



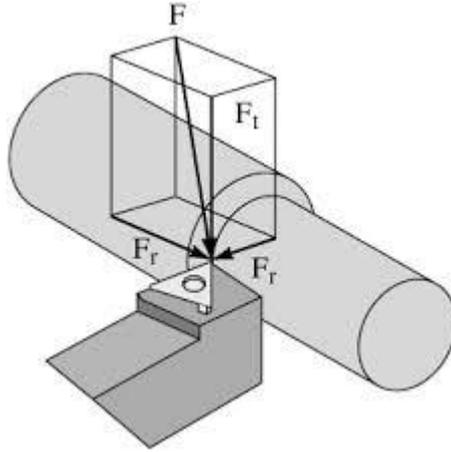
وزارة التجارة والصناعة
مصلحة الكفاية الإنتاجية والتدريب المهني
الإدارة العامة للبرامج والمواصفات



مهنة: تشغيل ماكينات الخراطة CNC

كتاب

تكنولوجيا وحساب فني التحكم الرقمي بالحاسب الآلي خراطة الصف : الثالث



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

إعداد
مهندس/ حسين فاروق علي
إخصائي البرامج والمواصفات

فهرس الكتاب

٥	..... مقدمة
٦	..... الباب الأول
٦	..... التصنيع
٦	..... التصنيع: <i>Manufacturing</i>
٦	..... أهمية التصنيع:
٧	..... الشروط الواجب توافرها في التصنيع:
٧	..... منظومة التصنيع:
٩	..... دورة التصنيع:
١٢	..... الإنتاجية <i>Productivity</i>
١٢	..... مؤشرات الإنتاجية للمؤسسات الصناعية:
١٢	..... وسائل تحسين الإنتاجية:
١٣	..... التنمية التكنولوجية:
١٤	..... الإنتاج في الوقت المطلوب (<i>JIT</i>): <i>Just in time production</i>
١٥	..... القدرة التنافسية في الصناعة:
١٦	..... دور التصميم وأهميته في منظومة التصنيع:
٣١	..... الهندسة العكسية <i>Reverse Engineering</i>
٣٣	..... الباب الثاني
٣٣	..... تخطيط عمليات التشغيل
٣٣	..... خطوات التخطيط لعمليات التصنيع:
٣٤	..... تصنيف عمليات التشغيل:
٣٥	..... التفاوت <i>TOLERANCE</i>
٣٧	..... تشطيب الأسطح (الخشونة)
٤٠	..... أنواع خشونة السطح. (<i>Types of Surface Roughness</i>)
٤٣	..... العلاقة بين الخشونة والتفاوت
٥٨	..... تخطيط تسلسل عمليات التشغيل: <i>Process Sequence Planning</i>
٦٤	..... التسلسل النمطي لعمليات التشغيل:

٧١	تسلسل عمليات تشغيل الأسطح بصفة عامة:
٧٣	إعداد بطاقات العمليات <i>Process Sheets</i>
٧٥	الباب الثالث
٧٥	شروط التشغيل وحساب أزمنة القطع
٧٥	اختيار شروط التشغيل
٨٠	عمر العدة القاطعة:
٨٣	أمثلة محلولة لحساب زمن التشغيل
٨٩	حساب زمن دورة التشغيل
٨٩	مثال محلول على تخطيط عمليات التشغيل
٩١	المثبتات:
٩١	منجلة المنشار الترددي
٩٣	جلبة تحديد مسافات
٩٣	الكمية
٩٦	الباب الرابع
٩٦	تكاليف التصنيع
٩٦	حساب عناصر التكاليف:
١٠٠	العوامل المؤثرة على تكلفة المنتج:
١٠٣	نقطة التعادل: <i>BREAK EVEN POINT</i>
١٠٦	طرق تخفيض تكلفة تصنيع المنتج:
١٠٧	تأثير شروط القطع على تكاليف التصنيع:
١٠٨	الباب الخامس
١٠٨	القطع على المخرطة والقوى الناشئة عنه
١٠٨	أولاً نظرية القطع وتكوين الرايش
١١٥	- ثانياً: قوى القطع عند الخراط <i>Cutting Forces</i>
١٢٢	قوى القطع في الخراطة:
١٢٥	الباب السادس
١٢٥	تطبيقات صناعية على تشغيل ماكينات الخراطة <i>CNC</i>
١٢٥	نظام الفانوك <i>21i</i> - نظام التكويد <i>B</i>

١٥٠	..... الباب السابع
١٥٠	..... الصيانة الميكانيكية <i>Mechanical Maintenance</i>
١٥٠	..... مقدمة:
١٥١	..... المفهوم الحديث للصيانة الميكانيكية
١٥١	..... ما المقصود بفن صيانة الماكينات؟
١٥١	..... أهمية الصيانة <i>Importance of Maintenance</i>
١٥٢	..... الصيانة الإنتاجية الشامل <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>
١٥٦	..... فروع الصيانة الإنتاجية الشاملة:
١٦٠	..... الفوائد المزمنة <i>Loss Chronic</i> :
١٦٣	..... زيادة فعالية المعدات: <i>Maximizing Equipment Effectiveness</i>
١٦٨	..... البنية التحتية للصيانة:
١٦٨	..... أولاً: إدارة قطع الغيار:
١٧٣	..... ثانياً: معلومات ومستندات الصيانة
١٧٧	..... ثالثاً: أدوات الصيانة
١٧٩	..... رابعاً: التدريب
١٨١	..... الطرق العملية لصيانة الماكينات
١٨٢	..... الشروط الواجب توافرها لاكتشاف الأعطال وإصلاحها:
١٨٩	..... الأعطال الميكانيكية
١٩٢	..... الأعطال الهيدروليكية الشائعة:
١٩٥	..... وظيفة الزيوت والشحومات:
١٩٨	..... أنواع طرق التزييت المستخدمة:
٢٠٧	..... أنواع الشحومات:
٢١٧	..... تخطيط وتنظيم عملية التزييت والتشحيم:
٢٢١	..... حساب الوقت الذي تستغرقه عملية التزييت:

مقدمة

في هذه المرحلة التي يمر بها العالم وما فيها من تكتلات اقتصادية عملاقة لا نجد أمامنا من سبيل إلا الوقوف بقوة وجدية في مواجهة التحديات الاقتصادية والمنافسات التجارية الشرسة كي نفرض وجودنا على الساحة العالمية وذلك بمسايرة واستيعاب التطورات التكنولوجية السريعة لزيادة قدرتنا التنافسية وهو ما لا يتحقق إلا بالإعداد الجيد لأجيال من الفنيين في مجالات التصنيع المختلفة وهو ما يستهدفه هذا الكتاب الذي 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 التشغيل وحساب أزمنة القطع وطرق اختيارها، بينما يتعرض الباب الرابع بإيجاز إلى حساب عناصر تكلفة التصنيع ، ثم نتطرق في الباب الخامس لدراسة قوى وقدرات القطع عند الخراطة الأمر شديد الأهمية الذي يهدف إلى تنمية حس الفنيين بصحة عملية التشغيل بالكامل ويستعرض الكتاب في الباب السادس تطبيقات صناعية على تشغيل ماكينات الخراطة 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 بالنسبة لأنظمة التصنيع 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

التصنيع: *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 - السيارات - الطائرات - الثلاجات الكهربائية - التلفزيون ... إلخ وهي منتجات تم تصنيع أجزائها ثم تجميعها.

ويشمل التصنيع إلى جانب ذلك تصنيع معدات و ماكينات و أدوات الإنتاج مثل ماكينات التشغيل كالمخارط و الفرايز و المقاشط و ماكينات الثقب و ماكينات التجليخ و المكابس و ماكينات الغزل و النسيج ... إلخ كما يمتد نشاط التصنيع ليشمل أنشطة خدمة تلك المعدات و صيانتها طول فترة عمرها.

أهمية التصنيع:

١- الاستفادة من ارتفاع القيمة المضافة للمنتج إذ يكتسب المنتج قيمة مضافة بفضل ما يحتويه من خصائص تكنولوجية اكتسبها من خلال التصنيع تحدد بسعر السوق وهي أعلى بكثير من قيمة المواد الخام المستخدمة في صنعه و من أمثلة ذلك: -

- الطين الصلصال عندما يتحول من خلال التصنيع إلى أواني خزفية (الصيني) أو بلاط سيراميك لكسوة الجدران والأرضيات وخلافه أو عوازل كهربائية تستخدم لعزل كابلات الكهرباء عن الأبراج.
- الرمل (السليكا) عندما يتحول من خلال التصنيع إلى زجاج أو بلور أو كريستال أو رقائق سيليكون للعناصر الإلكترونية في الحاسبات وغيرها من الأجهزة الإلكترونية.
- زيت البترول عندما يتحول من خلال التصنيع إلى منتجات بتروكيماويه كالبلاستيك بأنواعه المختلفة.
- الحديد عندما يتحول من خلال التصنيع إلى ماكينات أو إلى عدد قاطعه مثل سكاكين 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 بدءاً من التصميم ومروراً بالتخطيط والإنتاج والتفتيش والصيانة وانتهاءً 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 الإمكانيات 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 والمرشحات ومعدات نقل ومناولة المواد والتي قد تصل في بعض الأحيان إلى مستويات مختلفة من

