (١٠٠ *x* ٦٠ *x* ٢٠ مم).	*(BLANK DIMENSIONS X+100.000* *Y+060.000 Z+020.000*
نوع معدن الخامة ألمونيوم.	*(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"*
وسيلة التثبيت منجلة. والجزء المربوط عليه ١٢ مم	*(VISE "Chuck Mill\Vise\RS 160"* *(CHUCKING DEPTH E+012.000*
العدد المستخدمة.	*(TOOLS*
العدة رقم ١ سلوت تفريز من صلب السرعات العالية.	*(T01 "ISLOT MILLING TOOL\ HSS"*
العدة رقم ٣ سلوت تفريز من صلب السرعات العالية.	*(T03 "SLOT MILLING TOOL HSS "*
العدة رقم ٥ سلوت تفريز من صلب السرعات العالية.	*(T05 "SLOT MILLING TOOL HSS ISO "*
مسجل استعواض العدة سلوت رقم ١ بنصف قطر ٦مم سلوت رقم ٣ بنصف قطر ٨مم سلوت رقم ٥ بنصف قطر ١,٥مم	*(TOOL COMPENSATION* *(D01 T01 R006.000* *(D03 T03 R008.000* *(D05 T05 R001.500*
صفر المشغولة يستخدم *G54*	*(WORKPART ZERO POINTS G54*
رأس البرنامج.	*N0010 G91 G28 Z0.* *N0012 G91 G28 X0. Y0.* *N0014 G54 G94 G40 G80 G49 G90* *N0020 G97*
عملية تفريز الكنتور الخارجي لاحظ أن الدخول على المشغولة بحركة قطع دائرية أفضل من الدخول بخط مستقيم وهو أمر يتعلق بقوى القطع وجودة تشطيب السطح عند الخول	*N0022 T3 M6* *N0024 S950 M3* *N0026 G0 G43 Z50. H3* *N0028 G0 X130. Y60.*

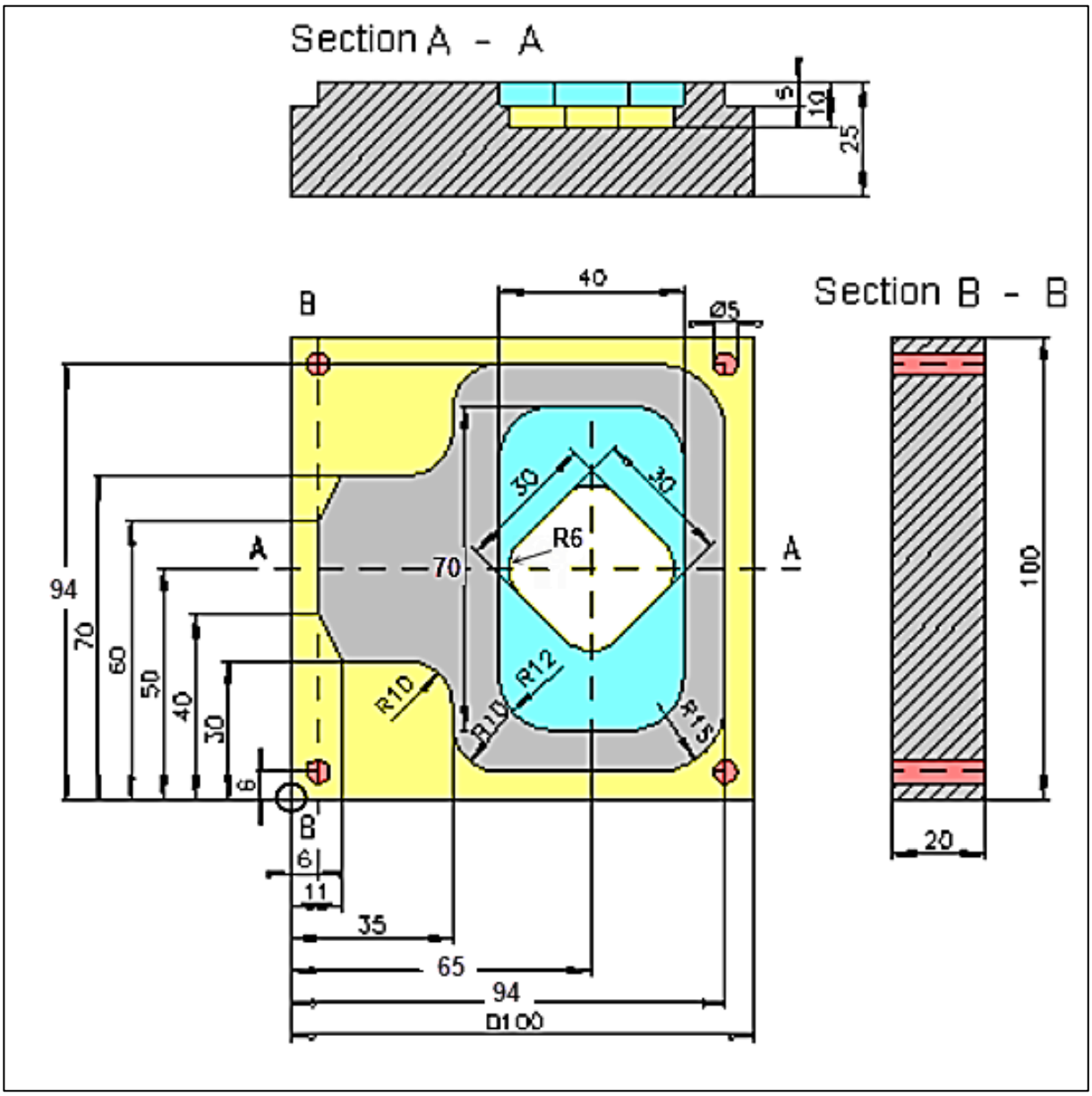
N0030 G0 Z2. *N0032 G1 Z-5. F300 M7* *N0034 G41 G1 X120 Y50. D3 F200* *N0036 G3 X95. Y25. I0. J-25.* *N0038 G1 Y21.* *N0040 G2 X79. Y5. I-16. J0.* *N0042 G1 X15.* *N0044 G2 X5. Y15. I0. J10.* *N0046 G1 Y35.* *N0048 G1 X15. Y55.* *N0050 G1 X95.* *N0052 G1 Y25.* *N0054 G3 X120 Y0. I25 J0* *N0056 G0 G40 X130* *N0058 G0 Z100.* *N0062 M5* *N0064 M9*	
N0066 T1 M6 *N0068 S2000 M3* *N0070 G0 G43 Z50. H1* *N0072 G0 X50 Y41* *N0074 G0 Z2.* *N0076 G1 Z0 F300 M7* *N0078 G3 X50 Y41 I0 J-11 Z-5 F200* *N0079 G3 X50 Y41 I0 J-11*	حركة قطع حلزونية إلى العمق *Z-5* تفضل حركة القطع الحلزونية كلما أمكن ذلك فهي تخفض قوى القطع وتطيل عمر أداة القطع
N0080 G1 X28 *N0081 Y19* *N0082 X72* *N0083 Y41* *N0084 X50* *N0085 G3 X47. Y44. I-3. J0.*	قطع الكنتور الداخلي وعملية تفريغ التجويف من الرايش إلى العمق *Z-5*

N0086 G1 X26. *N0086 G3 X16. Y34. I0. J-10.* *N0088 G1 Y20.* *N0090 G3 X20. Y16. I4. J0.* *N0092 G1 X74.* *N0094 G3 X84. Y26. I0. J10.* *N0096 G1 Y40* *N0098 G3 X80 Y44 I-4 J0* *N0100 G1. X47* *N0101 G3 X50 Y41 I3 J0*	
N0078 G3 X50 Y41 I0 J-11 Z-10 F200 *N0079 G3 X50 Y41 I0 J-11* *N0080 G1 X28* *N0081 Y19* *N0082 X72* *N0083 Y41* *N0084 X50* *N0085 G3 X47. Y44. I-3. J0.* *N0086 G1 X26.* *N0086 G3 X16. Y34. I0. J-10.* *N0088 G1 Y20.* *N0090 G3 X20. Y16. I4. J0.* *N0092 G1 X74.* *N0094 G3 X84. Y26. I0. J10.* *N0096 G1 Y40* *N0098 G3 X80 Y44 I-4 J0* *N0100 G1. X47* *N0101 G3 X49 Y42 I2 J0* *N0101 G1 Z0* *N0102 G0 Z2* *N0104 G0 Z100* *N0106 M5 M9.*	استكمال قطع الكنتور إلى العمق *Z-10*

قطع التجويف الدائري عرض ٣مم وعمق *Z-13*	*N0174 T5 M6* *N0176 S2500 M3* *N0178 G0 G43 Z50. H5* *N0180 G0 X63.5 Y30* *N0182 G0 Z-8 M7.* *N0184 G1 Z-13. F300* *N0186 G3 X63.5 Y30 I-13.5 J0. F160* *N0187 G1 Z-8 F300*
نهاية البرنامج	*N0154 G0 Z100.* *N0156 M5* *N0156 T00* *N0158 G0 X150. Y150.* *N0162 M30*

مثال ٩

المطلوب عمل برنامج تصنيع المشغولة التالية والتي تعتبر متوسطة التعقيد تقع في مستوى واحد (*2D*)

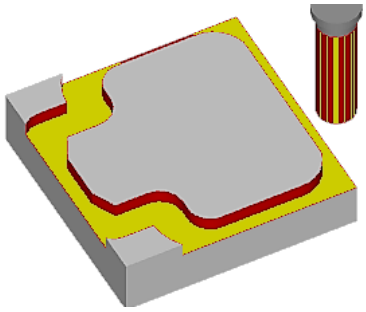


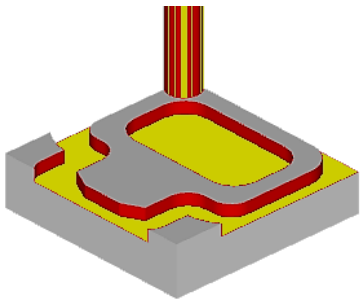
استخدم أوامر البرمجة بصيغة *ISO* لكتابة البرنامج لماكينة تعمل بكونترول فانوك *21i*.

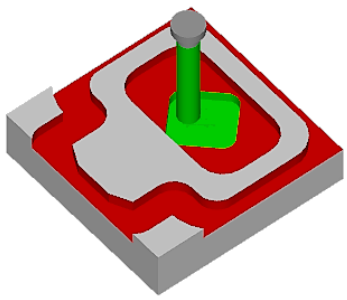
تقيد بالتعليمات التالية:

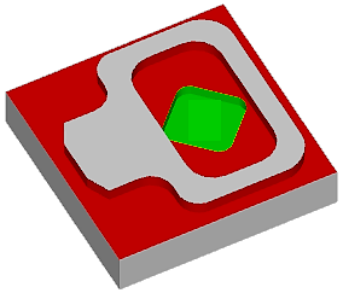
- استعوض نصف قطر العدة.
- استخدم الدورات الجاهزة للثقب.
- استخدم أمر إزاحة صفر المشغولة *G52* وأمر الدوران *G68*
- استخدم برنامج فرعي وكرره عدد من المرات

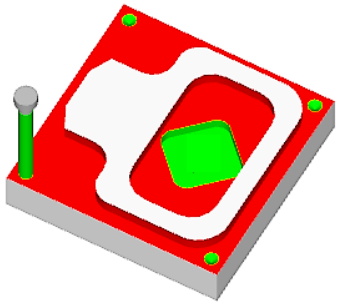
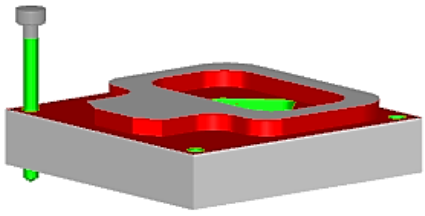
برنامج رقم ٢٠ (أسم البرنامج)	*O00 20 (PLATE 7)*
بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.	
تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.	*(9.11.2014 15:14*
نظام التحكم المستخدم فانوك *21i*	*(CONTROL FANUC 21I*
أبعاد الخامة (١٠٠ *x* ١٠٠ *x* ٢٥ مم).	*(BLANK DIMENSIONS X+100.000 Y+100.000 Z+025.000*
نوع معدن الخامة ألمونيوم.	*(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"*
وسيلة التثبيت منجلة. والجزء المربوط عليه ١٢ مم	*(VISE "Chuck Mill\Vise\RS 160"* *(CHUCKING DEPTH E+012.000*
العدد المستخدمة.	*(TOOLS*
العدة رقم ٢ سلوت تفريز من صلب السرعات العالية.	*(T02 "ISO \SLOT MILLING HSS ISO "*
العدة رقم ٣ بنطة من صلب السرعات العالية.	*(T03 "ISO \DRILL HSS "*
العدة رقم ٤ بنطة سنتره من صلب السرعات العالية.	*(T04 "ISO \SPOTTING DRILL HSS "*
العدة رقم ٥ سلوت تفريز من صلب السرعات العالية.	*(T05 "ISO \SLOT MILLING TOOL HSS "*
العدة رقم ٨ سلوت تفريز من صلب السرعات العالية.	*(T08 "ISO \SIDEMILL\ HSS "*
مسجل استعواض العدة	*(TOOL COMPENSATION*
سلوت رقم ٢ بنصف قطر ٥مم	*(D02 T02 R005.000*
بنطة رقم ٣ بنصف قطر ٢,٥مم	*(D03 T03 R002.500*
بنطة سنتره رقم ٤	*(D04 T04 R000.000*
سلوت رقم ٥ بنصف قطر ٨مم	*(D05 T05 R008.000*
سلوت رقم ٨ بنصف قطر ١٠مم	*(D08 T08 R010.000*
صفر المشغولة يستخدم *G54*	*(WORKPART ZERO POINTS G54*

رأس البرنامج.	*N0010 G91 G28 Z0.* *N0012 G91 G28 X0. Y0.* *N0014 G54 G94 G40 G80 G49 G90* *N0020 G97*
عملية تفريز الكنتور الخارجي لاحظ أن الدخول على المشغولة بحركة قطع دائرية أفضل من الدخول بخط مستقيم وهو أمر يتعلق بقوى القطع وجودة تشطيب السطح عند الدخول 	*N0022 T5 M6* *N0024 S1300 M3* *N0026 G0 G43 Z50. H5* *N0028 G0 X118. Y85.* *N0030 G0 Z2.* *N0032 G1 Z-5. F300 M7* *N0034 G41 G0 X112. Y73. D5* *N0036 G3 X94. Y55. I0. J-18. F200* *N0038 G1 Y21.* *N0040 G2 X79. Y6. I-15. J0.* *N0042 G1 X45.* *N0044 G2 X35. Y16. I0. J10.* *N0046 G1 Y20.* *N0048 G3 X25. Y30. I-10. J0.* *N0050 G1 X11.* *N0052 G1 X6. Y40.* *N0054 G1 Y60.* *N0056 G1 X11. Y70.* *N0058 G1 X25.* *N0060 G3 X35. Y80. I0. J10.*

N0062 G1 Y84. *N0064 G2 X45. Y94. I10. J0.* *N0066 G1 X79.* *N0068 G2 X94. Y79. I0. J-15.* *N0070 G1 Y50.* *N0072 G3 X112. Y32. I18. J0.* *N0074 G40*	
N0076 G0 Z50.	
N0078 G0 X112. Y40. *N0080 G0 X65. Y50.* *N0082 G0 Z20.* *N0084 G0 Z2.* *N0086 G0 Y35.* *N0088 G1 Z-5. F60* *N0090 G1 Y65. F200* *N0092 G2 Y77. I0. J6.* *N0094 G1 X73.* *N0096 G2 X77. Y73. I0. J-4.* *N0098 G1 Y27.* *N0100 G2 X73. Y23. I-4. J0.* *N0102 G1 X57.* *N0104 G2 X53. Y27. I0. J4.* *N0106 G1 Y73.* *N0108 G2 X57. Y77. I4. J0.*	

N0110 G1 X65. *N0112 G2 Y65. I0. J-6. F600* *N0116 G0 Z20.*	
N0118 G0 Y50. *N0120 G0 Z100.* *N0122 M5* *N0124 M9*	
N0126 T2 M6 *N0128 S1600 M3* *N0130 G0 G43 Z50. H2* *N0131 G52 X65 Y50* *N0133 G68 X0 Y0 R45* *N0134 G0 X0 Y-6* *N0135 G0 Z2. M7* *N0136 G1 Z-10. F60* *N0138 G1 G41 X15 D2 F200* *N0140 G1 Y9* *N0142 G3 X9 Y15 R6* *N0144 G1 X-9* *N0146 G3 X-15 Y9 R6* *N0148 G1 Y-9* *N0150 G3 X-9 Y-15 R6* *N0152 G1 X9* *N0154 G3 X15 Y-9 R6*	إزاحة لصفر المشغولة باستخدام الكود *G52* دوران حول المحور *Z* بالكود *G68* 

N0156 G1 Y-6 *N0158 G1 G40 X0 Y-6* *N0159 G1 Y6* *N0160 G69* *N0172 G0 Z-3*	
N0174 G0 Z100. *N0176 M5* *N0178 M9*	
N0180 T8 M6 *N0181 G52 X0 Y0* *N0182 S1100 M3* *N0184 G0 G43 Z50. H8* *N0186 G0 X20. Y-12.* *N0188 G0 Z2.* *N0190 G1 Z-5. F300 M7* *N0192 G1 Y7. F150* *N0194 G1 X0.* *N0196 G1 Y15.* *N0198 G0 Z2.* *N0200 G0 X-20. Y88.* *N0202 G1 Z-5.* *N0204 G1 X17.* *N0206 G1 Y100.* *N0208 G1 X-12.*	

N0210 G0 Z100. *N0212 M5* *N0214 M9*	
N0216 T4 M6 *N0218 S2800 M3* *N0220 G0 G43 X50 Y50 Z50. H4* *N0224 F40* *N0226 G0 Z20.* *N0228 G81 G98 Z-8 R10 K0* *N0243 M98 P41000* *N0248 G80* *N0244 G0 Z100.* *N0246 M5*	بالعدة رقم *4* بنطة السنتر وباستخدام دورة الثقب المستمر *G81* يتم سنترة الثقوب وباستخدام البرنامج الفرعي رقم ١٠٠٠ 
N0248 T3 M6 *N0250 S1600 M3* *N0252 G0 G43 Z50. H3* *N0256 F70* *N0258 G0 Z20.* *N0295 G68 R-90* *N0260 G83 G98 Z-30 R10 Q10 K0* *N0264 M98 P41000* *N0274 G80* *N0275 G68 R0* *N0279 G69*	الثقب النافذ 

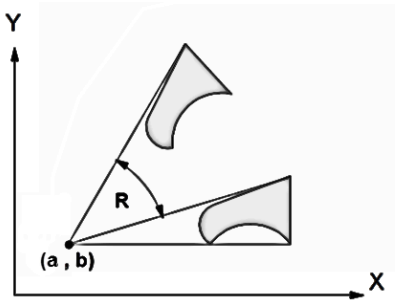
نهاية البرنامج	*N0154 G0 Z100.* *N0156 M5* *N0156 T00* *N0158 G0 X150. Y150.* *N0162 M30*

البرنامج الفرعي رقم ١٠٠٠	*O1000*
	N0015 G91 *N0020 G68 X50 Y50 R90* *G90 X6 Y6* *N0022 G69* *N0025 M99*

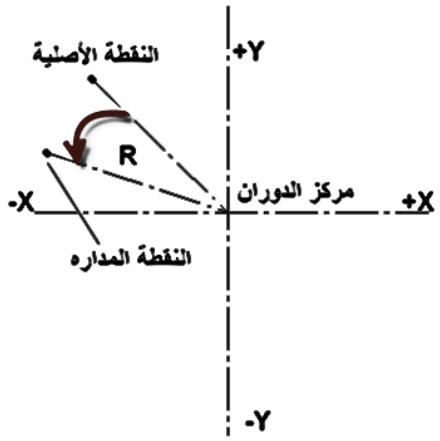
G68 كود دوران نظام الإحداثيات	*G68 Coordinate system rotation ON*
G69 الغاء تنشيط كود دوران نظام الإحداثيات	*G69 Coordinate system rotation OFF*

- اذا كنت تريد ان تحرك جسم حركة دورانية فأنت في حاجة لمعرفة اربع معلومات هي:
  ١. المستوى الذي يدور فيه
  ٢. المحور الذي يدور حوله
  ٣. مركز الدوران الواقع على المحور
  ٤. زاوية الدوران

بدون معرف أي من العناصر السابقة لا يمكن ان تتم الحركة بطريقة صحيحة يستخدم الكود *G68* لدوران نظام الإحداثيات ويكتب على الشكل التالي:

	:*FORMAT* *G68 a… b… R….*

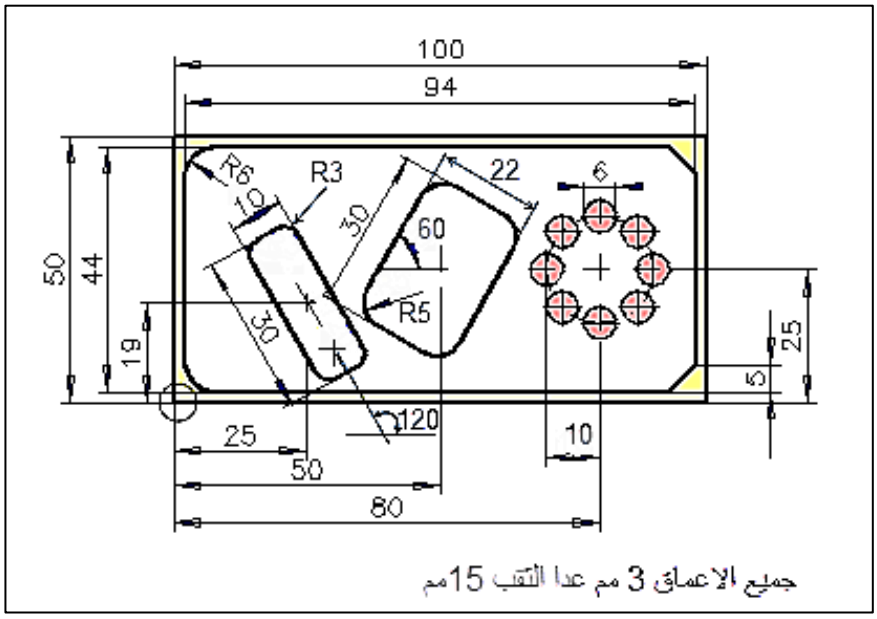
حيث:

a , b : إحداثيات مركز الدوران (*X , Y , Z*)	
R: زاوية الدوران وهي موجبه في اتجاه عكس عقارب الساعة مقاسه من الخط الواصل من مركز الدوران إلى إحداثي النقطة المراد إدارتها وهنا يجب أن ننوه للخطأ الشائع وهو الاعتقاد أن زاوية الدوران تقاس من اتجاه المحور *X+*	

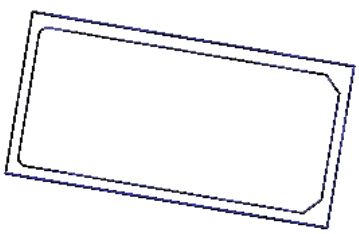
- الأمر الثاني بالنسبة للزاوية اذا كنت ستدير الكنتور عدة مرات ومقياس الزاوية *R* سيحدد بالإحداثيات المطلقه فلا مشكلة في تحديد مكان الكنتور اما اذا كان مقياس الزاوية سيحدد بالإحداثيات النسبية فراعي ان الزوايا تجمع بالتراكم ولا يلغي قيمة الزاوية الكود *G69* أي اذا اردت تنشيط الكود *G68* مرة اخرى بالإحداثيات النسبية فان الزاوية ستجمع على آخر قيمة لها من المرة السابقة لذلك عليك ان تعيد الزاوية الى الصفر اولا بالكود *G68*
- قبل كتابة الكود لابد ان تحدد المعلومتان المتبقيتان وهما المستوى والمحور فإذا كنت تنشط مستوى التشغيل *G17* (*XY*) فهذا يعني ان الدوران حول محور *Z* وإذا كان المستوى النشط *G18* فالدوران حول محور *Y* والمستوى *G19* حول المحور *X*
- لاحظ ان مركز الدوران بالضرورة يقع على محور الدوران وهو يماثل القطب في الإحداثيات القطبية
- لا يمكن عمل انعكاس للكنتور الذي تم ادارته ذلك ان الزاوية المعرفة *R* لن تنعكس

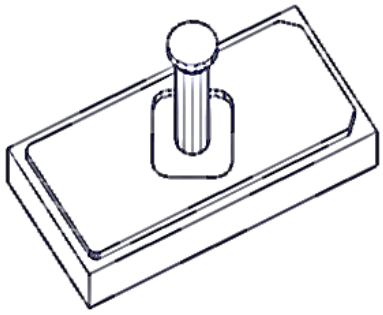
مثال١٠

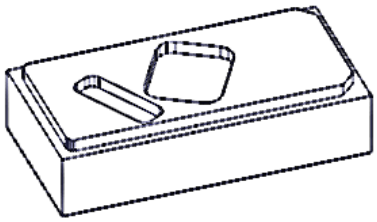
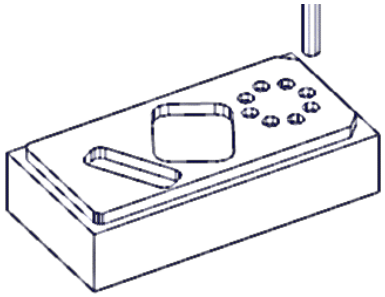
المطلوب عمل برنامج تصنيع المشغولة التالية والتي تعتبر متوسطة التعقيد وتقع في مستوى واحد

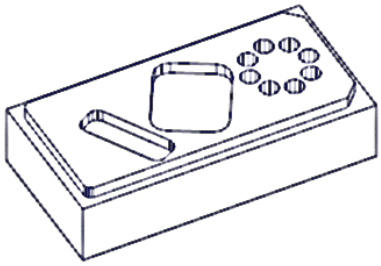


برنامج رقم ١١ (أسم البرنامج)	*O0011 (PLATE 8)*
بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.	
تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.	*(9.11.2014 15:14*
نظام التحكم المستخدم فانوك *21i*	*(CONTROL FANUC 21I*
أبعاد الخامة (١٠٠ *x* ٥٠ *x* ٢٥ مم).	*(BLANK DIMENSIONS X+100.000 Y+050.000 Z+025.000*
نوع معدن الخامة ألمونيوم.	*(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"*
وسيلة التثبيت منجلة. والجزء المربوط عليه ١٢ مم	*(VISE "Chuck Mill\Vise\RS 160"* *(CHUCKING DEPTH E+012.000*
العدد المستخدمة.	*(TOOLS*
العدة رقم ١ اندميل تفريز من صلب السرعات العالية.	*(T01 "ISO \ END MILL HSS ISO "*
العدة رقم ٢ سلوت تفريز من صلب السرعات العالية.	*(T02 "ISO \SLOT MILLING HSS ISO "*

العدة رقم ٣ سلوت تفريز من صلب السرعات العالية.	*(T03 "ISO \SLOT MILLING TOOL HSS "*
العدة رقم ٤ بنطة من صلب السرعات العالية.	*(T04 "DRILL HSS ISO "*
العدة رقم ٥ سنتر من صلب السرعات العالية.	*(T05 "ISO \SPOTTING DRILL\ HSS "*
مسجل استعواض العدة اندميل رقم ١ بنصف قطر ٨مم سلوت رقم ٢ بنصف قطر ٥مم سلوت رقم ٣ بنصف قطر ٣مم بنطة رقم ٤ بنطة سنتره رقم ٥	*(TOOL COMPENSATION* *(D01 T01 R008.000* *(D02 T02 R005.000* *(D03 T03 R003.000* *(D04 T04 R000.000* *(D05 T05R000.000*
صفر المشغولة يستخدم *G54*	*(WORKPART ZERO POINTS G54*
رأس البرنامج.	*N0010 G91 G28 Z0.* *N0012 G91 G28 X0. Y0.* *N0014 G54 G94 G40 G80 G49 G90* *N0020 G97*
عملية تفريز الكنتور الخارجي لاحظ أن الدخول والخروج إلى المشـــغولة بحركة قطع دائرية أفضـــل من الخط مســـتقيم وهو أمر يتعلق بقوى القطع وجودة تشطيب السطح 	*N0022 T1 M6* *N0024 S1600 M3* *N0026 G0 G43 Z50. H1* *N0028 G0 X120 Y48* *N0030 G0 Z2.* *N0032 G1 Z-3. F130 M8* *N0033 G41 G1 X110 Y38 D1* *N0036 G3 X97 Y25 I0 J-13* *N0038 G1 Y3 C5* *N0040 G1 X3 R3*

N0042 G1 Y46 R3 *N0044 G1 X97 C5* *N0046 G1 Y25* *N0048 G3 X110 Y12 I13 J0* *N0050 G40 G1 X120 Y48* *N0062 G0 Z100.* *N0064 M9* *N0068 M5*	
N0070 T2 M6 *N0072 S2000 M3* *N0074 G0 G43 Z50. H2* *N0075 G52 X50 Y25* *N0076 G0 X0 Y0* *N0078 G0 Z20.* *N0080 G0 Z2.* *N0081 G68 X0 Y0 R60* *N0083 G1 Z-3 F80* *N0084 G42 D3* *N0086 M98 P1111* *N0088 G42 D2* *N0090 M98 P1111* *N0091 G69* *N0062 G0 Z100.* *N0064 M9*	لعمل البوكت ٣٠ *X* ٢٢ هناك مشـــكلة وهي أن أكبر قطر عدة يمكن اســـتخدامـه ١٠مم (ركن البوكت ملفوف *R5*) وهو لا يغطي عرض البوكت ٢٢مم لذلك أســـهل طريقة للبرمجة أن نبرمج مســـار البوكت في برنامج فرعي (*O1111*) ثم ننفذه أول مره باســـتعواض نصـــف قطر العدة وعلى غير الحقيقة *D3=7* معنى هذا أن هناك ٢مم متروكة ولم تشـغل في جدران البوكت أي أن البوكت المشـــغل أبعاده ٢٦ *X* ١٨ ثم نعيد تنفيذ البوكت باستعواض نصف قطر العدة الحقيقي *D2=5* أي عملية تشطيب. 

N0068 M5	
N0070 T3 M6 *N0072 S2500 M3* *N0074 G0 G43 Z50. H3* *N0075 G52 X25 Y19* *N0076 G0 X0 Y0* *N0078 G0 Z20.* *N0080 G0 Z2.* *N0081 G68 X0 Y0 R120* *N0083 G1 Z-3 F80* *N0084 G42 D3* *N0086 M98 P1112* *N0091 G69* *N0062 G0 Z100.* *N0064 M9* *N0068 M5*	 بوكت
N0070 T5 M6 *N0072 S2000 M3* *N0074 G0 G43 Z50. H5* *N0075 G52 X80 Y25* *N0076 G0 X0 Y0* *N0078 G0 Z20.* *N0079 G81 G98 Z-3 R10 K0* *N0090 M98P1113*	استخدام الإحداثيات القطبية للسنترة بالبرنامج الفرعي 

N0062 G0 Z100. *N0064 M9* *N0068 M5*	
N0070 T4 M6 *N0072 S2000 M3* *N0074 G0 G43 Z50. H4* *N0075 G52 X80 Y25* *N0076 G0 X0 Y0* *N0078 G0 Z20.* *N0079 G83 G98 Z-15 Q5 R5 K0* *N0090 M98P1113*	 الثقب
N0154 G0 Z100. *N0156 M5* *N0156 T00* *N0158 G0 X150. Y150.* *N0162 M30*	نهاية البرنامج

O1111	البرنامج الفرعي رقم ١١١١
N5 G1 X15 *N10 G1 Y-12* *N15 G1 X-15* *N20 G1 Y12* *N25 G1 X15* *N30 G1 Y0* *N35 G40 G1 X0* *N40 M99*	

البرنامج الفرعي رقم ١١١٢	O1112
	N5 N5 G1 X15 N10 G1 Y-5 N15 G1 X-15 N20 G1 Y5 N25 G1 X15 N30 G1 Y0 N35 G40 G1 X0 N40 M99

البرنامج الفرعي رقم ١١١٣	O1113
	N0080 G16 X10 Y0. N0081 Y45 N0083 Y90 N0084 Y135 N0086 Y180 N0087 Y225 N0088 Y270 N0089 Y315 N0070 G15 N0071 G80 N0072 M99

الباب السابع

الصيانة الميكانيكية *Mechanical Maintenance*

مقدمة:

لم تعد عملية الصيانة الميكانيكية في عصرنا هذا كما كانت في الماضي تقتصر فقط على إصلاح عيب التشغيل الحادث بالماكينة ولكنها أصبحت تطبق على مفهوم أكبر من ذلك وهو منع إمكانية حدوث العطل أو التنبؤ به قبل حدوثه بفترة زمنية كبيرة أو الاستعداد التام له إذا حدث فجأة وكل هذا يتم فعله على أحسن وجه بواسطة إتباع طرق الإدارة الحديثة في صيانة الماكينات.

وبذلك أصبحت مهمة مهندسي وفني اليوم مختلفة عما سبق في مجال صيانة الماكينات حيث أصبح من الواجب تعلم فن صيانة الماكينات بشكل عام ثم فن صيانة الماكينة الخاصة به والتي يعمل عليها ويلازمها أغلب ساعات عمله طوال اليوم بشكل خاص.

ونقصد هنا بالعناية الكافية الصيانة الصحيحة والتشغيل السليم فعلى سبيل المثال أي آلة لم تتم صيانتها وتشغيلها بالطريقة السليمة سوف يتوقع لها التلف السريع أي انتهاء عمرها الافتراضي مبكرا. وعليه فالحفاظ على أي منشأة أو آلة يتطلب وجود قسم للصيانة بهذه المنشاة يضم أكفء العناصر الفنية والمهنية وتكون مهمتها التخطيط وإعداد برامج الصيانة وتنفيذها لضمان الحفاظ على الآلات وتحسين أدائها. ويجب أن نؤكد على أن مفهوم الصيانة أصبح هو الصيانة المستمرة التي تتم على الآلة أثناء عملها وأثناء توقفها كاحتياطي لألة تعمل، وليست الصيانة بمفهومها القديم وهو إصلاح العطل بعد حدوثه بالآلة.

ولهذا فقد تم تقسيم هذا المحتوى لجزأين الجزء الأول يتم فيه التعريف الحديث لمفهوم الصيانة على أنها فن (أي عملية فنية) يجب مراعاته وإتباع قواعده ثم يتم التعرف على أنواع عمليات الصيانة وكيف يمكن تنفيذها لكي تتحقق الاستفادة القصوى منها والجزء الثاني يتم التعرف فيه على كيفية استخدام أفضل الطرق العملية في الصيانة الميكانيكية عموما وبالأخص ماكينات *CNC* وذكر أغلب الأعطال الشهيرة التي غالبا ما تحدث باستمرار.

المفهوم الحديث للصيانة الميكانيكية

ما المقصود بفن صيانة الماكينات؟

كلمة الصيانة وحدها مجردة تعنى الإشراف على الماكينة بشكل عام كل فترة زمنية محددة للتأكد من سلامتها وإصلاح أي عطل إن وجد وهذا المفهوم لم يعد متفق عليه اليوم لأنه قصير الأمد ولا يعطى الماكينة الرعاية الكاملة واللازمة للعمل بكفاءة عالية دائما. لذلك فإن المفهوم الجديد الصحيح والأفضل لصيانة الماكينة هو فن صيانة الماكينات.

فن صيانة الماكينات: هي الخدمات الواجب تقديمها للماكينة لضمان عملها بأقصى كفاءة عالية أثناء أطول فترة تشغيل ممكنة.

التعريف السابق هو تعريف شامل و موجز لفن صيانة الماكينات حيث يعتبر أي شيء مه م ولازم لاستمرار عمل الماكينة بكفاءة عالية طوال الوقت هو ذاته من صيانة الماكينة نفسها فالاهتمام بصحة العامل النفسية والجسدية من صيانة الماكينة فلو ساءت صحته ساء تركيزه و تعامله مع الماكينة، والحفاظ على البيئة المحيطة بالعامل وبالماكينة من صيانة الماكينة، وتحسين العلاقة بين العامل وزملاءه ورؤساءه في العمل من صيانة الماكينة، وتنظيم ساعات العمل على الماكينة من صيانة الماكينة، و إنشاء سيرة ذاتية تحوى كل التفاصيل عن تاريخ عمل الماكينة من صيانة الماكينة، و تطبيق قواعد الأمان و السلامة في محيط العمل من صيانة الماكينة والواقع العملي ملئ بأعطال لا حصر لها سببها قلة الاهتمام بالعوامل السابقة التي يظن البعض أنها بسيطة.

من الفقرة السابقة تبين أن عملية الصيانة ليست مجرد فك وتركيب لأجزاء الماكينة وإنما هي منظومة كاملة تتحد فيها عدة عوامل مهمة لتعطى في النهاية ما نسميه الآن" فن الصيانة الميكانيكية" والمفاهيم التالية سوف توضح أكثر مفهوم فن الصيانة الميكانيكية والغرض منه وكيفية إتقان هذا الفن.

أهمية الصيانة *Importance of Maintenance*

يمكن أن نلخص فيما يلي دور الصيانة بصفة عامة في الحفاظ على منشأة كالتالي:

١. الاستفادة الجيدة من الاستثمارات التي أنفقت لإنشاء المنشآت.
٢. زيادة العمر الافتراضي للمرافق.
٣. زيادة الإنتاج.
٤. استمرارية عمل المرافق بكفاءة جيدة.
٥. قلة فترات التوقف.
٦. توقع حدوث الأعطال.

٧. مراقبة أداء الآلات.
٨. تحديد قطع الغيار والمعدات والعمالة اللازمة للصيانة أو لإصلاح.
٩. خفض تكاليف الصيانة.
١٠. تقليل الأعطال المفاجئة.

ملحوظة: لم تعد عملية الصيانة في وقتنا الحالي تشمل هذين القسمين فقط حيث تطور مفهوم عملية الصيانة ليشمل العملية الإنتاجية بكاملها من أول خطوة في عملية التخطيط حتى آخر خطوة في عملية التنفيذ. وقد تم تسميتها بالصيانة الإنتاجية الشاملة. وهي التي سوف نتناولها في هذا الجزء بالشرح والتوضيح.

الصيانة الإنتاجية الشامل *Total Productive Maintenance (TPM)*

الصيانة الإنتاجية الشاملة هي أحد الأنظمة الإدارية التي بدأت في اليابان في السبعينات ثم انتشرت في العالم خلال العشرين عاما الماضية. الصيانة الإنتاجية الشاملة ليست أسلوب صيانة جديد بل هو نظام شامل للتعامل مع المعدات. أثبتت الخبرات العملية والأبحاث أن تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة يؤدي إلى تحسين الأداء لأنها تشمل الجودة والإنتاجية والتكلفة والاستجابة لأوامر الشراء والأمان في العمل وارتفاع الحالة المعنوية للعاملين.

وترتكز الصيانة الإنتاجية الشاملة على عدة ركائز وهي:

١. زيادة الفعالية العامة للمعدات
٢. تطبيق نظام صيانة مخططة (*Planned Maintenance*) شامل على مدار عمر المعدة
٣. مشاركة جميع إدارات الصيانة والتشغيل والشئون الهندسية في عمليات الصيانة الإنتاجية الشاملة
٤. مشاركة كافة المستويات من عمال ومهندسين ومديرين
٥. تشجيع الصيانة الذاتية وأنشطة المجموعات الصغيرة

ما هي السمات الأساسية التي تميز تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة؟

تختلف الصيانة الإنتاجية الشاملة عن أنظمة الصيانة الوقائية والتنبؤية في أنها تشمل جميع بنود وتعليمات الصيانة الوقائية والتصحيحية وتزيد عليها في كيفية إدارة عملية الصيانة ومتابعتها على المدى البعيد المستمر ولذلك فهي تتميز بالسمات التالية:

١. الاعتناء بنظافة المعدات ومكان العمل *Housekeeping*: الصيانة الإنتاجية الشاملة تهتم جدا بنظافة المعدات لأن ذلك يساعد على الاكتشاف المبكر للأعطال، وكذلك تهتم بجعل بيئة العمل نظيفة وآمنة ومرتبة لأن هذا يساعد على تقليل الحوادث والارتفاع بالروح المعنوية للعاملين وتيسير عمليات التعامل مع المعدات

٢. قيام المشغلين ببعض أعمال الصيانة فيما يعرف بالصيانة الذاتية *Autonomous Maintenance*:

اشتراك أفراد التشغيل في المحافظة على المعدات هي سمة تتفرد بها الصيانة الإنتاجية الشاملة. ففي هذا النظام يكون المشغل مسئولا عن القيام بأعمال الصيانة البسيطة مثل إعادة ربط مسمار أو عملية تزييت المعدة أو إضافة زيت أو شحم ونظافة المعدة وبعض أعمال الصيانة الأخرى. الهدف من ذلك هو عملية التقارب بين المشغل والمعدة وهو الأمر الذي ينتج عنه أن يكتشف المشغل كثيرا من الأعطال في وقت مبكر لأنه يقوم بتنظيف المعدة يوميا وبالتالي فإن حاسة السمع والبصر واللمس وربما الشم يساعدونه على اكتشاف الأعطال. كذلك فإن الصيانة الإنتاجية الشاملة تهدف إلى خلق معنى لدى المشغل وهو أنه يمتلك تلك المعدة بمعنى أنه يكون فخورا بالمحافظة على المعدة ولا يكتفي بإبلاغ الأعطال لأفراد الصيانة بل يشارك بملاحظاته الخاصة الناتجة عن خبرته بالماكينة وهذه الخبرة هي التي اكتسبها نتيجة للصيانة الذاتية التي كان يقوم بها.

٣. المحافظة على المعدات بحالة جيدة جدا" تماثل حالتها عند بدء تشغيلها:

المحافظة على المعدة في جميع الأوقات في حالة جيدة جدا أمر مكلف، وتركها تعمل في ظل وجود العديد من العيوب بها يكون أكثر كلفة. فعندما يحدث خلل ما في معدة ما مثل تسريب زيت أو ارتفاع مستوى الاهتزازات ثم نتركها تعمل ثم يحدث خلل آخر مثل انسداد بعض مواسير التبريد ثم نتركها تعمل فإن النتيجة النهائية تكون حدوث عطل كبير من حيث تكلفة الإصلاح وزمن الإصلاح، وصعوبة تحديد أسباب هذا العطل لأن المعدة كانت أساسا تعمل وهي بحالة غير طبيعية. بالإضافة لذلك فإن المعدة التي تعمل مع وجود خلل بها ستكلفنا استهلاك طاقة أعلى وقد ترفع نسبة المنتجات المعيبة أو التي تحتاج إعادة تشغيل مرة أخرى.

٤. تحليل جميع مشاكل المعدات وعدم قبول تكرار أي أعطال ولو أعطال بسيطة:

كثيرا ما نتقبل أن مشكلة ما أصبحت أمرا طبيعيا لمعدة معينة ولكن الصيانة الإنتاجية الشاملة تنظر إلى هذه المشكلات على أنها مشكلات مزمنة يجب التخلص منها بدراستها ثم إزالتها وإزالة جذورها.

٥. تشجيع عمل المجموعات الصغيرة على تحليل المشاكل وتطوير المعدات:

الصيانة الإنتاجية الشاملة تشجع على قيام مجموعات من العاملين بدراسة مشاكل المعدات وبيئة العمل ودراسة حلول هذه المشاكل. فالتطوير المستمر النابع من كافة مستويات الهيكل التنظيمي هو سمة من سمات الصيانة الإنتاجية الشاملة.

٦. التطبيق الدقيق لبرامج الصيانة المخططة:

كثيرٌ من المؤسسات لديها أنظمة صيانة وقائية ولكن الكثير منها لا يطبقها بشكل جيد. الصيانة الإنتاجية الشاملة تهتم جدا بالتطبيق الجيد والدقيق لبرامج الصيانة الوقائية والذي يتفاعل مع بقية مكونات الصيانة الوقائية من أعمال نظافة وأنشطة المجموعات الصغيرة وتطوير المعدات وذلك للوصول بالأعطال للحد الأدنى.

٧. التخلص من جميع أنواع الفاقد في تشغيل المعدة:

الصيانة التقليدية تهدف إلى تقليل الفاقد التي تمثل في الأعطال المفاجئة بينما تهدف الصيانة الإنتاجية الشاملة إلى التخلص من جميع أن أنواع الفاقد. الأنـــواع الأخرى من فواقد تشغيل المعدة هي فواقد بسبب تجهيز الماكينة لمنتج جديد أو إعادة ضبط الماكينة أو فواقد بسبب عدم القدرة على تشغيل الماكينة عند السرعة القصوى نتيجة خلل ما أو فواقد بسبب توقف المعدات نتيجة مشاكل في خط الإنتاج أو فواقد بسبب عيوب في المنتجات أو فواقد بسب عيوب المنتج عند بداية تشغيل الماكينة أو خط الإنتاج. كما ترى فإن نظرة الصيانة الإنتاجية الشاملة للفاقد أعم وتشمل فواقد تعتبرها الصيانة التقليدية من الأمور المقبولة التي لا يجب تغييرها.

ما مدى صعوبة تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة؟

تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة ليس بالأمر المستحيل وقد نجح في شركات كثيرة في دول مختلفة مثل اليابان والولايات المتحدة ودول أوروبية عديدة والهند وماليزيا وجنوب أفريقيا وغيرها. ولكن تطبيـــق هـــذا النظام صادف العدد من حالات الفشل في بعض هذه الدول أيضا لأسباب تتعلق بالأشخاص القائمين على عملية الصيانة ومن أهم هذه الأسباب ما يلي:

١. ضعف دعم الإدارة العليا للمؤسسة لتطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة.
٢. عدم القدرة على خلق جو من التعاون بين الصيانة والتشغيل مما لا يساعد على تطبيق الصيانة الذاتية عن طريق المشغلين.
٣. عدم وجود أنظمة أجور وحوافز تشجع المشغلين على القيام بالصيانة الذاتية.
٤. عدم تدريب العاملين التدريب المناسب لكي يتمكنوا من تطبيق هذا النظام. وهذا التدريب يشمل تدريب المشغلين على أعمال الصيانة وتدريب فنيي الصيانة لرفع كفاءتهم وتدريب العاملين عموما لتوعيتهم بفوائد الصيانة الإنتاجية الشاملة ومكوناتها وكيفية تطبيقها.
٥. توقع نتائج سريعة جدا وعادة ما يحتاج هذا النظام لبعض الاستثمارات في البداية للقيام بأعمال النظافة وإعادة المعدات إلى حالتها الجيدة، ثم تأتي نتيجة هذه الاستثمارات تدريجيا. بعد ذلك في صورة تقليل الفاقد وزيادة الإنتاجية وتحسين الجودة.
٦. عدم وجود مقاييس جيدة لقياس تأثير تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة.
٧. التطبيق الجزئي أو الشكلي.

ما الذي يدفعنا إلى تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة؟

الصيانة الإنتاجية الشاملة لها تأثير إيجابي على العديد من مؤشرات الأداء. فهي تؤدي إلى زيادة الإنتاجية عن طريق زيادة إتاحة وفاعلية المعدات، وزيادة الجودة، وتقليل وقت تصنيع المواد الخام، وزيادة القدرة على الالتزام بفترات التوريد. بالإضافة لذلك فهي تؤدي إلى تقليل الحوادث نتيجة لعمليات النظافة والتنظيم والمحافظة على المعدات، وترفع من الحالة المعنوية للعاملين.

بعض النتائج في شركات مختلفة تشير إلى انخفاض عدد الأعطال إلى 2% (اثنان بالمائة) من عددها قبل تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة وارتفاع إتاحة المعدة بنسبة 20% (عشرون بالمائة) وزيادة إنتاجية العام بنسبة 40 % (أربعون بالمائة) وذلك خلال ثلاث سنوات من تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة.

ما هي تكلفة تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة؟

لتطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة يلزمنا تحمل التكاليف الآتية:

١. إعادة المعدات إلى حالتها الأولى أو المثلى وهذا يعني القضاء على الخلل والمشاكل الموجودة مما قد يستلزم استبدال بعض الأجزاء أو إضافة أجهزة أو معدات جديدة.
٢. إعادة تنظيف المعدات وموقع العمل وهذا قد يستلزم بعض أعمال الدهانات والترميمات وشراء أدوات تنظيف وبعض الأدوات أو الأثاث التي تساعد على إبقاء الموقع في حالة مرتبة ونظيفة.
٣. تدريب المشغلين على مهارات الصيانة الأساسية وتدريب فنيي الصيانة للارتفاع بمهاراتهم.
٤. تدريب العاملين على الصيانة الإنتاجية الشاملة.

بالطبع لا يمكن تحديد رقم محدد بالجنيهات لتكلفة تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة لأي مؤسسة ولكن هذا الرقم يختلف تبعا للآتي:

١. حالة المعدات قبل تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة. فإن كانت حالة المعدات جيدة وبرنامج الصيانة يتم تطبيقه بشكل جيد كان ذلك مؤشرا على قلة نفقات تطبيق هذا البرنامج
٢. نظافة المعدات وموقع العمل وتنظيمه. فكلما كان هناك اعتناء بإبقاء الموقع والمعدات في حالة نظيفة ومرتبة كلما قلت تكلفة هذا البرنامج
٣. مهارات المشغلين وفنيي الصيانة. فإن كانت مهارات المشغلين في أعمال الصيانة معدومة او كانت مهارات فنيي الصيانة ضعيفة زادت تكلفة التدريب لتطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة
٤. السرعة التي سيتم بها تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة

ما هو الوقت الذي يستغرقه تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة؟

تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة يتم تدريجيا على عدة سنوات وتقريبا من ثلاث إلى خمس سنوات.

فروع الصيانة الإنتاجية الشاملة:

ترتكز الصيانة الإنتاجية الشاملة على أنواع الصيانات التالية:

١. الصيانة الوقائية. *Preventive maintenance*
٢. الصيانة التصحيحية *Corrective maintenance*
٣. الصيانة الذاتية *Autonomous Maintenance*

ملاحظة: يجب هنا أن نوضح الفرق بين الصيانات السابقة والإصلاح بأن الإصلاح هو الصيانة التي تتم على الآلة بعد تعطلها المفاجئ أو المتوقع.

الصيانة الوقائية *Preventive maintenance*:

هي مجموعة من الأنشطة المخططة والمحددة مسبقا والتي تتم على الآلة أثناء عملها بصورة دورية منتظمة.

الصيانة التصحيحية *Corrective maintenance*:

هي الصيانة التي تتم على الألة بقصد استعادة كفاءتها.

الصيانة الذاتية *Autonomous Maintenance*

الصيانة الذاتية هي أحد عناصر الصيانة الإنتاجية الشاملة والتي تعني قيام المشغلين ببعض أعمال الصيانة البسيطة للمعدات. فكرة الصيانة الذاتية تحاكي ما يقوم به الإنسان عادة من اعتناء بنفسه وبالأجهزةِ التي يستخدمها ثم الاستعانة بالمتخصصين عند الحاجة. فالإنسان لا يطلب من الطبيب أن يأتي لفحصه كل أسبوع وإنما هو يلاحظ جسمه وأي تغير غير طبيعي مثل شعوره بالإجهاد أو ارتفاع درجة حرارته، وإن حدث شيء غير طبيعي فإنه يحاول معالجته طالما كان بسيطا مثل أن يشعر بصداع نتيجة لقلة النوم، ثم يلجأ إلى الطبيب إن احتاج الأمر. كذلك فإن أي شخص يعتني ببيته وإن وجد مسمار في الكرسي يحتاج إعادة ربط فإنه يربطه بنفسه حتى يظل الكرسي بحالة جيدة، وإن وجد مصباح في المطبخ يحتاج تغيير فإنه يغيره بنفسه. لماذا لا يستدعي النجار أو الكهربائي للقيام بذلك؟ لأن ذلك مضيعة للوقت فالأمر يسير. وما ذا لو استدعيته؟ قد يأتيك بعد يوم أو بضعة أيام. وما الذي يحدث إن لم تقم بإعادة تثبيت المسمار فورا؟ سوف تجد أن الكرسي بدأ يفقد التماسك وقد يبدأ حدوث كسر في أرجل الكرسي وينتهي الأمر بأن تحتاج تغيير الكرسي. هذا ما لا نريد حدوثه في الصيانة الإنتاجية الشاملة.

فوائد الصيانة الذاتية

الصيانة الذاتية تحقق فوائد عديدة منها:

١. يتولد لدى المشـــغل إحســـاس بالمســـئولية تجاه الحفاظ على المعدة في حالة جيدة وهذا يختلف عن الأنظمة التقليدية التي تجعل القائمين بالصـــيانة هم وحدهم المســـئولين عن توقف المعدة أو عن حدوث أي خلل.

٢. سرعة التدخل عن طريق المشغلين لحل المشاكل البسيطة قبل تفاقمها. كم من مشاكل كبيرة تحدث نتيجـة لأن مسمار أو صامولة كان بحاجة لإعادة تربيط أو أنه كانت هناك حاجة لإضـافة زيـت أو شـحم؟ ففـــي الأنظمة التقليدية يكتفي المشـغل بإبلاغ الصـيانة التي قد لا تتمكن من الحضـور على الفور وبالتالي تتسبب هذه المشكلة البسيطة في مشاكل أكبر.

٣. سرعة تدخل الصيانة لحل المشاكل. نتيجة لقيام المشغل ببعض أعمال الصيانة البسيطة فإنه يكتشف العديد من العيوب وبالتالي يقوم بإبلاغ الصيانة التي تتدخل لحلها.

٤. توفير وقت القائمين بالصيانة للأعمال التي تحتاج مهارات خاصة. كم من وقت يضيع لمجرد انتقال فني الصـيانة إلى موقع ماكينة ليقوم بربط مسـمار. ما الفائدة التي تعود على العمل من ذلك؟ لا شـيء. هل ربط المسمار هو خبرة خاصة تحتاج لشخص متخصص؟

٥. إلمام المشغل ببعض مبادئ الصيانة تساعده على اكتشاف الأعطال مبكرا والقدرة على حل بعضها والمشـاركة في حل البعض الآخر. علاوة على ذلك فإن المشـغل يكون على دراية بتأثير أسـلوب التشـغيل علـــى المعدة وكيفية المحافظة عليها. فأحيانا قد يجد المشغل خللا في ماكينة ما ويستمر في تشغيلها حتـــى يصل مسئول الصيانة وقد يكون هذا الخلل خطيرا للغاية بحيث يتم تدمير أجزاء من المعدة نتيجة الاستمرار فـــي تشغليها. أما إذا كان المشغل على إلمام بمكونات الماكينة وكيفية عملها فسيكون لدية القدرة على اتخاذ القرار السليم بإيقافها أو تشغيلها.

٦. ارتفاع الحالة المعنوية للعاملين نتيجة لتحسين بيئة العمل ونتيجة لمشاركتهم بفكرهم ومقترحاتهم في حل مشاكل العمل وتطويره.

تطبيق الصيانة الذاتية.

الصيانة الذاتية يتم تطبيقها كجزء من برنامج الصيانة الإنتاجية الشاملة *TPM* والتي يفضل عدم تطبيقها على كل المعدات والمواقع مرة واحدة وإنما يتم اختيار موقع أو معدة لتكون نموذج لتطبيـــق الـــصيانة الإنتاجية الشاملة. هذا الأسلوب يجعل العاملين يرون فوائد تطبيق الصيانة الذاتية على هذا الموقع وبالتالي يكونون أكثر اقتناعا بها.

كذلك يسبق تطبيق الصيانة الذاتية تدريب المشغلين على مهارات الصيانة الأساسية من تزييـــت وتشحيم وتربيط وفحص. ويتزامن هذا أيضا مع تدريب كل العاملين على مبادئ الصيانة الإنتاجيـة الـشاملة وتشجيع التعاون بين الأقسام والإدارات المختلفة خاصة التشغيل والصيانة.

ما هي الأعمال التي يقوم بها المشغل؟

١- **نظافة المعدات *Cleaning***:

المقصـود بنظافة المعدة في الصـيانة الإنتاجية الشـاملة أن يقوم المشـغل بنفـــسـه بهذه النظافة يوميا. هذه النظافة تؤدي إلى بقاء المعدة نظيفة مما يساعد على اكتشاف العيوب مثـل وجـود تسريب أو شرخ أو خلافه. تصور أنك مسئول عن معدتين متماثلتين إحداهما نظيفة جدا والأخـرى مغطـاة بالأتربة وبآثار الشحم وآثار تسريب الزيت. افترض أنه حدث شرخ متماثل في المعدتين في آن واحـد. هـل ستكتشف المشكلة في المعدتين في نفس الوقت. بالطبع لا، فإنه يمكنك ملاحظة الشرخ فـي المعـدة النظيفـة بمجرد النظر، أما المعدة الأخرى فربما اكتشفت هذا الشرخ فيها بعد أن يؤدي إلى ظواهر أخرى مثل زيـــادة الاهتزاز أو كسر في جزء آخر أو زيادة الشرخ. هذه النظافة اليومية تساعد المشغل على اكتشاف العيوب أثناء التنظيف لأن المشغل سيقوم بلمس أجزاء المعدة ويكون قريبا منها جدا بشكل يمكنه من اكتشاف الكثير من الأشياء التي لا يكتشفها عند المرور بجوار المعدة وبالتالي فإن هذه النظافة هي عبارة عن فحص يومي للمعدة.

٢- **التربيط *Bolting*:**

التربيط الجيد لوسـائل التثبيت من مسـامير وصـواميل هي أحد الأشـياء التي تقلل كثيـــرا من أعطال المعدات، فوجود مسمار غير مربوط بشكل جيد يؤدي إلى حدوث مشاكل أخرى. فمثلا قد يـؤدي وجود مسمار يحتاج إعادة ربط إلى تسـريب زيت أو شـحم والذي سـيؤدي في النهاية إلى انهيار كراسـي التحميل وبالتالي يحدث عطل كبير من حيث زمن وتكلفة الإصـلاح. كذلك قد يؤدي وجود صـامولة غير مربوطة جيدا إلى حدوث عدم اسـتقامة بين الآلة والمحرك الكهربائي مما يؤدي إلى زيـادة الاهتزازات وتآكـل بأعمـدة الدوران وتلف كراسي التحميل. لذلك فإن إعادة تربيط أي شيء يحتاج إلى إعادة ربط يجب أن يتم بـسرعة حتى نتلافى مشاكل أكبر. الصيانة الإنتاجية الشاملة تلقي بهذه المسئولية على المشغل لأنه يـــستطيع أن يقوم بهذا العمل بسرعة بدلا من إضاعة الوقت في الاتصال بقسم الصيانة وانتظار حضور أحد فنيين الـصيانة وغير ذلك.

٣- التزييت والتشحيم *Lubrication*:

لا يخفى على القائمين بأعمال الصيانة مدى أهمية وجود زيت أو شحم بالكمية والنوعية والجودة المناسبة للمعدة فانخفاض مستوى الزيت يؤدي بشكل مباشر إلى انهيار في كراسي التحميل وربما الأجزاء الدوارة. كما هي الحال في عمليات إعادة التربيط فإن تدخل المشغل السريع لزيادة الزيت أو الشحم يحمي المعدات من مشاكل عديدة وعظيمة. في الأنظمة التقليدية يكتفي المشغل بإبلاغ قسم الصيانة بالحاجة لتزويد الزيت وتنتهي مسئوليته عند هذا الحد. أما في الصيانة الإنتاجية الشاملة فالمشغل يقوم بتزويد الزيت ومتابعة المعدة وتحليل سبب تناقص مستوى الزيت.

٤- الفحص الذاتي للمعدات:

عادة ما يقوم المشغل بتشغيل المعدات ومتابعة قراءات بعض الأجهزة مثل أجهزة قياس شدة التيار وأجهزة قياس الضغط، ولكن الصيانة الإنتاجية الشاملة تطلب من المشغل القيام بفحص يومي على المعدة والتأكد من سلامة الأجزاء وعدم وجود أي تسريب أو أي شيء يحتاج تربيط وعدم وجود ارتفاع في درجات الحرارة وعدم وجود انسداد في مواسير الصرف (إن وجدت) بالإضافة للفحص اليومي فإن المشغل قد يقوم ببعض عمليات الفحص الدورية كل شهر أو شهرين أو أكثر للتأكد من عمل الصمامات بكفاءة وبعض أجهزة التحكم. لا حظ أن المشغل لا يقوم بعمليات الفحص التي تحتاج لفك المعدة إلى أجزاء وإنما يقوم بعمليات فحص خارجي.

٥- ترتيب ونظافة موقع العمل *Housekeeping*:

علاوة على نظافة المعدات فإن الصيانة الإنتاجية الشاملة تعنى بنظافة وترتيب موقع العمل بحيث يكون آمنا ونظيفا. لذلك فإن المشغلين يقع عليهم عبء تنظيم وترتيب المواقع التي يعملون بها. فينبغي ألا توجد أشياء لا فائدة من وجودها أو وجود أشياء موضوعة في أماكن عشوائية أو في غير مكانها وهكذا. كثيرا ما توجد قطع غيار جديدة ومستعملة أو منتجات نصف مصنعة أو أدوات أو ملفات ملقاة بشكل غير مرتب في موقع العمل مما ينتج عنه صعوبة الحركة وقد يتسبب ذلك في حوادث، واستهلاك وقت في البحث عن قطع الغيار أو أدوات الصيانة المناسبة، واستهلاك جزء من مساحة الموقع لتخزين أشياء قديمة لا فائدة منها. وقد نجد متعلقات شخصية أو بقايا مواسير أو أسلاك كهربية في منطقة المعدات. كذلك تعتني الصيانة الإنتاجية الشاملة بالمحافظة على جميع الأجهزة واللوحات والأدوات المساعدة بحالة جيدة مثل السلالم الموجودة في الموقع والإضاءة واللوحات الإرشادية والتحذيرية. قد يحتاج المشغل أن يطلب من غيره إصلاح هذه الأشياء أو إضافتها ولكنه هو المسئول على الحفاظ على الموقع آمن ومرتب. وهذا دليل على أن الصيانة الإنتاجية الشاملة تحرص على بقاء الموقع في حالته المثلى عند إنشائه كما تهتم بالمحافظة على المعدة في حالتها المثلى عند تشغيلها.

٦- التحسين والتطوير المستمر:

كجزء من أنشطة الصيانة الذاتية، يقوم المشغلون باستمرار بتحسين أداء الماكينة وتقليل الوقت اللازم لعمليات التنظيف ومنع مصادر التلوث. فمثلا يقوم المشغلون بتحليل أسباب تراكم الأتربة والزيوت وأي مواد أخرى على المعدات وحولها وعلى أرضية الموقع، ثم يقومون بإزالة هذه الأسباب. فمثلا قد نجد أن الزيت يتراكم على المعدة نتيجة وجود تسريب، فنقوم بعلاج التسريب. قد نجد أن بعض المحابس يتساقط منها كميات بسيطة من سائل ما فنقوم بإصلاح هذه المحابس. قد نحتاج لتنظيف المجاري التي يتساقط فيها سوائل التبريد اللازمة لعمل معدة ما مثل الطلمبات أو أجهزة التكييف، وأحيانا لا يكون هناك مجاري أو مواسير لصرف هذا السائل فنقوم بتركيب مواسير أو عمل مجاري. قد نجد أن أبواب غرفة المعدات لا يتم غلقها أو يصعب غلقها أو لا يمكن غلقها فنقوم بغلقها أو تيسير عملية الغلق وبذلك نمنع دخول الأتربة لغرفة المعدات. بعض المعدات تكون عملية تنظيفها عسيرة حيث يصعب الوصول لبعض أجزائها. في هذه الحالة يقوم المشغلون بدراسة سبل تيسير الوصول إلى هذه الاجزاء عن طريق عمل سلم مثلا أو ممشى معدني. كذلك يقوم المشغلون بتحليل المشكلات التي يكتشفونها في الماكينة واقتراح طرق حل هذه المشكلات والتي قد تشمل تطوير بعض أجزاء المعدة.

جدير بالذكر أن المشغلين قد يستعينون بأقسام الصيانة أو الشئون الهندسية أو المشتريات لمساعدتهم في دراسة بعض هذه المشاكل وتنفيذ الحلول. عمليات التطوير هذه تحتاج وجود جو عمل يسوده التعاون وكذلك توفر أدوات تساعد على المناقشة والدراسة مثل وجود سبورة في موقع العمل ومكان للاجتماعات وأدوات كتابة وتصوير ووسائل إيضاح.

٧- إعداد طرق التنظيف والتزييت والفحص القياسية:

لضمان قيام جميع المشغلين بعمليات النظافة والفحص بنفس الأسلوب فإنه يتم وضع خطوات قياسية لكل من هذه العمليات. هذه الخطوات القياسية يضعها المشغلون بأنفسهم حتى تكون ملائمة لطبيعة العمل وحتى يكونون مقتنعين بأهمية اتباعها.

عوائق تطبيق الصيانة الذاتية:

الصيانة الذاتية أثبتت نجاحا كبيرا في شركاتٍ عديدة ولكن تطبيقها قد يواجه بعوائق كبيرة. هذه العوائق لا تشمل عدم القدرة على تدريب المشغلين أو عدم قدرتهم على القيام بالصيانة الذاتية وإنما يكون العائق الأكبر هو الاعتياد على الفصل التام بين التشغيل والصيانة وبالتالي يعتبر قسم التشغيل أن هذا عبء جديد يضاف عليه ويعتبر قسم الصيانة أن المشغلين سيتدخلون في عمله ويكون لديهم القدرة على اكتشاف أخطائه. هذه العوائق يجب التغلب عليها حتى نتمكن من تطبيق الصيانة الذاتية بشكل حقيقي ومثمر. ينبغي توضيح فائدة الصيانة الذاتية وتأثيرها على نجاح المؤسسة، وينبغي تشجيع ثقافة العمل الجماعي وبناء الثقة بين الأقسام المختلفة لأن

الصيانة الإنتاجية الشاملة تهدف إلى جعل المشغل فخورا ببقاء معدته في الخدمة والحفاظ عليهـــا نظيفة والحفاظ على موقع العمل نظيف وآمن ومرتب.

الفواقد المزمنة *Loss Chronic*:

مما يميز الصيانة الإنتاجية الشاملة أنها تهتم بالقضاء على الفواقد المزمنة فما هي الفواقد المزمنة وكيف نقضي عليها؟

الفواقد المتفرقة والفواقد المزمنة

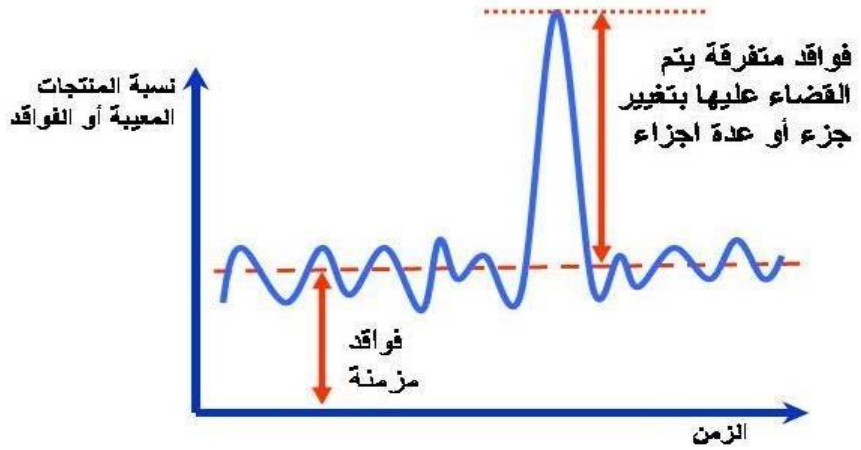
يمكن تقسيم الفاقد إلى فواقد متفرقة أو فردية وفواقد مزمنة.

١. الفاقد المتفرقة أو الفردية *Sporadic Losses*

هي فواقد تحدث على فترات متباعدة وتؤثر بشكل مفاجئ على مستوى الأداء وتكون أسبابها واضحة مثل كسر أو تآكل في جزء ما وبالتالي يكون من السهل القضاء على أسبابها بتغيير جزء أو عدة أجزاء.

٢. الفاقد المزمنة *Chronic Losses*

هي فواقد تسبب انخفاض في أداء المعدة وتكون أسبابها غير واضحة ويكون لها أسباب متعددة وبالتالي عادة ما تستمر لفترات طويلة. مثال لذلك ظهور نسبة معيبة في المنتج ولا يعرف لها سبب ظاهر أو انخفاض أداء معدة ما بدون وجود كسر أو انهيار كامل في جزء ما أو الحاجة لتغيير بعض الأجزاء بصفة دورية تقـــل عن العمر الافتراضي لهذه الأجزاء نتيجة وجود أكثر من سبب للفواقد المزمنة وعدم وضوح هـذه الأسـباب فإننا كثيرا ما نتقبل هذه الفواقد كأمرٍ طبيعي يجب التعايش معه. هذا بالطبع يعني استمرار هذه الفواقد لمدد طويلة وربما طوال عمر المعدة نفسها. وهذا أمر مرفوض في الصيانة الإنتاجية الشاملة فالفواقد المزمنة يمكن القضاء عليها.



الفاقد المزمنة والمتفرقة

كيف نتغلب على الفاقد

المزمنة؟

١- المحافظة على المعدة في الحالة المثلى في كل الأوقات:

كلما أهملنا المعدة ونظافتها كلما زادت فرص ظهور الفواقد المزمنة أما عندما نحافظ على المعدة في حالة مثالية دائما فإن الوصول إلى أسباب الفاقد لا يتطلب جهدا كبيرا. كثيرا من الفاقد المزمنة تكون بسبب دخول أتربة للزيت او الشحم أو أجهزة التحكم أو بسبب وجود تسريب أو وجود مسامير أو صواميل بحاجة إلى إعادة تربيط وبالتالي فعندما نقوم بعملية النظافة كما هي مطلوبة في الصيانة الإنتاجية الشاملة فإننا نمنع كثيرا من الفواقد المزمنة قبل حدوثها. كذلك فإن تغيير الأجزاء المتآكلة دوريا يحافظ على المعدة في حالة جيدة مما يقلل من فرص ظهور الفواقد المزمنة ويجعل مواجهتها أسهل.

٢- التغلب على المشاكل البسيطة:

كثيرا ما يهتم المسئولون عن الصيانة بالمشاكل الكبرى لأنهم يتوقعون لوما من إدارة المؤسسة بسببها ولا يهتمون بالمشاكل البسيطة لأن أحدا من كبار المديرين لن يسأل عنها. هذا يترتب عليه إهمال المشاكل البسيطة أو معالجتها بأي علاج غير سليم او غير مجدٍ على المدى البعيد. هذه المشاكل البسيطة هي التي تجعلنا بعد ذلك أسرى الفواقد المزمنة. لذلك فإن الصيانة الإنتاجية الشاملة تشجع على التعامل مع المشاكل البسيطة بكل جدية حتى لا تتكاثر هذه المشاكل وتصبح عملية تشخيص الأعطال عملية مستحيلة.

٣- التحليل العميق للمشاكل:

الفواقد المزمنة تتطلب تحليلا عميقا لأسبابها بل وجذور أسبابها. عادة ما تحاول الصيانة اتخاذ تدابير سريعة لمعالجة الموقف حتى يشعر الجميع بأن كل شيء قد تم إصلاحه. هذا التعجل في التحليل والمعالجة في حالة الفقاقد المزمنة يؤدي إلى عدم الوصول إلى الأسباب الحقيقية وبالتالي استمرار هذه الفواقد لمدة طويلة. من الطرق التي يمكن استخدامها لتحليل أسباب الفواقد المزمنة تحليلا لظاهرة الفيزيائية والأسباب المادية. وهو تحليل يهدف إلى الوصول إلى الأسباب الحقيقية للمشكلة بتحليل المشكلة من جميع الجوانب باستخدام المبادئ الأولية للفيزياء وربطها بمكونات العملية من خامة وماكينة ومشغل. خطوات هذا التحليل كالآتي:

أ) تحديد المشكلة أو المشاكل:

يجب تحديد المشكلة فبدلا من أن نقول إنه يوجد عيوب في المنتج فعلينا تحديد نوعية العيوب وتقسيمها فمثلا قد يكون لدينا عيوب في الأبعاد الخارجية أو عيوب في التشطيب أو عيوب في أداء الوظيفة المطلوبة من المنتج.