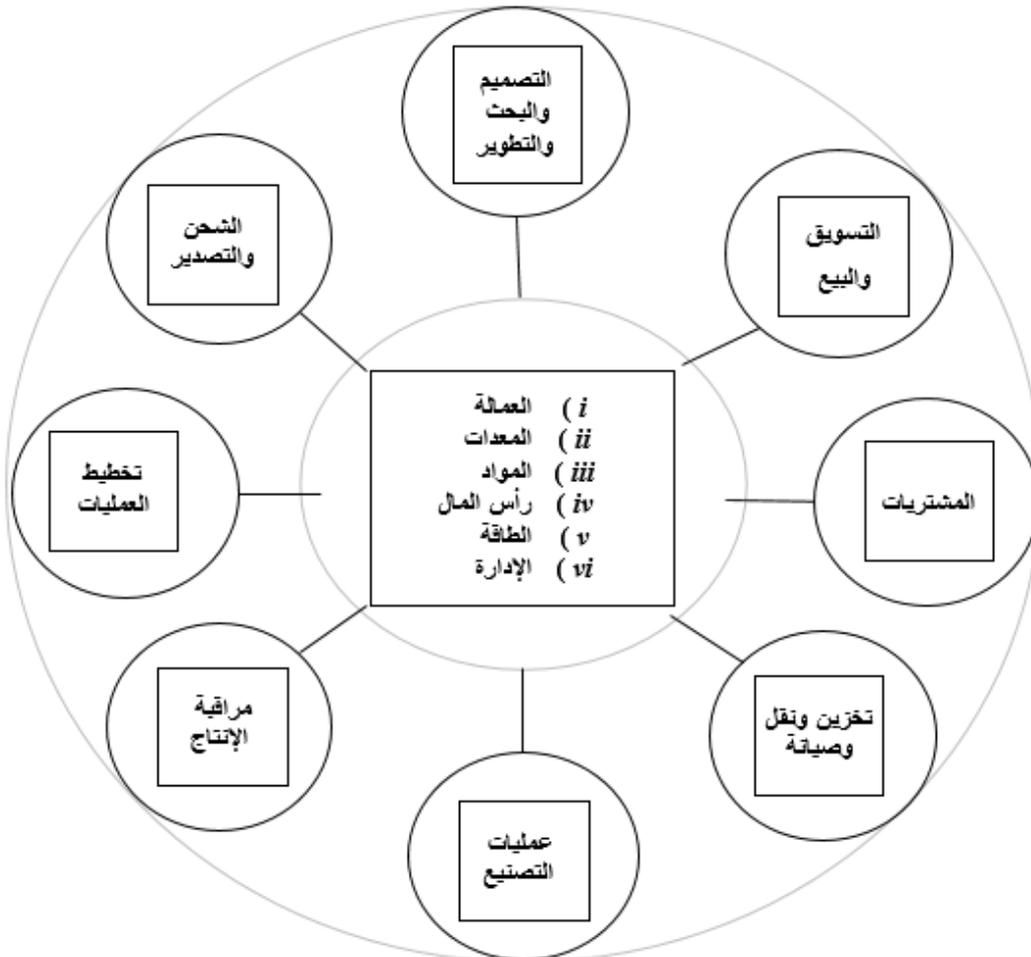
الأوتوماتيكية مثل استخدام الحاسب في التحكم في الماكينات والروبوت الصناعي ... إلخ، وقد أمكن في بعض الدول الصناعية استخدام الحاسبات في السيطرة على كافة أنشطة التصنيع فيما يسمى بالنظام المتكامل للتصنيع مما يؤدي إلى تحسين الجودة والمحافظة عليها وزيادة الإنتاجية وخفض التكلفة وهو ما يؤدي بالتالي إلى زيادة 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) **الطاقة:** 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) **التصميم والبحث والتطوير:** ومهمتها تصميم المنتجات طبقاً لطلب العميل والعدد والآلات والمستلزمات والمثبتات والمرشدات اللازمة للتصنيع وتطوير المنتج طبقاً لما يرد من تقارير عن كفاءة أدائه وقدرته على المنافسة.
- (ii) تخطيط العمليات اللازمة للتصنيع طبقاً لتصميم المنتج.
- (iii) تنفيذ عمليات التصنيع في ورش الإنتاج طبقاً للخطة الموضوعية والبرنامج الزمني المحدد من قبل قسم تخطيط الإنتاج.
- (iv) مراقبة الإنتاج لضمان التنفيذ طبقاً 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 تصنيعه من حيث شكله 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 المباشرة من العملاء أو من خلال تقارير قسم خدمة ما بعد البيع التي تتضمن 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 متضمناً خطوات التصنيع وتوصيف ومقايسة المواد والعدد والمثبتات والمرشدات والمعدات وأسلوب التفطيش الفني وأجهزة القياس المطلوبة كما يقوم بطلب شراء معدات جديدة إن لزم الأمر.

- ٤- يتم إخطار المخازن بما تحتاجه عمليات التصنيع من مواد و عدد ومثبتات وأدوات قياس ... إلخ لصرفها للورث على أمر التشغيل.
- ٥- تقوم الورش الإنتاجية بتنفيذ التعليمات الواردة في أمر التشغيل لتصنيع المنتج ويساندها طوال فترة التنفيذ قسم الصيانة الذي يقوم بإجراء عمليات الإصلاح الفوري والصيانة الدورية والوقائية لضمان استمرار المعدات في عملها دون أعطال.
- ٦- يقوم قسم دراسة العمل بمتابعة عمليات التصنيع وإخطار قسم تخطيط الإنتاج عن مدى انحرافات التنفيذ عن الخطة الموضوعية لاتخاذ الإجراءات اللازمة لتصحيح المسار.
- ٧- يقوم قسم التفتيش الفني بفحص وقياس المنتجات طبقا لتعليمات ضبط الجودة المحددة في التصميم وتحليل نسب المعاب وأسبابها 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 التصميم للمخازن حيث يتم تسليمها في المواعيد المحددة للعملاء أو طرحها في منافذ التسويق أو تصديرها إلى الخارج ويقوم قسم خدمة ما بعد البيع بنشاطه في متابعة أداء المنتجات المباعة ورفع التقارير اللازمة وبذلك تكتمل 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 الكلي لذلك فإن أفضل وسيلة لزيادة الدخل القومي هي زيادة الإنتاجية بينما يؤدي انخفاض الإنتاجية إلى عجز الميزان التجاري وانخفاض معدل النمو وزيادة الكساد والبطالة وتراكم الديون مما يؤدي 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 / الأجر.

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 تؤدي إليه من خفض زمن التشغيل وتقليل العمالة وتحسين الجودة وتقليل الفاقد ومن ثم خفض التكاليف.

٢. ترشيد اختيار الماكينات والعدد والمواد بحيث تؤدي إلى خفض زمن وتكلفة التشغيل.

٣. ترشيد استخدام المواد والطاقة والمعدات والعدد مما يؤدي إلى خفض التكاليف.

٤. رفع مستوى العنصر البشري 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 المنظمة 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 يؤدي 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 البشري 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.

وتتميز الصناعات التكنولوجية المتقدمة بما يلي:

١. قلة الاعتماد على الموارد الطبيعية وزيادة الاعتماد على الفكر والتطور والابتكار.
٢. كفاءة إنتاجه 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 نشأ في اليابان بهدف خفض المخزون الذي يعتبر تجميداً للأموال وإشغالا للمكان الذي يمكن الاستفادة منه بطريقة أفضل.

يقوم هذا النظام على فكرة إنتاج الكمية المطلوبة بالضبط من الأجزاء في أي محطة تصنيع بحيث تسلم لمحطة التسليم التالية لها حسب تسلسل العمليات في الوقت المطلوب بالضبط وهو ما يتعارض تماماً مع الفكر السائد حالياً والذي يفضل إنتاج كميات أكبر من المطلوب يتم تخزينها تحسباً لظروف الأعطال وتعويضاً للمعيبات وهو

ما يعبر عنه بعبارة *Just in case production*

ويشترط لتطبيق نظام (*JIT*) الشروط التالية:

١) استقرار برامج التحميل لفترة طويلة بحيث لا يحدث فيها تغيير للخطة العامة للإنتاج لضمان 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 (ح)

٤) الالتزام بتسليم المنتجات في الموعد المحدد ولضمان ذلك يجب تسليم الدفعة من العمليات السابقة إلى

العمليات التالية قبل نفاذ 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 أساليب الصيانة

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 لتفادي 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 يؤدي 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 مستهدفاً 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 ارتباطاً وثيقاً بالتصنيع ولا يجوز الاهتمام بأي نشاط منهما دون الآخر 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 الكهربائي بالأقطاب أو بالسلك للمعادن الصلدة مهما بلغت صلابتها) فضلاً عن ملاءمة المواد لأساليب التصنيع المستخدمة (مثل ملاءمة المواد المطيلة لعمليات التشكيل بالحدادة والسحب والدرفلة والبيثق ... إلخ) وملاءمة المواد سهلة الانصهار للصب في القوالب (*Die casting*) ومن ذلك أيضاً ملاءمة عمليات التصنيع لأبعاد المنتج التي حددها المصمم مثل استخدام الإسطوانات 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 أيضاً ملاءمة عمليات التصنيع لسماك جدران المنتج حيث يوجد حد أدنى للسماك الذي 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

والتحضير والطحن والتلميع ... إلخ كما يجب أخذ حجم الإنتاج في الاعتبار فهناك أساليب للإنتاج الكمي تختلف عن أساليب الإنتاج بالقطعة. كل ذلك مع تحقيق أقل تكلفة ممكنة للمنتج وهو ما يستلزم إلمام المصمم بخصائص وإمكانيات المواد وأساليب التصنيع المختلفة والمعدات والماكينات اللازمة لها ومدى ملاءمتها للمواد الهندسية المختلفة إلى جانب الإلمام بالعوامل المؤثرة على كفاءة التشغيل واقتصاداته وجودة المنتج وكذلك الإلمام بإمكانيات التحكم في متغيرات التشغيل للحصول على الدقة وجودة التشطيب المطلوبة في أقل وقت وبأقل تكلفة. ومن ناحية أخرى يجب مراعاة أسلوب التجميع المناسب وتصميم المثبتات اللازمة لذلك لتسهيل تجميع أجزاء المنتج وفكها في أقل وقت مع مراعاة إمكانية استخدام وسائل 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 الصناعي على المستويين المحلي والعالمي خصوصاً في ظل النظام الاقتصادي العالمي الجديد فلا بد أن يسعى تصميم المنتجات إلى رفع الجودة وخفض التكلفة نظراً للدور الهام الذي تلعبه التكلفة في التأثير على إمكانية التسويق في ظل ذلك التنافس فمن المعروف تماماً أن زيادة التكلفة لنفس الجودة تخرج المنتج من دائرة المنافسة. ويمكن تلخيص أسباب زيادة تكلفة المنتج فيما يلي: -

١. صعوبة شكل المنتج: إذ تحتاج المنتجات المعقدة إلى أساليب تشغيل معقدة وعدد وتجهيزات خاصة 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 مكلف: 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 عالية: يؤدي 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 نصيباً 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 مستهدفاً 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 الذي يكفي لكي يؤدي المنتج وظيفته وهذا يعنى السماح بأقصى أخطاء وأقصى خشونة سطح يمكن أن يؤدي 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 الصانعة على دراية تامة بما يترتب على عدم توفر الحماية لمستخدم المنتج

المصنع لديها من نتائج وتبعات مما يعرضها عند وقوع الحوادث إلى عقوبات وخسائر مادية وأدبية فضلا 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 استخدامه وتأمين المستخدم له ضد الإصابة نتيجة لذلك. وفيما يلي بيان للأحوال الممكنة لانهيار المنتج:

١. توقف المنتج عن أداء وظيفته نتيجة للكسر مثل كسر أعمدة نقل الحركة أو الخوابير المستخدمة 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 مستقبلا إذا استمر استخدامه مثل ظهور الشروخ في أعمدة نقل الحركة أو الأجزاء الأخرى المعرضة للأحمال الديناميكية أو الإجهادات الحرارية المتكررة مثل أجزاء محركات الاحتراق الداخلي كذراع التوصيل وعمود المرفق والكباسات 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 الصناعة وتدوير المنتجات (*Recycling*) عند انتهاء عمرها وفيما يلي بعض الإجراءات الواجب اتخاذها خلال التصميم للمحافظة على البيئة:

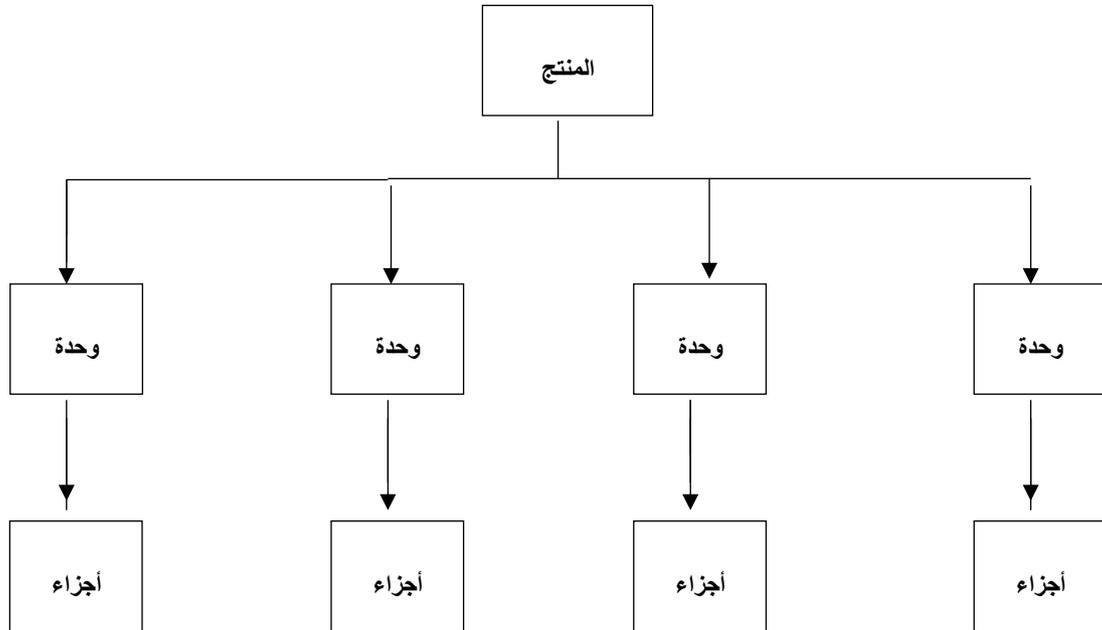
- أ- الحد من عدد المواد المستخدمة وتقليل عوادمها ومخلفاتها بالتصميم الجيد للمنتج.
- ب- الاستغناء عن المواد الضارة بالبيئة مثل الرصاص والأسبتوس والفريون إلخ واستبدالها بمواد أخرى غير ضارة من خلال تطوير تصميم المنتج وعمليات التصنيع.
- ت- مناوله المواد الخطرة (النوية والكيماوية) ومعالجتها والتخلص من العوادم بطريقة فنية سليمة (صناعة الأسمت 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 (شكل ٣) 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 المخصصة التي تتحمل درجات الحرارة العالية مثل سبائك النيكل والمولبيديوم والسبائك التي تتميز بخفة الوزن والمتانة العالية كسبائك التيتانيوم ... إلخ و قد تزايد الاهتمام مؤخراً بالمواد المؤلفة كبديل لبعض المواد التقليدية - نظراً لرخص ثمنها نسبياً 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 تؤدي المادة الوظيفة المحددة لها بالكفاءة المطلوبة من حيث ملاءمة خصائصها الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية لمتطلبات الوظيفة (مثل المتانة -مقاومة البري -مقاومة الصدأ 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 يؤدي 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 يؤدي 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 التشطيب واللون المطلوب لما لذلك من تأثير على المشتري 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 الأساليب المعروفة حالياً ما يلي:

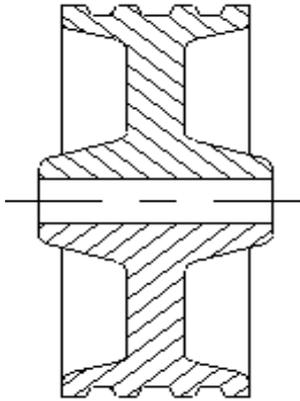
- أ- الصب بأنواعه للأشكال المعقدة.
- ب- التشكيل: الدرفلة - السحب - الحدادة - البثق - تشكيل المساحيق.
- ت- التشغيل: خراطة - تفريز - ثقب - كشط - تخليق - تفتيح تروس - تجليخ - تشغيل بالموجات فوق الصوتية - التشغيل الكيميائي والكهروكيميائي - التشغيل بالتفريغ الكهربائي بالأقطاب وبالسلك - التشغيل بأشعة الليزر 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 مثلاً، والمواد 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 يؤدي إلى زيادة الصلادة والمتانة وتقليل الممتولية 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 بالخرطة الخارجية والداخلية وهنا أيضا يتميز الألمنيوم بسهولة تشغيله يليه الزهر ثم يليه الصلب.