ب) تحديد الأسباب الفيزيائية المحتملة للمشكلة:

هذه نقطة مميزة لهذا الأسلوب وهو أننا ننظر إلى المشكلة بالتفكير الفيزيائي البسيط. الهدف من ذلك هو الوصول إلى الأسباب الحقيقية ومنع أنفسنا من الانجراف وراء الأسباب المعتادة لنا. فمثلا لا نتسرع بالقول إن عيوب التشطيب هي بسبب إهمال المشغل وإنما نحلل المشكلة ونقول إن هناك خلل ما في عملية التشطيب قد يكون بسبب عدم تثبيت الخامة وأداة التشغيل أو بسبب عدم انتظام حركة أداة القطع.

ج) تحديد المصادر الرئيسية المحتملة للمشكلة:

مثل اهتزاز في الماكينة، عيوب في الخامة، أخطاء في عملية القياس.

د) تحديد الأسباب الفرعية للأسباب الرئيسية:

علينا بعد ذلك أن نفكر في الأسباب المحتملة لعيوب الخامة واهتزاز الماكينة والأخطاء في القياس. بذلك نحصل على قائمة بالأسباب المحتملة.

هـ) تحديد أسلوب دراسة هذه الأسباب:

علينا أن نحدد خطة للتأكد من وجود كل سبب من هذه الأسباب.

و) اكتشاف الأسباب:

بعد التأكد من وجود هذه الأسباب ننتهي بقائمة بالأسباب الحقيقية.

ز) تحديد طريقة إزالة الأسباب:

وفي النهاية نضع خطة لإزالة هذه الأسباب وننفذها.

زيادة فعالية المعدات:*Maximizing Equipment Effectiveness*

زيادة فعالية المعدات هي أحد ركائز الصيانة الإنتاجية الشاملة والتي تنظر إلى الفعالية بأسلوب أشمل من النظرة التقليدية وكذلك تنظر إلى الفاقد في تشغيل المعدات بمفهوم أشمل.

<u>قياس فعالية المعدات</u>

عادة ما يهتم مديري الإنتاج والصيانة بإتاحة المعدة لفترات أطول بمعنى أن تكون المعدة في الخدمة أطول فترة ممكنة. ولكن ماذا عن الوقت الذي يضيع في إعادة تشغيل منتجات معيبة؟ هذا الوقت لا يظهر تأثيره عند قياس إتاحية المعدة. ماذا عن الوقت الذي تعمل فيه المعدة بكفاءة أقل أو سرعة أقل؟ هذا التأثير لا يظهر عند قياس

الإتاحية. إتاحية المعدة تعبر عن بقاء المعدة في الخدمة بغض النظر عن كون المعـدة تعمـل بالطاقـة القصوى أو الكفاءة المثلى وبغض النظر عن كونها تنتج قطعا جديدة أو تعيد إنتاج قطعا معيبة.

لذلك فإن الصيانة الإنتاجية الشاملة تهتم بالفعالية الشاملة للمعدة التي تأخذ في الاعتبار كل فواقد تشغيل المعدة من توقفات وانخفاض الكفاءة واستهلاك الوقت في إصلاح المنتجات المعيبة. دعنا نستعرض كيفيـة حـساب الفعالية الشاملة للمعدة

أولا الإتاحية أو معدل التشغيل *Availability or Operating Rate*

هي النسـبة بين الوقت الفعلي لتشـغيل المعدة والوقت الذي كان مخططا أن تعمل فيه المعدة. لتوضـيح الأمر علينا التعريف ببعض المصطلحات:

وقت التحميل المتاح في اليوم = الوقت الكلي للعمل في اليوم - التوقفات المخططة للصيانة وغيرها.

قت الأعطال = مجموع الأوقات التي لا تعمل بها المعدة نتيجة أعطال مفاجئة وتضبيط خط الإنتاج.

الإتاحية = (وقت التحميل المتاح - وقت الأعطال) \ وقت التحميل المتاح.

مثال:

افترض أن مصـنعا يعمل وردية واحدة من ثمان سـاعات ويتم تخصـيص آخر نصـف سـاعة للصـيانة الوقائية اليومية وأول ربع ساعة لاجتماع صباحي. كان زمن الأعطال غير المتوقعة بالأمس ساعة إلا ربع.

ماهي الإتاحية عن ذلك اليوم.

وقت التحميل المتاح= ٨ ساعات - ٤٥ دقيقة= ٤٣٥دقيقة

وقت الأعطال= ٤٥ دقيقة

الإنتاجية = (٤٣٥ - ٤٥) / ٤٣٥=٨٩,٦%

ثانيا: كفاءة الأداء *rate operating*

هو مقياس لمسـتوى الأداء مقارنة بالأداء المثالي أو التصـميمي. هذا المقياس يبين سـرعة الإنتاج الواقعية مقارنة بالسرعة المثالية أو التصميمية. لاحظ أن هذه السرعة قد تختلف من منتج لآخر لنفس المعدة

كفاءة الأداء = (عدد الوحدات المنتجة X وقت التشغيل المثالي) \ (وقت التحميل المتاح - وقت الأعطال)

مثال:

افترض أن المصنع في المثال السابق أنتج ٥٠ وحدة علما بأن الزمن التصميمي لإنتاج الوحدة هو ٦ دقائق.

كفاءة الأداء= ٥٠ × ٦ / ٣٩٠ = ٧٧%

ثالثا: مستوى الجودة *Rate Quality*

هو مقياس لنسبة الوحدات السليمة إلى العدد الكلي الذي تم إنتاجه. هذا المقياس يبين إلى حد ما الوقت الضائع في إنتاج معدات معيبة

مستوى الجودة = (عدد الوحدات المعيبة - العدد الكلي للوحدات المنتجة) \ العدد الكلي للوحدات المنتجة

مثال:

افترض أن المصنع أنتج ٤٠٠ وحدة منها ٢٠ وحدة معيبة. ما هو مستوى الجودة.

مستوى الجودة= ٣٨٠ / ٤٠٠ == ٩٥%

<u>رابعا: الفعالية الشاملة للمعدة *Overall Equipment Effectiveness*</u>

هي حاصل ضرب الثلاثة مؤشرات السابقة.

الفعالية الشاملة للمعدة = الإتاحية X كفاءة الأداء X مستوى الجودة

مثال:

ماهي الفعالية الشاملة للمثال الحالي؟

الفعالية الشاملة للمعدة = *6.89* %× *77*% × *95* % = *5.65*%

كما ترى فإن الفارق كبير بين الإتاحية وبين الفعالية الشاملة للمعدات. ينبغي الوصول إلى إتاحية أكثر من *90*% وكفاءة أداء أعلى من *95*% ومستوى جـــودة لا يقل عن *99*% وهذا يجعل الفعالية العامة للمعدات تتجاوز *85*% وهناك تجارب عملية أكدت إمكانية تحقيق ذلك. لتحقيق هذه النتائج علينا التخلص من الفواقد التي تجعل هذه النسب متدنية. والعنصر التالي يناقش الفواقد الرئيسية الست وكيفية التخلص منها.

<u>الفاقد الرئيسية وكيفية التخلص منها *Six Big Losses*</u>:

الفعالية الشاملة للمعدات تشمل الخسائر في تشغيل المعدات وبالتالي فهي لا تنحصر فقط في فترات التوقف وإنما تشمل ستة أنواع رئيسية من الفاقد من وجهة نظر الصيانة الإنتاجية الشاملة. هذه الفواقد الست هي:

١. فواقد الأعطال *Breakdown Losses*:

هي فترات توقف المعدة نتيجة وجود عطل ما. للتخلص من فواقد الأعطال والوصول بها إلى الصفر فإنه ينبغي إعادة المعدة إلى حالتها الجيدة: قد تكون المعدة متهالكة وبها الكثير من المشاكل عند بداية تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة. لذلك ينبغي إعادة المعدة إلى حالتها المثالية المحافظة على المعدة في حالة جيدة في كل الأوقات: كثير من الأعطال يبدأ بأشياء بسيطة مثل تسريب زيت أو انحلال مسمار أو تراكم مواد غريبة. لذلك فإنه للمحافظة على حالة المعدة في جميع الأوقات فإنه يجب الاهتمام بعمليات التزييت والتشحيم وعمليات التربيط وعمليات النظافة علاوة على:

- **القيام بصيانة مخططة عالية المستوى:** بدون صيانة مخططة سواء دورية أو تنبؤيه فإننا لا يمكن أن نحافظ على حالة المعدة ولا يمكننا تلافي وقوع المشاكل. لذلك فإن القيام بصيانة مخططة دقيقة وجيدة هو أمر أساسي لتلافي الأعطال.
- **التخلص من الفواقد المزمنة:** كثيرا ما يتم إهمال حدوث خلل بسيط بالمعدة ومن ثم يحدث خللا أكبر. الصيانة الإنتاجية الشاملة تحارب هذه الأعطال المتكررة والبسيطة (الفواقد المزمنة) لتجنب توقف المعدة.
- **تحليل المشاكل للقضاء من جذورها:** عادة ما يهتم القائمين بصيانة وتشغيل المعدات بإعادتها للخدمة بسرعة لذلك تجدهم عند حدوث عطل يركزون على أسلوب إعادة المعدة للخدمة وربما قاموا بتغيير الجزء المكسور أو المعطوب دون تحليل سبب الكسر وقد يتكرر نفس العطل عدة مرات وكل مرة يتم تغيير الجزء المكسور بدون القضاء على سبب الكسر. الصيانة الإنتاجية الشاملة تشجع على دراسة المشاكل دراسة عميقة بحيث نستطيع تحديد جذور أي مشكلة حتى وإن بدت بسيطة ثم القضاء على هذه الجذور.
- **تجنب تشغيل المعدة في ظروف تشغيلية غير طبيعية:** مثل تشغيلها عند أحمال أكثر من الأحمال التصميمية. أحيانا يتهاون القائمون على التشغيل بالظروف الطبيعية لتشغيل المعدة ويقومون بتجاوزها من أجل زيادة الإنتاج. هذا الأسلوب قد يؤدي إلى زيادة مؤقتة في الإنتاج ولكن سرعان ما تتوالى المشاكل في المعدة والت تؤدي إلى أعطال عديدة.

٢. فواقد التجهيز والضبط *Setup and Adjustment Losses*

هي الفترات التي تتوقف فيها المعدة لعمل عمليات التجهيز والضبط لتغيير المنتج بمعنى إنتاج منتج آخر من منتجات الشركة مثل الانتقال من درفلة قطر ما إلى إنتاج قطر آخر. كثير من الشركات تعتبر أن الوقت الضائع في عملية تغيير اسطمبة أو ضبط الماكينة لإنتاج منتج آخر هي من الأمور الطبيعية والتي لا يمكن تقليلها. ولكن

شركات أخرى أثبتت أن هذا الاعتقاد غير سليم فعمليات الضبط التي كانت تستغرق أياماً أصبح من الممكن القيام بها في عدة دقائق. وهناك وسائل عديدة لتقليل زمن الضبط مثل:

- **تحويل التجهيزات الداخلية إلى تجهيزات خارجية:** التجهيزات الخارجية هي تلك التي يمكن القيام بها أثناء وجود المعدة في الخدمة بينما التجهيزات الداخلية هي تلك التي لا يمكن القيام بها إلا أثناء توقف المعدة. تحويل جزء من التجهيزات الداخلية إلى خارجية هو أحد الوسائل الأساسية لتقليل زمن التجهيز. فمثلا في بعض الماكينات يمكن تجهيز مجموعة كاملة من أدوات القطع التي يتم استبدالها بحيث يتم استبدالها مرة واحدة عند توقف المعدة بدلا من استبدال الأجزاء واحد تلو الآخر أثناء التوقف. وكذلك يمكن القيام بعمليات تحضيرية عديدة لتقليل زمن التجهيز الداخلي مثل تجهيز العدد والأدوات وقطع الغيار وأجهزة القياس بحيث تكون بجوار المعدة قبل البدء في التجهيز الداخلي. فعلينا أن نقلل أي وقت يضيع أثناء التجهيز الداخلي في البحث عن جزء أو جهاز أو مسمار، أو في نقل شيء من مكان لآخر. من هنا تظهر أهمية عمليات تنظيف وترتيب الموقع بحيث تكون الأدوات مرتبة ونظيفة ويمكن الوصول إليها بسرعة. تجدر الإشارة إلى أهمية أساليب الهندسة الصناعية في تحليل العمليات للوصول إلى أقل وقت للتجهيز الداخلي.
- **تقليل زمن الضبط:** حاول أن تستغني عن الخطوات التي لا داعي لها أو التي يمكن الاستغناء عنها باستخدام أدوات تثبيت أخرى. ابحث عن أجزاء عملية التجهيز الداخلي التي يمكن القيام بها في آن واحد. قم بتوفير العمالة المناسبة للضبط والتجهيز ولاحظ أن عدم توفر العدد المناسب سيؤدي إلى إطالة زمن التضبيط. حاول تقليل عدد المسامير التي يتم حلها وربطها عند الضبط واستخدم أدوات تثبيت سريعة الربط والضبط.
- **استخدم طرق العمل القياسية:** قم بتدوين طريقة العمل القياسية لعملية التجهيز والضبط لضمان تنفيذها بنفس الأسلوب كل مرة.
- **داوم على تقليل زمن التجهيز الداخلي:** قد تستطيع تقليل زمن الضبط بنسبة معينة في البداية لكن إن داومت على متابعة وتحليل العملية ستستطيع تقليل ذلك الزمن بنسب أكبر وهكذا وبالتالي يتم تحديث طريقة العمل القياسية.
- **تأكد من دقة الأجهزة المستخدمة في عملية الضبط:** قد تطول عملية الضبط نتيجة لخلل في أجهزة القياس أو أجهزة التثبيت. تأكد من سلامة هذه الأجهزة والأدوات لتجنب أو تقليل زمن الضبط
- **ادعم نشاط المجموعات الصغيرة في هذا المجال:** هذا المجال من المجالات التي تؤدي فيها المجموعات الصغيرة نتائج رائعة. ولكن هناك أيضا جوانب قد تحتاج تدخل مستوى أعلى من مهندسين صناعيين ومهندسين إنتاج

- **ارفع مســـتوى العاملين:** قد يكون للتدريب تأثير جيد على رفع كفاءة العاملين في القيام بعمليات الضبط بل وفي دراسة سبل تقليلها.

٣. فواقد التوقفات بسبب الإنتاج *Idling and Minor Stoppage Losses*:

هي التوقفات البسيطة بسبب أعطال في العملية الإنتاجية. توقفات المعدة أو بقائها تعمل بدون حمل تحدث كثيرا لأسباب مختلفة وتكون مدتها قصيرة حيث أن سبب توقف غالبا ما يتم إزالته في ثوان أو دقائق. من الوسائل التي تساعد على الوصول بهذه التوقفات إلى الصفر:

منع حدوث المشاكل: لا تنتظر حتى يؤدي تراكم الأتربة إلى تلف أجهزة التحكم أو إلى حدوث مشاكل بسيطة في خط الإنتاج. قم بعمليات النظافة والمحافظة على المعدات ومكان العمل. لا تهمل الأشياء البـــسيطة مثـــل مفتاح تحكم بدون غطاء أو جهاز غير مثبت جيدا أو أي أشياء بسيطة يمكن أن تتسبب مــع الــزمن أو عن طريق الخطأ في توقف الإنتاج.

حافظ على الحالة المثلى للمعدة: سبق توضيح هذه النقطة من قبل وكما ترى فمنظومة الـصيانة الإنتاجيـة الشاملة متكاملة.

قم بتحليل المشاكل البسيطة عند حدوثها: ابحث عن السبب في كل من هذه التوقفات وقم بإزالته. قـــد يكـــون السبب في أسلوب تشغيل خاطئ أو نتيجة مشاكل في المعدة أو الخامة أو نقص مهارة العامل أو خطـأ فـي أجهزة التحكم.

عدل تصميم المعدة عند الحاجة: قد يكون سبب حدوث بعض هذه المشاكل هو قـصور فـي التـصميم فقم بتعديله. هذه التعديلات يجب ان تســتند إلى قدرتك على التدخل في تصـــميم المعدة بمعنى أنه ينبغي الحرص من تعديل أجزاء دون معرفة الحسابات التصـميمية لها. هذا لا يعني عدم إجراء تعديلات لأن هناك تعديلات كثيرة لا علاقة لها بالحسابات التصميمية الدقيقة مثل إضافة غطاء أو وسيلة لمنع تراكم الأتربـة أو تغييـر مـسار ماسورة مياه أو إضافة جهاز إنذار. كذلك يمكنك طلب التعديل من الشركة المصنعة للمعدة.

٤. فواقد تخفيض السرعة *Reduced speed Losses*

هي الفاقد في مستوى الأداء نتيجة لعدم القدرة على تشغيل المعدة بالسرعة المثالية. أحيانا يضطر المـشغل لتشغيل المعدة بســرعة أقل من الســرعة التصــميمية أو المثالية. الســبب في ذلك عادة يكون وجود خلل في المعدة أو في الخامة التي يتم تشغيلها. لتقليل هذه الفاقد ينبغي إزالة مشاكل المعدة أو دراسة جودة المادة الخام.

٥. فواقد إعادة التشغيل *Quality Defects and Rework*

هي الفاقد نتيجة تشغيل المعدة لإصلاح المنتجات المعيبة. مشاكل الجودة تؤثر سلبا على الفعالية الشاملة للمعدات. هذه المشاكل ينبغي حلها باستخدام الأسلوب التحليلي لإزالة جذور المشاكل.

٦. فواقد بداية التشغيل *Start-up / Yield Losses*

هي الفاقد نتيجة ضعف مستوى الأداء في بداية تشغيل المعدة أو خط الإنتاج وحتى وصولها إلى التشغيل المستقر وهذه يتم علاجها تلقائيا مع مرور الوقت بعد أن يتعود العامل على إتقان العمل الجديد وبعد أن يستقر خط الإنتاج ويتم معرفة الأعطال الواردة أثناء التشغيل بالتجربة الفعلية.

البنية التحتية للصيانة:

أولا: إدارة قطع الغيار:

الصيانة المخططة او الوقائية التي يتم تطبيقها بشكل جيد هي من أهم ركائز الصيانة الإنتاجية الشاملة. وللوصول إلى صيانة مخططة جيدة لابد من توفر بنية تحتية أساسية. هذه البنية قد لا نهتم بها ولا نعيرها اهتمامنا مما يؤدي إلى فشلنا في عمليات الصيانة. السبب في ذلك هو الاهتمام الكبير بعملية تشخيص الأعطال بشكل سريع والاعتقاد بأن هذه هي المهارة الأساسية والأهم لمسئول الصيانة. هذا يؤدي إلى التسرع في تشخيص الأعطال ورفض دراسة المشاكل بتعمق وكذلك يؤدي إلى إهمال البنية التحتية للصيانة على اعتبار أنها ليست ذات أهمية. ماذا يحدث عندما نقوم بإصلاح عطلٍ ما ونجد أن الجزء الموجود في المخزن ليس هو الجزء الصحيح أو نستغرق وقتا طويلا في البحث عنه أو نفاجئ بعدم وجوده في المخزون؟ لا شك أن عملية الصيانة تتعطل كثيرا وربما لمدة أيام أو أسابيع حتى يتم الحصول على الجزء المراد من السوق المحلي أو من مورد أجنبي. ونظرا لطول مدة الحصول على الجزء المطلوب فقد نضطر إلى تشغيل المعدة بالجزء المعيب مع تحمل كل العواقب السيئة لذلك، أو نقوم بإصلاح الجزء المعيب إصلاحا مؤقتا أو جزئيا مع تحمل العواقب أيضا، أو نتخذ قرارا بإيقاف المعدة حتى يتم شراء أو تصنيع هذا الجزء وتغييره وبالتالي نتحمل خسائر الإنتاج. هل يمكن حل هذه المشكلة بمهارة وذكاء فنيي ومهندسي الصيانة؟ بالطبع لا. هذه المشكلة توضح لنا مدى أهمية إدارة قطع الغيار من حيث التوصيف والتخزين والشراء والفحص.

توصيف قطع الغيار

كل مؤسسة تحتفظ بسجل لقطع الغيار يحتوي على كود أو رقم خاص لقطعة الغيار وكذلك وصف لهذا الجزء. هذا الرقم وهذا التوصيف يتم استخدامهما لتسجيل مخزون قطع الغيار وإصدار طلبات شراء وصرف قطع الغيار من المخازن أي أن كل التعاملات الورقية والإلكترونية تعتمد على رقم الجزء وتوصيفه. عملية توصيف

وترقيم قطع الغيار يقوم بها فنيو ومشرفو ومهندسو الصيانة. على الرغم من أنها تبدو لأول وهلة عملية سهلة فإنها تحتاج دقة شديدة وقد تستغرق بعض الوقت للبحث عن المواصفات في الرسومات الهندسية وكتيبات الصيانة وغيرها. هذه العملية غالبا ما توجد بها أخطا كثيرة تؤدي إلى مشاكل كبيرة وكثيرة جدا ومتكررة. ومن الأخطاء الشائعة ما يلي:

١. **توصيف غير كامل أو غير واضح:** قد تجد بند تم توصيفه كصمام مياه ولم يكتب قطره ولا ضغطه ولا المواصفات القياسية التي يتبعها. أو تجد مسمار كتب قطره ولم يكتب خطوة السن أو ماسورة كتب قطرها وسمكها ولم يكتب خامتها. هناك حالة أخرى يكون فيها التوصيف كاملا ولكنه مكتوب بأسلوب غير مفهوم بسبب استخدام اختصارات غير معروفة أو عدم كتابة وحدات القياس.
٢. **أخطاء إملائية:** على الرغم من أن إمكانية تصحيح هجاء توصيف البنود إلكترونيا فإنك تجد أن أخطاء الهجاء شائعة في كثير من الشركات. هذه الأخطاء الإملائية تتسبب في صعوبة البحث عن بند ما من خلال الحاسوب باستخدام وصف البند. فمثلا بند تم توصيفه ب "مسورة" بدلا من "ماسورة" لن يظهر في نتائج البحث حين نبحث عن "ماسورة". الأخطاء الإملائية تظهر بشكل أكبر في التوصيف باللغة الإنجليزية مثل:

"Flexable"……."Flexible"

"Penumatic"……."Pneumatic"

"Implller"……."Impeller"

"Valv"……."Valve"

٣. **تكرار البنود:** لابد من تسجيل قطعة الغيار ببند واحد أي رقم كودي واحد. ولكن قد تجد أن البند قد تم تسجيله عدة مرات بعدة أرقام. هذا يتسبب في وجود مخزون للبند تحت الأرقام الكودية المختلفة وقد يتم طلب البند مرتين في نفس الوقت على اعتبار أن كلا منهما بند مختلف. عملية تكرار البند قد تحدث عن طريق الخطأ وهذه علاجها أن يتم التأكد قبل توصيف وترقيم بند جديد من أنه لم يتم توصيفه من قبل. وقد يحدث التكرار عن طريق العمد من مسئولي الصيانة حتى يتمكنوا من زيادة مخزونهم من بنود ما دون أن تعلم إدارة المؤسسة بذلك، وهذا أمر له علاقة بأمانتهم ومن الناحية الإدارية فإن إدارة المؤسسة لابد من أن تحدد شخصا أو جهة مسئولة عن اكتشاف هذه الأخطاء المتعمدة وبالتالي يتم محاسبة المسئولين عنها. لماذا تحدث أخطاء في التوصيف والترقيم؟ هناك عدة أسباب مثل عدم اقتناع فنيي ومهندسي الصيانة بأهمية هذا العمل وشعورهم بأنه عمل إضافي غير عملهم الأساسي. وكذلك ضغوط الإدارة لإنهاء توصيف كم كبير من البنود في وقت قصير مما يجعل الوقت المتاح للتأكد من بيانات البند

والبحث عنها قليلة وبالتالي يزيد عدد الأخطاء والمواصفات غير المكتملة. استخدام أنظمة المعلومات الإلكترونية لحفظ بيانات قطع الغيار ومتابعة المخزون هي من الأمور التي أصبحت شبه أساسية عند التعامل مع عدد كبير من البنود. ولكن من المهم أن نتفهم فوائد هذه الأنظمة؟ أحيانا نظن انه بشرائنا لنظام كذا العالمي سوف نتمكن من تحقيق كذا وكذا. أنظمة المعلومات لا تحقق لنا شيئا ما لم نغديها بالبيانات الصحيحة والحديثة فإذا كانت البيانات غير صحيحة فلن يصلحها ولن يصلح معها أي نظام. في كثير من الشركات يتكون ملف بيانات قطع الغيار من خانة لرقم البند وخانة واحدة لتوصيف البند وهذا يتسبب في صعوبة البحث عن البند إلا بمعرفة رقم البند لأن اسم المعدة غير موضح. علاوة على ذلك فإن هذا الأسلوب لا يمكننا من إصدار تقارير مثل تقارير التكاليف الشهرية والسنوية وتقارير المخزون بحيث تكون مصنفة بالمعدات بمعنى أن نعرف تكلفة قطع الغيار التي تم استهلاكها لكل معدة. لذلك يفضل وجود خانات منفصلة توضح اسم المنطقة الموجودة بها المعدة واسم المعدة ورقم الرسم والخامة كما هو موضح بالمثال المبسط أدناه. بالطبع يمكن إضافة خانات لاسم المصنع أو رقم الجزء لدى المصنع وهكذا حسب الحاجة وطبيعة العمل. هذا الأسلوب يجعل عملية البحث عن معلومات عن قطع الغيار من خلال الحاسب أمر يسير ولا يستلزم معرفة رقم البند، بالإضافة إلا أنه يمكننا من الحصول على تقارير مصنفة حسب المنطقة أو الماكينة.

ملف توصيف قطع الغيار					
رقم الرسم	الخامة	توصيف البند	اسم المعدة	اسم الموقع أو المنطقة	رقم البند
XXXXX	*XXX*	عامود قطر *30* مم	ماكينة التقطيع الطولي	التقطيع	*XXXXXXX*
XXXXX	*XXX*	غطاء رقم *3*	ماكينة تجميع الجلب	التجميع	*XXXXXXX*

تخزين قطع الغيار

تخزين قطع الغيار أمر له تأثير مباشر على أداء أنشطة الصيانة. هل حدث أن قمت يوما بالإعداد لإعمار معدة ما وتأكدت عن طريق الحاسب أو الأوراق من وجود قطع الغيار التي تريدها، ثم بعد أن قمت بتفكيك المعدة فوجئت بأن قطعة الغيار الوحيدة الموجودة بالمخزن قد أصابها الصدأ؟ ماذا كانت النتيجة وماذا كان موقفك تجاه إدارة المؤسسة؟ هل يمكن أن تحل هذه المشكلة ببراعتك في تشخيص الأعطال؟

قد يحدث كذلك أن تقوم بتفكيك المعدة ثم تحضر قطعة الغيار السليمة من الصدأ وتفاجئ بأنها ليست قطعة الغيار المطلوبة. كيف؟ لقد تم وضع المسمى الخطأ على قطعة الغيار في المخازن وتم تسجيلها بنفس الطريقة على الاوراق وعلى الحاسب.

هذه الأمثلة الواقعية تبين أهمية تخزين قطع الغيار بطريقة تحافظ عليها سليمة وتحافظ على صحة المعلومات المسجلة على الأوراق وعلى الكمبيوتر عن المخزون الذي نحتفظ به. ماذا لو كان هناك مخزن كبير في المؤسسة وله إدارة منفصلة؟ إن إدارة المخازن غالبا ما تحتاج تعاون الفنيين والمهندسين لأن مسئول المخزن لا يمكنه معرفة التفاصيل الفنية لقطع الغيار وأسلوب تخزين كل جزء. هذا التعاون قد يشمل نوع من الجرد للتأكد من أن قطع الغيار المخزنة تتطابق مع المخزون المسجل على الأوراق وعلى الحاسب، وكذلك للتخلص من مخزون قطع الغيار غير الصالحة للاستخدام. ولا يخفى على القارئ أهمية ترتيب قطع الغيار بحيث يمكن الوصول إليها بسهولة وبحيث يتم تسجيل مكان تخزينها على الأوراق أو الحاسب.

قطع الغيار المستعملة

أحيانا يتم استبدال بعض الاجزاء وتكون هناك رغبة في الاحتفاظ ببعض القطع القديمة لاستخدامها إن ظهرت الحاجة أو ريثما يتم إعادة إصلاحها. كذلك قد يتواجد مخزون لقطع الغيار التي زادت عن حاجة مورد الماكينة وبالتالي تركها للشركة التي اشترت الماكينة. هذه القطع غالبا ما تتراكم وتستهلك حيزا قيما من مكان العمل ولا يتم تخزينها بطريقة سليمة ومنظمة وبالتالي تفسد ويكون من الصعب الوصول إليها عند الحاجة إليها. هذه القطع يمكن تقسيمها إلى قطع جديدة وسليمة، قطع قديمة هناك احتمالية قوية لاستخدامها في غرض ما، قطع قديمة لا يتوقع استخدامها يوم اما. لابد من أن يتم الاستغناء عن القطع التي لا يتوقع استخدامها والتي فسدت بالفعل ويتم تنظيم باقي القطع ويتم إدخال القطع الجديدة في رصيد المخازن كي لا يكون لدينا مخزون من قطع غيار ولا يظهر لنا عند البحث في سجلات المخازن.

شراء قطع الغيار

توفير قطع الغيار عند الحاجة إليها أمر أساسي لانتظام عمليات الصيانة وتقليل وقت التوقفات. في نفس الوقت فإن زيادة هذا المخزون عن الحاجة تمثل خسارة مادية لأن قيمة المخزون المالية تمثل ُأصولا أو نقدا غير مستثمر بل وربما يتناقص لأن بعض القطع المخزنة قد تتلف. لذلك فإنه لابد من شراء القطع التي نحتاج إليها فعلا وعدم تكديس مخزون كبير لا فائدة من وجوده. لذلك فإنه من المهم وضع الأنظمة التي تحفز المسئولين عن الصيانة على تحري الدقة عند شراء قطع الغيار ووضع الأنظمة التي تعاقبهم عند تكديس المخزون. كذلك فإن إدارة المؤسسة يمكنها ضع حدود لميزانية قطع الغيار وذلك بمعرفة هذه القيمة لشركات مثيلة ونسبتها لحجم الإنتاج. يحدث أحيانا أن يتكدس المخزون ثم تبدأ الإدارة في فقدان الثقة في مسئولي الصيانة ولا تصدق طلباتهم لشراء قطع الغيار وهذا يكون له آثار سيئة جدا.

من المشاكل التي نعاني منها في كثيرٍ من المؤسسات في العالم العربي هي طول مدة توريد قطع الغيار مما ينتج عنه الحاجة لتخزين قطع غيار كثيرة جدا لضمان وجودها عند حدوث أي حادث. وقد ينتهي الأمر بوجود قطع

غيار مخزنة تساوي قيمة المصنع نفسه او نصف قيمته وهذا أمر غير معقول. طول مدة شراء البند لها عدة أسباب منها:

١. الوقت الطويل الذي نستهلكه داخل المؤسسة لمناقشة طلبات الشراء.
٢. سوء اختيار الموردين المحليين.
٣. شراء قطع غيار كثيرة من دول أجنبية بعيدة.
٤. عدم وضوح مواصفات قطع الغيار التي ترسل إلى المورد مما يضيع الوقت في المراسلات لتوضيح المواصفات.
٥. عدم استخدام تكنولوجيا المعلومات في الاتصال بالمورد وطلب عروض.

الفترة اللازمة لتقييم طلبات الشراء وإصدارها يمكن تقليلها كثيرا بوجود أمانة وثقة ونظام كفيل بمحاسبة من يتسبب في تكدس المخزون. في الحقيقة إنه بدون أمانة وثقة لا يمكن نجاح أي عمل. يمكننا كذلك ان نقلل من هذا الوقت باستخدام الوسائل الإلكترونية وبدراسة عملية التقييم وإزالة الخطوات التي لا داعي لها. أحيانا يكون لابد من موافقة سلسلة طويلة من المديرين لشراء أي بند مما يترتب عليه طول مدة الاعتماد. إنه من الطبيعي ان يتم اعتماد طلبات الشراء ولكن ليس من الطبيعي أن تكون سلسلة الاعتمادات ثابتة في البنود المكلفة والبنود ذات القيمة الزهيدة. أما مدة التوريد من قبل المورد فيمكن تقليلها بعدة وسائل مثل: اختيار موردين محليين على مستوى جيد من الناحية الفنية والإدارية، عمل عقود طويلة الأجل مع موردي البنود التي نستخدمها باستمرار سواء موردين محليين أو أجنبيين بل ويمكن السماح لهؤلاء الموردين بالاطلاع إلكترونيا على مخزوننا من البنود التي يوردونها حتى يقوموا بتوريدها بشكل تلقائي قبل نفاذ مخزوننا، شراء بعض البنود من السوق المحلي أو سوق قريب. من المهم ألا ننسى أنه ينبغي توفير قطع الغيار اللازمة في الوقت المناسب حتى لا تتعطل أنظمة الصيانة الوقائية. وبالتالي فإن تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة يستلزمه توفر قطع الغيار المناسبة في الوقت المناسب. ومن أسباب انهيار أنظمة الصيانة الوقائية عدم توفر قطع الغيار والذي يؤدي إلى تأجيل أعمال الصيانة وبالتالي إلى إحساس العاملين بعدم الجدية في تطبيق الصيانة الدورية المخططة.

ثانيا: معلومات ومستندات الصيانة

كما ذكرنا من قبل فإن نجاح عمليات الصيانة يعتمد على توفر المعلومات الصحيحة أكثر من اعتماده على المهارات الهندسية أو الفنية. لكي نستطيع تشخيص الأعطال فإننا نحتاج معرفة حالة المعدة في الفترة الأخيرة.

هذا يشبه تماما سؤال الطبيب للمريض عن حالته الصحية في الآونة الأخيرة وتاريخه مع الأمراض وربما تاريخ أسرته مع المرض. كذلك فإننا نحتاج سجلات للصيانة الوقائية ونتائجها وأسلوب الفك والتركيب والعمالة

اللازمة لكل عمل وتكلفة صيانة المعدات. لذلك فإن الاعتناء بتسجيل هذه المعلومات والقدرة على توفيرها بدقة وبسرعة يمثلان ركيزة للصيانة عموما وللصيانة الإنتاجية الشاملة على وجه الخصوص.

تسجيل الأحداث الهامة في تاريخ المعدة

عندما يحدث عطل ما فإن أول ما نسأل عنه: كيف كانت حالة هذه المعدة خلال الأيام والشهور الماضية؟ هل تم إجراء الصيانة الوقائية في مواعيدها؟ متى تمَّ عمل آخر عمرة؟ متى كانت آخر مرة تمَّ فيها فحص المعدة؟ هل حدثت هذه المشكلة من قبل وكيف تم حلها؟ هل حدثت هذه المشكلة من قبل في المعدات المماثلة (إن كان لدينا أكثر من معدة من نفس النوع)؟

لذلك فإن المحافظة على سجل يبين الأحداث التي لها علاقة بكل معدة على حدة هو أمر هام جدا. هذا السجل يدوَّن فيه تاريخ تركيب المعدة ومشاكل بداية التشغيل وتلخيص لكافة أعمال الصيانة المخططة والفجائية التي تتم على هذه المعدة. هذا السجل لابد أن يحتوي على جميع الأعمال الميكانيكية والكهربائية والإلكترونية. كذلك فإنه من الضروري تسجيل ساعات تشغيل المعدة الفعلية وساعات التشغيل التي تمت عندها أعمال الصيانة الأساسية وذلك لأن تشخيص الأعطال يتأثر بساعات التشغيل الفعلية وكذلك بعض أعمال الصيانة الوقائية. هذا التسجيل قد يتم على الحاسب الشخصي أو على نظام للمعلومات أو على الأقل في سجلات ورقية. ونظرا للاحتياج للرجوع لهذه البيانات في أي وقت فإنه يجب وجود إمكانية الوصول إليها بسهولة وسرعة سواء بالاطلاع على السجلات أو استخدام انظمة المعلومات. الجدول التالي يعرض مثالا مبسطا لسجل تاريخ المعدة.

اسم المُعدة: كباس الهواء (محطة ضغط هواء) مواصفات المُعدة: ١٤٠٠ متر مكعب /ساعة، ٤٠٠ حصان			
الاسم	**وصف الحدث**	**ساعات التشغيل**	**التاريخ**
سامح	تغيير زيت (*30* لتر) والكشف على كاوتش القارنة	*19570*	*18* أغسطس *2008*
حسن	صيانة دورية -تغيير فلتر دخول الهواء	*20644*	*18* نوفمبر *2008*
حسن	تنظيف مبرد المرحلة الأولى نتيجة لارتفاع درجة حرارة الخروج من المبرد	*20879*	*18* ديسمبر *2008*

من الهام جدا أن تكون عمليات تسجيل البيانات تتم بشكل دائم وبصورة دقيقة لأنه في حالة وجود بيانات غير دقيقة أو مفقودة فإن هذا السجل يتحول إلى وسيلة لتغيير الحقائق وتضليل من يحاول تشخيص الأعطال أو تقييم

أداء المعدة. لذلك فإنه ينبغي توضيح أهمية هذه البيانات للقائمين على تسجيلها من فنيين ومهندسين ومشرفين وينبغي كذلك متابعة دقة عمليات التسجيل.

سجل أنواع الزيوت والشحوم المستخدمة في كل مُعِدة:

من السجلات التي يفضل تواجدها سجل بأنواع الزيوت والشحوم المستخدمة في كل معدة. هذا السجل يوضح نوع الزيت وكميته ودورة تغييره لكل المعدات. عندما يقوم المشغل أو فني الصيانة بإضافة زيت أو شحم أو تغييره فإنه يرجع إلى هذا السجل لمعرفة النوع المستخدم وكميته. هذا يضمن عدم وضع نوع زيت أو شحم غير النوع المستخدم وهذا بالطبع له اهمية لا تخفى على القارئ. قد تتساءل ما الهدف من هذا السجل طالما ان نوع الزيت مكتوب في كتيب التشغيل أو الصيانة؟ نعم عادة ما يكون نوع الزيت موضح في كتيب التشغيل أو الصيانة ولكن من الأفضل كتابته في هذا السجل البسيط بدلا من تكليف فني التشغيل أو الصيانة بالبحث عنه في كتيب التشغيل الضخم وربما تسبب ذلك في استخدام نوع زيت غير مناسب نتيجة لخطأ في قراءة كتيب التشغيل أو الصيانة. الجدول التالي يوضح مثال لمحتويات جدول الزيوت.

جدول الزيوت والشحومات				
اسم المُعدة	زيت / شحم	نوع الزيت أو الشحم	كمية الزيت أو الشحم	دورة التغيير بالأشهر
كباس الهواء	زيت	*Mobil XXXX*	*15 liter*	*3*
ماكينة التقطيع	شحم	*XXXXXX*	*20 gm*	*6*
مروحة التبريد	زيت	*Shell XXXX*	*25 liter*	*4*

سجلات أعمال الصيانة المخططة

للقيام بأنشطة الصيانة الوقائية وتخطيط أعمال الصيانة شهريا وسنويا فإنه لابد من وجود سجل (إلكتروني أو ورقي) يبين أعمال الصيانة الوقائية لجميع المعدات ودورة تنفيذها. وبناء على هذا الملف يتم تخطيط أعمال الصيانة الوقائية للأشهر القادمة. هذا السجل يدوَّن فيه أيضا المواعيد الفعلية التي تم فيها تنفيذ هذه الأعمال والوقت الذي استغرقه كل عمل. هذه المعلومات تمكننا من مراجعة برامج الصيانة الوقائية لمعرفة نجاحنا في تطبيقها وتكلفتها والعمالة المطلوبة. الفترات الدورية لأعمال الصيانة تحتاج تحديث من آن لآخر بالزيادة أو النقصان طبقا لنتائجها وبناء على الأعطال المفاجئة التي تظهر. ينبغي الحرص على أن تكون أعمال الصيانة المخططة تتم فعلا وبشكل مرضٍ وأن يكون إدخال البيانات يتم بدقة

تقارير الصيانة

في حالة القيام بأعمال صيانة وقائية كبيرة مثل فحص المعدة أو تغيير أجزاء أو إصلاح مفاجئ فإن الصيانة تصدر تقريرا فيه نوع من التفصيل يزيد عما يدون في سجل تاريخ المعدة وعما يدون فيه سجل الصيانة المخططة. هذا التقرير يوضح نتائج أعمال الصيانة الوقائية أو أسباب العطل المفاجئ وأسلوب إصلاحه بالإضافة إلى أي توصيات. الشكل التالي يوضح مثال مبسط لتقرير عن أعمال صيانة. لاحظ أن التقرير يوضح الموضوع باختصار وبشكل تحليلي يوضح الحقائق والنتائج وينتهي بتوصيات.

<table>
<tr><td colspan="2">اسم المُعدة: مضخة مياه التبريد رقم أ
الساعة: ٢. ظهراً
التاريخ: ١٢ مايو ٢٠١٥
مُعِد التقرير: حسن حسين (صيانة ميكانيكية)</td></tr>
<tr><td>ضَع رسم توضيحي للمُعِدة هنا</td><td>ملخص:
تم تغيير كاوتش قارنة كباس الهواء نتيجة تشققه وارتفاع مستوى الاهتزازات وتم إعادة الكباس في الخدمة وأصبحت الاهتزازات في المستوى الطبيعي.</td></tr>
<tr><td>النتيجة:
عادت الاهتزازات على نقطة 1 إلى مستوى كذا</td><td>وصف المشكلة:
تلاحظ ارتفاع مستوى الاهتزازات من كذا إلى كذا عند النقطة رقم 1 الموضحة على الرسم</td></tr>
<tr><td>توصيات:
١. يتم دراسة تقليل ومن فحص الكاوتش من سنة إلى ستة أشهر
٢. يتم التأكد من استقامة المضخة رقم ب اليوم والتأكد من سلامة كاوتش القارنة</td><td>وصف أعمال الصيانة:
١. تم دراسة الاهتزازات وتم فحص كاوتش القارنة واستقامة القارنة ولوحظ تشقق في الكاوتش وعدم استقامة المضخة مع الموتور
٢. تم تغيير الكاوتش وإعادة استقامة المضخة مع الموتور
٣. استغرق العمل ساعة ونصف بدون تأثر العمليات الإنتاجية</td></tr>
</table>

الرسومات الهندسية وكتيب التشغيل والصيانة

عند القيام بعمل صيانة مخططة او مفاجئة فإننا نحتاج الرجوع إلى الرسومات الهندسية وكتيب التشغيل والصيانة والخطوات القياسية للقيام بهذا النوع من الصيانة. هذه المعلومات لابد من توفرها بسهولة لكل من لها علاقة بالمعدات. أحيانا يتم إهمال الحفاظ هذه المستندات حتى تختفي أو تتهالك وأحيانا اخرى تكون في حوزة مدير أو

مشرف الصيانة يطِلِع عليها من شاء ويحجبها عمن شاء. هذا السلوك يجب أن تمنعه إدارة المؤسسة لأنه يؤدي إلى انهيار أداء الصيانة تماما. وبالإضافة إلى ضرورة توفير هذه المعلومات فإنه لابد من وجود ثقافة استخدامها. مع الأسف البعض من المشتغلين بالصيانة يظن أن عمله يعتمد على الذكاء والتخمين وأنه من العُيْب أن يحتاج للنظر في الرسم التجميعي أو كتيب الصيانة او مواصفات الصيانة الوقائية. هذه المعتقدات الخاطئة ينبغي إزالته بالتدريب والتحفيز والمساءلة وإلا فإن توفير المعلومات يصبح بلا فائدة. وفي بعض الأحيان قد تتوافر المعلومات وتوجد الرغبة في استخدامها ولكن لا تكون هناك معرفة كافية بأسلوب البحث فيها أو عدم قدرة الفنيين على تفهم بعض الرسومات الهندسية المعقدة. لذلك فإنه من المهم أن نتأكد من قدرة من يحتاج إلى استخدام هذه المعلومات من فنيين ومشرفين ومهندسين وان يتم تدريبهم إذا لزم الأمر. وتجدر الإشارة هنا إلى عائق اللغة حيث أن كثيرا من معلومات الصيانة تكون باللغة الإنجليزية وغالبا ما تكون اللغة الإنجليزية للفنيين ضعيفة. ولكن الشيء الجيد أن بعض التدريب البسيط يجعل الفنيين قادرين على استخدام كثيرا من هذه المعلومات. وأظن ان التدريب الجيد على اللغة الإنجليزية ضروري في هذه الحالة طالما أن هناك حاجة لاستخدام اللغة الإنجليزية.

طرق الصيانة القياسية

طرق الصيانة القياسية لأعمال الصيانة لابد من كتابتها بشكل واضح وأن تكون خلاصة لخبرات القائمين بأعمال الصيانة وان يتم تحديثها كلما تم التوصل إلى أسلوب أفضل لعملية الصيانة مثل طريقة الفك أو التركيب. طرق الصيانة القياسية تشمل أعمال الفحص والتغيير والإصلاح. طرق الصيانة القياسية للفحص تشتمل على طرق قياس التآكل وكيفية الحكم عليه بالقياس وغيره والمدى المقبول للتآكل. طرق الصيانة القياسية لعمليات التغيير والعمرات تشتمل على خطوات الفك والتركيب والمقاسات التي يجب مراعاتها والأدوات التي تستخدم. طرق الصيانة القياسية للإصلاح تختلف بحسب نوعية الإصلاح. طرق الصيانة القياسية تشتمل على رسومات توضيحية حسب الحاجة. أحيانا يتم كتابة هذه المستندات لاستكمال متطلبات الأيزو او غيره ثم يتم وضعها في دواليب ولا تكون لها أي علاقة بما يتم تنفيذه في الواقع. هذا بالطبع ليس هو غاية الصيانة الإنتاجية الشاملة بل لابد من وجود نسخ من هذه الطرق القياسية للصيانة بحيث يتم استخدامها أثناء القيام بأعمال الصيانة. وينصح ان يتم تغليف جميع الأوراق بحوافظ بلاستيكية حتى يكون تداولها وتقليب الاوراق أثناء العمل أمر ممكن. استخدام المواصفات القياسية أثناء العمل هو من الأشياء غير المعتادة إلى الكثير في العالم العربي ولذلك فإنها تحتاج إلى مجهود من المديرين والمشرفين لإقناع العاملين بأهمية استخدام الطرق القياسية حتى يتم أداء العمل بالأسلوب الأمثل كل مرة وحتى لا تضيع الخبرات.

أنظمة المعلومات

يوجد الآن كثير من البرامج أو أنظمة المعلومات التي تمكننا من تخزين وتحليل معلومات الصيانة الوقائية والمفاجئة وتقارير الصيانة والكثير من المعلومات التي تخص صيانة المعدات وتعرف هذه الأنظمة بـ

Management System - CMMS Computerized Maintenance

هذه الأنظمة تساعدنا على التخطيط والتحليل بشكل جيد. تتنوع هذه الأنظمة من انظمة بسيطة جدا إلى أنظمة متقدمة جدا. لا شك أن هذه الأنظمة مفيدة جدا لأعمال الصيانة نتيجة لأنها توفر المعلومات والبحث فيها في أي وقت ومن أي جهاز مرتبط بالشبكة الداخلية للمؤسسة. كذلك فإن هذه البرامج تظهر لنا أعمال الصيانة الدورية المخططة خلال الشهر التالي أو العام التالي ولكن علينا اختيار الأنظمة التي تناسبنا فلا نندفع لشراء الأنظمة المتقدمة جدا بينما نحن لن نستخدم الخدمات التي تقدمها لنا. كذلك فإن هذه الأنظمة تتطلب إدخال بيانات كثيرة من خلال الحاسب فإن لم يكن لدينا العمالة المؤهلة لذلك والتي لديها الوقت الكافي فإن هذه الأنظمة تفشل. وفي الأغلب فإنه كلما زادت هذه الأنظمة تقدما كلما احتجنا لإدخال بيانات أكثر. يحدث في كثير من الشركات أن يتم شراء أنظمة عظيمة ثم لا يستخدم سوى جزء ضئيل من وظائفها وربما تم إدخال بيانات خاطئة لعدم وجود الوقت لإدخال البيانات الصحيحة. وينصح بمحاولة الاتصال بالشركات المستخدمة للنظام الذي نريد أن نشتريه وربما زيارتهم للتعرف على مدى النجاح العملي لاستخدام النظام والتعرف على المشاكل التي تقابلهم. بعض الشركات قد تقوم ببناء هذه البرامج بواسطة المبرمجين العاملين بالشركة. وختاما فإن هذه الأنظمة مفيدة ولكن علينا حسن اختيار النظام ثم استخدامه الاستخدام الأمثل.

ثالثا: أدوات الصيانة

أدوات الصيانة هي الوسيلة التي يستخدمها فني الصيانة لإجراء أي أعمال. بدون هذا الأدوات يصبح هذا الفني عاجزا عن أداء العمل بالشكل السليم.

توفير أدوات ومعدات الصيانة المناسبة

ماذا يحدث عند استخدام أدوات صيانة غير مناسبة؟ ماذا يحدث حين يكون لدينا أداة واحدة نحتاجها في أكثر من موقع؟ ماذا يكون إحساس العاملين حين تتلف أدوات الصيانة ولا يتم استبدالها؟ هل تتوقع تطبيق برنامج صيانة وقائية بدون وجود أدوات قياس دقيقة؟ هل يمكن تطبيق صيانة تنبؤيه بدون شراء أجهزة قياس اهتزاز مناسبة؟ هل يمكن تطبيق الصيانة الذاتية بدون توفير أدوات صيانة للمشغلين؟ هل يمكن ان نهتم بنظافة المعدات وترتيب موقع العمل بدون توفير المعدات والأدوات المناسبة؟

لذلك فإن توفير أدوات الصيانة هو شيء لا غنى عنه للقيام بتطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة بل ولنجاح أي برنامج صيانة. ينبغي كذلك الاهتمام بتوفير النوعيات الجيدة من أدوات الصيانة لأنها تساهم بشكل كبير ف ـبتوفير وقت الإصلاح والصيانة. في بعض الأحيان تتوافر أدوات صيانة ولكن ليس بالكمية المناسبة وبالتالي يضيع الوقت في نقلها من مكان لآخر وهذا ينبغي تلافيه فيما عدا في معدات الصيانة المكلفة مثل المعدات التي تستخدم في ورشة التشغيل او الاوناش أو ما شابه.

لا ننسى التنويه على أهمية توفير أدوات الصيانة المناسبة من ناحية السلامة المهنية وكذلك توفير وسائل الأمان مثل احزمة الأمان والمفاتيح المناسبة للاستخدام مع الغازات المختلفة والسقالات والسلالم الآمنة والخوذ الواقية وأدوات السلامة الصناعية لعمليات اللحام والقطع. الاهتمام بسلامة العاملين هي عملية أخلاقية بالدرجة الأولى فمدير الصيانة ومشرف الصيانة مسئولون عن فنيي الصيانة وكذا الحال بالنسبة للمشغلين.

فعلينا أن نلتزم بقواعد السلامة المهنية وأن نلزم العاملين بها وأول خطوة لذلك هي توفير الأدوات المناسبة. علاوة على ذلك فإن توفير وسائل السلامة للعاملين يرفع من حالتهم المعنوية ويعطيهم ثقة في إدارة المؤسسة لأنها تهتم بهم. هذا بالإضافة إلى مصاريف تعويضات الإصابات التي لا نريد أن نتكبدها. ولكن في الحقيقة الجانب الأخلاقي هنا هو الأهم، ولا تخاطر بأن تظل طوال حياتك تتألم لمسئوليتك عن عدم توفير السلامة المهنية لفني الصيانة الذي فقد عينه أو قدمه أو يده. وفِر له السلامة الآن.

تخزين وتداول أدوات الصيانة

هل فكرت أن تقارن بين وقت الصيانة الفعلي ووقت عمليات نقل أدوات الصيانة والبحث عنها وتنظيفها والوقت الضائع نتيجة لوجود أدوات تالفة أو أسطوانات أكسجين فارغة؟ إن لم تكن فعلت فأنا أدعوك أن تمضي وقتا تتابع بعض عمليات الصيانة من بداية الإبلاغ عنها وحتى نهاية الإصلاح أو تتابع عمليات الصيانة الوقائية من بداية التحضير لها وحتى انتهائها. ماذا يحدث؟ إننا أحيانا نوفر أدوات الصيانة ثم نهم لتخزينها وتنظيفها وبالتالي عند الحاجة لها نحتاج للبحث في أكوام العدد وبعد ذلك قد نجد الأداة المناسبة في حالة مزرية فنحتاج لتنظيفها. أما عن وقت نقل الأدوات من مكان تخزينها إلى مكان العمل فهو مشكلة حقيقية.

إننا كثيرا ما نهمل تنظيم أماكن تخزين الادوات بحيث يتم تقليل وقت الانتقال والحركة والانتظار أثناء أعمال الصيانة.

يمكننا تقليل هذه الاوقات عن طريق:

١. تخزين الأدوات نظيفة وبشكل منظم يجعل البحث عن الأدوات عند الحاجة أمر يسير. من المهم أن تكون الأدوات مرئية بقدر الإمكان مثل وضع المفاتيح على لوحة تحديد الأدوات المطلوبة للأعمال المختلفة في طرق الصيانة القياسية.

٢. مراجعة أدوات الصيانة والتخلص من التالف واستبداله. كذلك التأكد من تمييز الأدوات التي تحتاج إعادة ملأ مثل أسطوانات الأكسجين والأسيتيلين وما شابهها.
٣. وضع الأدوات بالقرب من مكان العمل بقدر الإمكان وبشكل يجعل من السهل التقاط هـذه الأدوات وبمـا يحافظ على سلامة العاملين.
٤. وجود وسيلة نقل للأدوات ووجود حاويات لهذه الأدوات مثل شنطة العدة.
٥. وجود وسيلة لوضع الأدوات بجوار مكان العمل بشكل مرتب ونظيف عند العمل في موقع الماكينة.
٦. التنسيق الجيد في استخدام معدات الصيانة مثل الأوناش بحيث تقل التكلفة الكلية لتوقف الإنتاج.
٧. التحضـــير المبكر لأعمال الصـــيانة مثل أن يتم التأكد من وجود الادوات المناســـبة لأعمال الصـــيانة المخططـــة قبل تنفيذها بعدة أيام وخاصة الأعمال التي تحتاج أدوات خاصة بالمعدة. نفس الأسلوب يمكن اتباعه في تجهيـز قطع الغيار.
٨. معرفة فني الصيانة بالعمل الذي سيؤديه تحديدا. قد يطلب مشرف الصيانة من فني الصيانة الـذهاب إلـى معدة ما لإصـلاح جزء ما ثم عند ذهابه إلى موقع العمل يفاجئ بأنه سيقوم بأعمال أخـــرى وبالتـــالي يحتـاج لأدوات صيانة مختلفة.
٩. تخزين الأدوات التي يستخدمها مجموعة من الأفراد في مكان يمكنهم جميعا الوصول إليه. ينبغي تجنـــب تعطل أعمال الصـــيانة لأن أداة الصـــيانة موجودة في دولاب أحد الفنيين الذي هو في أجازه أو في مكان آخر.
١٠. ينبغي الاعتناء بأدوات الصـــيانة الخاصـــة بمعدة ما لأنه لا يمكن توفير هذه الأدوات في وقت قصـــير. أحيانا يـــــتم تخزين هذه الأدوات في ورشـــة العمل أو لدى أحد الفنيين وهذا ينتج عنه تلفها أو ضـياعها أو نسيان مكانها عند الحاجة لأنها تستخدم كل مدة طويلة. لذلك يفضـل أن توضـع هذه الادوات في مكان خاص مثل مخزن العدد.
١١. الوقت الضـــائع في البحث عن ونقل أدوات الصـــيانة هو أحد المشـــاكل التي يمكن لمجموعات الصيانة الإنتاجيـــة الشاملة دراستها وتنفيذ حلول لها. ومن جهة أخرى فإن ترتيب وتنظيف مكان العمل هو أحد ركائز الـصيانة الإنتاجية الشاملة وهو بالطبع يشمل تخزين أدوات الصيانة.
١٢. تنظيم وضع الأدوات أثناء العمل خاصة في ورشة الصيانة هي من الأشياء التي تؤدي إلى زيادة كفاءة العامل وتقلل من المجهود الذي لا داعي له. الهندسة الصناعية والهندسة الإنـسانية (ملاءمـة الآلـة للإنـــسـان) أو *Ergonomics* هما من العلوم المفيدة في هذا المجال. فالهندسـة الصـناعية تعنى بدراسـة الحركة والوقت للوصول إلى أقـصى كفاءة وعلم ملاءمة الآلة للإنسان يبحث في أوضاع العمل المريحة

لطبيعة جسم الإنسان والتي تؤدي إلى بـــذل مجهود أقل لأداء نفس العمل وكذلك تقلل من خطر الأمراض المهنية.

رابعا: التدريب

- **تدريب فنيي الصيانة**

تدريب فنيي الصيانة على أنشطة ومهارات الصيانة هو من الأمور التي تؤدي إلى تحسين أداء الصيانة وتقليل وقت الصيانة والإصلاح. تهتم الصيانة الإنتاجية الشاملة برفع كفاءة فنيي الصيانة ولذلك فإنها تهتم بالتدريب المتخصص لفنيي الصيانة بحيث يكون لديهم الإمكانيات التي تؤهلهم من تشخيص الأعطال واقتراح أسلوب تطوير أعمال الصيانة وتطوير المعدات. الصيانة الإنتاجية الشاملة تهدف إلى قيام فني الصيانة بدور أكبر من مجرد التغلب على المشاكل البسيطة لذلك فإن التدريب المتقدم هو أمر أساسي لتطوير مهارات الصيانة وتحقيق أهداف الصيانة الإنتاجية الشاملة. من مواضيع التدريب الأساسية الآتي:

١. كيفية قراءة الرسومات التجميعية والتصنيعية وأي رسومات أخرى - حسب طبيعة العمل- مثل رسومات خطوط المواسير أو كابلات الكهرباء أو التحكم أو الدوائر الهيدروليكية.
٢. كيفية قراءة كتيب التشـــغيل والصـــيانة وخاصـــة جداول الصـــيانة الدورية وجداول تشـــخيص الأعطال وجداول مواصفات المعدة وجداول قطع الغيار وكذلك شرح طرق الفك والتركيب.
٣. الشرح التفصيلي لمكونات الماكينات الرئيسية وأنواعها وطريقة توصيفها واستخداماتها وطرق صيانتها مثل المسامير والصواميل والقارنات والسيور والتروس والرولمان بلي والأنظمة الهيدروليكية.
٤. التدريب العملي على أعمال الصـــيانة المختلفة من تنظيف وفحص وعمرات وإصـــلاح مع اعتبار طرق الصيانة القياسية.
٥. التدريب المتقدم في التزييت والتشحيم وأسلوب تخزين الزيوت والشحوم.
٦. وسائل تشخيص الأعطال.
٧. القدرة على تحليل بيانات المعدات.
٨. أنواع سياسات الصيانة ومميزات وعيوب كل منها
٩. قياس الاهتزازات وتحليل قراءاتها.
١٠. كيفية تحديد برامج الصيانة الوقائية.
١١. كيفية قراءة الجداول الزمنية لأعمال الصيانة وكيفية إعدادها
١٢. أهمية تسجيل بيانات الصيانة وطرق تسجيلها. وكذلك كتابة تقارير الصيانة

١٣. تشغيل المعدات ومتابعتها أثناء التشغيل. هذا التدريب يجعل فني الصيانة قادرا على تفهم مشاكل المشغل وتأثير توقف المعدات

١٤. أي دورات متخصصة أخرى حسب طبيعة العمل مثل اللحام، أجهزة التحكم، الدوائر الإلكترونية، التدريب على استخدام الحاسوب، التدريب على استخدام أنظمة المعلومات للبحث عن بيانات قطع الغيار أو إدخال بيانات الصيانة.

- **تدريب المشغلين**

الصيانة الإنتاجية الشاملة تضيف نوعا آخر من التدريب وهو تدريب المشغلين على مهارات الصيانة الأساسية. هذا التدريب هو أحد متطلبات تطبيق الصيانة الذاتية. لذلك فإنه يتم تدريب المشغلين على الآتي:

١. مهارات تربيط المسامير والصواميل وعمليات التزييت والتشحيم وأسلوب نظافة المعدات.
٢. شرح المكونات الأساسية للمعدات من رولمان بلي وسيور وتروس وموانع تسريب وأنظمة هيدروليكية.
٣. كيفية اكتشاف الأعطال وكيفية فحص المعدة والأشياء التي يجب الانتباه لها لمعرفة ما إذا كان هناك أمر غير طبيعي في المعدة.
٤. القدرة على تحليل مشاكل المعدات باستخدام وسائل التحليل المختلفة مثل هيكل السمكة وتحليل الظاهرة والأسباب المادية وتحليل بيانات التشغيل والصيانة.
٥. أي دورات متخصصة أخرى حسب طبيعة العمل.

التدريب الداخلي والخارجي.

من المفيد أن يتم جزء من التدريب عن طريق مهندسي وفنيي الشركة لأن هذا يجعل المدرب يتقن ما يطلب منه تدريسه ويقوي العلاقات بين الأفراد ويشجع تبادل الأفكار والتعاون. بالإضافة لذلك فإن التدريب الخارجي أحيانا يبتعد عن متطلبات العمل. لذلك فقد يقوم مهندس الصيانة ببعض الدورات التدريبية وقد يقوم بعض فنيي الصيانة بتدريب المشغلين وقد يقوم بعض المشغلين بتدريب فنيي الصيانة. التدريب الداخلي قد يفشل إذا لم يأخذ الاهتمام الكافي والإعداد الكافي. على الجانب الآخر فإن التدريب الخارجي له أهميته في المواضيع المتخصصة وللحصول على أفكار من خارج المؤسسة والاطلاع على ما هو جديد في عالم الصناعة.

الطرق العملية لصيانة الماكينات

تتركب ماكينات *CNC* من ثلاثة مكونات أو ثلاثة وحدات وهي:

١- الوحدة ميكانيكية:

هي الماكينة التي تقوم بعمل الشغلة (مخرطة – فريزة - مكشطه الخ)

٢ ـ الحدة كهربائية:

هي عبارة عن الموتور الكهربي ووحدة إمداد الطاقة الكهربية (*Power supply*) والأسلاك الكهربائية.

٣- الوحدة الكترونية:

هي مجموعة الدوائر المنطقية التي تقوم بقيادة الماكينة على الوصف المطلوب للشغلة، (وهذه تعتبر أبسط وحدة في صيانتها رغم أهميتها وذلك لأنها عبارة عن كارت *PLC* يتم برمجته مسبقا وعند تعطله يتم استبداله بآخر لذلك لن يتم التعرض له خلال هذا المحتوى)، ولهذا فعند الحديث عن الطرق العملية لصيانة ماكينة *CNC* يتم التحدث عن الأعطال المحتملة والخاصة بكل وحدة من هذه الوحدات.

الشروط الواجب توافرها لاكتشاف الأعطال وإصلاحها:

١ـ فهم وظيفة الماكينة ثم معرفة كيفية عمل هذه الماكينة.

ليس هناك أفضل من شرح مصنع الماكينة لفهم الوظيفة المحددة للماكينة فمن الممكن أن تكون الماكينة مصممة لأكثر من وظيفة ولكنها تقوم بوظيفة واحدة أفضل من باقي الوظائف ولن تعرف هذا إلا من شرح المصنع فمثلا توجد بعض المخارط متعددة الوظائف حيث تقوم بالخراطة والتفريز والكشط والثقب ولكن كفاءتها في عملية الخراطة أكبر من كفاءتها في عملية التفريز والكشط والثقب وأيضا بعض المثاقيب تقوم بالثقب والخراطة ولكن كفاءتها في عملية الثقب أكبر من كفاءتها في عملية الخراطة. أفضل طريقة يمكنك بها فهم كيفية عمل الماكينة هي قراءة رسم الماكينة فيجب عليك قراءة وفهم الرسم الميكانيكي الخاص بتجميع الأجزاء الميكانيكية مع بعضها والرسم الهيدروليكي أو النيوماتيكى الذي يبين عمل الدائرة الهيدروليكية أو النيوماتيكى والرسم الكهربي الذي يبين عمل دائرة التحكم الكهربائية.

٢ـ معرفة شروط التشغيل العادية التي يجب أن تعمل تحتها الماكينة.

يقوم المصنع بوضع لوحة معدنية صغيرة على كل ماكينة مكتوب عليها المعلومات الأساسية عن صفات الماكينة وشروط التشغيل التي تعمل عندها الماكينة مثل درجة حرارة المكان المناسبة للماكينة ودرجة الحرارة التي تتحملها الماكينة (الصغرى والكبرى) وقيمة الحمل المناسب على الماكينة والجهد الكهربي اللازم للماكينة وشدة التيار والقدرة الكهربائية المسموح بها وبعض الإجراءات الوقائية الواجب اتخاذها قبل التشغيل وأثناء التشغيل وبعد التشغيل. ويقوم المصنع أيضا بكتابة بعض الأعطال التي من الممكن أن تحدث إذا لم يتحقق أي شرط من شروط تشغيل الماكينة لأن هذا سوف يسهل من عملية اكتشاف مصدر العطل بسهولة.

ملاحظة هامة: *80%* من الأعطال يمكن اصالحها بدون غموض ودون أن تستغرق وقت لاكتشافها إذا قام العامل الذي يعمل على الماكينة بقراءة وفهم الكتالوج والرسومات والدوائر والتعليمات الخاصة بالماكينة والإلمام

الشـــامل بوظائف المكونات والقطع التي تتركب منها الماكينة. هذا ليس له علاقة بالتخصـــص فالمهندس والفني الميكانيكي يجب أن يكون ملمـا بوظـائف المكونـات الكهربائية في الماكينة.

٣- معرفة الأعطال المتوقعة من كل مكونات الماكينة.

لسهولة التعرف على مصدر العطل إذا حدث لاحقا. وهذا الشرط يعتبر من أهم الشروط لأنه عند حدوث عطل بالماكينة أثناء عملها بخط الإنتاج تكون كل ثانية لها سعرا باهظا لذلك كان واجبا على المهندس أو الفني المسؤول تدريب كوادر الصيانة على معرفة الأعطال المتوقعة مسبقا فليس من المنطقي أن يـتعلم الفني الأعطال المتوقعة لأجزاء الماكينة عند حدوث العطل لأن هذا سيكون مكلفا جدا.

٤- تدريب الحواس على التفاعل مع الماكينة.

إن العامل الذي تعود أن يأتي في صباح كل يوم ويقوم بتشغيل الماكينة ثم يجلس أمامها ويكتفى بالمشاهدة دون أن يحتك بها ويلاحظ طريقة عملها المعتادة لن يكون له دور فعال في صيانة حقيقية للماكينة. ويظن البعض أن دوره قد انتهى بمجرد تشغيل زر الماكينة ودوره القادم سيأتي عند تغيير الـشغلة مـن علـى الماكينة أو عند تشغيل زر إيقاف الماكينة. إن الماكينة تقوم بدور مهم جدا في الصناعة ولكن العامل لـه دور أهم من الماكينة وهو المراقبة والملاحظة والتقييم لأنه يملك الشيء الأهم والذي لا تملكـه الماكينـة وهو العقل. لذلك فمن الواجب أن يكيف الفني جميع حواسه مع الماكينة والأمثلة القادمـة توضـح كيـف توظف حواسك مع الماكينة:

- حاسة اللمس يمكنه أن تتعرف بها على درجة حرارة الماكينة وأيضا يمكن أن تختبر بها جودة تـــشطيب سـطح الشـغلة لمعرفة مدى جودة أدوات القطع فعلى سـبيل المثال عند عمل خراطة على القطر الخارجي لعمود استنل بفدية حادة وسليمة ومن معدن صلب فإنه من المعتاد أن يكون تشطيب الـسطح عالي (أي لا توجد تعرجات وتموجات) ويتم معرفة هذا عن طريق لمس الشغلة بعد تشطيبها والنظـــر إليها (اختبار جودة تشطيب السطح بحاسة اللمس أفضل من الاختبار بحاسة البصر) فإذا تغيـرت حاسـة اللمس المعتادة فهذا دليل على حدوث تغير إما في ســـرعة الخراطة أو تغير في جودة وكفاءة الفدية أو أن نوع مادة الإستنلس أصلب من المعتاد ومن نوع مادة الفدية وهكذا عن طريق حاسة اللمس تم التعـرف على حدوث تغير في طبيعة الماكينة أو طبيعة الشـــغلة يجب أن تتفاداه وبالتالي فقد تم تفادى عطل كان من الممكن أن يحدث ويعطل الماكينة عن طريق حاسة اللمس فقط.
- حاسة السمع يمكن أن تتعرف بها على مستوى الاحتكاك بين الأجزاء الميكانيكيـة المتحركة عـن طريـق الضجيج التي تصدره أثناء حركتها مع بعضها. ويمكن أن تتعرف على كفاءة عمل الماكينة مع الشغلات التي تصـــنعها فمثلا المخرطة التي تقوم بخراطة قطعة من الحديد الزهر الطري عند ســـرعة بطيئة لها

صوت مميـــز وإذا زادت سرعة دوران الماكينة فإن الصوت سوف يختلف وأيضا إذا تغيرت نوع مادة الشغلة تغير أيضا صوت القطع أو الخراطة وهكذا.

- حاسة البصر يمكن أن تميز بها سرعة التشغيل أو الدوران هل هي أبطأ أم أسرع من السرعة المطلوبة ويمكن أن تكتشف بها وجود رفة للشغلة على المنجلة أو رفة في أعمدة الدوران.
- حاسة الشم يمكن أن تميز بها كفاءة التبريد أو سلامة الكابلات الكهربائية من درجة الحرارة العالية حيث لا يمكن لمسها أثناء عمل الماكينة.

٥- التدريب الجيد على استخدام أدوات الصيانة.

أدوات الصيانة العلمية: هي كل المعلومات العلمية التي لا يستغنى عنها الفني في اكتشاف الأعطال مثل خرائط الدوائر الكهربائية لدائرة التحكم بالماكينة وخرائط الدوائر الهيدروليكية والنيوماتيكية ورسومات دوائر التحكم المنطقية (PLC) الخاصة ببرمجة الماكينة ومنحنى الأداء الخاص بكل قطعة مثل منحنى كفاءة المضخة والقوانين الحسابية الخاصة بحساب سرعة الدوران والقطع والكشط والتفريز وقوانين حساب معدل التدفق وسرعة سريان المائع(سائل وغاز) والقوانين الخاصة بتصميم الماكينات مثل قوانين حساب الضغط والقوة والمساحة للمكابس وقوانين حساب الاهتزازات وكيفية امتصاصها وهكذا.

أدوات الصيانة العملية: هي الأدوات التي لا يستغنى عنها الفني في إصلاح الأعطال والصيانة الدورية مثلا لعدد اليدوية (مفاتيح الفك والربط والشاكوش والميزان وغيرها) وأجهزة قياس القوة والعزم والضغط والجهد والمقاومة وشدة التيار وأجهزة كشف التصدعات والشروخ الداخلية التي لا يمكن رؤيتها على سطح المعدن وغيرها من الأجهزة الأخرى اللازمة والتي سوف يتم بيانها لاحقا.