ج – تكاليف شراء المواد الخام:

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

د – تكاليف التشغيل بالخرطة:

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 الألمنيوم 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 المصنعة أي إلى تقليل عدد الأنواع المنتجة من الجزء الواحد (كالمسامير القلاووظ مثلاً) إلى الحد الأدنى بهدف إمكان إنتاج النوع الواحد بكميات غزيرة يمكنه من استخدام 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 القضبان وأبعاد الألواح وأقطار الأسلاك والمواسير... إلخ بحيث يتم تصنيعها بطريقة اقتصادية.
- ب- تحديد المواصفات الكاملة لأجزاء الماكينات من مواد وأبعاد مثل مسامير الربط بالقلاووظ وصواميلها – مسامير البرشام – البنوز – اللييات – كراسي رولمان البلي -خوابير أعمدة نقل الحركة – السيور - الطارات – الجنازير – التروس – القوابض (Clutches)، والوصلات (Couplings)، الفرامل (Brakes).
- ت- تحديد أشكال وأبعاد ومواد العدد القاطعة مثل عدد الخراطة والثقب والبرغلة والقلاووظ وسكاكين التفريز وأحجار التخليخ ... إلخ بحيث تغطي احتياجات التصنيع وتنتج بالكميات الاقتصادية.
- ث- تحديد مجالات حدود الدقة (الإزواجات والتفاوتات) (Fits and tolerances) للأبعاد والشكل والوضع وخشونة السطح مما يسهل على المصمم اختيار نوع الإزواج المناسب (شحط -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- ضمان توافق الأجزاء التي تتركب مع بعضها مثل التروس التي تعشق معا (توصيف الموديول) والمسامير مع الصواميل (توصيف الخطوة) والأعمدة مع الجلب وكراسي المحور (توصيف القطر الاسمي) وهو ما يعرف بالتبادلية (Interchangeability) وتعنى سهولة استبدال جزء مكان آخر له

نفس الأبعاد ومواصفات 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 $H7$ 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 الكهربائية ... 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)

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

يختار المصمم منها السلسلة التي تلائمها وهي قابلة للضرب في ١٠، ١٠٠، ١٠٠٠ أو ١٠، ١٠٠، ١٠٠٠، ١٠٠٠٠، ١٠٠٠٠٠، ١٠٠٠٠٠٠

أنظر جدول رقم (١) ومن الأمثلة على ذلك:

١- تحديد سرعات ماكينات التشغيل مخروطية مثلا فيها ٨ سرعات بين ٤٠، ١٠٠٠ لفة / 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 سكينه التفريز المحيطي بأقطار ٤٠ , ٥٠ , ٦٣ , ٨٠ , ١٠٠ , ١٢٥ ,

١٦٠ مم وهي تتبع متسلسلة أساسها ١,٢٥

٤- درجات خشونة السطح: ١,٠١, ١,١٦, ١,٢٥, ١,٤٠, ١,٦٣, ١,٨٠, ٢,٠٠, ٢,٢٥, ٢,٥٠, ٢,٨٠, ٣,١٥, ٣,٥٠ ميكرون

وهي تتبع متسلسلة أساسها ١,٦

جدول رقم (١): متسلسلات الأعداد المفضلة			
٥	١٠	٢٠	٤٠
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 صالحاً للتنفيذ على المستوى الإنتاجي أنظر شكل ٤ 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 سنوياً 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 أيضاً حصر المواد المتوفرة في السوق وأبعاده 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 الكهربائية 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 لتفادي زيادة التكاليف.
- (٧) إجراء الحسابات الهندسية اللازمة لإيجاد الأبعاد بناء على قيمة الإجهادات القصوى المسموح بها مع أخذ معاملات أمان مناسبة لتغطي التفاوتات في خواص المواد وفي تقدير الأحمال والصدمات والظروف المحيطة علما بأن المبالغة في معامل الأمان يؤدي إلى استخدام أبعاد أكبر مما يلزم ومن ثم تكلفة أكبر بينما يؤدي انخفاض معامل الأمان إلى حدوث انهيار غير متوقع للمنتج خصوصا تحت تأثير الأحمال الديناميكية التي قد تؤدي 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 طبقاً للمواصفات القياسية.
- (ب) اختبارات التحميل الإستاتيكي: حيث تحمل الماكينة بأحمال مماثلة لما قد تصادفه تحت ظروف التشغيل الفعلي وتقاس الإزاحات في الاتجاهات المطلوبة ويحدد منها مدى جساءة الماكينة طبقاً 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 وهذا 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 طبقاً 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 نظراً لسهولة تصنيعها واختبارها وقلة تكلفتها وسهولة إدخال أي تعديلات عليها ويتم تحويل معاملات أبعادها إلى الحجم الطبيعي باستخدام حسابات خاصة طبقاً لنظرية النماذج (*Theory of models*) ومن الأمثلة على ذلك استخدام تلك النماذج في صناعة الطائرات وماكينات التشغيل والمضخات والتوربينات نظراً لارتفاع تكلفة إعداد العينة الأولية بالحجم الطبيعي في تلك الأحوال وعموماً يتم إعداد العينة الأولية أو النماذج المصغرة لها في ورشة خاصة (*Prototype workshop*)، حيث يتم تنفيذ التصميم باستخدام الحاسب الذي يقوم بالتحكم في ماكينة تشغيل عددية (فريزة / مخرطة) لتصنيع العينة الأولية طبقاً للمواصفات التصميم ولقد ظهر في السنوات الأخيرة أسلوب جديد لإعداد العينة الأولية باستخدام الحاسب وهو المعروف باسم الإعداد السريع للعينة الأولية (*Rapid prototyping*) 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 وهي 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 يحددها

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:

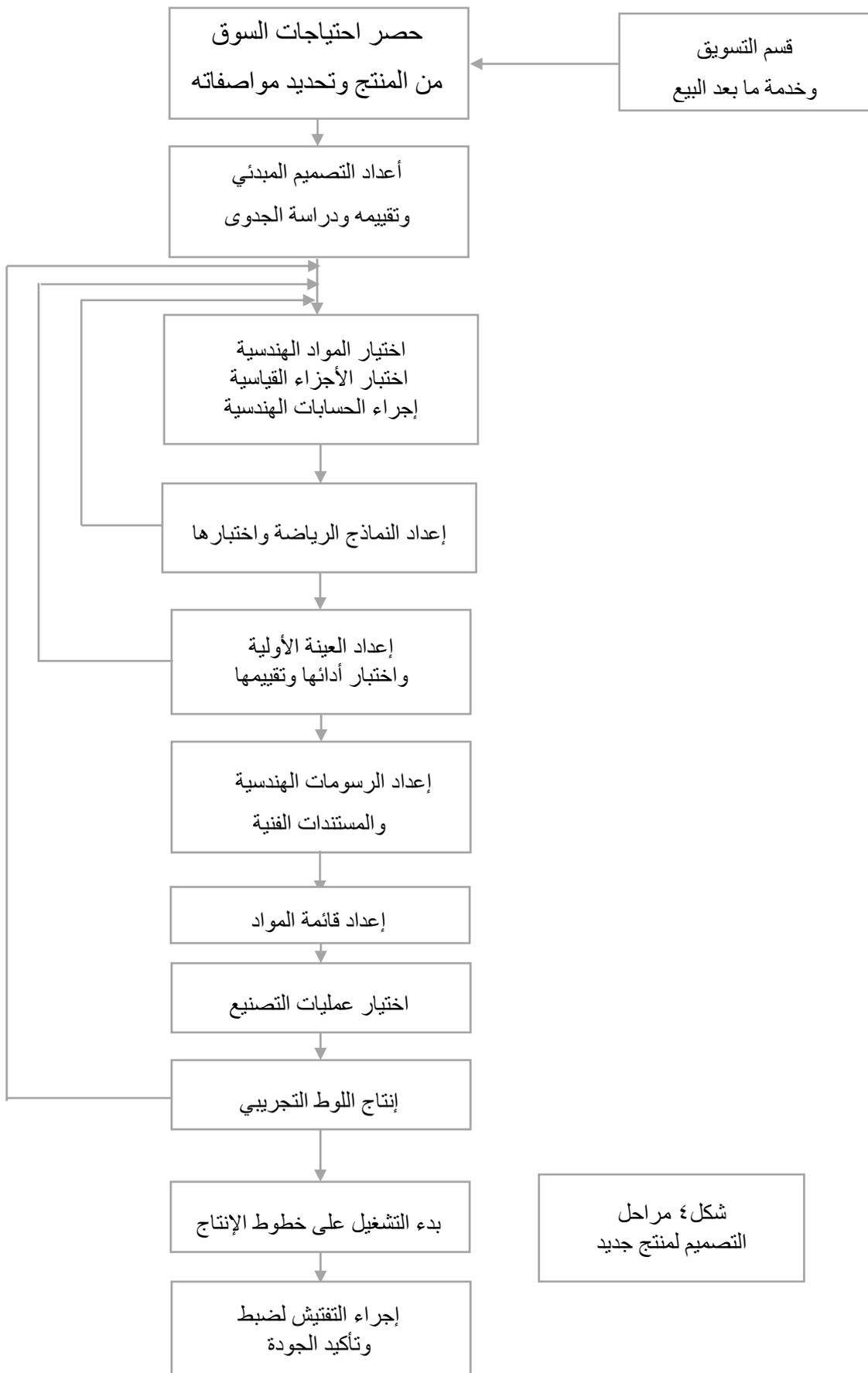
- (أ) الرسم الإنشائي: رسم المنتج كاملا بأجزائه وعلية الأبعاد الرئيسية والإزواج بين الأجزاء المركبة معا
 (ب) الرسم التفصيلي: لكل جزء في مسقطين على الأقل بالإضافة إلى أي مساقط مساعدة لتوضيح التفاصيل ويوضح على الأبعاد التفصيلية والتفاوت على الأبعاد وعلى الأشكال وعلى الأوضاع ودرجات الخشونة المسموح بها للأسطح 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



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 / مم^٢)، إجهاد الخضوع ٦٤٠ (نيوتن / مم^٢)

معامل الأمان: نظرا للنفقات 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 / مم^٢)

مساحة مقطع المسمار = الحمل ÷ إجهاد التصميم = ٢٠٠٠٠ ÷ ٧١ = ٢٨٢ (مم^٢)

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

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.