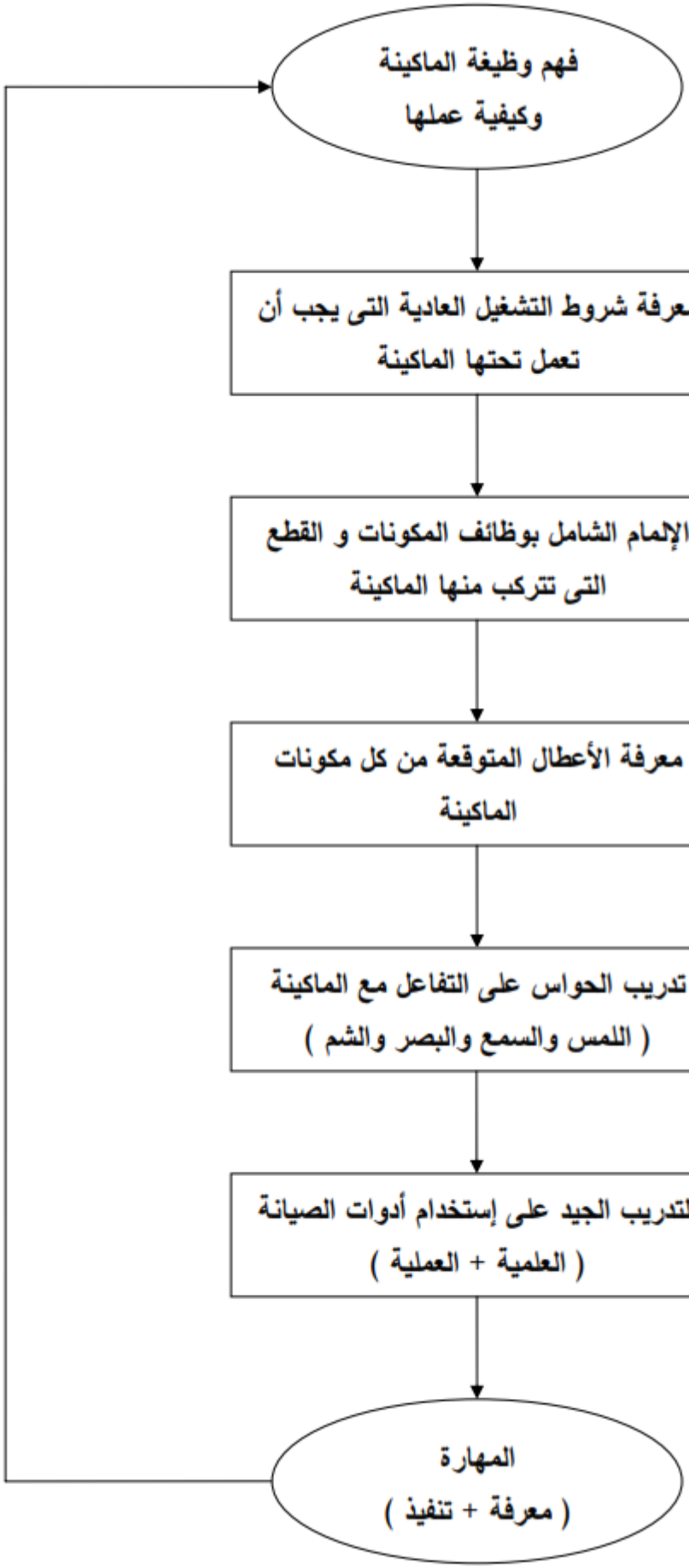
ملحوظة: هناك فكر خاطئ سائد بين العاملين في مجال الصناعة والصيانة وهو أن الصيانة العلمية منفصلة عن الصيانة العملية وأن طبيعة العمل العملية لا تتطلب دراسة القوانين والحسابات وهذا الفكر بالطبع خاطئ لأن كل آلة تم اختراعها أولا على الورق بالرسم القياسي المضبوط وبالحسابات الهندسية السليمة ثم تم تنفيذها على أرض الواقع وإلا فلماذا يقوم المصنعون المتقنون ببذل كل هذه الأموال الطائلة والأوقات الطويلة في الحساب والبحث والاختبار والتطوير. فعلى سبيل المثال عند حدوث عطل في الدائرة الهيدروليكية للماكينة لا يمكن اكتشاف العطل إلا بإتباع الرسم العلمي للخريطة لمعرفة المكان الصحيح للصمامات واتجاه السريان الصحيح للزيت وهكذا أيضا يكون نفس الأمر في الدوائر الكهربائية فلا يمكن تتبع مسار الأسلاك بدون رسم للدائرة وهكذا في جميع الآلات الأخرى. إذا تمت عملية اكتشاف العطل بدون استخدام الأدوات العملية تكون غير كاملة حتى وإن تم إصلاح العطل.

٦- المهارة.

على الرغم من أهميتها الشديدة إلا أنها تأتى آخر شرط لأنها مترتبة على كل ما سبق ذكره فإذا لم يتحقق أي شرط من الشروط السابقة أو جزء منه تكون المهارة غير متوفرة بشكل جيد وتكون ضعيفة.

ملحوظة: أي مهارة تعتمد على عاملان أســـاســـيان المعرفة والتنفيذ فعلى قدر معرفتك بالماكينة وتنفيذك لهذه المعرفة تتحدد مهارتك في عملية اكتشاف العطل.

يمكن تلخيص الشروط في هذا الرسم التالي.


فهم وظيفة الماكينة
وكيفية عملها
معرفة شروط التشغيل العادية التى يجب أن
تعمل تحتها الماكينة
الإلمام الشامل بوظائف المكونات و القطع
التى تتركب منها الماكينة
معرفة الأعطال المتوقعة من كل مكونات
الماكينة
تدريب الحواس على التفاعل مع الماكينة
(اللمس والسمع والبصر والشم)
التدريب الجيد على إستخدام أدوات الصيانة
(العلمية + العملية)
المهارة
(معرفة + تنفيذ)

الخطوات الفعالة لاكتشاف الأعطال:

قبل البدء في تنفيذ خطوات الإصلاح قم باستعراض سجل الأعطال الخاص بالماكينة أولا فمن الممكن أن يكون العطل حدث من قبل فيتم توفير وقت كبير. إذا وجدت أن هذا العطل جديد ولم يحدث من قبل فقم بإتباع الخطوات التالية.

١- الملاحظة

أغلب الأعطال تترك وراءها علامة واضحة أو أثر (مفتاح حل) يمكن من خلاله اكتشاف سبب العطل. فقم بملاحظة التغير الذي حدث للماكينة بعد أن تعطلت عن طريق استخدام جميع حواسك وابحث عن أي أجزاء تالفة تساعدك على اكتشاف العطل.

مثال: أثناء عمل مخرطة *CNC* توقفت شاشة التحكم فجأة ثم توقفت الماكينة عن العمل وعندما تفقد الفني الماكينة بدأ ملاحظة رائحة احتراق لمادة بلاستيكية وعندما فتح لوحة التحكم الكهربائي وجد انصهار بأحد الكابلات الكهربائية. من المثال السابق نجد أن الملاحظة في حاسة الشم أدت لاكتشاف مبدأي وأولى لنوع العطل وبالبحث عن أي جزء تالف تم اكتشاف مكان العطل.

٢- حدد منطقة العطل

في المثال تم تحديد منطقة العطل عن طريق الملاحظة والبحث ولكن هذا يعتبر فقط تحديد ظاهري للعطل (على الماكينة وليس على الدائرة المرسومة) لذلك يجب تحديد مكان العطل أيضا على الرسم الكهربائي أو الميكانيكي للدائرة لأن الدائرة المرسومة سوف تعطيك استنتاجات ونتائج مهمة جدا لن تحصل عليها بمجرد النظر إلى مكان العطل الظاهري على الماكينة. كما أنه توجد أعطال أخرى لا تظهر ظاهريا على الماكينة ويتم اكتشافها وتحديدها فقط على الدائرة المرسومة مثال ذلك الأعطال الهيدروليكية والنيوماتيكية حيث لا يمكن تحديد العطل بجرد النظر فقط إلى التوصيلات على الماكينة.

٣- حدد أي سبب يمكنه أن يسبب مثل هذا العطل

تحديد سبب العطل له أهمية كبيرة في عدم تكرار هذا العطل في المستقبل مرة أخرى فمن المثال السابق يمكن أن نستنتج أن سبب انصهار الكابل هو زيادة في درجة حرارة الماكينة نتيجة لطول فترة التشغيل بدون توقف أو لحدوث زيادة في شدة التيار لم تتحملها أجهزة الحماية ضد شدة التيار العالية أو رداءة نوع مادة السلك الكهربي وهكذا. من الممكن أن تقوم بعمل جدول يحوي كل مكونات الماكينة مع بيان ما الذي يمكن أن يسببه كل مكون إذا تعطل.

اسم المكون	وظيفته	العطل المتوقع أن يحدث به	العطل الذي يسببه إذا تعطل	كيفية إصلاحه

مثال: في المثال السابق يمكن أن نكتب مكون واحد فقط كالتالي

اسم المكون	وظيفته	العطل المتوقع أن يحدث به	العطل الذي يسببه إذا تعطل	كيفية إصلاحه
جهاز حماية	حماية الدائرة والأجهزة الكهربائية والإلكترونية من حدوث مفاجئ في شدة التيار		يؤدى لإتلاف الدوائر الكهربائية التي من المفترض أنه يحميها وبالتالي تحترق الدائرة	استبداله بآخر له مقاومة كهربائية أعلى لشدة التيار

٤- قم باختيار أكثر أسباب العطل احتمالا

قم بكتابة جميع أسباب العطل كما في المثال السابق ثم رقمها على حسب توقعك ومعرفتك بالماكينة. فمثلا في المثال السابق إذا كانت الماكينة جديدة ولا تعمل لفترات طويلة جدا فإن أكثر الأسباب احتمالا هو حدوث زيادة مفاجأة في شدة التيار أدت لاحتراق الكابل أما إذا كانت الماكينة ليست جديدة تماما وتم تغيير أسلاكها من فترة قصيرة وتعمل لفترات قصيرة فإن أكثر الأسباب احتمالا هو سوء قطع الغيار التي تم تركيبها وهكذا يستطيع الفني ترتيب أسباب العطل على حسب درايته ومعرفته بالماكينة.

ملاحظة: أفضل وسيلة تجعل الفني على دراية كاملة بحال الماكينة هي السجل التاريخي أو السيرة الذاتية للماكينة.

٥- قم بإصلاح العطل ثم اختبر الماكينة

إن عملية إصلاح العطل خطوة حاسمة يجب أن تتم بدقة عالية جدا وبإتقان شديد حتى يكون الإصلاح بشكل نهائي ولا نعود للإصلاح مرة أخرى بعد فترة قصيرة مما يؤدى لضياع جهد كبير ووقت أكبر في عملية الإصلاح المتكررة ولهذا فقد تم الاتفاق على بعض التوصيات المهمة التي يجب إتباعها عندما تقوم بعملية الإصلاح النهائية وهي:

- اختر أفضل وقت مناسب متصل ولا تختار أوقات العمل المتقطعة ليكون تركيزك على إصلاح العطل متواصل.

- اختر أفضل الأدوات والعدد ولا تستخدم أي عدة في غير وظيفتها الأساسية فمثلا لا تستخدم المفاتيح كمطرقة ولا تستخدم المفتاح الفرنساوى بدلا من المفتاح العادي ثابت المقاس لأنها لن تؤدى الغرض مثل العدة الأساسية.
- نظف المكان تماما من الأتربة والمخلفات والريش ومن الأفضل تخصيص مكان مناسب ونظيف خاص بعمليات الإصلاح والصيانة بقدر المستطاع.
- اتخذ أفضل وضع لجسمك مناسب مع الماكينة وانتبه جيدا لأوضاع جسمك ولا تتحرك أي حركة مفاجأة فمثلا لو كان إصلاح العطل يتطلب الجلوس فلا تصلحه وأنت واقف والعكس.

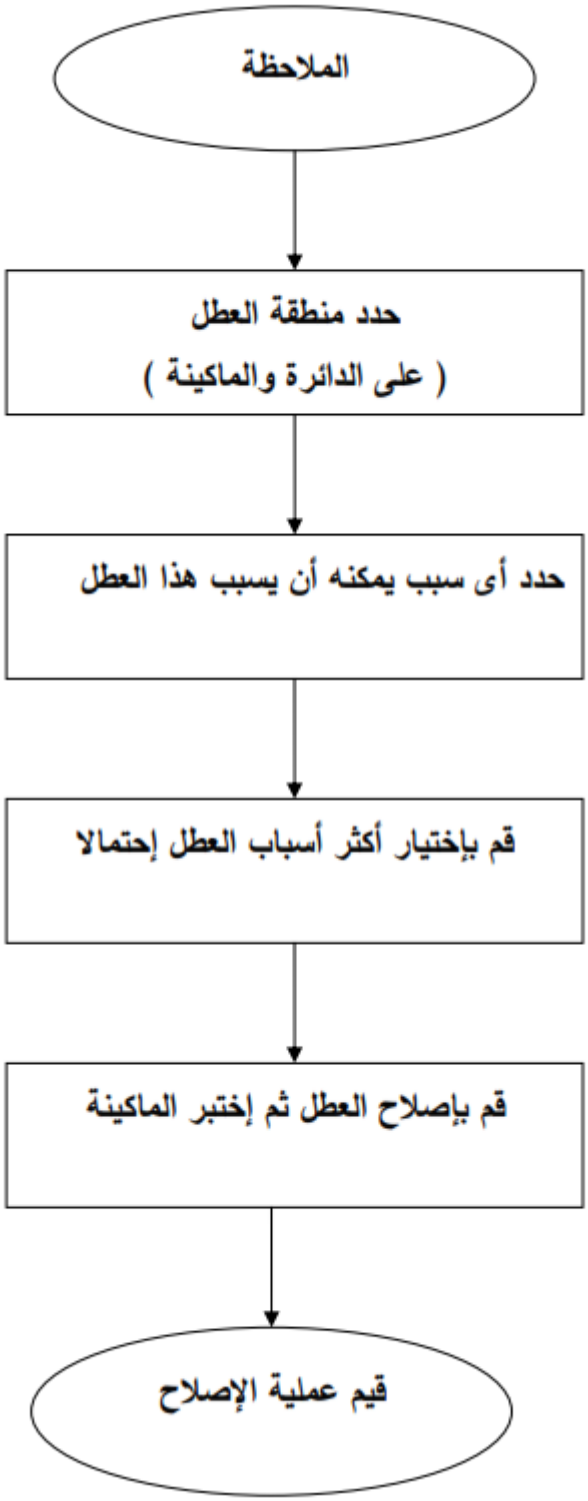
ملاحظة: كثير من عمليات إصلاح الأعطال تكون سلبية بسبب الأضرار التي يسببها الفني بنفسه وبالماكينة وبالمكان المحيط وهذا سببه الاستهتار بقواعد الأمن والسلامة والتي سيأتي ذكرها لاحقا.

٦- التقييم

بعد الانتهاء من تنفيذ خطوات إصلاح العطل لا يعنى أن المهنة قد انتهت ولكن عليك بمتابعة دائمة ودورية للجزء الذي تم إصلاحه للتأكد من عدم ظهور أي آثار جانبية لعملية الإصلاح بعد فترة ولقياس كفاءة الجزء الذي تم إصلاحه هل يجعل الماكينة تعمل بنفس الكفاءة السابقة التي كانت تعمل بها قبل إصلاح العطل أم لا.

ملاحظة: أغلب الأعطال المتكررة يكون سببها عدم متابعة الماكينة بجدية بعد إصلاح العطل.

يمكن وضع الخطوات الفعالة لإصلاح الأعطال كما في الرسم التالي.


الملاحظة
حدد منطقة العطل
(على الدائرة والماكينة)
حدد أى سبب يمكنه أن يسبب هذا العطل
قم بإختيار أكثر أسباب العطل إحتمالا
قم بإصلاح العطل ثم إختبر الماكينة
قيم عملية الإصلاح

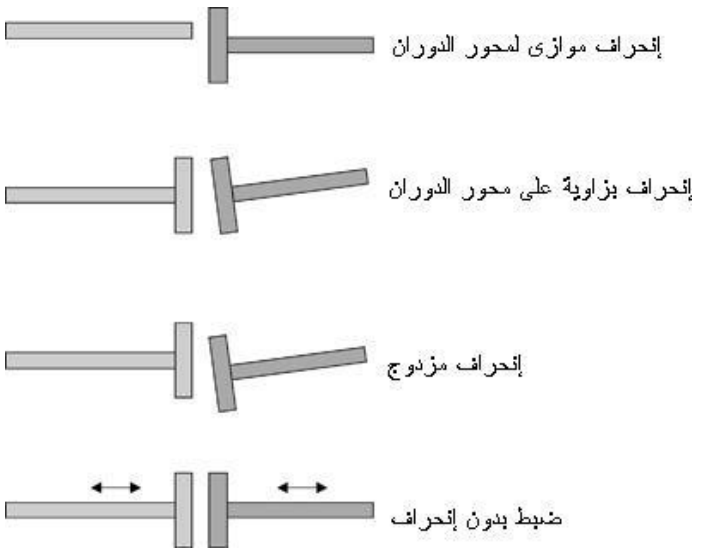
الأعطال الميكانيكية

تتركز الأعطال الميكانيكية في منطقتين الأولى هي منطقة الأجزاء الميكانيكية (التي تشمل جميع الأجزاء المعدنية الثابتة والمتحركة) والثانية هي منطقة دوائر التحكم الهيدروليكية والنيوماتيكية (التي تشمل المضخة والتنك والفلتر والخراطيم وصمامات الضغط والاتجاه والتدفق والأسطوانات المكبسية والمواتير الهيدروليكية.

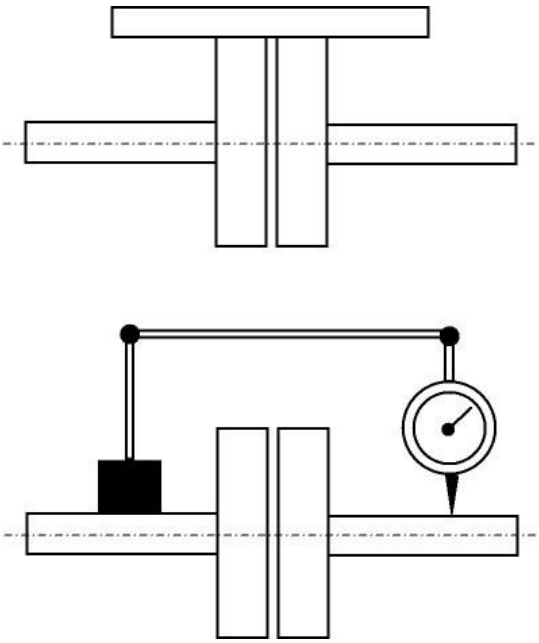
الأعطال الميكانيكية الشائعة:

***1.* كسر أو ثنى بأعمدة الدوران.**

سببه: وجود انحراف في ضبط كوبلن الموتور مع كوبلن عمود دوران المخرطة أو الماكينة فيؤدى إلى ثنى أو كسر العمود مع السرعات العالية. الشكل المقابل يوضح الأوضاع الثلاثة الخاطئة في ضبط الكوبلن والوضع الرابع هو الصحيح ويمكن ضبط استقامة الكوبلن باستخدام مسطرة مستقيمة (الطريقة التقليدية) أو باستخدام ساعة الضبط (الانديكيتور) التي تكون دقتها بالميكرون وهذا هو الأفضل كما هو موضح بالشكل.

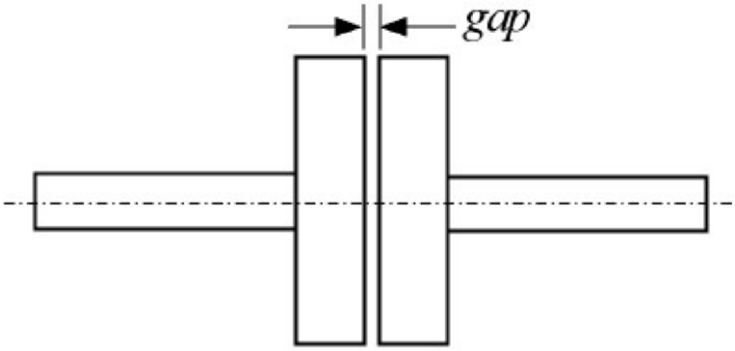


الأوضاع الخاطئة لأعمدة نقل الحركة مع الموتور



الطرق الصحيحة لضبط الكوبلن

ملاحظة: عند ضـبط الكوبلن يجب مراعاة شـرطين الأول يجب أن يكون الضـبط على أربع نقاط للكوبلن (أي عند كل *90*°) والثاني أن يكون الخلوص (*gap*) بين طرفي الكوبلن يتراوح ما بين *3-5* مم كما هو موضـــح بالشكل.



الخلوص بين سطحين الكوبلن

70% من الأعطال الميكانيكية للأجزاء المتحركة أو الدوارة سببها عدم ضبط استقامة كوبلن الموتور (مصدر الحركة) مع كوبلن عمود الدوران الرئيسي للماكينة أو كوبلن صندوق التـروس لأن أي نـسبة انحراف أو خطأ في الضبط ولو بالميكرون تتحول إلى قوة ثنى كبيرة مع السرعات العاليـة (*1500-3500* لفة/دقيقة) تكفى لثنى أو كسر العمود في دقائق.

٢- سماع ضجيج مرتفع لأعمدة الدوران.

سببه: تلف كرسي التحميل (الرولمان بلى) نتيجة سوء ضبط كوبلن الموتور مع كوبلن العمود. ينتج عنه عدم استقامة في طول العمود فيؤدى لحدوث ضوضاء ناتجة عن الدوران الاضطراري للعمود ثم يؤدى إلى فرط الرولمان بلى وبالتالي يجب استبدال الرولمان بلى ثم ضبط الكوبلن.

ملحوظة: إن تم ضبط الكوبلن بدون استبدال كرسي التحميل التالف فسوف يؤدى هذا لحدوث انحراف لأعمدة الدوران والعكس إن تم استبدال البلى التالف بدون إعادة ضبط الكوبلن فسوف يتلف البلى مرة أخرى.

٣- حدوث تآكل بالأجزاء المعدنية الدوارة.

سببه: ضعف التزييت للأجزاء المعدنية التي تتعرض للاحتكاك المستمر لذلك يفضل استخدام طريقة تزييت مركزية لجميع الأجزاء المعدنية كما هو موضح بالشكل. وتتميز هذه الطريقة بقدرتها على تزييت الأجزاء التي تبعد عن بعضها على عكس طريقة التزييت القديمة التي كانت تعتمد على غمر الأجزاء المعدنية بالزيت فقط ويمكنها أيضا إجراء أكثر من عملية تزيت لأكثر من ماكينة.

في الشكل الآتي لماكينة التزييت المركزي تمثل هذه الأرقام الآتي:

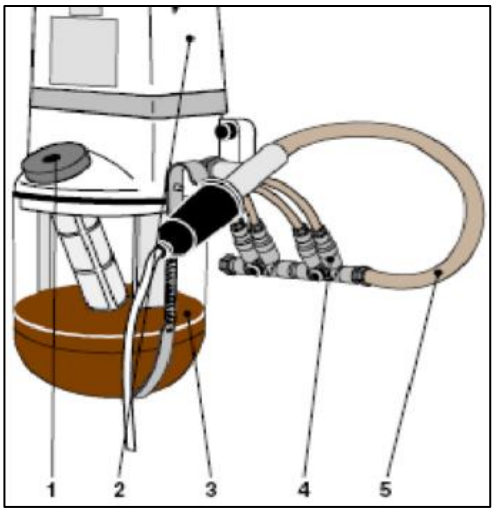
(١) فتحة لملأ الزيت

(٢) مضخة سحب الزيت

(٣) خزان الزيت

(٤) موزع الزيت

(٥) أحد فروع توزيع الزيت



وحدة تزييت مركزيه

٤- حدوث تآكل بالجسم الداخلي لمضخة الزيت.

سببه: الشوائب الموجودة بالزيت الناتجة عن احتكاك الأجزاء المعدنية الداخلية للصمامات معا والتي تكون مثل حبيبات الرمل

علاجه: إجراء اختبار بيان صلاحية للزيت والتأكد من نظافة فلتر تنقية الزيت من الشوائب حيث يوجد دائمـــا في خزانات الزيت فيلتر عند خط طرد الزيت (لتنقية الزيت الراجع من داخل الخـراطيم والـصمامات) ومصفاة عند خط سحب المضخة لتنقية الشوائب المتبقية كما هو في الشكل المقابل.

أشكال مرشحات الزيت

الأعطال الهيدروليكية الشائعة:

***1.* المنجلة لا تمسك الشغلة بقوة كافية.**

السبب: الضغط بالدائرة ضعيف

أسباب ضعف أو عدم وجود الضغط بالدائرة الهيدروليكية

- المضخة تدور بالاتجاه الخاطئ بسبب عكس خراطيم السحب والطرد أو عكس أحد فازات التيار الكهربي الداخلة للموتور الكهربي.

- صمام تصريف الضغط غير مضبوط بسبب طول فترة استخدامه فيتم ضبطه على قيمة ضغط أعلى من السابق لتعويض الفاقد.
- المضخة غير مضبوطة على معدل التدفق المطلوب (للمضخات قابلة الضبط).
- وجود انسداد في خط سحب المضخة نتيجة لكثرة الشوائب وضعف كفاءة المصفاة لذلك يجب تنظيف المصفاة باستمرار بواسطة المذيبات العضوية المضادة للأكسدة أو بالهواء المضغوط الخالي من الرطوبة وبخار الماء والأتربة وممنوع تماما غسل المصفاة بالماء حتى لا يحدث صدأ بالمصفاة.

ملحوظة: إذا تم ملاحظة أي نسبة صدأ بسيطة أو تآكل بالمصفاة يجب استبدالها فورا ولا يتم إصلاحها.

- مستوى الزيت بالخزان منخفض ويفضل أن يكون مستوى الزيت بالخزان أعلى من فتحة السحب بحوالي *20* سم.
- • لزوجة الزيت مرتفعة وهذا بسبب انخفاض درجة الحرارة أو أن الزيت لزوجته الأصلية مرتفعة.

ملحوظة: في حالة وجود الزيت الأصلي المناسب للماكينة نقوم بتشغيل مضخة الزيت لفترة حتى يتم تدوير الزيت بالخزان ويكتسب طاقة حرارية نتيجة الحركة المستمرة أما في حالة وجود زيت جديد عالي اللزوجة فيجب تغييره فورا لأنه لن يكون ملائم مع فتحات المصفاة ففي الشكل السابق لمرشحات الزيت يكون مقاس فتحة المصفاة *25* ميكرون ولا تسمح بمرور الزيوت عالية اللزوجة.

2. حدوث انفجار لضغط الزيت بالخراطيم.

سببه: عدم فتح صمام تصريف الضغط عند القيمة المضبوط عليها نتيجة وجود شوائب تسببت في انحشار سوستة الصمام فيزداد الضغط لأقصى قيمة يمكن أن تتحملها الدائرة ثم يخرج الزيت من أضعف نقطة بالدائرة وهي الخراطيم.

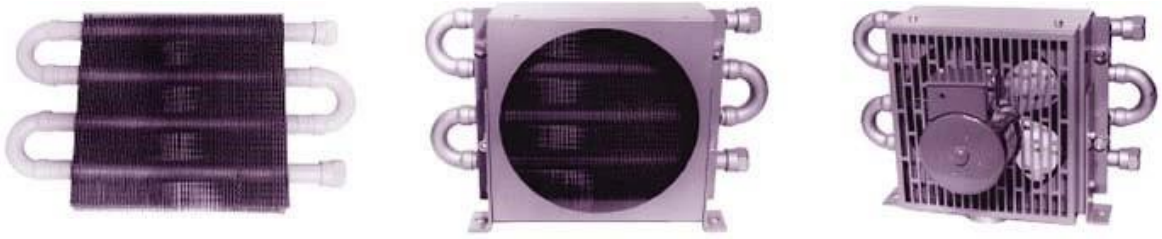
3.وجود تسريب للزيت عند فتحات الخراطيم والصمامات.

سببه: السبب الأول هو أن يكون خرطوم أو فتحة الصمام يحتاج للربط أو التغيير والسبب الثاني أن ارتفاع درجة الحرارة تسببت في انخفاض لزوجة الزيت وبالتالي يحدث تسرب للزيت حتى بدون وجود عيوب للتسريب في الخراطيم والصمامات.

ولمعرفة ما هو السبب نكون بحاجة لقياس درجة حرارة الزيت بصفة مستمرة عن طريق ترمومتر قياس درجة حرارة. فإذا أعطى الترمومتر القراءة المناسبة لدرجة حرارة الزيت نقوم بفك الخرطوم أو الصمام الذي به تسريب ونجري له اختبار فحص على ماكينة أخرى (تحتوي على زيت له نفس درجة الحرارة العادية للماكينة الأخرى) للتأكد من أن مصدر الخلل هو الخرطوم أو الصمام.

ملاحظة: السبب الرئيسي في زيادة درجة حرارة الزيت مهما زادة أو قلة الفترة الزمنية لتشغيل الماكينة هو سوء عملية التبريد أو قلة أنواعها فبعض الماكينات لا تكتفى بمبرد واحد لتقليل درجة حرارة الزيت وبعضها

يستخدم أكثر من طريقة للتبريد في الماكينة الواحدة. الشكل التالي يبين الطرق المختلفة والمستخدمة في عملية التبريد.



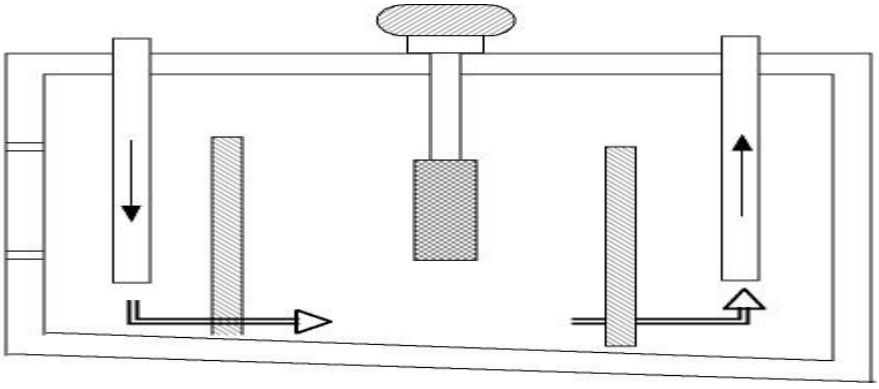
أشكال مبردات الزيت

***4.* صدور ضجيج عالي من المضخة.**

سببه: هذا الضجيج الصادر من المضخة ناتج عن وجود أو دخول هواء بالزيت الهيدروليكي وهذا يسمى بظاهرة التكهف.

الأسباب التي تؤدى لحدوث ظاهرة التكهف وكيفية علاجها:

- انسداد مصفاة خط السحب نتيجة الشوائب المتراكمة مما يؤدى لحدوث فراغ هوائي قم بغسل المصفاة بمذيب عضوي مناسب أو هواء مضغوط كام بينا من قبل.
- قطر خط السحب صغير ولا يستوعب كمية الزيت الكبيرة التي تحتاجها المضخة.
- قم بتركيب خرطوم ذو قطر أكبر نسبيا يتناسب مع حجم سحب المضخة.
- وجود التواءات كثيرة في خط السحب مما يؤدى لحدوث فراغ متكرر
- تجنب استخدام الخطوط متعددة الالتواءات ولو اضطررت لاستخدامها فليكن الالتواء غير حادة حتى لا تسبب دوامات مملؤة بالهواء
- خط السحب طويل أكثر من اللازم فيسبب وجود مساحات كبيرة فارغة مملؤة بالهواء.
- اجعل خط سحب المضخة قريب من خزان الزيت وعلى مسافة أفقية بقدر المستطاع
- درجة حرارة الزيت منخفضة فيؤدى هذا لتجمد الزيت وتجمعه في مناطق متفرقة تاركا بينها مسافات بينية مملؤة بالهواء.
- تأكد من سلامة سخان الزيت وتأكد من درجة حرارة الزيت المناسبة قبل تشغيل الماكينة.
- مستوى الزيت بالخزان منخفض.
- في شكل الحزان بالرسم توجد علامتان لتحديد مستوى الزيت بالخزان فالعلامة العلوية يجب ألا يرتفع مستوى الزيت بالخزان فوقها والعلامة الثانية يجب ألا يقل مستوى الزيت عنها.



خزان الزيت الهيدروليكي

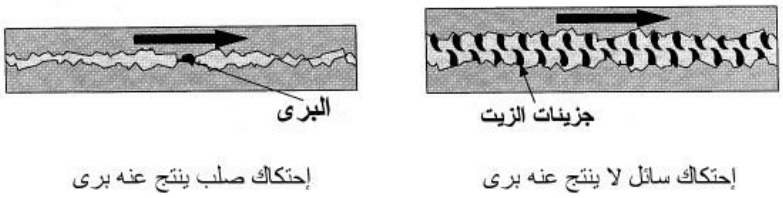
- خط طرد الزيت داخل الخزان أعلى من مستوى الزيت بالخزان مما يسمح بتكون فقاعات من الهواء داخل الزيت أثناء سقوط الزيت الراجع من أعلى لأسفل.
- يجب أن تكون فتحة الطرد مغمورة تحت سطح الزيت بمسافة 25 سم تقريبا.
- وجود تسريب بمانع التسريب (أويل سيل) يسمح بدخول الهواء داخل الزيت. يتم تغيره فورا مع الحرص على استخدام مانع تسريب يتناسب مع صفات الزيت المستخدم.
- منفث الهواء لا يعمل بكفاءة أو لا يستوعب كمية الزيت كاملة.

ملحوظـــة: يحتوي أي زيت في ظروف الجو العادية على فقاعات هواء بنسبة 9% لذلك نضع منفـــث هـــواء بخزان الزيت كما هو موضـح بشـكل الخزان السـابق حيث يكون مغمور بالزيت ليفصـل وينفس فقاعات الهواء الموجودة داخل الزيت ثم يقوم بإخراج الهواء المحبوس إلى الخارج.

- وجود مسامات بالخراطيم تسمح بدخول الهواء للزيت.
- يجب التأكد من استخدام الخراطيم عالية العزل والمطابقة للمواصفات الصناعية.

وظيفة الزيوت والشحومات:

١. تقليل الاحتكاك (البري) بين الأجزاء المعدنية المتحركة معا.
٢. تقليل الحرارة (التبريد) الناتجة عن السرعات العالية للأجزاء المعدنية الدوارة مثل صناديق التروس والرولمان بلى.



أهمية الزيت والشحم في تقليل الاحتكاك بين الأجزاء المعدنية

أنواع الزيوت:

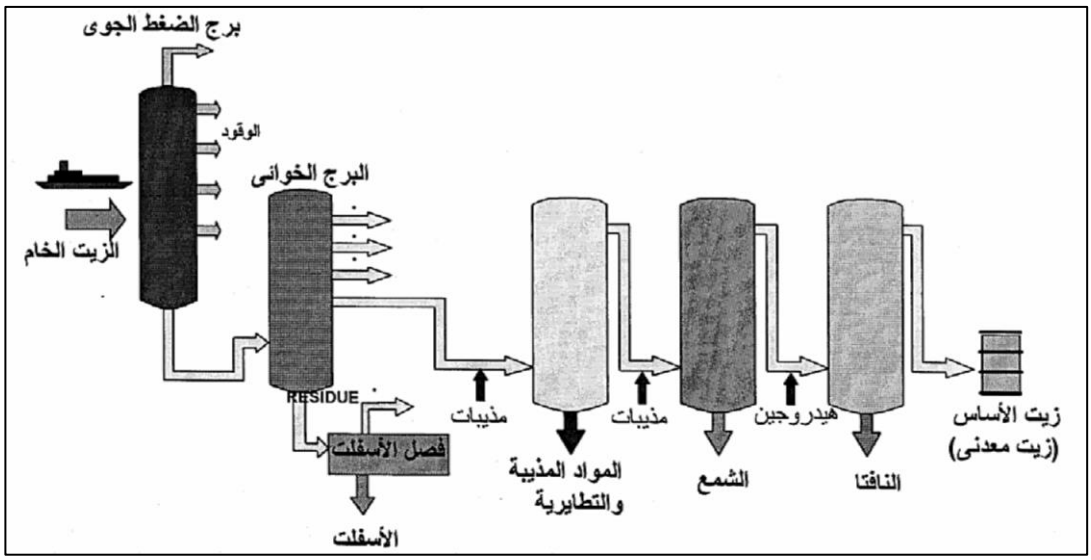
يتم تصنيف الزيوت بطريقتين الطريقة الأولى يتم تقسيم الزيوت فيها بناء على طريقة التصنيع والطريقة الثانية يتم تقسيم الزيوت فيها بناء على الغرض الدى سوف تستخدم له وتصنيف النوعان كما يلي.