وهي 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 وتفاوى 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 الإزواج 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 ومواقع التفطيش والاختبارات بعد التجميع.
- ٩- إعداد المستندات الفنية بتسجيل حسابات التصميم وإعداد الرسومات النهائية ومواصفات التفطيش 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، فمثلاً 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 الكهربى 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 معتمداً 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 البيئية (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 اللازم لتلك 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.

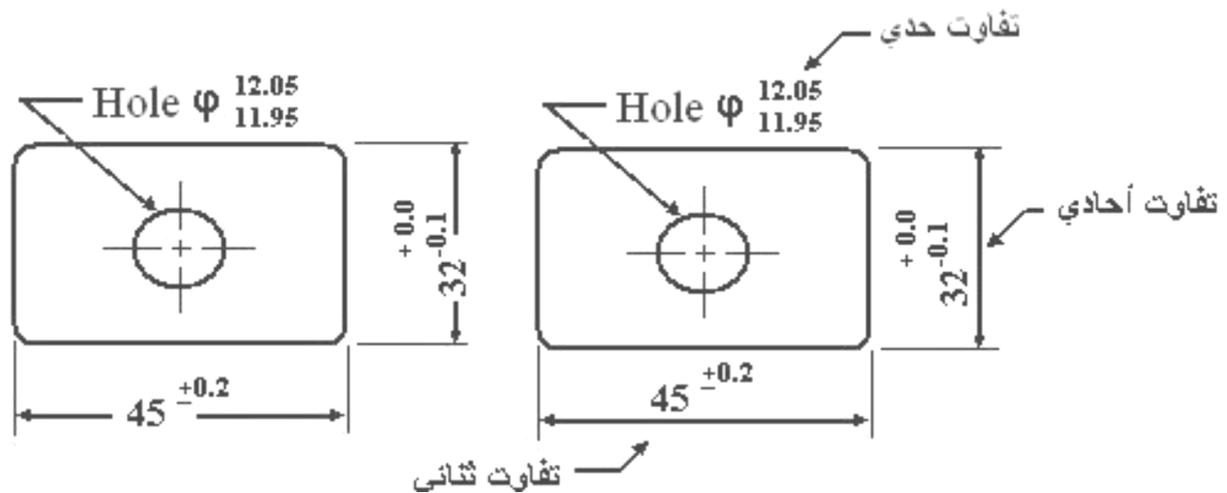
وقبل أن نصنف عمليات التشغيل لبد من معرفة معنى التفاوت وعلاقته بخشونة الأسطح:

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 إنجازَه دون حدوث انحراف (تفاوت) عن القيمة المطلوبة والمحددة نظرياً على الرسم مهما كان هذا الانحراف بسيطاً، 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 اعتماداً 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 الاسمية في الاتجاهين معاً سواء زيادة أو نقصان كما يلي



وعلى هذا يمكن تعريف التفاوت على أنه الخطأ المسموح به في مقياس الجزء ويساوي الفرق بين الحدين الأقصى والأدنى للمقياس

منطقة التفاوت Tolerance zone

هي المنطقة الواقعة بين الحدين الأقصى والأدنى للمقياس.

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 دليلاً واضحاً لمدى جودة الإنتاج، وللتفاوت ثمانية عشر 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 صغيرة كان التفاوت قليل وبالتالي تكون الدقة عالية وتمثل رتبة التفاوت بمجموعة أرقام يبلغ عددها (١٨) رقماً مرتبة كالتالي:

- المجموعة الأولى 5 – 01 تفاوتات دقيقة.
- المجموعة الثانية 10 – 6 تفاوتات متوسطة.
- المجموعة الثالثة 16 – 11 تفاوتات كبيرة.

ولكي نفهم هذا الأمر دعنا نستعرض جزء من جدول النظام الدولي ISO لترتيب 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	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	3	5	8	12	18

حتى IT16

الرتبة 01 للأجزاء المصنعة الدقيقة جداً

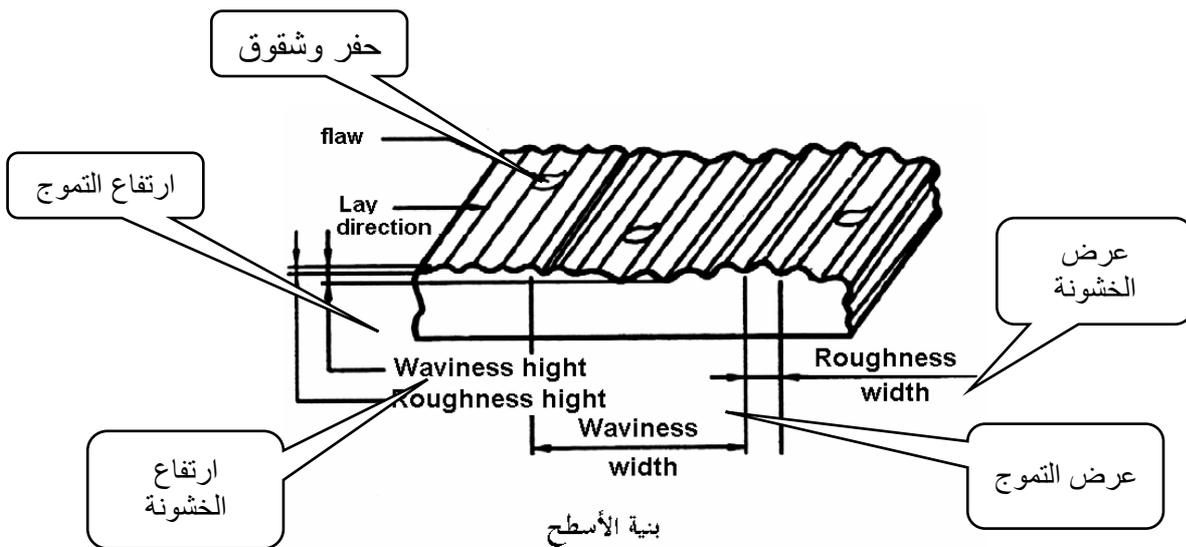
قيمة التفاوت بالميكرون

منطقياً كلما زاد مقياس الجزء المصنع كلما زاد مقدار التفاوت عند نفس الرتبة حتى 3150مم

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

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 عادةً بالميكرون.

- عرض الخشونة Roughness Width

هو المسافة الموازية للسطح الإسمي بين القمم أو التواءات المتتابعة والتي تُحدد النموذج السائد للخشونة يُقاس عرض الخشونة بالميكرون.

- التموج Waviness

يشير 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 الشغلة.

والجدول التالي يوضح درجة خشونة 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 μm)
السباكة (رمل - قوالب)	١٦ - ١٢	١٠٠٠ - ١٦٠
السباكة الدقيقة	١٢ - ١٠	١٦٠ - ٢٥
الحدادة	١٦ - ١٢	١٠٠٠ - ١٦٠
الخراطة	١٠ - ٨	٤٠ - ٢,٥
الخراطة الدقيقة	٧ - ٥	١,٦ - ٠,٦٣
الخراطة عالية الدقة	٦ - ٤	١ - ٠,٤
الكشط	١٢ - ٩	١٠٠ - ١٠
الثقب	١٢ - ١٠	١٠٠ - ١٦
الثقب العميق	٨ - ٦	٤ - ١
البرغلة	٨ - ٦	٤ - ١
التجويف أو التخويف	١٠ - ٨	٤٠ - ٢,٥
التخليق بالمشدات	٨ - ٦	٤ - ١
التفريز	١٠ - ٨	٤٠ - ٢,٥
التجليخ الداخلي	٨ - ٦	٤ - ١
التجليخ الخارجي والسطحي	٧ - ٥	١,٦ - ٠,٦٣
التجليخ الدقيق	٦ - ٤	١ - ٠,٤
التشغيل بالتفريغ الكهربى	١٠ - ٨	٤٠ - ٢,٥
التشغيل الكهروكيميائى	٨ - ٥	١,٦ - ٠,٤
الصقل	٦ - ٤	١ - ٠,٤
التحضير	٤ - ٢	٠,٦٣ - ٠,١٦

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 الطبيعية.

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 عدة عوامل تؤثر على الخشونة الطبيعية والعوامل الرئيسية منها هي:

- تكون 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 تلائم مادة الشغلة المراد تشغيلها.
- بلى (تآكل) عدة القطع.
- تضرر أو تخدش سطح الشغلة عند جريان الرايش واحتكاكه بسطحها.
- عدم جساءة واستقرار ماكينة التشغيل وعدم ضبط حركاتها إضافة إلى ضعف تثبيت الشغلة كل ذلك يسبب الاهتزازات والاصطكاك.
- وجود عيوب في بنية معدن الشغلة.
- تولد رائش غير مستمر عند قطع المواد الهشة.
- تمزق مادة الشغلة عند قطع معادن لدنة بسرعة منخفضة.