أنواع الزيوت من حيث طريقة التصنيع:

تنقسم الزيوت من حيث طريقة تصنيعها إلى نوعان زيوت معدنية وزيوت تخليقيه.

١. الزيوت المعدنية:

طريقة التصنيع: يتم إنتاجها في أبراج تقطير الزيت كالموضح بالشكل.



أبراج تقطير الزيوت

خصائصها: *1*

١- لها نفس خصائص الزيت الخام المستخدم في عملية التقطير.

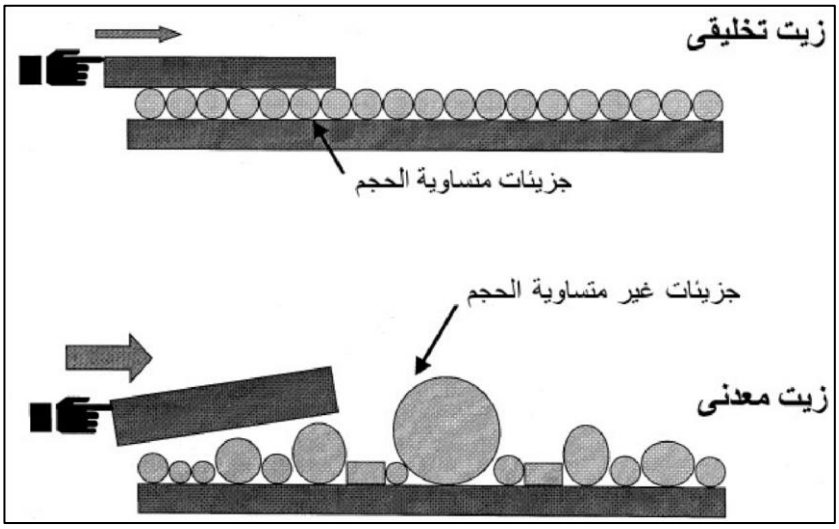
٢- تحتوى على شوائب لا يمكن فصلها في أبراج التقطير.

٢. الزيوت التخليقية:

طريقة تصنيعها: يتم تصنيعها كيميائيا بواسطة استخدام ذرات الكربون والهيدروجين

خصائصها: نتيجة للمعالجة الكيميائية تكون جميع خصائصه محسنة ويتصف بالخصائص التالية:

١. لا يحتوي على شوائب وجميع جزيئاته متساوية الحجم فتعطى حركة أسهل للأجسام الصلبة كما في الشكل المقابل.



الفرق بين جزيئات الزيت التخليقي والمعدني

٢. يصنع من أنواع زيوت مختلفة للاستخدامات المختلفة.

٣. معامل اللزوجة أعلى من الزيوت المعدنية.

٤. مقاومته عالية ضد الأكسدة.

٥. يتحمل درجات حرارة عالية.

٦. له نسبة تطاير أقل من الزيوت المعدنية.

٧. له فترة تشغيل أطول من الزيوت المعدنية.

٨. يوفر في طاقة التشغيل المستخدمة.

أنواع الزيوت من حيث الاستخدام:

يتم تقسيم الزيوت من حيث الاستخدام الصناعي إلى أربعة أنواع:

- زيوت الهيدروليك
- زيوت التروس

- زيوت الهواء المضغوط
- زيوت قطع وتشغيل المعادن

الجدول التالي يوضح الخصائص المطلوب توافرها في كل نوع وكيفية تحقيق هذه الخصائص.

نوع الزيت	الخصائص المطلوب توافرها	كيفية تحقيق هذه الخصائص
زيت الهيدروليك	١. تحمل درجات الحرارة ٢. المحافظة على الأجزاء المتحركة ٣. سرعة الفصل عن الماء ٤. طرد الهواء ٥. المحافظة على الخصائص الداخلية للأسطوانات والصمامات وغيرها	١. مقاوم الأكسدة ومحسنات اللزوجة ٢. مقاومة البري ٣. مقاومة الاستحلاب ٤. مقاومة الرغاوى ٥. اختيار نوع زيت متوافق كيميائيا مع نوع المادة الصناعية للجوانات والخراطيم والدهان الداخلي لجدار خزان الزيت.
زيت صناديق التروس	١. تحمل درجات الحرارة ٢. تحمل الضغوط والأحمال العالية ٣. سرعة الفصل عن الماء ٤. الحفاظ على أجزاء التروس ٥. مقاومة الرغاوى الناتجة عن سرعة تقليب وتدوير الزيت	١. مقاوم الأكسدة ومحسنات اللزوجة ٢. مقاومة الضغوط العالية (EP) والبري ٣. مقاومة الاستحلاب ٤. مقاوم الصدأ والأكسدة ٥. مقاوم تكون الرغاوى
زيت الهواء المضغوط	١. تحمل درجات الحرارة ٢. الحفاظ على الأجزاء الدوارة ٣. سرعة الفصل عن الماء ٤. الحفاظ على الأسطح المعدنية	١. مقاوم الأكسدة ومحسنات اللزوجة ٢. مقاوم البري ٣. مقاومة الاستحلاب ٤. مقاوم الصدأ والتآكل
زيت قطع المعادن	١. قدرة الخلط مع الماء ٢. منع تون الروائح الكريهة ٣. منع تكون الصدأ	١. إضافة مثبت الاستحلاب ٢. مقاوم الباكتيريا ٣. مقاوم تكون الصدأ

<u>زيوت التبريد المستخدمة أثناء تشغيل المعادن (قطع - كشط – خراطة – ثقب)</u>

١ - زيوت غير مخلوطة.

٢ - خليط من نوعين أو أكثر.

٣ - خليط من الماء والزيت القابل للذوبان في الماء.

عند اختيار زيوت التبريد يجب أن تتصف بمميزات الإضافات التالية:

١. **مقاومة البري *Anti-wear*:** وهو عبارة عن غشـــاء عالي اللزوجة يقوم بمنع الاحتكاك المباشـــر بين الأسطح المعدنية.

٢. **تحمل الضــغط العالي *Extreme pressure*:** تعمل على مقاومة الضــغط العالي الناتج عـــــن التحام سطحيين معدنيين معا.

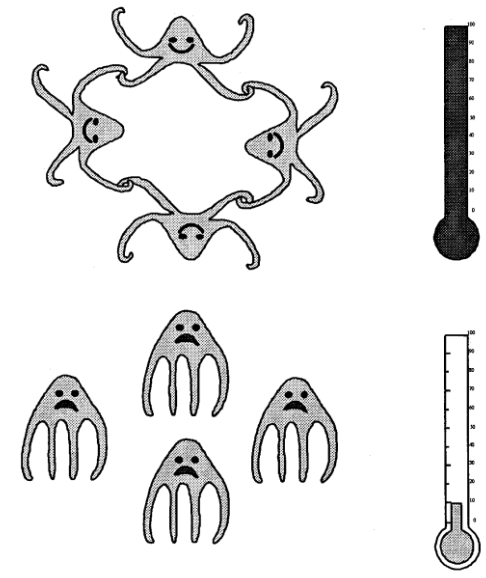
٣. **المنظفات *Detergents*:** تقوم بفصل الشوائب عن الأسطح المعدنية

٤. **المشـتتات:** هي إضـافة مماثلة للمنظفات ولكنها تمنع التصـاق الشـوائب بالأسـطح المعدنية فتمنع انسـداد المجاري وفتحات الزيت الدقيقة

٥. **مقاوم الأكســـدة *Anti-oxidants*:** تقاوم تكون الأحماض والأكاســـيد في الزيت في درجات الحرارة العالية وعند وجود الأكسجين.

٦. **مقاوم الصدأ والتآكل *Rust/corrosion inhibitors*:** تنجذب الإضافة نحو الـــــسطح المعدني ويبقى جزء منها عالق في الزيت والجزء الآخر لاصق بالسطح.

٧. **محســـنات معامل اللزوجة *Viscosity index improves*:** تقوم بمقاومة تغير اللزوجة الناتج عن التغير في درجات الحرارة فعند ارتفاع درجة الحرارة تتمدد جزيئات الإضـــافة لتقاوم انخفاض اللزوجة وعند انخفاض درجة الحرارة تنفصل جزيئات الإضـافة عن بعضـها لتسـهل عملية سـريان الزيت فـــلا تزيد اللزوجة والشكل التالي يبين هذه العملية.



إضافة محسنات معامل اللزوجة

٨. **مقاومة الاستحلاب:** تقوم بفصل الماء عن الزيت

٩. **مقاومة تكون الرغاوى:** تقوم بطرد فقاعات الهواء سريعا من الزيت

أنواع طرق التزييت المستخدمة:

التزييت السائلي: يتم فيه ضخ الزيت المستخدم في عملية التزييت بضغط مناسب وينقسم لتزييت هيدروستاتيكى وهيدروديناميكى والمثال التالي يوضح الفرق بينهما.

التزييت الهيدروستاتيكى: هو التزييت أثناء سكون الجسم الصلب أو في بداية حركته أو خلال حركته البطيئة وتطبق هذه الطريقة في تزييت كراسي الأعمدة للتوربينات البخارية الكبيرة وكذلك كراسي الدفع الجانبي للتوربينات المائية الرأسية أثناء فترة بدء تشغيلها او دورانها بسرعة بطيئة أثناء تشغيلها إذ أن ضغط الزيت يكون موجودا حتى أثناء توقفها.

التزييت الهيدروناميكى: يعتمد على حركة الأجسام لإتمام عملية التزييت بدلا من استخدام المضخة في ضخ الزيت ومثال ذلك عند دوران الأعمدة على كراسي التحميل يكون هناك خلوص مسموح به بين عمود الدوران والكرسي ويكون شكله لا مركزي ولذلك يخلق غشاء زيت مدبب (*Oil wedge*) في منطقة تحميل الكرسي فعند دوران العمود يدفع الزيت للانحسار في الشكل المدبب فيزداد ضغط الزيت في هذا المكان حتى تزداد سرعة الزيت للمرور خلال الخلوص البسيط بين العمود والكرسى وهذا الضغط يبقى لحفظ الأسطح المتلامسة منفصلة عن بعضها أثناء دوران الكرسي ومن ثم كلما ارتفعت لزوجة الزيت أو سرعة عمود الدوران ارتفع ضغط الزيت بالكرسي وبالتالي القدرة على تحمل الأحمال العالية.

وظروف التزييت الهيدروديناميكى تطبق على التروس مثل الكراسي فالحركة الانزلاقية للأسنان المتشابكة لجميع أنواع التروس تعمل على تكوين غشاء زيت هيدروديناميكى، ولكن بالقياسات وجد أن الأحمال التي تتعرض لها التروس أكثر عدة مرات من تلك المعروفة بالنسبة للتزييت الهيدروديناميكى (الحمل بين التروس المستقيمة العادية يصل إلى حوالي *5500* كجم / سم*2* كما يصل إلى *27000* كجم/سم*2* بالنسبة للتروس الهايبويد *Hypoid Gears*).

أنظمة تزييت التروس:

الغرض من التزييت:

١- حماية أسنان التروس من البري.

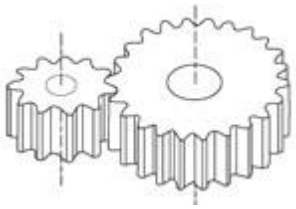
٢- التبريد أي حمل الحرارة الناتجة من الاحتكاك إلى خارج المجموعة.

٣- التقليل من الحرارة الناتجة عن احتكاك الزيت.

قبل أن نتكلم عن أنواع زيوت التروس وطرق تزييتها المختلفة يجدر بنا أن نذكر أنواعها وأشكالها وظروف تشغيلها حتى يسهل علينا اختيار الزيوت المناسبة لها وتحديد طرق استخدامها.

١. التروس المستقيمة:

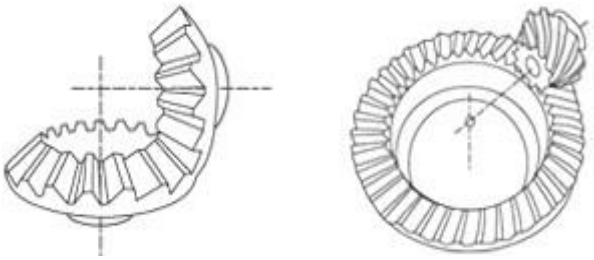
تعمل هذه التروس لنقل الحركة بين الأعمدة المتوازية التي تقع في مستوى واحد وظروف تشغيلها اعتيادية إذ أن الضغوط بين أسنان التروس ليست عالية بالدرجة التي تفوق عملية التزييت وتصلح هذه التروس للسرعات المتوسطة وحركة التروس تبدأ بانزلاق عند التشابك ثم دحرجة خالصة عند تلامس دائرة الخطوة وتنتهي بانزلاق مرة ثانية عند انفصال أسطح تشابك التروس أي أن الحركة هي خليط بين الانزلاق والدحرجة.



التروس المستقيمة

٢. التروس المخروطية المستقيمة والحلزونية:

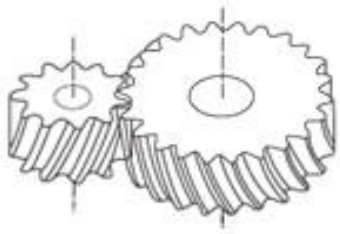
تعمل هذه التروس لنقل الحركة بين الأعمدة المتقاطعة بزاوية *90* ° وفى مستوى واحد والتروس المخروطية الحلزونية أقل صوتا وأكثر قدرة على تحمل الأحمال من التروس المخروطية المستقيمة وحركة التروس هنا هي خليط أيضا بين الانزلاق والدحرجة وإن كان معدل الانزلاق أكثر في التروس المخروطية الحلزونية وتصل الضغوط بين التروس الحلزونية إلى قمة عالية جدا مما يستلزم استخدام زيوت بها إضافات تتحمل أقصى ضغط.



التروس المخروطية والمستقيمة والحلزونية

٣. التروس المائلة:

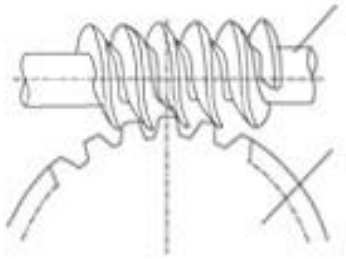
تختلف هذه التروس عن التروس المستقيمة من حيث شكل السن المقطوع إذ أنه مستقيم موازى لمحور الدوران في حالة التروس المستقيمة، ولكن مائل على محور عامود الدوران في التروس المائلة والتروس المائلة أقل صوتا من التروس المستقيمة وألين في التشغيل وتعمل في السرعات والأحمال العالية وتصل الضغوط بين هذه التروس إلى قيم عالية جدا مما يستدعى استعمال زيوت بها إضافات خاصة لتحمل مثل هذه الضغوط (أقصى ضغط متوسطة) وحركة التروس هنا هي خليط من الانزلاق والدحرجة أيضا مثل التروس المستقيمة.



التروس المائلة

٤. التروس البريمية :

تعمل التروس البريمية على نقل الحركة بين عامودين غير متوازيين وغير متقاطعين بزاوية 90° وحركة هذه التروس انزلاقية صرفه وتستعمل في تخفيض السرعة بنسبة عالية (بعض الآلات الصناعية والمحور الخلفي لبعض الشاحنات)



التروس البريمية

٥. التروس الهيبويد:

هذا النوع من التروس له قدرة كبيرة على تحمل الضغوط العالية وتستعمل في المحور الخلفي للسيارات الحديثة وتعمل على نقل الحركة بين الأعمدة المتقاطعة بزاوية 90° ولكن ليس في نفس المستوى، الأمر الذي يؤدى إلى تخفيض مركز نقل السيارات ومن ثم تقليل فرص تعرض السيارات للانقلاب. والحركة هنا دحرجة بالإضافة على سرعة انزلاق عالية وتعمل ظروف التحميل الشاقة لهذه التروس (ظروف أقصى ضغط) بالإضافة إلى سرعة الانزلاق العالية إلى إتلاف واهلاك غشاء التزييت، وعليه يجب استعمال زيوت لها قدرة عالية على تحمل الضغوط القصوى.

التروس الهيبويد

طرق تزييت التروس:

التروس المكشوفة:

عند استخدام زيت أو مركب لتزييت التروس المكشوفة تغطى أسطح أسنان التروس بكمية صغيرة من مادة التزييت بواسطة فرشة حتى لا تتسخ الأجزاء المجاورة للتروس. أما في حالة استخدام شحم لتزييت التروس المكشوفة، تستعمل اليد في توزيع الشحم على أسطح أسنان التروس. وفى بعض الأحيان تستخدم طلمبة لتزييت التروس ميكانيكيا وذلك بدفع كمية محدودة من مادة التزييت على مكان تشابك أسنان التروس بمعدل ثابت.

١. التروس المغلقة:

إن زيت التزييت في التروس المغلقة يكون في حالة استعمال دائم ولذا وجب أن يكون الزيت ذو درجة لزوجة مناسبة لظروف تشغيله ولها ثبات كيميائي ضد التأكسد وذو قدرة جيدة على الانفصال عن الماء وأن يكون غشاء متينا متماسكا ذو قدرة كبيرة على تحمل الحمل بين التروس المتشابكة.

٢. حمام الزيت.

في هذه الطريقة تغمر التروس إلى حد معين في حمام الزيت ويجب ألا تزيد السرعة المحيطة للتروس عن *2000* إلى *3000* قدم /دقيقة حتى يتمكن الترس من إلتقاط زيت التزييت وكذلك تجنبا لنثره نتيجة قوة الطرد المركزية. ويجب أن يكون مستوى الزيت في الحمام في نفس مستوى ارتفاع السن الأسفل حيث أن نقص مستوى الزيت عن ذلك الحد يؤدى إلى تزييت غير كامل وزيادة مستوى الزيت عن هذا الحد يؤدى إلى اضطراب الزيت في الحمام مما يزيد من احتكاك جزيئات الزيت وارتفاع درجة حرارته وتعرضه للأكسدة السريعة.

ويجب أن تكون سعة حمام الزيت مناسبة وإلا زادت سرعة دورة الزيت وبالتالي يقل عمر الزيت ويساعد حمام الزيت أيضا على تبريد الأسطح المتلامسة لضمان الحصول على حرارة تشغيل مناسبة.

التزييت الجيري:

في هذه الطريقة يدفع الزيت بواسطة مضخة إلى مبرد لتبريده ثم يوجه الزيت بواسطة رشاشات إلى أسنان الترس المتشابكة. وتستخدم طريقة التزييت الجيري عندما تزيد السرعة المحيطة بالتروس عن *3000* قدم/ دقيقة وأحيان أخرى عندما يكون تبريد التروس ضروريا.

ويتواجد رشاش الزيت عند مدخل تشابك التروس إذا كان التزييت هو المراد أساسا أو عند مخرج تشابك التروس إذا كان التبريد هو المراد أساسا أو عند كل من مدخل ومخرج التروس المتشابكة إذا كان الغرض هو التزييت والتبريد معا وفى معظم ظروف التشغيل تثبت رشاشات الزيت عند مدخل تشابك التروس.

مبادئ تزييت التروس:

تجرى عملية تزييت النوع المغلق بطريقة التناثر على أن يتيح مستوى الزيت في صندوق التروس لأطراف أسنان التروس السفلى بالانغماس فيه، وقد تستعمل طريقة التزييت الجيري (الدورة المغلقة) وفى هذه الحالة يرش الزيت على أسنان التروس عند مواقع تشابكها وتستمر دورة الزيت بالضخ إما مباشرة من قاع صندوق التروس أو عن طريق خزان زيت منفصل.

١. يصلح التزييت بالتناثر عندما يكون معدل سرعة التروس معتدل لتجنب تقلب الزيت الشديد مما يقلل من القوة المنقولة ويرفع درجة حرارة الزيت وتمتاز طريقة التزييت بالدورة المغلقة بتخفيض معدل التقليل للتزييت كما أن تركيب مبردات في مجموعة تزييت تساعد أيضا على خفض درجة حرارة الزيت وتقليل معدل تأكسد وفساده. وتستخدم هذه الطريقة عموما في مجمعات التروس التي تنقل قوة كبيرة وتدور بسرعات محيطة عالية جدا.

٢. في حالة تزييت التروس بطريقة التناثر يجب ألا يكون مستوى الزيت مرتفعا إلى حد كبير وإلا حدثت قلب للزيت وارتفاع في درجة حرارته ويتراوح مدى انغماس سن الترس السفلى في الزيت عموما من١ إلى١,٥ ارتفاع السن السفلى ويتوقف ذلك على حجم الترس.

ينبغي تجنب استعمال الشحوم في مجموعات التروس المغلقة إلا في حالات استثنائية وذلك لميلها إلى التجمد، فتترك آن ذاك الأسنان جافة لاحتمال انفصال عناصر الشحم وتكون رواسب نتيجة للظروف الموجودة داخل صندوق التروس، أضف إلى ذلك أن الاحتكاك في شحوم التزييت أعلى منه في الزيوت ذات اللزوجة المناسبة كما أن الشحوم ليس لها قدرة للتبريد مثل الزيت المعدني. وعلى كل حال قد يكون من الضروري استعمال شحم في بعض صناديق التروس المتوسطة السرعة أو البطيئة حيث يكون الصندوق غير محكم الغلق مما يسمح لمادة التزييت بالتسرب خارج الصندوق مما قد ينتج عنه فقد لمادة التزييت كما أن الزيت المتسرب قد يفسد بعض أجزاء الآلة المجاورة لصندوق التروس (عوازل ملفات المحركات الكهربائية مثلا) ومن ثم نجد أن الشحم أقل ميلا للتسريب في مثل هذه الأحوال.

اختيار زيوت التروس:

١- زيوت التروس المكشوفة:

هذه التروس تكون عموما من النوع المستقيم أو المخروطي، وعادة تزييت أو تشحم أسنانها باليد ويحتاج الأمر إلى نوع خاص من الزيت أو الشحم ذي خاصية التصاق كبيرة وذلك لكي يمنع تناثره وتساقطه من الأسنان (شحوم شال ريتناكس س د أو شحم شل ميتيلس أ، مركبات أو سائل شل كرديام أ، س، د، ج، ه ـ)

زيوت التروس المغلقة:

٢- زيوت التروس المستقيمة والمائلة والحلزونية والمخروطية:

يتوقف نوع الزيت المستخدم لهذه التروس على تحميل أسنان التروس ومعدل سرعتها الخطية ويمكن القول عموما بأنه كلما زادت قوة معدن تروس أمكن زيادة حمولة الأسنان واحتياج الأمر إلى زيت أكثر لزوجة ومن الثابت عموما أيضا أنه كلما زادت سرعة التروس الخطية قلت حمولة الأسنان واحتياجاتها إلى زيت أقل لزوجة وعلى ذلك يكون من المستحسن عمليا استعمال زيت ذو درجة لزوجة منخفضة للتروس السريعة وهو أمر مرغوب فيه من ناحية التبريد وتقليل القوة المفقودة نتيجة للاحتكاك بالزيت. فالاحتكاك السائلي والحرارة الناتجة عنه يزداد كلما زادت سرعة التروس ولزوجة الزيت، ويفضل استعمال الزيوت المنخفضة اللزوجة أيضا لقابليتها على سرعة الانفصال عن الماء والشوائب غير الذائبة للأخرى وقلة قابليتها لتكوين الرغاوى.

تصلح الزيوت المعدنية الخالصة في الغالب للتروس من هذا النوع، أما في حالات تروس التوربينات وما يشبهها من معدات ذات السرعة العالية التي يستخدم فيها نظام التزييت الجبري فيوصى عموما باستعمال زيوت التوربينات ذات المقاومة العالية للتأكسد والصدأ وسرعة الانفصال من الماء، وفى حالة السرعة المتوسطة والبطيئة مثل تروس الآلات المشكلة من الصلب حيث يكون تحميل الأسنان عالي بدرجة غير عادية أو حيث تحدث زيادات مفاجئة في الحمل فان استعمال الزيوت المعدنية الخالصة قد يؤدى إلى زيادة معدل البرى ولا تستطيع أن تحول دون حدوث بعض الضرر في أسطح الأسنان المتشابكة وفى مثل هذه الظروف يوصى باستعمال زيوت تحتوى على إضافات تكسبها خصائص أقصى ضغط متوسط لتحمل زيادة الأحمال والمقاومة للبرى وليس من اللازم أن تكون لها خواص أقصى ضغط وهذه الظروف موجودة في التروس المستقيمة المائلة التي تستعمل في كثير من الآلات الصناعية.

زيوت أقصى ضغط (أ. ض) كقاعدة عامة ليست لازمة لهذه الأنواع من التروس إلا أنه قد يوصى بها لبعض التصميمات الخاصة للتروس مثل التروس المخروطية والحلزونية (بعض المحاور الخلفية للسيارات) حيث تكون ظروف تشابك الأسنان قاسية. وتكون الزيوت المستعملة لهذه الأنواع (زيوت شل فيتربه/ تيلس/ تربو / مكومه ر / أو ماله).

٣- زيوت التروس الهيبويد:

إن ظروف التزييت في تروس الهيبويد قاسية جدا نظرا لدرجة الانزلاق والتحميل العالية إذ تصل الضغوط في مثل هذه التروس إلى حوالي *30000* كجم / سم*2*.

تحت هذه الظروف القاسية لا تصلح الزيوت المعدنية الخالصة أو الزيوت من نوع أقصى ضغط متوسط إذ أن مثل هذه الزيوت تؤدى إلى تلف هذا النوع من التروس ومن ثم تستعمل زيوت خاصة من نوع أقصى ضغط

تحتوي على إضافات كيميائية (كبريت/ كلور/ فوسفور) تسمح تحت ظروف تشغيل التروس الهيبويد بتكوين غشاء كيميائي قوى سهل القص (نتيجة لتفاعل هذه الإضافات) يعمل على فصل أسطح الأسنان المتشابكة.

وتكون الزيوت المستعملة لهذه الأنواع (زيوت شل سبيراكس أ.ض، زيوت شل أو ما له).

٤- زيوت التروس البريمية:

يجرى تزييت هذه التروس عادة بطريقة التناثر، ونظرا لسرعة الانزلاق المرتفعة نسبيا بين أسنان التروس فإنها تدور بوجه عام في نطاق أعلى من الحرارة عن نطاق أنواع التروس الأخرى.

ولما كان ارتفاع درجة الحرارة عادة هو العامل الذي يحدد القوة التي يستطيع الترس البريمية أن ينقلها، كان من الضروري تخفيض الاحتكاك بين الأسنان بقدر المستطاع وذلك باستعمال أنواع من الزيوت المختارة بعناية فائقة من الزيوت الثقيلة نسبيا، وعموما فان اللزوجة المختارة يجب أن ترتبط بسرعة الترس. (تقل اللزوجة بزيادة السرعة).

ويفضل عادة استخدام الزيوت المعدنية الخالصة في هذا النوع من التروس، إلا أن الزيوت المركبة نظرا لقدرتها الفائقة على التزييت لما لها من خواص دهنية عالية تفضل عليها في حالات التحميل العالية جدا بالرغم من قلة تثبيتها الكيميائي وسرعة تغيرها. وتكون الزيوت المستعملة لهذه الأنواع الزيوت المعدنية الخالصة مثل (زيوت شل فلفاته وزيوت شل نسبة أو مركبة مثل شل فلفاته ق).

اختبارات زيوت التروس لتحديد صلاحيتها:

١- اللزوجة:

يجب ألا تزيد لزوجة الزيت المستعمل عن *20%* من لزوجة الزيت الجديد حيث أن زيادة اللزوجة تعنى حدوث أكسدة شديدة بالزيت أو زيادة معدل تلوثه.

٢- نسبة الرواسب بالطرد المركزي " عند *70°* ":

وذلك لتحديد نسبة المواد الملوثة للزيت والتي يجب ألا تزيد عن *2* %.

٣- نسبة الماء:

يجب ألا تزيد نسبة الماء في الزيت عن *1: 5* إذ أن الماء يزيد من معدل تأكسد الزيت وزيادة صدأ أجزاء التروس ونقص كفاءة التزييت.

٤- نسبة الرصاص:

تحتوي الزيوت من نوع أقصى ضغط متوسط على إضافات خاصة أساسها الرصاص ونقص الرصاص يعنى انخفاض أداء هذه الزيوت ومن ثم يجب تحديد نسبة الرصاص إذ أنها لو انخفضت عن *6.0* % تعنى زوال

فاعلية هذه الإضافات والزيت الجديد عموما تكون فيه نسبة الرصاص حوالي *13.1*% (زيوت شل مكومة ر) أما بالنسبة لزيوت (شل) أو (ماله) فلا يسرى عليها هذه الاختبارات

متاعب تزييت التروس:

(أ) إزالة المياه والرواسب:

تختلط الزيوت في مجموعات التزييت المركزية الكبيرة بالماء والملوثات الأخرى مثل الأتربة وقشور المعادن الدقيقة وهذا يؤدى بطبيعة الحال إلى زيادة معدل البري ويمكن التخلص من هذه الملوثات بإحدى الطرق الآتية:

١- تسخين الزيت في صهريج المجموعة المركزية حتى *70*°م ثم يترك لكي تترسب المياه والرواسب الصلبة.

٢- الترشيح بطريقة الطرد المركزي في درجة حرارة *70*°م.

٣- في حالة وجود مستحلب ثابت من الزيت والماء تضاف نسبة لا تزيد عن *1*% من كبريتات الأمونيا مع تسخين الزيت حتى *50*°م لكسر المستحلب الثابت وفصل الماء عنه.

٤- في حالة عدم صلاحية الطرق السابقة يسخن خزان الزيت لدرجة حرارة عالية ولكن لأقل من الدرجة التي يحدث فيها فوران للزيت وهكذا يمكن التخلص من الماء.

(ب) الضوضاء:

تحدث نتيجة لعدم التصميم السليم أو التركيب الخاطئ أو التشغيل السيء أو استعمال تروس غير مشغلة تشغيلا جيدا ويجب الكشف على التروس في حالة زيادة الضوضاء.

(ج) الرغاوى:

تحدث الرغاوى في صندوق التروس لأحد الأسباب الآتية.

١- زيادة مستوى الزيت يؤدى إلى زيادة معدل الرغاوى.

٢- بعض أنواع من الإضافات قد تسبب زيادة الرغاوى.

٣- وجود المياه قد يسبب حدوث الرغاوى وخصوصا عند التشغيل في درجات حرارة عالية.

وتؤدى الرغاوى إلى هروب الزيت ونقص كفاءة التزييت.

(د) زيادة لزوجة الزيت.

زيادة اللزوجة تعنى نقص كفاءة الزيت والتبريد وتحدث زيادة لزوجة الزيت لأحد الأسباب الآتية:

١- التلوث أو الاختلاط بزيت أكثر لزوجة.

٢- التلوث أو الاختلاط بالماء أو الشوائب.

٣- زيادة معدل أكسدة الزيت أثناء الاستعمال.

(هـ) نقص قوة التصاق الزيوت الثقيلة:

ويحدث ذلك غالبا بسبب عدم تنظيف التروس جيدا قبل استعمال الزيت الثقيل وذلك بالنسبة للتروس المكشوفة.

ما هو الشحم؟ الشحم هو تكوين صلب أو نصف سائل نتيجة لتشتيت مادة مثخنة القوام في زيت التزييت.
ويمكن تشبيه الشحم بالإسفنجة التي تحمل ماء فالشحم ما هو إلا مادة تحمل كمية من الزيت مثل الإسفنجة تماما فكلما حدث ضغط أو قص في الشحم انساب الزيت من المادة ليؤدي عملية التزييت أي أن الزيت بالشحم هو الذي يقوم بعملية التزييت والمادة هي حامل للزيت.

مما تكون الشحوم؟

تتكون الشحوم من المواد التالية بالنسب التالية:

١. الزيت (٨٠% -٨٧%)

يمكن أن يكون نوع الزيت المستخدم معدني أو تخليقي وهذا يتوقف على ظروف تشغيل الماكينة ونوع المادة المعدنية التي سوف يتم تشحيمها.

٢. مادة مغلظة (٨% -١٥%)

وظيفتها زيادة لزوجة الزيت بدرجة كافية ليكون متماسكا ككتلة واحدة وعادة تكون هذه المادة صابون ليثيوم أو كالسيوم أو صوديوم (أي صابون مصنع من مادة الليثيوم أو الكالسيوم أو الصوديوم)

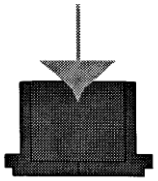
٣. إضافات خاصة (٥%)

تستخدم لإعطاء الشحم بعض الصفات الخاصة المطلوبة ليتناسب مع الاستخدام المطلوب (كراسي تحميل)

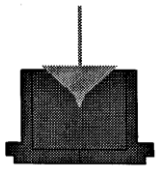
أنواع الشحومات:

يتم تقسيم الشحوم بناء على درجة تماسك كل نوع أو درجة غرز كل نوع ويتم قياس درجة الغرز بالطريقة التالية:

يتم تسقيط القمع المدرج في عينة الشحم ودرجة غرز القمع هي التي تحدد درجة تماسك الشحم والشكل المقابل يوضح مقارنة بين نوعان من الشحم الأول درجة غرز القمع فيه كبيرة فبالتالي يكون نوع هذا الشحم قليل التماسك ويكون شحم خفيف والثاني درجة غرز القمع فيه صغيرة فبالتالي يكون نوع هذا الشحم عالي التماسك ويكون شحم ثقيل (كلما قلة درجة الغرز تزداد لزوجة الشحم والعكس صحيح).



شحم متماسك ثقيل



شحم خفيف

استعمال الشحوم:

يتم التزييت عادة باستعمال الزيوت إلا أن هناك حالات تحتم استعمال الشحومات نرد منها ما يلي:

١- بعض أجزاء الآلات التي يصعب الوصول إليها فيتم استخدام كمية من الشحم لتبقى مدة أطول.

٢- الآلات التي من الممكن أن يحدث بها تسريب للزيت وبالتالي يضيع الغرض من عملية التزييت فيتم استخدام الشحومات عالية اللزوجة.

٣- الآلات التي تتعرض للقاذورات أو الرطوبة، إذ يمنع الشحم تراكم المواد الغريبة على الأسطح المتحركة وبمعنى آخر يقوم الشحم بوظيفة الحاكم لدرء الأتربة والشوائب عن الأسطح المتحركة وحمايتها.

٤- في درجات الحرارة العالية جدا والتي يصعب استعمال الزيوت المعدنية عندها.

مثال عملي: تشحيم كراسي البلى والرولمان بلى:

أولا: تنظيف الرولمان بلى:

قبل اختبار صلاحية الكرسي للاستعمال يجب إجراء عملية النظافة الآتية:

١- يغمر الكرسي وهو في وضع أفقي في الكيروسين ويحرك من أسفل إلى أعلى عدة مرات مع تحريك الحلقة الداخلية للكراسي مع وضد اتجاه دوران عقارب الساعة لتفريغ الشحم من جيوب القفص.

٢- في حالة وجود شحم صلب استعمل كيروسين دافئ (يتم تدفئة الكيروسين في حمام ماء ساخن وليس باللهب المباشر) ثم يدار ببطء بواسطة الهواء المضغوط ثم يغمر ثانيا في الكيروسين.

٣- بعد نظافة الكرسي يجفف الكيروسين بواسطة هواء نظيف جاف وذلك بعد تثبيت الحلقة الداخلية والخارجية للكراسي باليد لمنع دوران البلي لتجنب خدش الأجزاء الدوارة وحلقات الكراس.

٤- بعد النفخ بالهواء يغسل بالكيروسين ثم ينفخ مرة ثانية بالهواء الجاف النظيف (يجب إدارة الكراس بواسطة الهواء المضغوط).