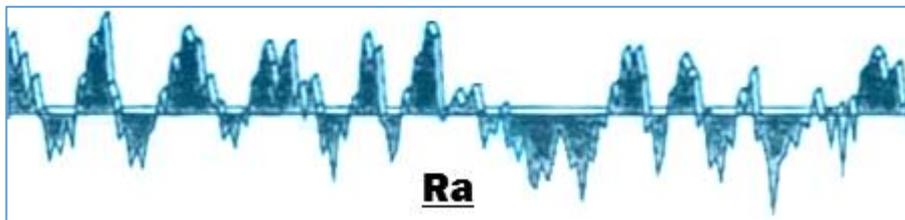
إضافة إلى ذلك تؤثر الخشونة على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للسطح المُشغل حيث تنخفض مقاومة الكلال ومقاومة الشد نتيجة لتكون نقاط ضعف تتركز فيها الإجهادات في نهايات الانخفاضات الناتجة من عدم انتظام السطح المُشغل، كذلك سوف تقل مقاومة المادة المشغلة للتآكل الكيميائي والميكانيكي وتزداد مقاومة الاحتكاك نتيجة لضعف 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*

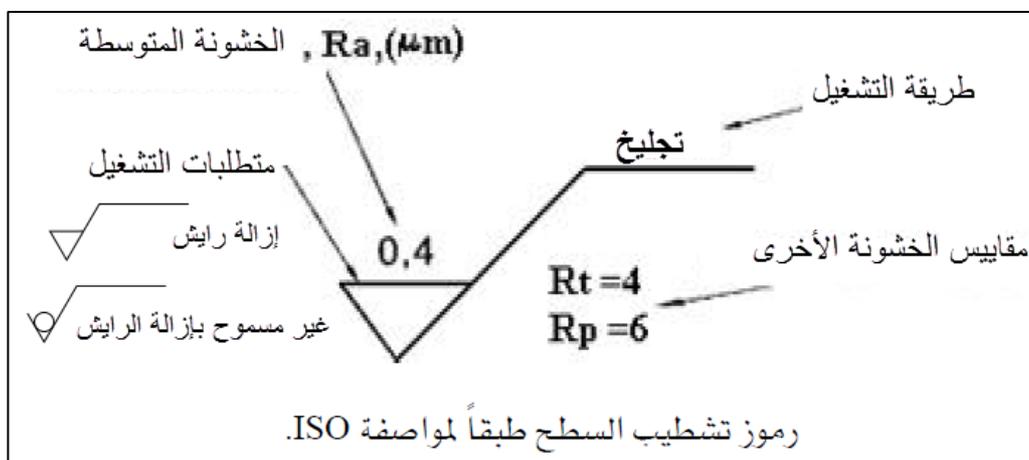
هي المتوسط الحسابي لمدى ابتعاد الانحرافات عن البعد الفعلي ويتم حساب الخشونة المتوسطة بقسمة مجموع المساحات المظلة في الرسم التالي على طول العينة.



الرسم يمثل تضاريس سطح عينة تم فحصها بجهاز فحص جودة الأسطح

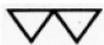
رموز تشطيب الأسطح في الرسومات التنفيذية

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:



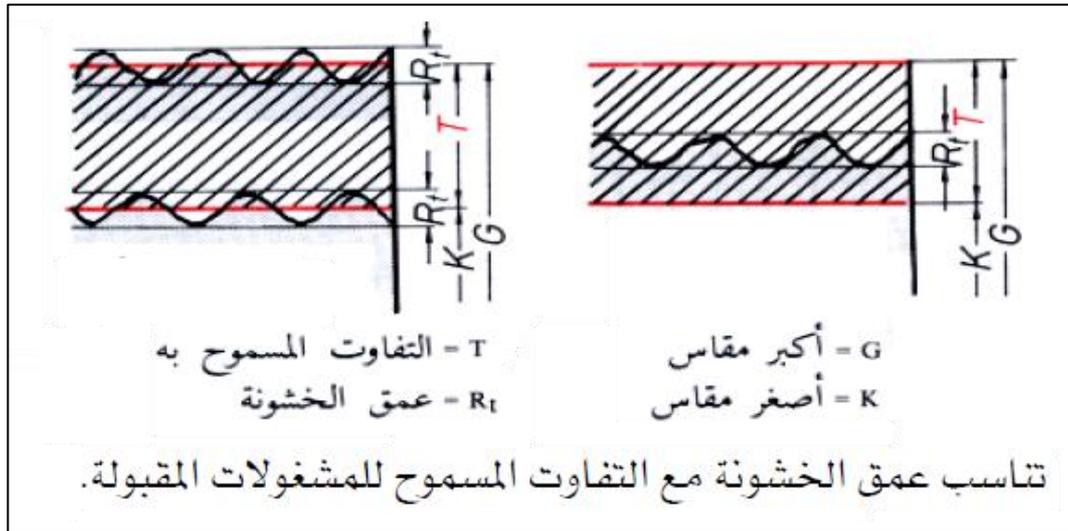
كما توجد رموز أخرى تتبع نظام المواصفات الألمانية *DIN* كانت تستخدم على نطاق واسع كنظام دولي قبل صدور مواصفة التوحيد القياسي *ISO* وفيها يتم الإشارة إلى درجة تشطيب (إنجاز) السطح بعلامات على شكل مثلث مقلوب كما هو موضح بالشكل التالي:

رموز تشطيب (إنجاز) الأسطح و الاستخدامات المناظرة.

رمز تشطيب (إنجاز) السطح و مدلوله	تطبيقات الاستخدام
 الأسطح ذات قيم الإنجاز الفائقة	<ul style="list-style-type: none"> • الأسطح المانعة بدون استخدام مواد مانعة للتسرب و التي تستخدم للضغوط العالية (أوعية الضغط و أنابيب الضغط العالي). • الإزواج الخلوصلية المعرضة لتحميل عالٍ (الاسطوانات و الكباسات الهيدروليكية). • الإزواج التداخلية (أعمدة التوربينات و أطواق العجلات). • أسطح القياس في أجهزة القياس (قوالب القياس المنزقة ، محددات القياس السدادية). • الأسطح الانزلاقية (أسطوانات و مكابس المحركات).
 الأسطح ذات قيم الإنجاز العالية	<ul style="list-style-type: none"> • الأسطح المانعة بدون استخدام مواد مانعة للتسرب و التي تستخدم للضغوط المنخفضة (أوعية الضغط). • الإزواج الخلوصلية المعرضة لتحميل كبير (المحامل الانزلاقية). • الإزواج الانزلاقية (العجلات المنزقة على الأعمدة). • الأسطح الانزلاقية (الأدلة الانزلاقية). • أسطح التدرج (المحامل التدرجية و جوانب أسنان التروس). • أسطح التثبيت (الثقوب و السيقان المخروطية لتثبيت العدد).
 الأسطح ذات قيم الإنجاز المتوسطة	<ul style="list-style-type: none"> • الأسطح المانعة باستخدام مواد مانعة للتسرب (الشفاه). • أسطح الإزواج الخلوصلية المعرضة لتحميل خفيف (المحامل الانزلاقية ذات الخلوصل الكبير). • الإزواج الانتقالية (الأعمدة و صرر العجلات). • أسطح الإزواج (حواف و أكتاف المركزة).
 أسطح ذات قيم إنجاز منخفضة	أسطح الاتصال و التقابل، و أسطح 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 فإن 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 مثلاً لسطح مشغولة تظهر فيه الخشونة كجزء صغير من التفاوت المسموح به:



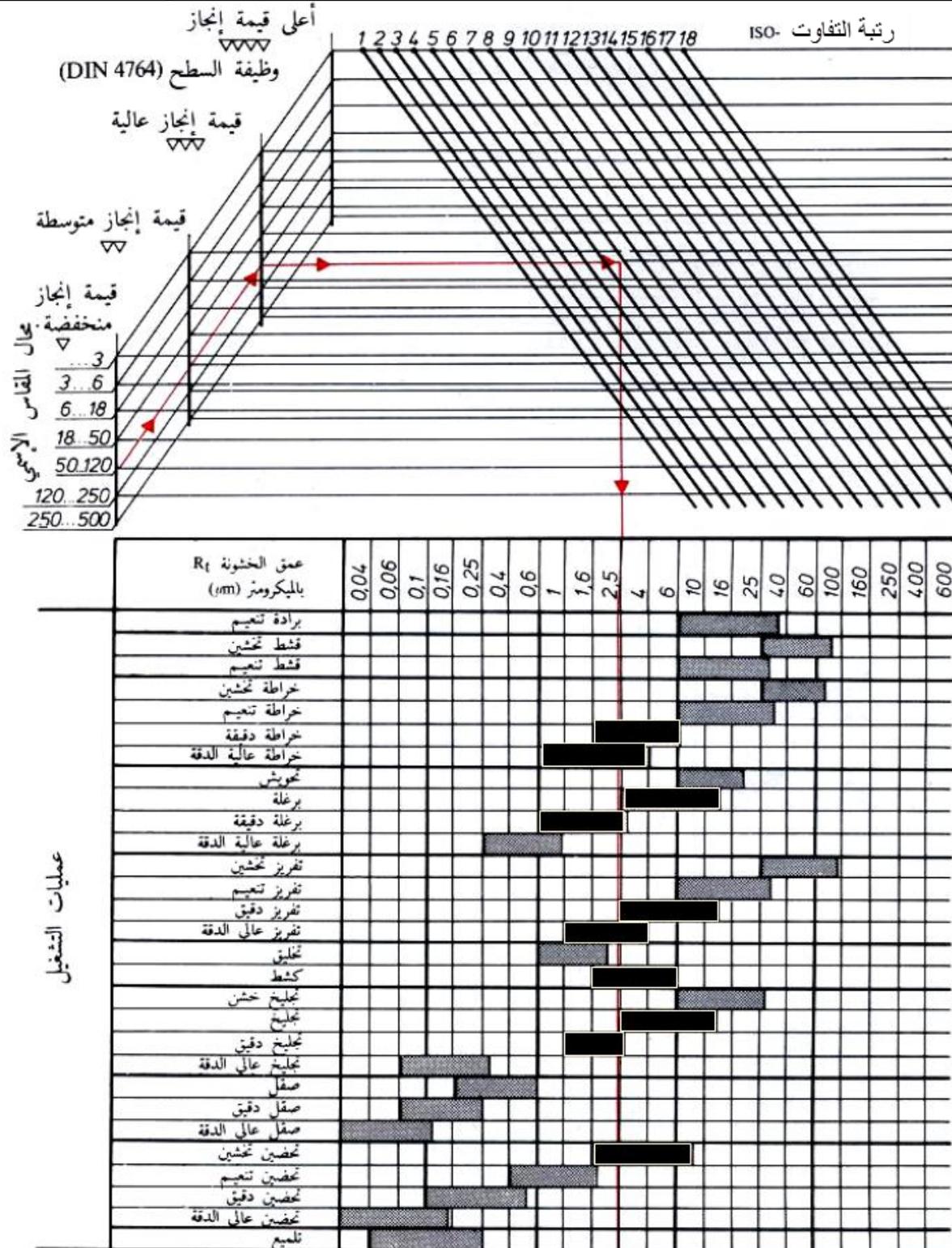
العلاقة بين الخشونة والتفاوت

لكي يصل عمق الخشونة إلى القيم التي تحقق تناسباً مع قيم التفاوت المسموح 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 المسموح بها (مستوى الدقة) والمقاس الاسمي للمشغولة وذلك طبقاً للمواصفة القياسية ISO ولتوضيح استخدام هذا الجدول نأخذ مثلاً لعمود قطره 60 مم ورتبة التفاوت (الجودة)

(Ø60h7) 7

ومطلوب تشغيله بدرجة تشطيب سطحي $\nabla\nabla$ ، فإذا تتبعنا الاسم بداية من تحديد المجال الذي يقع فيه البعد الاسمي (120 – 50مم) ثم الوصول على قيمة التشطيب المطلوبة $\nabla\nabla$ ثم التحرك أفقياً لملاقاة رتبة التفاوت 7 وأخيراً نزولاً رأسياً إلى 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، الخ) وإذا رجعنا إلى جدول رتب

التفاوت (جدول رقم ١) لاستخراج قيمة التفاوت بالميكرون المناظرة للرتبة 7 ولقطر 60 مم سنجد لها 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		حتى IT16								
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

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 لإستبدال الأوجه الجانبية للأسطح الأسطوانية وإستبدال الأكتاف والقطعية وتنم 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 إلى $2,5$ 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 $0,63$ ميكرون والممكن تحقيقها عادةً بالتجليخ مما قد يغني 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 10 ميكرون ويمكن تحت ظروف تشغيل خاصة إجراء خراطة عالية الدقة لمستوى $IT4$ وخشونة حتى $0,4$ ميكرون بعدة من الماس لل مواد الغير حديدية والغير معدنية كما يمكن إجراء خراطة فائقة الدقة لنفس المواد على معدات فائقة الدقة والجساءة 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 $IT2 - IT4$ وخشونة سطحها إلى $0,1$ 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			
ملاحظات	درجة الخشونة السابقة (ميكرون)	العمليات السابقة	العمليات المطلوبة
التثبيت في الطرف	-	تسوية الوجه وخراطة جزء يكفي للربط في الطرف.	خراطة خارجية طوله $\frac{\text{الطول}}{\text{القطر}} < 30$
التثبيت في الطرف مع سناده بالذنب من الغراب	-	تسوية الوجه وثقب ذنبه فيه مع سناده بالمخنقة ثم خرط جزء يكفي للربط في الطرف	خراطة خارجية طوله $\frac{\text{الطول}}{\text{القطر}} > 30$
-	-	خراطة خارجية طولية	سلبية خارجية

جدول رقم ٤			
عمليات التشغيل للأسطح الدورانية الخارجية وما تتطلبه من عمليات تشغيل سابقة			
ملاحظات	درجة الخشونة السابقة (ميكرون)	العمليات السابقة	العمليات المطلوبة
التثبيت في الطرف والتسوية ثم تقليب الشغلة لتسوية الوجه الآخر	-	خراطة خارجية	خراطة و جهية عمودية على القطر الخارجي
تثبيت الشغلة على شاقة أسطوانية تثبت في الطرف	-	خراطة داخلية لمستوى دقة $IT 8$ على الأقل	خراطة القطر الخارجي بالنسبة للقطر الداخلي
تستخدم عدة خاصة لخراطة الفورم بالتغذية العرضية	-	خراطة خارجية	خراطة الفورم القصيرة
تتم على مخرطة CNC	-	خراطة خارجية	خراطة الفورم الطويلة (الكنطور)
تتم على مخرطة عالية الدقة والجساءة	أقل من ١٠	خراطة طولية ناعمة لمستوى دقة $IT8$	خراطة دقيقة

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 كنطور *Profile Grinding*

يؤخذ عمق القطع في التجليخ من ٠,٠٢ إلى ٠,٠٥ مم في التخشين بينما يبلغ من ٠,٠٠٥ إلى ٠,٠١ مم في التنعيم أما التغذية الطولية فتؤخذ من 1/4 إلى 3/4 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 تقسيتهما يتم المعالجة الحرارية لها (تقسية ومراجعة) بعد عمليات التشغيل السابقة للتجليخ ويتم التجليخ بعد انتهاء المعالجة الحرارية لتصحيح الأخطاء الناتجة عنها لذلك

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

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

ثانياً: تشغيل الأسطح الدورانية الداخلية:

يستخدم لذلك عمليات الثقب والخراطة الداخلية والتفريز الدوراني الداخلي والتجليخ والصقل وكذلك عمليات التشغيل اللا تقليدية (التفريغ الكهربى بقطب أو بالسلك والتشغيل الكهروكيمياوي).

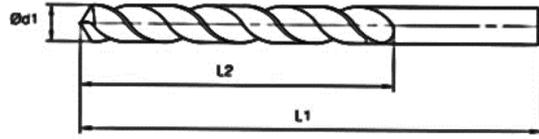
١. تشغيل الثقوب ويتضمن العمليات التالية:

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



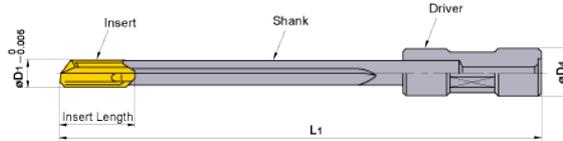
Centre drill

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



twist drill
البنت العادية

- الثقب العميق: عندما تزيد نسبة عمق الثقب إلى قطره عن ١٠ مرات تستخدم عدة خاصة لذلك تعمل على توصيل سائل التبريد تحت ضغط كاف إلى منطقة القطع لطرد الرايش إلى الخارج وتبريد وتزييت منطقة القطع وتبلغ دقة التشغيل $IT9$ وخشونة السطح ٥ ميكرون ويمكن تحقيق مستوى دقة $IT6$ وخشونة سطح ١ ميكرون في حالة استخدام العدد الدقيقة للثقب العميق مثل *Gun drill*.



Gun drill

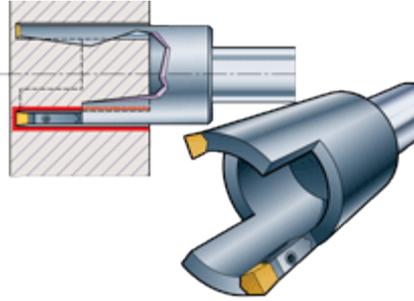
- توسيع الثقوب: يتم توسيع الثقوب للاقتراب من المقاس النهائي باستخدام البنت أو بالخرطة الداخلية باستخدام قضبان التجويف *Boring bar* وخصوصاً للتمهيد للقلاووظ أو للبرغلة وفي الحالة الأخيرة يفضل استخدام بنتة خاصة بتوسيع الثقوب *Core drill* لأنها عدة قياسية مرتبطة بالأبعاد القياسية للبرغل وتحقق مستوى $IT8$ وخشونة ٢,٥ ميكرون.



Core drill

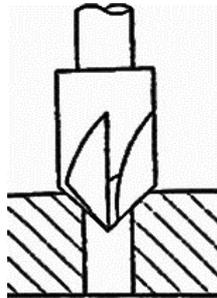
- ويمكن استخدام التفريز الدائري لتوسيع الثقوب بأقطار كبيرة لكن بعمق لا يتجاوز نصف القطر باستخدام سكينه طرفية على ماكينات التفريز ذات التحكم العددي أو تثبيت الشغلة على صينية دوارة على الفريزة الرأسية.