٥- يزيت الكرسي وذلك بتنقيط عدة نقط زيت من مزيته يدوية على الأجزاء الـــــدوارة وحلقات الكراس لمنع حدوث أي صدأ بالكرسي وعند إذ يمكن إدارة الكرسي لسماعة واختبار صلاحيته.

ثانيا: تعبئة الكرسي بالشحم:

١. يتم أخذ كمية الشحم المناسبة ووضعها على البلية ثم يتم فردها وتوزيعها على الأجزاء الدوارة (الكور أو الإبر أو البلح) براحة اليد.
٢. قم بتدوير ولف الحلقة الخارجية والحلقة الداخلية للبلية في اتجاهين مختلفين حتى تسمح لكمية الشحم بالتوغل بين الأجزاء الدوارة والخروج من الجهة الخلفية الأخرى للبلية.
٣. قم بإزالة كمية الشحم الزائدة عن حاجة البلية بعد إتمام عملية تشحيم الأجزاء الدوارة.
٤. ملاحظة: كمية الشحم الزائدة عن حاجة البلية التي تتم إزالتها تؤدى لحدوث تلف بالبلية نتيجة للأسباب التالية:

- عند التشغيل تزداد درجة الحرارة فيتمدد الشحم وتقوم كمية الشحم الزائدة بالضغط على الأجزاء الملامسة للبلية مثل (*O-Ring-Oil seal*) ثم تقوم بتمزيقها نتيجة للضغط الزائد عليها.
- زيادة لزوجة الوسط المحيط وزيادة الحمل المؤثر على البلية وعلى عمود الدوران مما يؤدى لإعاقة عملية دوران العمود والبلية فيقل العمر الافتراضي للبلية.

اختيار الشحم المناسب للاستعمال:

يتوقف اختيار الشحم المناسب للاستعمال ما على الجزء المراد تشحيمه وظروف التشغيل والأداء المطلوب للشحم والمدة المطلوبة لإعادة التشحيم، وأهم ظروف التشغيل التي يتعرض لها الشحم والتي يجب أخذها في الاعتبار عند اختيار الشحم المناسب هي: -

(أ) درجة حرارة التشغيل:

فالشحوم الكالسيومية العادية يوصى باستعمالها حتى درجة حرارة تشغيل *50/60*°م والصوديوم تستعمل حتى *70/80*°م والليثيوم حتى *130*°م وذات أساس طفلى حتى *170*°م ودرجة حرارة التشغيل يجب الربط بينها وبين درجة حرارة الجو المحيط بالجزء المراد تشحيمه اذ أن الكرسي الساخن في الجو البارد يحظى بمعدل تبريد عال ولا يحتاج إلى شحم ذو درجة تنفيذ عالية.

(ب) الرطوبة العالية وتعرض الشحم للغسيل بالماء
تستعمل الشحوم المقاومة للماء مثل الشحوم الكالسيوم والليثيوم وذات أساس طفلي.

(ج) تواجد أبخرة وكيماويات تؤثر على الشحم وثباته الكيميائي
مثل الأحماض أو القلويات أو منتجات النفطية فيستعمل الشحم الذي لا يتأثر بها.

(د) السرعة

تستعمل الشحوم ذو القوام المناسب والتي تحتوي على زيت ذو لزوجة مناسبة للسرعة.

(هـ) التحميل

يستعمل الشحم الذي يحتوي على الزيت ذو درجة اللزوجة المناسبة للحمل والذي به إضافات تتحمل الضغوط العالية إن وجدت.

(و) طرق التشحيم

يستعمل الشحم المناسب لطريقة استعمال الشحم ويختار القوام المناسب بالنسبة لسهولة سريان الشحم إلى الأماكن المراد تشحيمها.

جداول بيان لأنواع الشحوم والتطبيق المناسب لكل منها:

مواصفات - خواص استعمال - مرادفات

شحوم زيـــــوت

شـــــل	أســـــو	آجيـــــب	درجـــــة	درجة التنقيط	الأستعمال والخواص
أولا - شحوم السيارات					
- شل ريتناكس أ	أسو متعدد الأغراض هـ	آجيب ف ٣٠	٢٩٥/٢٦٥	١٨٥	شحم متعدد الاغراض ليثومى القاعدة ذو درجة تنقيط عالية ومقاوم لفعل الغسيل بالماء . يستعمل فى تشحيم شاسيهات السيارات والشاحنات والشاهلات وكراسى العجل الامامى ايضا .
- شل ريتناكس أ.م	اسو بيكون كيو ٢	آجيب س.م	٢٩٥/٢٦٥	١٨٠	شحم متعدد الاغراض ليثومى القاعدة ذو درجة تنقيط عالية من النوع اقصى ضغط حيث يحتوى على نسبة من ثانى كبريتور المولبيد ثم يوصى باستعماله فى تشحيم اجزاء السيارات التى تتعرض لظروف الخدمة الشاقة .
- شـل ريتنـــاكس د.س (DX)	-	آجيب ف و ٣٣	٢٥٠/٢٣٠	عالية جدا غير معروفة	شحم ذو اساس عضوى ذو درجة تنقيط عالية يوصى باستعماله لتشحيم بعض كراسى العجل الامامى للسيارات التى بها فرامل من نوع القرص .

شـــــل	أســـــو	آجيـــــب	درجـــــة	درجة التنقيط	الأستعمال والخواص
- شـل ريتنـــاكس س.د (CD)	اسو للشاسيه	آجيب ١٥ أو ١٦	٢٦٠/٢٩٥	-	شحم كالسيومى القاعدة يمتاز بخاصية التصاق ممتازة يستعمل لتشحيم أجزاء الشاسيه للسيارات والوحدات المتنقلة .
- شل ريتناكس جى	اسو فيراكس ٣٧٠	-	٣٨٦/٣٥٥	١٣٥	شحم شبه سائل صوديومى القاعدة يستعمل فى ملء بعض صناديق التروس بسيارات الركوب.
- شل ريتناكس هـ	اسو فيراكس ٢٨٠	آجيب ٤٠	٢٩٥/٢٦٥	١٨٠	كراسى العجل الامامى للسيارات والشاحنات والشاهلات .
ثانيا - الشحوم الصناعية					
(أ) **شحوم كالسيومية القاعدة**					
- شحم شل يونيو ١	اسو ايستان ١	-	٣٤٠/٣١٠	٩٥	تستعمل لتشحيم كراسى الاعمدة فى ظروف التشغيل الخفيفة التى لاتزيد درجة حرارة التشغيل عن ٦٠°م وهى مقاومة لفعل الغسيل بالماء .
- شحم شل يونيدو ٢	اسو ايستان ٢	آجيب ج.ج.٢	٢٩٥/٢٦٥	٩٥	
- شحم شل يونيدو ٣	اسو ايستان ٣	آجيب ج.ج.٢	٢٥٠/٢٢٠	٩٥	
- شحم شل لفونة ٣	(ايستان ٣)	آجيب ص.ض ٣	٢٥٠/٢٢٠	١٠٠	يمتاز بخاصية ثبات ميكانيكى وحرارى عال ويستعمل فى تشحيم كراسى الاعمدة ورمان البلى فى درجات حرارة تشغيل تصل الى ٦٠°م وهو مقاوم لفعل الغسيل بالماء .

شـــــل	أســـــو	آجيـــــب	درجـــــة	درجة التنقيط	الأستعمال والخواص
- شحم شل برياتيه ٢	فان ايستان	آجيب ص.ن ٣	٢٩٥/٢٦٥	٩٥	شحوم كالسيومية الاساس تحتوى على نسبة من الجرافيت الخاص وتستعمل لتشحيم كراسى الاعمدة الغير مشغلة جيدا او المعرضة لفعل الغسيل بالماء او التروس المكشوفة والجنازير ذات - السرعات البطيئة .
- شحم شل برياتيه ٤			٢٠٥/١٧٥	٩٥	
(ب) بشحوم ليثيومية القاعدة					
- شحم شل الفينيه ر ١	-	آجيب م يو ١	٢٤٠/٣١٠	١٨٠	تستعمل لتشحيم كراسى رمان البلى وكراسى الاعمدة التى تعمل فى درجات حرارة تصل الى ١٥٠°م وتمتاز بدرجة ثبات عالية ضد التأكسد واضافات خاصة لمقاومة البرى والصدأ كما ان لها ثبات ميكانيكى عال ومقاومة لفعل الغسيل بالماء .
- شحم شل الفينيه ر ١	اسو بيكون او الندوك ب او اندوك ٢٦٠	آجيب م يو ٢	٢٩٥/٢٦٥	١٨٠	
- شحم شل الفينية ر ٣	اسو بيكون ٣ او اندوك س	آجيب م يو ٣	٢٥٠/٢٣٠	١٨٠	
- شحم شل الفينية أ ض ١	بيكون او نيبولا أ.ض ١	آجيب م يو - أ ض ١	٣٤٠/٣١٥	١٨٠	شحوم ليثيومية القاعدة تتحمل الحرارة العالية وبها اضافات اقصى ضغط لتحمل الأحمال العالية المفاجئة وتعمل فى درجات حرارة تصل الى ١٠٠°م . وتستعمل فى تشحيم كراسى البلى وكراسى الاعمدة المعرضة لأحمال عالية وضغوط
- شحم شل الفينية أ ض ٢	بيكون او نيبولا أ.ض ٢	آجيب م يو - أ ض ٢	٢٩٥/٢٦٥	١٨٠	

شـــــل	أســـــو	آجيـــــب	درجـــــة	درجة التنقيط	الأستعمال والخواص
					عالية وهى مقاومة لفعل الغسيل بالماء .
(ج) شحوم خاصة:					
- شحم شل سيمنيا صفر	اسو فيبراكس ٣٧٠	-			شحم صوديومى شبه سائل يستعمل فى تزييت بعض صناديق التروس بالالآت .
- شحم شل درينه ر ٢	اسو نورفا ٢٧٥	آجيب ن ف	٢٩٥/٢٦٥	فوق ٣٠٠°م	شحم من اساس غير عضوى لتشحيم كراسى الاعمدة وكراسى رمان البلى التى تعمل فى درجات الحرارة العالية التى تصل الى ٢٠٠°م.
- شحم شل دوليوم ر	-	-	٢٩٥/٢٦٥	٢٥٠	شحم من اساس غير عضوى لتشحيم كراسى رولمان البلى فى ظروف التشغيل الصعبة ولفترات تشغيل طويلة فى درجات حرارة تصل الى ٢٠٠°م .
- شحم شل لمقارمة الالتصاق	-	-	٢٩٥/٢٦٥	١٩٠	شحم ذو اساس ليثيومى يحتوى على نسبة عالية (٥٠٪) من موليدنم داى سلفايد ويوصى باستعماله فى تشحيم القلاووظ والصواميل ومفاتيح اجهزة البوتجاز المنزلية وكتائن ماكينات شد القماش وغيرها من الاستعمالات لمنع التصاق الاجزاء المعدنية تحت درجات حرارة التشغيل العالية .

استخدام الزيوت والشحومات في مقاومة الصدأ:

توجد المعدن في الطبيعة بصورة معادن متأكسدة، وقد اخترعت الوسائل الحديثة لاستخلاص هذه المعادن من أكسدتها ولذلك إذا تركت هذه المعادن في الطبيعة فسوف تعود إلى طبيعتها التي سبق أن وجدت بها ألا وهى معادن متأكسدة. وكلمة الصدأ هي الكلمة الشائعة عن أكسدة الحديد فقط دون المعادن الأخرى وذلك يرجع إلى أن المعادن الأخرى مثل الرصاص والألومنيوم إذا تأكسد تكون على سطحها طبقة مصمتة لا تسمح للعوامل المساعدة لتكوين الصدأ بالتخلل منها لأكسدة طبقات الرصاص أو الألومنيوم التي تحتها أما بالنسبة للحديد فإن الصدأ يستمر في جسم الحديد حتى يأتي عليه كلية.

ويمكن استخدام الطرق التالية في مقاومة الصدأ:

١. تغطية الأسطح بالمواد ووقايتها بطبقة من أحد المعادن المقاومة للصدأ مثل النيكل وهذه الطبقة المعدنية للوقاية تصبح جزء لا يتجزأ من السطح الذي عملت له هذه الوقاية ومن ثم لا تسهل ازالتها كما وأن الطبقة المعدنية الواقية تغير مقاسات الأسطح المراد وقايتها.
٢. معالجة الأسطح كيميائيا وذلك بان تتفاعل الأسطح المراد وقايتها كيميائيا من المواد الكيميائية مع المواد الوقائية مكونة على الأسطح مركبات لا تتأثر بمكونات الصدأ مثل الفسفتة إلا أن هذه الطريقة تغير من خواص الأسطح الطبيعية والكيميائية.
٣. دهان الأسطح بالدهانات أو البوية أو الورنيش الذي عندما يجف يكون غشاء وقائي ليس من السهل إزالته.
٤. تغطية الأسطح المراد وقايتها بالزيوت أو السوائل أو المركبات النفطية الخاصة بالوقاية من الصدأ، وهذه المواد النفطية تحتوي على إضافات تكسبها طبيعة الالتصاق بالسطح المراد وقايته وفى نفس الوقت يمكن ازالتها بسهولة بواسطة مذيب نفطي كما أن لبعض هذه المنتجات النفطية خاصية تبليل أكبر من تلك التي للماء وبالتالي تكون لها القدرة على إزاحة الماء وإبعاده عن الأسطح المراد وقايتها دون الحاجة لإجراء عملية تجفيف للأسطح المراد وقايتها.

ملاحظة: الطرق الثلاث الأولى ولو أنها مناسبة في كثير من الأحيان لمقاومة الصدأ إلا انها تستخدم لتحقيق أغراض قد تكون لها نصيب أكبر من الأهمية عن ذلك الغرض الخاص بمقاومة الصدأ.

أما الطريقة الرابعة وهي استخدام المواد النفطية لمقاومة من الصدأ فتستخدم فقط لتحقيق هذا الغرض لما تمتاز عن الطرق الأخرى بالتالي:

أ) رخص الثمن.

ب) سهولة الاستعمال.

ج) سهولة الإزالة.

د) يمكن استعمالها كزيت تزييت.

هـ) تمتاز بعضها بخاصية إزاحة الماء.

(أ) رخص الثمن:

هذه المنتجات التي تستخدم لمقاومة الصدأ هي مجموعات من الزيوت والسوائل والمركبات النفطية ومما لا شك فيه رخص ثمن هذه المنتجات إذا ما قورنت حتى بأثمان البويات والدهانات العادية إذا كان الغرض الأساسي هو الوقاية من الصدأ.

(ب) سهولة الاستعمال:

ان عمل غشاء واقي من الصدأ يتوقف بدرجة كبيرة على نوع المشغولات المراد وقايتها كذلك على المعدات المتيسرة لعمل هذا الغشاء الوقائي، يفضل غالبا طريقة الغمس لعمل الغشاء الواقي عند وقاية المشغولات الكبيرة أو الآلات نفسها يفضل استعمال طريقة الرش لوقاية هذه الأجزاء وفى حالة عدم إمكان استعمال طريقة الغمس أو الرش فيمكن استعمال طريقة الدهان بالفرشاة أو بقطعة قماش لعمل الغشاء الواقي.

وفيما عدا المركبات الشحمية للوقاية من الصدأ والتي يجب تسخينها عند الاستخدام إلى درجة *60/80*°م فيمكن استعمال زيوت سوائل منع الصدأ بالطرق الثلاث الآتية وهي الغمس والرش والدهان في درجات حرارة الجو العادية دون حاجة إلى التسخين.

النوع	الغمس	الرش	الدهان
زيوت منع الصدأ	تغمر المشغلات لمدة من *1: 2* دقيقة	بواسطة رشاش	بالفرشاة أو قطعة قماش
سوائل منع الصدأ	تغمر المشغولات لمدة بواسطة رشاش من *3: 2* دقيقة	بواسطة رشاش	بالفرشاة أو قطعة قماش
مركب شحمي للوقاية	يسخن المركب حتى *80: 60*° م وتغمر المشغلات لمدة من *15: 5* دقيقة	لا تستخدم	بالفرشاة أو قطعة قماش

(ج) سهولة الإزالة:

إن زيوت وسوائل ومركبات الوقاية من الصدأ سهلة الإزالة من السطح الذي سبق وقايته عند اعادة استعمال همرة ثانية بأقل مصاريف ممكنة وفى أقل وقت بالإضافة إلى عدم اتلاف هذا السطح.

ويمكن إزالة هذه المنتجات بواسطة المسح العادي بواسطة قطعة قماش أو بواسطة المسح بمذيب نفطي مثلا التربنتينة أو البنزين للنظافة أو محلول قلوي بارد أو ساخن حسب نوع الغشاء الواقي.

كما أن زيوت منع الصدأ لها خواص تزييت ممتاز الأمر الذي يدعو إلى عدم الحاجة إلى تزييتها عند اعادة استعمال الأسطح التي عملت لها وقاية عند بدء التخزين.

(د) إمكانية استعمال الزيت الواقي كزيت تزييت:

عند وقاية الأسطح الداخلية للمحركات الديزل أو البنزين أو مجاميع التروس قبل شحنها أو تخزينها بأي مادة وقاية للصدأ تكفي لنا صعوبة فك وغسيل واعادة تركيب هذه الآلات الأمر الذي جعل استعمال زيت الوقاية من الصدأ ذات اللزوجات المختلفة التي تتراوح بين ج. م. س *10* ب حتى ج. م. س *30* لتناسب كافة الاستعمالات وبالإضافة إلى ما لهذه الزيوت من خواص مقاومة الصدأ الجيدة تتميز هذه الزيوت بخواص نزييت ممتازة ومقاومة للبرى والتآكل وكذلك خواص تشتيت جيد لتناسب ظروف تشغيل محركات الاحتراق الداخلي.

(هـ) خاصية التجفيف:

ليس مجرد تغطية أي سطح مراد وقايته من الصدأ هو الطريق السليم لمقاومة الصدأ ولكن يجب عند وقاية المشغولات التأكد من نظافتها التامة وذلك كالاتي: -

أولا: إزالة أي صدأ على الأسطح المراد وقايتها اما بفرشاة سلك أو بطرقة الرش بالرمل.

ثانيا: إزالة أي أتربة أو مواد زيتية أو دهنية عالقة بالأسطح المراد وقايتها وذلك بالغسيل بمذيب نفطي أو محلول قلوي ثم الغسيل بالماء لإزالة تأثير المواد القلوية.

ثالثا: تجفيف الأسطح المراد وقايتها من الماء أو أي رطوبة عالقة بها لتجفيفها تماما في أفران خاصة.

ومما سبق نجد أن الخطوات الأخيرة في عمليات التنظيف تحتاج دائما إلى إزالة الماء أو الرطوبة العالقة بالأسطح المراد وقايتها.

ولما كانت طريقة التجفيف بالأفران مكلفة بالإضافة إلى ما تسببه من تعطيل الإنتاج كانت خاصية إزاحة الماء التي تمتاز بها بعض وسائل منع الصدأ أهمية كبيرة إذ أمكن استعمال هذه السوائل دون الحاجة إلى اجراء عملية التجفيف للتخلص من الماء أو الرطوبة العالقة بالأسطح ووقايتها إذ أن هذه السوائل تحتوى على إضافات لها خاصية تبلي أحسن من الماء (قوة شد سطح أقل من الماء) مما يساعدها على إزاحة الماء من الأسطح المراد وقايتها وتغطيتها بطبقة متجانسة من الغشاء الواقي. والجدول التالي يوضح خصائص منتجا تشل للوقاية من الصدأ

اسم المنتج	نوع الغشاء	سمك الغشاء	متوسط مدة الوقاية	طريقة الاستعمال	طريقة الازالة	ملاحظـــــات
١- زيت شل لمنع الصدأ L x H	زيتي لايجف		وقاية الاسطح الخارجية ١- تحت الغطاء - حوالى ستة شهور . ٢- فى العراء - لايوصى باستعماله وقاية الاسطح الداخلية حوالي ١٢ شهرا .	جميع طرق الاستعمال دورة تزييت شل عملية الغسيل	بالمسح او التنظيف بمحلول قلوى ليس من اللازم اجراء عملية الازالة .	لزوجة الزيت ويدور عند ٥١٤٠ ف ٦٥ ثانية
٢- سائل شل لمنع الصدأ SDB - SDC	طرى - رقيـــع	٠,٠٠١ رقيع	وقاية الاسطح الخارجية تحت الغطاء - حوالى ١٢ شهرا فى العراء - حوالى ٦ شهور	جميع طرق الاستعمال	التنظيف بمحلول قلوى او مذيب نفطى	يمتاز هذا السائل بخاصة ازاحة الماء
٣- مركب شل للوقاية من الصدأ CA	طرى سميك جدا	٠,٠٢٠ ر الـــى ٠,٠٠٢ ر بوصة حسب طريقة الاستعمال ودرجة حرارة المركب عند الاستعمال وحجم الجسم المراد تغطيته	وقاية الاسطح الخارجية تحت الغطاء - حوالى ١٨ شهرا . فى العراء - حوالى ١٥ شهرا .	الغمس أو الدهان بالفرشة على الساخن (١٦٠ الى ١٨٠°م) .		
٤- مركب شل للوقاية من الصدأ CC	طرى سميك جدا	"	"	"	"	معد خصيصا لوقاية القلب الصلب للكابلات الالومنيوم اذ يلزمها بخاصية مقاومة الاتجار تحت درجات حرارة التشغيل العالية .
٥- زيت شـــل للوقايـــة للمحركات ٣٠	زيتي لايجف		وقايـــة الاســـطح الداخليـــة حوالى ١٢ شهرا	دورة التزييت مثل عملية الغسيل	ليس من اللازم اجراء عملية الغسيل	لزوجة زيوت الوقاية حسب: ج. م. س. ١٠ ب ج. م. س. ٢٠ ج. م. س. ٣٠ ج. م. س. ٤٠ ج. م. س. ٥٠

ملحوظة عن منتجات شل للوقاية من الصدأ:

١. يقصد بكلمة تحت الغطاء أن تكون المشغولات موضوعة في أماكن مخصصة أو دواليب بمخازن مغلقة.
٢. يقصد بالكلمة في العراء مثل المواد الخام المخزونة في أماكن غير مغلقة خارج المخازن ومعرضة لعوامل التعرية.
٣. وقاية الاسطح الداخلية مثل الأجزاء الداخلية لمحركات الاحتراق الداخلي والمجموعات الهيدروليكية وصناديق التروس عموما مجموعات التزييت البري.
٤. محلول قلوي مكون من *10%* هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم في الماء.
٥. جميع طرق الاستعمال هي الغمس والرش والدهان.
٦. مذيب نفطي مثل الفاريسول أو مذيب " *110/80*".

أمثلة عملية لوقاية الآلات من الصدأ:

<u>وقاية المشغولات والصبات وعدد القطع وقطع الغيار:</u>

مدة الوقاية: حوالي *12* شهر تحت الغطاء

مادة الوقاية: سائل شل لمنع الصدأ *SDB*.

طريقة الوقاية:

١. تنظف الأسطح المراد وقايتها من الشحوم والزيوت أو الأتربة بواسطة مذيب *110/80* أو مذيب الفاريسول.

٢. تغطى الأجزاء المراد وقايتها بطبقة من سائل شل لمنع الصدأ *SDB* أو بالغمس أو بواسطة فرشاة ناعمة.

طريقة الإزالة: يمكن إزالة الغشاء الواقي بواسطة الغسيل بمذيب *110/80* أو مذيب فرسول.

<u>وقاية المعدات:</u>

مدة الوقاية: تصل إلى *15* شهر حسب مكان التخزين.

مادة الوقاية:

(أ) سائل شل لمنع الصدأ *SDB*.

(ب) مركب شل للوقاية من الصدأ *CA*.

طرقة الوقاية:

١. تنظيف الأسطح المراد وقايتها من الشحوم والزيوت أو الأتربة بواسطة مذيب *110/80* أو مذيب الفاريسول.

٢. تغطى الأجزاء المراد وقايتها بطبقة من سائل شل لمنع الصدأ *SDB* أو بالغمس أو بواسطة فرشاة ناعمة وتجرى هذه الخطوة أولا بإزاحة الماء الذي قد يكون عالقا بالأسطح المراد وقايتها.

٣. وبعد أن يجف سائل شل لمنع الصدأ *SDB* حوالي ساعة تغطى الأسطح السابق وقايتها بطريقة أخرى من مركب شل للوقاية من الصدأ *CV* بواسطة فرشاة ناعمة.

<u>وقاية محرك الديزل:</u>

مدة الوقاية: حوالي *12* شهر.

مادة الوقاية:

١. زيت شل لوقاية المحركات *30* (إذا كان الزيت الموصي باستعماله في المحرك ذي لزوجة ج. م. س *30)* .

٢. سائل شل لمنع الصدأ.

٣. زيت شل فيوسى أ.

طريقة الوقاية:

١. تجرى عملية غسيل المحرك لمدة *15* دقيقة حتى يسخن ويصفى من المحرك ومرشحات الزيت ومضخات الوقود.

٢. يملأ المحرك بزيت شل ان سي سي المحرك *30* (يكفي نصف الكمية الموصي بها لعملية الوقاية) ذو نصف لزوجة الزيت المستعمل أصلا في المحرك وتملأ مضخة الوقود أيضا بالزيت شل ان سي سبى للمحرك ذو اللزوجة الموصي بها.
٣. يصفى ماء التبريد إن وجد وتغسل مجموعة التبريد جيدا بالماء النظيف ثم تملا بالماء ويوضع شل دوناكسى *C* من على ماء كبريت بنسبة تبريد تتراوح بين *5*: *10* %.
٤. يدار المحرك لمدة *15* دقيقة على السرعة الحاملة وأثناء هذه الفترة تزاد سرعة المحرك إلى السرعة القصوى عدة مرات.
٥. يصفى زيت شل لوقاية المحرك *30* من الديزل (يمكن استعمال الزيت المصفى في وقاية محركات أخرى بنفس الطريقة) بعد هذه الخطوة لا يجب إدارة المحرك إلا عند اعادة الاستعمال بعد فترة التخزين أو عدم التشغيل.
٦. تصفى مجموع الوقود من المضخة إلى الرشاشات ويوضع زيت شل فيو سي سي في هذه المجموعة وتدار الطلمبة يدويا لتوصيل الزيت الواقي على الرشاشات.
٧. يصفى الوقود من خزان الوقود وتجرى عملية وقاية حسب ما ذكر في أولا.
٨. تسد جميع الفتحات الموصلة للمحرك إما بواسطة ورقة مغمورة بالزيت الواقي أو بواسطة فلنشة لمنع وجود تيار هواء بالأسطح الداخلية المراد وقايتها.

تخطيط وتنظيم عملية التزييت والتشحيم:

يعتمد التخطيط السليم لتنظيم عملية التزييت على عامل أساسي مهم جدا للغاية وهو **تنظيم وحفظ البيانات والمعلومات).**

أهمية تنظيم وحفظ البيانات والمعلومات: إن فكرة عمل تنظيم للبيانات والمعلومات ووضع طريقة سهلة بسيطة لحفظها لكفيل دون شك باستعمال مادة التزييت الصحيحة في المكان الصحيح المخصص لها وفى الوقت المحدد حسب توصية الشركة الصانعة هذا هو الهدف الرئيس لعملية تخطيط وتنظيم عملية التزييت.

ما هي مواصفات عملية تنظيم وحفظ البيانات والمعلومات؟

١. يجب أن تتسم هذه العملية بالمرونة الكافية حتى تسمح بأية تغييرات طارئة مثل وروود آلات جديدة بالآلات المشغلة او احمال التشغيل المتفاوتة.

٢. يجب أن تكون هذه العملية من السهولة والبساطة بدرجة تسمح بتطبيقها بمجرد وضع الاسس الخاصة بها وإلا أهملها الناس ونعود إلى حيث بدأنا لا تنظيم ولا تخطيط

انتبه: إن ترتيب وتنظيم وحفظ البيانات قد يأخذ من الفرد الكثير من الجهد في البداية حتى لو صممت على أسس سهلة بسيطة ولكن هذا الجهد يعمل مرة واحدة والنتيجة بعد التطبيق هي خفض مصاريف الصيانة وإطالة عمر الأجزاء المتحركة بالآلات وزيادة حتمية في الإنتاج وهذا مما لا شك فيه يعوض بمراحل الجهود الكبيرة التي تبذل في البداية.

من هم الأفراد القائمون بهذه العملية؟

إن تحديد الأفراد عنصر مهم لوضع أسس هذه العملية وتنظيمها ونذكر فيما يلي الأفراد المختصين بهذه العملية:

١. مهندس الصيانة للإشراف على عملية جمع المعلومات والبيانات الخاصية بعملية التزييت لجميع آلات المصنع
٢. مكتب الصيانة أو بمعنى آخر كاتب الصيانة (مستوى ملاحظ الصيانة) هو المسئول عن عمل الملفات المركزية لهذه المعلومات وتكليف عامل التزييت بالأعمال اليومية المطلوب أدائها
٣. عامل التزييت المختص بتزييت الآلات المختلفة في منطقة عملة ومما يجعل فكرة عملية التنظيم هذه سهلة التطبيق بمجرد عملها هو الاتي: - إن عامل التزييت يقوم في أي يوم بأداء عملية التزييت الخاصة بفترتين فقط هما التزييت اليومي بالإضافة الى التزييت الأسبوعي أو الشهري أو أية أنواع اخرى من فترات التزييت مما يسهل من عمله ويقلل أيضا فرصة الوقوع في الخطأ.

مسئولية مهندس الصيانة:

- الاشراف على تنفيذ عملية تخطيط التزييت بما يتناسب مع ظروف التشغيل بالمصنع واصدار التعليمات الخاصة بأداء عمليات التزييت.
- تطوير وتصميم معدات التزييت والتشحيم بآلات المصنع.
- مسئولية شراء مواد التزييت وتصميم نظام مخزني مناسب.
- دراسة وحل مشاكل التزييت مع المهندسين والفنيين بشركة النفط.

ما هي عناصر تنظيم عملية التزييت؟

أولا: لوحة إرشادات التزييت.

ثانيا: خريطة مسار عامل التزييت.

ثالثا: الملف المركزي لتنظيم عملية التزييت.

رابعا: لوحة تقويم التزييت السنوية ذات الثلاثة عشر فترة.

خامسا: نموذج التزييت اليومي لعامل التزييت.

أولا: لوحة إرشادات التزييت.

إن تحضير لوحة إرشادات هو أول خطوة في بناء التنظيم الخاص بعملية التزييت – هذه اللوحة هي تحليـل واف لكافة عمليات التزييت المطلوب إجرائها لكل آلة من آلات المصنع وفيما يلي احـدث تـصميم للوحـة إرشادات التزييت وشرح كل البيانات المطلوب إدراجها في هذه اللوحة: (نموذج رقم *1*)

مكان الآلة: ورشة *CNC*
اسم الآلة: مخرطة أتوماتيكية
رقم الآلة: ١٢
مركز تدريب: س

الجزء المراد تزييته	عدد أماكن التزييت	زيت أو شحم	مرات التزييت	طريقة التزييت	فترة التزييت أو التشحيم	سعة وعاء الزيت لتر	فترة تغيير الزيت
صندوق تروس الإدارة والقابض	١	ح/*3*	س	مسدس زيت	يملأ	٩	ن
تروس الجريدة	٢	ص/*2*	ي	مسدس شحم	*2 : 1* دفعة	-	-
لوازم المحركات الكهربائية	٦	أ/*1*	س	يدوي	يملأ	*0.5*	س

كيفية ملء نموذج إرشادات التزييت:

١. يحدد مكان الآلة باسم البناء الموجودة فيه والطابق ورقم عامود التسليح ... إلـخ أو تـستعمل طريقـة الترقيم الخاصة بالمصنع.
٢. ضع بنفسك نظام ترقيم الآلات ولا تستعمل الرقم المسلسل المدون باللوحة المعدنية الخاصة بالآلـة. وبهذه الطريقة يمكن تقسيم مجموعة الآلات إلى وحدات من السهل استذكارها. ويوضع هذا الرقم امـا بدهانه أو بواسطة لوحة معدنية في مكان ظاهر بالآلة.
٣. قائمة الأجزاء المراد تزييتها.
٤. يحدد عدد الأماكن المراد تزييتها بهذا الجزء.
٥. يوضع نوع الزيت أو الشحم إما بالاسم أو بالرقم (أ/*1* = أبيض رقم *1*، ص /*2* = أصفر رقم *2*، ح /*3* = أحمر رقم *3*).
٦. يوضح عدد مرات التزييت التي يحتاجها هذا الجزء (يومي= ى، أسبوعي= س، شهري= ش، وربع سنوي = ن/*4*، نصف سنوي = ن/*2*، سنوي = ن).
٧. يوضح اللون المميز بالزيت أو الشحم الموصي باستعماله حسب طريقة الترقيم بالألوان المتفق عليهـا
٨. توضح طريقة التزييت (تزييت يدوي أو بواسطة مسدس شحم أو زيت، تزييـت بالطرطـشة، دورة تزييت... الخ).
٩. توضح الكمية المضبوطة لمادة التزييت اللازمة في كل مرة يزيت فيها الكرسي.
١٠. توضح سعة وعاء الزيت أو صندوق التروس إن وجدت.
١١. توضح الرموز الخاصة بفترة تغير الزيت الموجود بالوعاء أو صندوق التروس.
١٢. توضح الملاحظات الخاصة بذكر البيانات أو الاحتياطات الواجبة.

نموذج رقم (١)

نموذج لوحة ارشادات التزييت

ارشادات التزييت

اسم الالة أو الماكينة:

رقم ارشادات التزييت: أت/

تاريخ:

الجزء المراد تزييته	عدد أماكن التزييت	اسم الزيت أو الشحم	طريقة الاستعمال	فترة الخدمة	فترة تغيير الزيت أو الشحم	الكمية

الخدمات الفنية/ادارة المبيعات: الزيوت والشحوم الموصى باستعمالها فى هذه الارشادات تم اختبارها بعد الاسترشاد بتوصيات الشركة الصانعة ودراسة دقيقة لصب الالات ومعرفة تامة لظروف التشغيل والاستعمال ، وفترة تغيير الزيت أو الشحم مبينة على أساس نوبة واحدة .

نموذج رقم (١)

نموذج لوحة ارشادات التزييت

ارشادات التزييت

اسم الالة أو الماكينة:

رقم ارشادات التزييت: أت/

تاريخ:

الجزء المراد تزييته	عدد أماكن التزييت	اسم الزيت أو الشحم	طريقة الاستعمال	فترة الخدمة	فترة تغيير الزيت أو الشحم	الكمية

الخدمات الفنية/ادارة المبيعات: الزيوت والشحوم الموصى باستعمالها فى هذه الارشادات تم اختبارها بعد الاسترشاد بتوصيات الشركة الصانعة ودراسة دقيقة لصب الالات ومعرفة تامة لظروف التشغيل والاستعمال ، وفترة تغيير الزيت أو الشحم مبينة على أساس نوبة واحدة .

حساب الوقت الذي تستغرقه عملية التزييت:

ان الخطوة التالية لإعداد كروت ارشادات التزييت هو حساب الوقت الذي تستغرقه عمليات التزييت المختلفة.

يجب على مهندس الصيانة تحديد عدد الساعات التي سيستغرقها عامل التزييت تقريبا لأداء عملية التزييت في كل فترة من فترات التزييت على حدة (يومي، أسبوعي، شهري، ربع سنوي، نـصف سنوي، سنوي) وبالرغم من إمكانية تقدير هذا الوقت (أنظر الجدول) الا أنه من المستحسن حساب الوقت لعمل دراسة عملية على الطبيعة بالنسبة لظروف وطرق التزييت المختلفة.

وسوف نفترض على سبيل المثال أن عملية التزييت سوف تشغل وقت عامل كامل أي *48* ساعة في الأسبوع.

ومن الطبيعي أن عملية التزييت في بعض المصانع قد تستغرق وقت أقل من ذلك بكثير وفى هذه الحالة يمكن أن يسند إلى عامل التزييت أعمال أخرى بالإضافة إلى عمله الرئيسي كعامل تزييت وذلك بعد انتهائـه مـن عملية التزييت المكلف بها دون أن يتعارض ذلك مع الطريقة التي صممت لتنفيذ عملية التزييت

ملاحظة: الأخذ في الاعتبار عند تحديد *48* ساعة عمل في الأسبوع أن بعض المصانع تعمل بنظام الـورادى على أساس ثمان ساعات حيث يعوض العامل عن هذه الساعة الاضافية.

ثانيا: خريطة مسار عامل التزييت.

بعد ذلك يقوم مهندس الصيانة بعمل خريطة المسار لأحسن وأكفأ طرق يسلكها عامل التزييت أثناء أداؤه عملية التزييت بالمصنع. ويمكن لعامل التزييت أن يأخذ هذه الخريطة معه باستمرار حتى يحفظ طريق المسار الذي خطط له. ويجب أن تشمل خريطة المسار أكبر عدد من الآلات التي يمكن لعامل التزييت أن يزيتها يوميـا أو أثناء الوردية.

ثالثا: الملف المركزي لتنظيم عملية التزييت.

دعنا نفترض على سبيل المثال أن مهندس الصيانة وجد أن عامل التزييت سوف يستغرق ساعة يوميا لإجراء عملية التزييت اليومي لجميع الآلات. ومن ثم يتبقى لنا إجراءات باقي عمليات التزييت في الفترات المختلفة *7* ساعات على أساس أن الوردية ثمان ساعات.

ومن الآن يكون كاتب الصيانة على استعداد تام لتجهيز الملف المركزي لتنظيم عملية التزييت وإذا تم تجهيـز هذا الملف يمكن آليا معرفة أي من الآلات سوف يقوم عامل التزييت بتزييتها في أي يوم وعما إذا كان عملـه هو التزييت الأسبوعي أو الشهري أو أية فترة أخرى من فترات التزييت.

ويمكن لكاتب التزييت تجهيز الملف بطرق مختلفة على أن يضع في حسابه أن الطريقة المستعملة لها المرونة الكافية لإجراء أي إضافات أو تغييرات طارئة. فمثلا بعد تشغيل الآلات قد تجد بالتجربة والاختبار امكان اطالة فترة تغيير الزيت أو قد تركب بعض الآلات الجديدة التي تتطلب فترات تزييت مختلفة أو حتى زيوت غير جارى استعمالها بالمصنع. وبمعنى آخر يمكن إجراء أي تعديل في تنظيم عملية التزييت بغير مجهود يذكر.

وكلما يحتاج كاتب التزييت كشكول لتقسيم مجموعات الآلات، وورق ويمكن لكاتب الصيانة بهذا الكشكول وصفحات التقسيم بالإضافة إلى النسخة الخاصة به من مجموعة كروت ارشادات التزييت وصورة من خريطة مسار عامل التزييت أن يبدأ عمله في الحال لتجهيز الملف المركزي وسنبدأ بتنظيم العمل حسب تتابع فترات التزييت كالآتي:

التزييت اليومي:

كما هو مذكور فيما بعد ستجد أن التزييت اليومي محدد آليا كل يوم.

التزييت الأسبوعي:

التزييت الأسبوعي هو أول عمل في الجدول يقوم به عامل التزييت بعد التزييت اليومي. ولغرض شرح العملية بوضوح دعنا نفترض أن عملية التزييت الأسبوعي تستغرق *21* ساعة من وقت عامل التزييت. وهذا يعنى أن عملية التزييت الأسبوعي سوف تستغرق *7* ساعات في اليوم لمدة *3* أيام من كل أسبوع وكما سبق أن أوضحنا أن الساعة المتبقية من كل هذه الأيام مخصصة لعملية التزييت اليومي.

ومما سبق يمكن لكاتب التزييت تجهيز جدول التزييت كالآتي:

١. استعمال خريطة مسار عامل التزييت كدليل لعمل قائمة الآلات المكلف عامل التزييت بتزييتها ولوحات ترتيبها حسب ترتيب وصول عامل التزييت إليها.
٢. يأخذ مجموعة لوحات ارشادات التزييت الخاصة بالآلات المذكورة في خريطة مسار عامل التزييت وتفرز كل الآلات التي بها أجزاء تحتاج إلى تزييت أسبوعي.
٣. يعد كاتب التزييت لوحات الإرشادات حسب ترتيب مسار عامل التزييت على الآلات. ولما كان التزييت الأسبوعي بالإضافة إلى التزييت اليومي طبيعيا يستغرق ثلاثة أيام من كل أسبوع. يقسم كاتب الصيانة هذه اللوحات إلى ثلاثة أقسام حيث يمثل كل قسم سبعة ساعات تزييت أسبوعي.
٤. يأخذ بعد ذلك القسم الأول من هذه اللوحات ويكتب على الورق اسم ورق كل آلة. وبعد ذلك توضع مجموعة هذه الأوراق في قسم واحد في الكشكول حسب ترتيبها في خريطة المسار.

وسيكون هذا هو القسم رقم *1* في الملف المركز. ويعمل بالمثل بالنسبة للقسمين الآخرين من لوحات ارشادات التزييت وستكون قسم رقم *2*، قسم رقم *3* من الملف المركزي. وبمعنى أخر سيعطى قسم رقم *1*، *2*، *3* كل الأجزاء

بالآلات التي تحتاج إلى تزييت أسبوعي. وكما هو موضح أن كل قسم من أقسام الملف المركزي يغطى فترة تزييت كاملة خاصة بعملية التزييت.

التزييت الشهري:

دعنا نفترض أن الوقت الذي تستغرقه عملية التزييت الشهري من عامل التزييت هو *42* ساعة أي *6* ساعات في اليوم لمدة *6* أيام من كل شهر (تذكر أن الساعة المتبقية من كل يوم هي لغرض عمليات التزييت اليومية). وهذا يتطلب نفس اجراء عملية الفرز للآلات التي بها أجزاء تحتاج الى تزييت شهري وتعمل *6* أقسام من لوحات ارشادات التزييت ويخصص يوم لكل قسم. مرة أخرى يكتب اسم ورقم الآلة التي بها أجزاء تحتاج إلى تزييت شهري على الورق وتوضع كل مجموعة من هذه الأوراق في قسم واحد من الكشكول حسب ترتيبها في خريطة المسار مكونة قسم رقم *4*، *5*، *6*، *7*، *8*، *9* من أقسام الملف المركزي.

وتتبع نفس الطريقة مع فترات التزييت الأخرى.

التزييت الربع سنوي:

نفترض أن الوقت الذي تستغرقه عملية التزييت الربع سنوي هو *28* ساعة أي *7* ساعات لمدة *4* أيام كل ربع سنة (ثلاثة أشهر) وبذلك يتكون لنا قسم رقم *10*، *11*، *12*، *13* من اقسام الملف المركزي

التزييت النصف سنوي:

نفترض أن الوقت الذي تستغرقه عملية التزييت النصف سنوي هو *14* ساعة أي *7* ساعات لمدة يومين وبذلك يتكون لنا قسم رقم *14*، *15* من أقسام الملف المركزي.

التزييت السنوي:

نفترض أن الوقت الذي تستغرقه عملية التزييت السنوي هو *28* ساعة أي *7* ساعات لمدة *4* أيام من السنة وبذلك يتكون لنا قسم رقم *16*، *17*، *18*، *19* من اقسام الملف المركزي.

رابعا: لوحة تقويم التزييت السنوية ذات الثلاثة عشر فترة.

إن التقويم السنوي المعرف غير منتظم ولا يسمح بوضع جدول سهل لعملية التزييت على مدار السنة إذ أن بعض الشهور بها *31* يوما وأخر *28* يوم. لذا وجد من الأحسن والأسهل تقسيم السنة إلى (*52* أسبوع) إلى *13* فترة وتشمل كل فترة *4* أسابيع. وبهذه الطريقة يبدأ كل شهر أو فترة حسب هذا التقسيم بيوم السبت وينتهي يوم الخميس وتحتوي كل فترة على نفس العدد من أيام التشغيل وتشمل نفس ساعات العمل وهي *48* ساعة في الأسبوع.

فبالنسبة لفترة التزييت الربع سنوي والنصف سنوي ستعمل فقط بغرض التسهيل الاثني عشرة فترة الأولى على أساس أنه التقويم السنوي للتزييت وبهذه الطريقة سيعطى التقييم المبنى على أساس *4* أسابيع لكل فترة نفس عدد أيام التشغيل لهاتين الفترتين من فترات التزييت.

أما بالنسبة للتزييت اليومي والأسبوعي والشهري فندون بالجدول على أساس أن التقويم السنوي للتزييت هو *13* فترة مما سيسمح للقائمين على هذه العملية أن يبدأ وينتظم سنة التزييت الجديدة في نفس الوقت تقريبا الذي انقضت فيه السنة التي يعملون فيها.

التزييت الأسبوعي:

دعنا نأخذ إحدى فترات التزييت ونرى كيف توضع فترة التزييت الأسبوعي الجدول. كما سبق أن عملنا من الملف المركزي ان الأقسام رقم *1*، *2*، *3* تغطى الأجزاء التي تحتاج إلى تزييت أسبوعي.

دون رقم *1*، *2*، *3* الدالة على عملية التزييت الأسبوعي في جدول التقويم السنوي للتزييت تحت كل يوم سبت وأحد واثنين من كل أسبوع.

وبهذه الطريقة يمكن لكاتب الصيانة الرجوع إلى جدول التقويم السنوي للتزييت في أي يوم اثنين على سبيل المثال ويحدد ما هي الآلات التي سيقوم عامل التزييت بتزييتها حسب القائمة المذكورة في الملف المركزي لديه.

التزييت الشهري:

ستطبق نفس الطريقة السابقة أي أن عملية التزييت الشهري من الملف المركزي تقع تحت *6* أقسام من قسم رقم *4* حتى قسم رقم *9* أي أننا نحتاج ستة أيام كل شهر لتغطية عملية التزييت الشهري.

دون رقم *4*،*5*، *6*، *7*، *8*، *9* الدالة على عملية التزييت الأسبوعي في جدول التقويم السنوي لتزييت تحت*6* أيام الباقية الثلاثاء، الأربعاء، الثلاث أسابيع الأولى من كل فترة (شهر التزييت).

ويمكن القول إن توزيع عملية التزييت الأسبوعي والشهري على جدول التقويم السنوي للتزييت قد غطت الخمسة أيام الأولى من كل أسبوع فيما عدا اليومين الباقيين (الثلاثاء، الأربعاء) من كل شهر من هذا التقويم.

وتتبع نفس الطريقة مع فترة التزييت الأخرى.

التزييت ربع سنوي:

دون في جدول التقويم السنوي رقم *10*، *11* *12*، *13* وهي أرقام الأقسام الخاصة بعملية التزييت الربع سنوي لتزييت مرة كل ثلاث أشهر في الأربع الأيام الباقية من كل ربع سنة.

يبقى لنا الآن يومين فقط (الثلاثاء والأربعاء) باقين من كل ربع سنة.

التزييت النصف سنوي:

في نهاية الربع الأول والثالث من كل سنة دون في جدول التقويم السنوي رقم *14*، *15* وهما رقمي القسمين الخاصين بعملية التزييت النصف سنوي حسب ما جاء بالملف المركزي.

التزييت السنوي:

في نهاية الربع الثاني والرابع من كل سنة دون في جدول التقويم السنوي أرقام *16*، *17*، *18*، *19* وهى أرقام الأقسام الخاصة بعملية التزييت السنوي حسب ما جاء بالملف المركزي.

خامسا: نموذج التزييت اليومي لعامل التزييت.

إن آخر خطوة في تنظيم عملية التزييت هي تحديد الأعمال التي يقوم بها عامل التزييت يوميا.

إن النموذج الآتي بيانه ما هو إلا مثال نذكره بغرض الشرح (النموذج رقم *2*).

نموذج رقم (*2*)

القسم:							التاريخ:
اسم عامل التزييت:					**الفترة :**		
رقم الآلة	**اسم الآلة**	**ن**	**ن /2**	**ن / 4**	**ش**	**س**	**ى**
120	مخرطة ببرج						
121	مخرطة كابستان						
122	فريزة أفقية						
123	فريزة عامة						
124	آلة للثقب الدقيق						

تقرير عن الأعطال والتشغيل الغير سليم

رقم الآلة	**اسم الآلة**	**العطل**

أما النموذج الخاص بكل مصنع فهو يعتمد على عدد الآلات التي سيكلف عامل التزييت بتزييتها وكذلك هل سيكتب اسم الآلة أم يكفي ذكر رقمها. كما أنه لما كان نموذج التزييت اليومي سيعتبر من الأوراق الرسمية والتسجيلية لمصنع قد يرى مهندس الصيانة ضرورة طبع اسم الصنع بأعلى هذا النموذج.

وسيقوم كاتب الصيانة بكتابة النموذج الخاص بكل عامل تزييت ويذكر في كل نموذج أرقام وأسماء الآلات المكلف بها هذا العامل. يجب ذكر أرقام وأسماء الآلات بتزييت ووصول عامل التزييت إليها حسب خريطة المسار وبهذه الطريقة سيتمكن كاتب الصيانة من سهولة استعمال قائمة الآلات المذكورة والملف المركزي وتدون المعلومات في نموذج التزييت اليومي. هذا ويحسن في حالة وجود بعض الأجزاء في أي آلة تحتاج إلى تزييت يومي أن يكون يقوم الصيانة بطبع علامة صح في خانة التزييت اليومية من هذا النموذج عند إعداد النموذج ويفسر ذلك مما سبق أن عبرنا عنه بجدول الآلة لعملية التزييت اليومي. ومهمة التزييت اليومي يمكن طبعها لأنها تتكرر طبيعيا كل يوم بالرغم من أداء عمليات التزييت التي تجرى في فترات أخرى.

كيف يحدد كاتب الصيانة الأعمال التي يجريها عامل التزييت؟

أول ما يقوم به كاتب الصيانة لتحديد العمل الذي سيقوم به عامل التزييت في أي يوم هو الرجوع إلى التقويم السنوي للتزييت ليحصل على الرقم الخاص بالجدول في ذلك اليوم. فلو كان ذلك اليوم على سبيل المثال هو يوم الاثنين *26* مايو سنة *2008* فسيجد أن رقم الجدول في هذا اليوم هو *3*. فعليه بعد ذلك فتح كشكول الملف المركزي على قسم رقم *3* ويجد أن هذا القسم خاص بتزييت الجزء الثالث من الآلات التي تحتاج إلى تزييت أسبوعي ثم يقوم بوضع علامة صح في خانة التزييت الأسبوعي من نموذج عامل التزييت لجميع الآلات المذكورة في القسم رقم *3* بكشكول الملف المركزي وبمعنى آخر هذه الآلات التي سيقوم عامل التزييت بتزييتها في هذا اليوم. ويقوم كاتب الصيانة باتباع هذه الطريقة كل يوم من أيام الأسبوع لتحديد الأعمال التي يجريها عامل التزييت.

فمثلا يوم الثلاثاء *27* مايو يقوم فتح كشكول الملف المركزي على قسم رقم *4* وهو خاص بالتزييت قسم رقم ٤ لمجموعة الآلات التي تزييت شهريا لذا يقوم كاتب الصيانة بوضع علامات صح في خانة التزييت الشهري من نموذج عامل التزييت وهكذا تكرر العملية يوميا بيسر وسهولة.

مهمة عامل التزييت:

بهذا التنظيم أصبح ما يقوم به عامل التزييت من أعمال كتابة أقل ما يمكن. كل ما عليه أن يفعله هو وضع علامة – على الخانات التي بها علامة صح من النموذج المعطى له (نموذج عامل التزييت) وذلك بعد أدائه لعملية التزييت المطلوب اجراؤها. إن عمل عامل التزييت الروتيني سينحصر في الست خطوات الآتية:

١. ينظر إلى النموذج اليومي لتحديد أول آلة سيقوم بتزييتها.
٢. لو كانت الآلة الأولى التي سيقوم بتزييتها يوجد أمامها علامة صح في خانة التزييت اليومي والأسبوعي فعليه أن يرجع إلى لوحة ارشادات التزييت المعلقة على الآلة لتحديد الأجزاء التي تحتاج إلى تزييت أسبوعي وكذلك صنف الزيت المستعمل والكمية المطلوبة... إلخ. ويقوم بعد ذلك بتزييت هذه الأجزاء.

٣. يضع علامة × على الخانات التي بها علامة صح في خانة التزييت الأسبوعي من النموذج كما يقوم بعد ذلك بإجراء عمليات التزييت اليومي ويعلم أيضا بعلامة × في الخانة الخاصة بالتزييت اليومي.
٤. إذا ما لاحظ عامل التزييت وجود أي خلل بالآلة فعليه ذكر ذلك في المكان المخصص بأسفل النموذج ذاكر رقم الآلة وطبيعة الخلل.
٥. في نهاية عمل عامل التزييت اليومي أو في نهاية الوردية يقوم بتقديم هذا النموذج (نموذج عامل التزييت) إلى كاتب الصيانة.

ويقوم كاتب الصيانة بعد ذلك بعمل الملحوظات الخاصة بالخلل ويقدمها إلى الجهة المسئولة لاتخاذ اللازم

اقتراح خاص بوضع نظام ثابت لطريقة الترقيم بالألوان: (نموذج رقم 3)

إن طريقة الترقيم بالألوان التي تربط براميل الزيت بمعدات التزييت بالأجزاء المراد تزييتها لها دون شك فوائد كثيرة وإن كان تطبيقها ليس له الضرورة الحتمية، إن طريقة الترقيم بالألوان تساعد على سبيل المثال في منع استعمال الزيوت في غير أماكن استعمالها الأمر الذي قد يتسبب عنه حدوث أعطال كبيرة وكلما كانت طريقة الترقيم بالألوان سهلة التنفيذ أصبحت فائدتها أكثر وأهم. وفيما يلي تصميم لطريقة الترقيم بالألوان والتي أثبتت صلاحيتها وفائدتها الكبيرة سواء في المصانع الكبيرة والصغيرة.

ويبين نموذج رقم 3 طريقة الترقيم بالألوان النموذجية لعملية التزييت التي صممتها جمعية بحوث الإنتاج" بريا " بالتعاون مع كبرى الشركات الصناعية وشركات صناعات مواد التزييت.

طريقة الترقيم بالألوان النموذجية لعملية التزييت (نموذج رقم ٣)

نقرات التزييت	تقسيم أصناف الزيوت		أرقام أصناف الزيـــوت										
العلامة المميزة			مدى اللزوجة – بمقياس اللزوجة أنجلر عند ٥٠°م										
لفترة التزييت	اللـــون	الزيت	١ر٣/١ر٩	١ر٧/١ر٢	١ر٣/٢ر٤	٢ر٤/٣ر٥	٤ر٥/هر٦	٦ر٩/هر٧	٦ر٧/هر٨	٦ر٨/١ر١٤	٣ر١٤/٢٢ر٠	١ر٢٢/٣١ر٠	١ر٣١/٤٩ر٠ ٦٢
يومـــى	أحمـــر	زيت خفيف	١	٢	٣	٤							
	أســود	زيـــت متوســـط اللزوجة					٥	٦	٧				
	برتقالى	زيت ثقيل								٨	٩	١٠	١١
	أزرق	زيت هيدروليكى	١	٢	٣	٤	٥	٦					
أسبوعى	أبيض	زيـــت لأســـطح الانزلاق											
	أشـــرطة حمراء على أرضيـــة بيضاء	الزيوت الخاصة التى لاتقع تحت تقسيم الزيوت المذكورة عالية	– لاتنطبق أرقام التصنيف هنا . – تستعمل أرقام خاصة متتالية لتفاضل بين أصناف الزيت الخاصة المختلفة .										
شهرى	اللـــون	الشحـــن	رقم درجة الفرز حسب تقسيم المعهد الأهلى لشحوم التزييت .										
ربع سنوى	أصفر	قاعدة ليثيوم	١		٢		٣		٤				
	وردى	قاعدة صودا	١		٢		٣		٤				
نصف سنوى	أخضر	قاعدة كالسيوم	١		٢		٣		٤				
سنوى	أشـــرطة صفـــراء على أرضية سوداء	اشـحوم الخاصـة التى لاتقع تحت تقسـيم الشـحوم المذكورة عالية	– لاتنطبق أرقام التصنيف هنا . – تستعمل أرقام خاصة متتالية لتفاضل بين أصناف الشحوم الخاصة المختلفة .										

وعموما ما سبق ذكره نجد أن تنظيم عملية التزييت تشمل الخطوات البسيطة الآتية:

١- جرد جميع الآلات المصنع في بطاقات إرشادات التزييت.

٢- عمل خطة مسار لكل عامل تزييت لإتباعها خلال جولته اليومية لتزييت الآلات.

٣- انشاء جهاز تنظيم مركزي كفيل بإعطاء كل عامل تزييت يومي قائمة من الآلات التي سيتولى تزييتها.

٤- تنظيم جداول التزييت اليومي والأسبوعي والشهري والربع سنوي والنصف سنوي والسنوي. وتحديد أرقام ثابتة في جدول التقويم السنوي للتزييت.

٥- يقوم عامل التزييت بأداء المهمة المكلف بها بوضع علامات – على النموذج الخاص لتأكيد أدائها ويرجع هذا النموذج (نموذج عامل التزييت) إلى كاتب الصيانة لحفظه في الملفات.

٦- قد يأخذ عمل هذا التنظيم من الوقت القليل أو عدة أيام أو أسبوعين ولكن متى تم تنظيم عملية التزييت سوف تجد أن العملية سهلة وتعمل بكفاءة عالية وأن الأعمال الكتابية لا تستغرق من الوقت غير دقائق يوميا.

٧- ملاحظات:

- يلاحظ أن أيام الاجازات والعطلات الرسمية لا تخل ببرنامج التزييت اليومي ولكن بخصوص برنامج التزييت الأسبوعي والشهري. إلخ فيراعى تأجيل أعمال التزييت والتشحيم إلى اليوم الذي يليه.
- يلاحظ ان تعامل الوردية الواحدة كأنها يوم عمل منفصل.
- يجب ألا يترك لعامل الإنتاج القيام بعمليات التزييت والتشحيم.

أهمية تخزين الزيوت والشحومات:

- لعدم التعرض لعوامل بيئية أو جوية تغير من خصائصها وجودتها.
- لعدم الخلط بين الأنواع المختلفة لكل منها.
- الحفاظ عليها من التسريب من البراميل أو من تسرب الهواء إليها.

كيف يتم تخزين الزيوت والشحومات؟

- يوضع البرميل في وضع أفقي بحيث تكون الطبة الكبيرة والصغيرة عند مستوى أفقي واحد أو في وضع رأسي بحيث يكون مائلا كما هو مبين بالشكل.

الأوضاع الصحيحة لتخزين براميل الشحم

- تنظف البراميل جيدا قبل التخزين وقبل الاستخدام
- غلق البراميل جيدا لمنع تسرب الأتربة والشوائب إليها

تعليمات هامة لعملية التزييت والتشحيم:

١. ممنوع إضافة زيت (أو شحم) جديد على زيت (أو شحم) قديم عند إعادة التزييت والتشحيم حتى ولو كان الزيت (أو الشحم) الجديد له نفس خصائص الزيت (أو الشحم) القديم لأن الزيت أو الشحم القديم المستعمل قد تغيرت خواصه بعد فترة التشغيل.

٢. عند تغيير نوع الزيت أو الشحم المستخدم في التزييت والتشحيم يجب أولا غسل بيت الزيت أو الشحم وتنظيفه من الشحم القديم حتى لا تتغير خواص الزيت أو الشحم الجديد.

٣. يجب عدم استعمال الكيروسين في تنظيف بيت الشحم أو كراسي التحميل حيث أن الكيروسين بطيء التبخر فيبقى جزء منه يؤدى إلى تلوث مادة التزييت أو يؤثر على خواصها ويفقدها بعض مزاياها لذلك ننصح باستعمال مذيب بترولي متطاير مثل مذيب *110/80* (مذيب اسو فارسول) لما له من خواص منظفه ممتازة فضلا على سرعة تبخره من الكرسي.

٤. يجب استعمال الزيوت والشحوم المناسبة الموصي بها لضمان أفضل النتائج ويجب عدم استبدال أي نوع بآخر إلا بعد استشارة المتخصصين بالزيوت والشحوم. كما يجب مراعاة إتباع نظام دقيق في تزييت أجزاء الماكينة.

٥. يجب المحافظة دائما على نظافة المزايت ومسدسات التشحيم وكافة المعدات الأخرى الخاصة بالتزييت والتشحيم. كذلك يراعى عدم ترك فتحات التزييت والكراسي وغير ذلك من المزايت مكشوفة ويجب تغطيتها بالأغطية المناسبة.

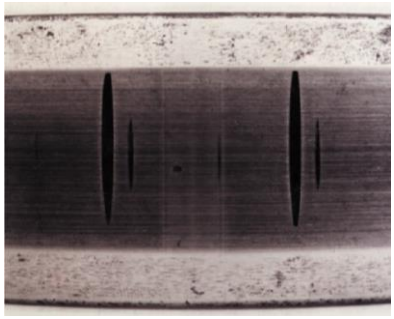
٦. كل عناية يبذلها صاحب الماكينة في شأن نظام التزييت بالأصناف المناسبة من الزيوت والشحوم تؤدى إلى حصوله على كفاءة أداء عالية كما أنها تطيل من عمر الآلة.

٧. عند إيقاف تشغيل إحدى الماكينات يجب تنظيفها جيدا وتزييت جميع الكراس التي تزييت باليد حيث أن ملء الكراس بالزيت في فترات التوقف يمنع تسرب المواد الغريبة لداخلها فتبقى نظيفة طوال فترة التوقف.

٨. يتم تخزين الزيوت معا طبقا لأنواعها وليس طبقا للزوجتها حتى لا يتم الخلط بينها أثناء التخزين

<u>أعطال كراسي التحميل:</u>

١. **النحر العرضي**



أعراضه:

- علامات تآكل بيضاوية الشكل في الاتجاه الأفقي (*Axial*) للبلية وتكون جوانبها حادة
- الأجزاء الدوارة تكون محاطة من الخارج بلون بنى يشبه لون الحجارة

أسبابه:

- اهتزازات ثابتة مستمرة بالماكينة نتيجة لسوء تثبيتها تقوم بتوليد حركة مستمرة بين الأجزاء الـدوارة ومجرى الحلقة الداخلية والخارجية ومع مرور الوقت تقوم الأجزاء الدوارة بنحر المجاري
- خلال فترات توقف البلى عن العمل يتلاشى خط تبريد الزيت الرفيع (*Oil Film*) الذى تكونه البليـة أثناء دورانها فيؤدى ذلك لحدوث تآكل بمجرى الحلقة الداخلية و الخارجية نتيجة لذلك

علاجه:

- استخدام وسائل تثبيت جيدة للماكينة
- استخدام زيوت وشحومات مضادة للبرى والتآكل
- إجراء عملية تزييت وتشحيم للبلى خلال الفترات الطويلة التي تتوقف فيها الماكينة عن العمل
- ملاحظة: هذا العطل يحدث بأقل نسبة اهتزاز بالماكينة وهي مقدرة بالميكرون لذلك فإن أي نسبة اهتزازات ضئيلة جدا كافية لإتلاف البلية.

٢. احتراق مجاري الحلقات

أعراضه:

- يتحول لون مجاري الحلقات والأجزاء الدوارة والقفص للون الذهبي والأزرق معا
- وجود تشوهات بالأجزاء الدوارة
- تلاشى مادة التزييت بالبلية

أسبابه:

- عدم وجود كمية كافية من الزيت أو الشحم بالبلية لتحمل الأحمال والسرعات العالية
- الزيت أو الشحم المستخدم غير مطابق لمواصفات المصمم
- تعرض البلية لسرعة دوران وأحمال زائدة
- الخلوص الذاتي للبلية قليل عن الحد المسموح فيؤدى ذلك لتقليل خط التبريد الرفيع

علاجه:

- فحص كمية الزيت أو الشحم بالبلية على فترات متقاربة ومنتظمة
- مقارنة سرعة دوران عمود البلية والحمل الفعلي الواقع عليها مع القيم الفعلية التي تتحملها البلية
- التأكد من أن نوع الشحم مطابق لتوصيف مصمم الماكينة
- التأكد من الخلوص الذاتي المسموح به للبلية بعد التركيب

٣. كسر بالحلقة الخارجية للبلية

أعراضه:

- يحدث الكسر عند خط منتصف المجرى وعلى الطول المحيطي للبلية
- آثار الكسر على الحلقة الخارجية غير منتظمة الشكل

أسبابه:

- خطأ في تثبيت البلية داخل الكرسي الثابت (*Housing*) غير محكم

علاجه:

- تثبيت البلية بإتقان داخل كرسي التحميل الثابت مع مراعاة الخلوص التداخلي بين الحلقة
- الخارجية للبلية والكرسي الثابت

٤. الانحناء

أعراضه:

- تكون مجرى جديدة للأجزاء الدوارة منحنية الشكل

أسبابه:

- وجود شوائب صلبة داخل البلية
- وجود انحناء بأعمدة الدوران (*Misalignment*)
- في البلى المجهز بجلبة داخلية مخروطية مشقوقة تكون الأسنان المقلوظة لصامولة الزنق مائلة على الأسنان المقلوظة للجلبة المشقوقة فتؤثر الصامولة بضغط له شكل نصف دائرة على حرف الحلقة الداخلية والخارجية للبلية ومع سرعة الدوران العالية للأجزاء الدوارة تتكون مجرى عميقة لها نفس درجة ميل الصامولة على الجلبة المشوقة

علاجه:

- تنظيف البلية جيدا من الداخل خاصة عند إعادة التشحيم
- اختبار استقامة عمود الدوران
- في حالة وجود جلبة داخلية مخروطية مشقوقة بالبلية يفضل فك الصامولة وإعادة تركيبها مرة أخرى بطريقة صحيحة

٥. تجليخ ببكرات البلى البلح

أعراضه:

- علامات ممسوحة على البلحات الدوارة
- خشونة بمجرى الحلقات وبالبلح الدوار

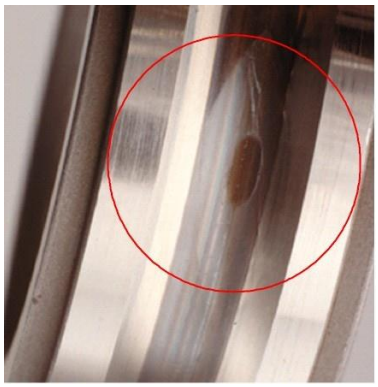
أسبابه:

- انزلاق البلحات على المجاري الداخلية والخارجية بقوة حمل منخفضة مع تشحيم ضعيف
- الحمل مركز فقط على جزء قصير من محيط البلية فيسبب ذلك دوران البلحات بسرعة بطيئة عند منطقة انعدام الحمل (وهذه التي تسبب الخشونة نتيجة الاحتكاك البطيء) ثم تزداد عجلة السرعة عندما تقترب من منطقة الحمل

علاجه:

- اختيار بلى يتحمل أحمال أقل
- تقليل الخلوص الذاتي القطري للبلية
- تحسين عملية تشحيم البلية

٦. تآكل ذو مسار ضيق



اعراضه:

- ظهور تآكل في مسار ضيق بقاع المجرى

أسبابه:

- إزواج البلية مع العمود أو الثقب أكبر من الخلوص القطري للبلية فيسبب ذلك حمل إضافي على البلية ومع درجة حرارة التشغيل يحدث التآكل

علاجه:

- تقليل الإزواج بين البلية والعمود أو الثقب عن طريق تقليل قطر العمود أو زيادة قطر الثقب بواسطة خراطة دقيقة جدا (بالميكرون) مع الحرص على ألا يزيد هذا الخلوص عن الحد المسموح
- اختيار بلى له خلوص قطري كبير مع الإبقاء على العمود والثقب كما هما

٧. الشقوق الأفقية (موازية لمحور دوران عمود البلية)

اعراضه:

- وجود تصدع (شرخ) جزئي أو كامل بالحلقة الداخلية اتجاهه موازي لمحور دوران عمود البلية

أسبابه:

- التشحيم قليل
- حدوث انزلاق بالبلية

٨. كسر على شكل حفر بمجرى البلية

أعراضه:

- يظهر الكسر على هيئة حفرة بها نقر كبيرة ويظهر تأثيرها على الأجزاء الدوارة
- ينتشر حول منطقة الكسر الأساسية حفر صغيرة نتيجة لدوران البلية وهي حاملة لقطع الرايش الصغيرة الناتجة عن الكسر الأساسي
- يكون دائما مصحوبا بزيادة ملحوظة في الاهتزازات

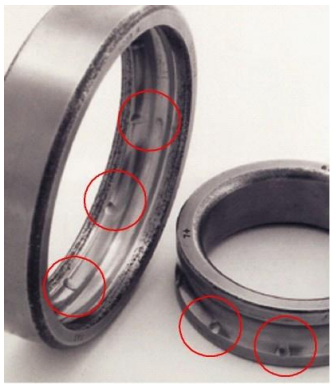
أسبابه:

- فترة تشغيل البلية تعدت عدد مرات تحمل الأحمال (*Fatigue Life*) المصممة عليها

علاجه:

- قوم بتغيير البلية دائما عند انتهاء فترة التحميل الزمنية المصممة عليها والتي يتم معرفتها بواسطة المصمم أو المصنع أو قم بتركيب بلية لها فترة تحمل أحمال أطول

٩. التركيب والتخزين الخطأ



أعراضه:

- تظهر على شكل فجوات على طول محيط مجرى الحلقة الداخلية والخارجية للبلية وتؤدى لحدوث اهتزازات وضوضاء عند الدوران
- ملحوظة: من الممكن أن يسبب هذا العيب كسر للبلية أثناء فترة التشغيل

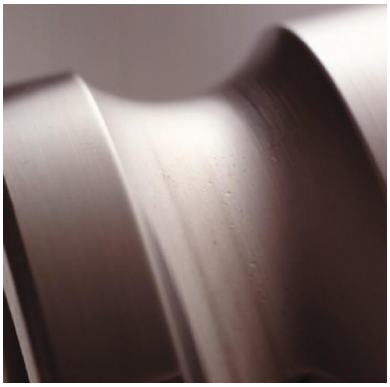
أسبابه:

- تعرض البلية لحمل عالي أثناء فترة توقفها
- تعرض البلية لصدمات عالية جدا أثناء التركيب أو بعد التركيب مثل الطرق عليها بشاكوش
- التأثير بضغط مكبس عالي على الحلقة الخارجية للبلية أثناء تركيبها مع العمود (تركيب خطأ)

علاجه

- اختيار كراسي تحميل تتحمل أحمال ساكنة عالية
- استخدام الطرق المناسبة والصحيحة في تركيب البلى
- التأثير بضغط المكبس على الحلقة الداخلية للبلية عند تركيبها مع عمود وعلى الحلقة الخارجية عند تركيبها ببيت بلى

١٠. التلوث



أعراضه:

- وجود ثقوب صغيرة جدا على المجرى والأجزاء الدوارة وتسبب هذه الثقوب الصغيرة اهتزازات عند الدوران

أسبابه:

- انتقال هواء محمل بالأتربة والشوائب أو الرايش المعدني إلى البلية من خلال بيئة العمل المحيطة
- أدوات تركيب البلية أو الأيدي لم تكن نظيفة أثناء التركيب
- الشحم أو الزيت المستخدم يحتوي على شوائب
- وجود شوائب قديمة بالبلية قبل تركيبها

علاجه

- الحفاظ على نظافة بيئة العمل باستمرار
- عدم نزع غلاف البلية إلا قبل التركيب مباشرة
- الاهتمام بنظافة أدوات الفك والتركيب وكذلك نظافة الأيدي
- إجراء عملية فك وتركيب البلية في ورشة نظيفة تماما إن أمكن ذلك
- التأكد من نظافة الشحم والزيت باستمرار بواسطة إجراء اختبار الشوائب على الشحم أو الزيت
- إذا كانت البلية سوف تستخدم مرة أخرى بعد عملية الفك فيجب تنظيفها جيدا من الشحم القديم ثم ترش بمذيب مانع للصدأ ثم تغلف جيدا حتى تستخدم مرة أخرى