- 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 حلقي يعمل على تخليق فجوة حلقيه 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 مثلاً لرأس مسمار غاطس بينما تتم عملية التخويش المخروطي *Counter sinking* لمسامير الربط الصغيرة حتى قطر ١٠ مم أو فجوة كبيرة لاستقبال ذنبه سائدة أو عمل شطف للثقوب الكبيرة وتحقق مستوى *IT8* وخشونة ٢,٥ ميكرون.

Counter sinking
التخويش المخروطيCounter boring
تخويش عدل

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

مذكر القلاووظ *M-- tab*

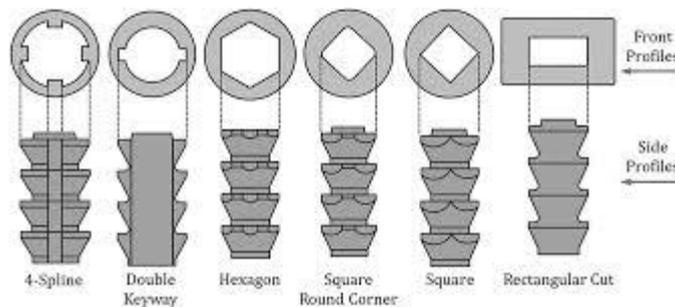
- البرغلة: تتم بواسطتها تشطيب الثقوب حتى مستوى دقة *IT6* ودرجة خشونة ١ ميكرون

البرغل *reamer tool*

- التشغيل اللاتقليدي للثقوب: تستخدم طريقة التفريغ الكهربى 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 الصلادة التي يستحيل ثقبها بالعدد المعروفة بينما تستخدم الأشعة الإلكترونية لعمل ثقوب بقطر من ٠,٠٢ وحتى ٠,١ مم بدقة $\pm ٠,٠٠٢$ بعمق حتى ٣ مم.
- وفيما يلي بيان بحدود الأقطار لكل عملية ثقب:
 - التشغيل المنشاري للثقوب للأقطار ٥٠ - ٥٠٠ مم لنسبة طول إلى قطر حتى ١:١٠٠
 - الثقب العميق برأس قاطعة لأقطار ٢٠ - ١٠٠ مم لنسبة طول إلى قطر حتى ١:٢٥٠
 - الثقب العميق بسلاح وحيد ١,٥ - ٥٠ مم لنسبة طول إلى قطر حتى ١:٢٥٠
 - الثقب العميق بالبنطة الخاصة بذلك ٦ - ٥٠ مم لنسبة طول إلى قطر حتى ١:٥٠
 - الثقب بالبنط العادية ٠,١ - ٨٠ مم لنسبة طول إلى قطر حتى ١:١٠ مع سحب البنطة عدة مرات.
 - الثقب بالتفريغ الكهربى لأقطار أكبر من ٠,١ بدقة $\pm ٠,٠٢$ مم لعمق حتى ٢,٥ مم بدقة $\pm ٠,٠٢$ مم.
 - الثقب بأشعة الليزر لأقطار من ٠,٠٥ لعمق حتى ٢,٥ مم بدقة $\pm ٠,٠٢$ مم.
 - الثقب بالأشعة الإلكترونية لأقطار من ٠,٠٢ حتى ٠,١ مم لعمق حتى ٣ مم بدقة $\pm ٠,٠٠٢$ مم.

٢. تخليق الثقوب بالمشدات الداخلية *Hole broaching*

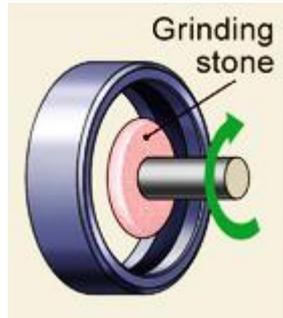
يتكون المشد الداخلي من عدة أسطوانية طويلة تحمل عدداً كبيراً من الأسنان القاطعة تسحب خلال تجويف الشغلة بينما تتدرج الأسنان في الارتفاع في اتجاه طول المشد بحيث ترتفع كل سنة عن سابقتها بمقدار التغذية لكل سنة و تتقاسم سماح التشغيل فيما بينها بالتساوي وتشمل أسنان للتخشين تبلغ التغذية فيها ٠,٠٥ - ٠,٢ مم لكل سنة (يتحدد عددها من سماح التخشين) وأسنان للتنعيم عددها ٤ - ٦ أسنان تبلغ التغذية فيها ٠,١ - ٠,٢ 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 بالمشدات أسرع عمليات التشغيل على الإطلاق و تحقق دقة تشغيل تصل 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 المقساء وتبلغ التغذية من 1/4 إلى 3/4 عرض حجر التجليخ لكل لفة من الشغلة



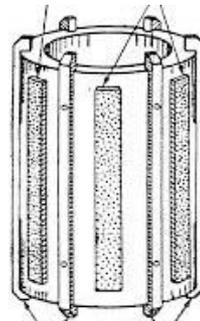
التجليخ الداخلي
Internal grinding

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 تشطيبه يتحقق من خلالها مستوى دقة يصل إلى *IT4* ودرجة خشونة حتى ٠,٤ ميكرون مما يلائم تصنيع الأسطوانات 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 الخشونة إلى ٠,١٦ ميكرون ومن أمثلة استخدامه تشطيب أسطوانة ظلمبة حقن الوقود السائل في محركات الديزل والبنزين *Fuel injection pumps*.



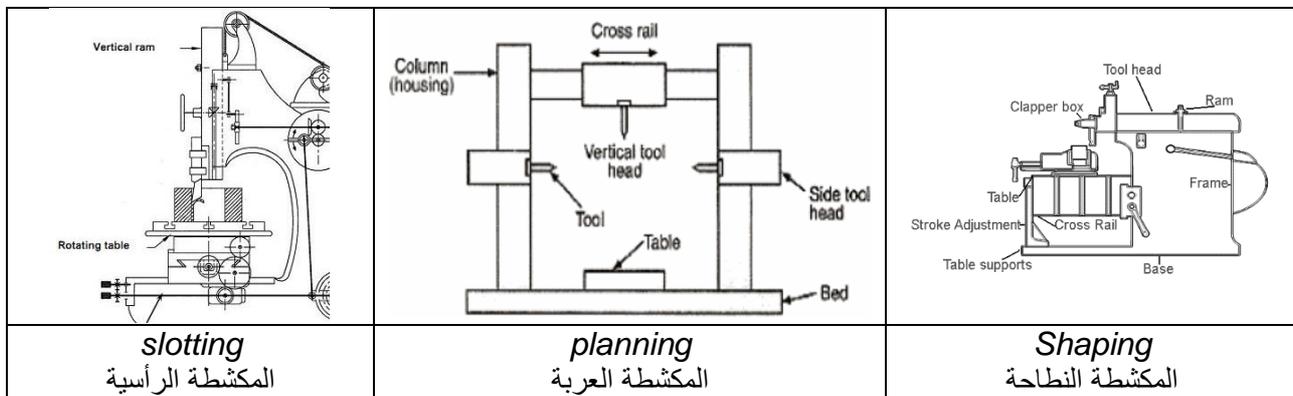
تحضين أسطوانة مضخة زيت
Internal lapping

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

ثالثاً: تشغيل الأسطح المستوية:

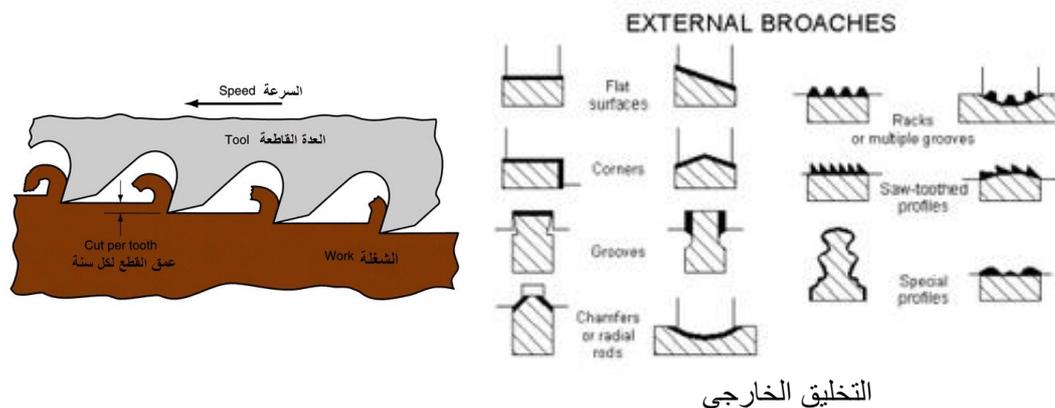
١. الكشط: *Shaping , planning and slotting*

تستخدم المكاشط بأنواعها المختلفة لتشغيل الأسطح المستوية (مثل أسطح الانزلاق لمكينات التشغيل) لأنها ماكينات ترددية تتميز حركة القطع وحركة التغذية فيها بأنها خطية و تستخدم المكاشط العربية في تشغيل المشغولات الكبيرة الحجم الثقيلة الوزن بينما تستخدم المكاشط النطاحة للمشغولات الأصغر حجماً والأخف 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.



٢. التخليق بالمشادات 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 بالمشادات من أسرع عمليات التشغيل وتبلغ دقة التشغيل *IT6* وخشونة السطح ١ ميكرون.



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

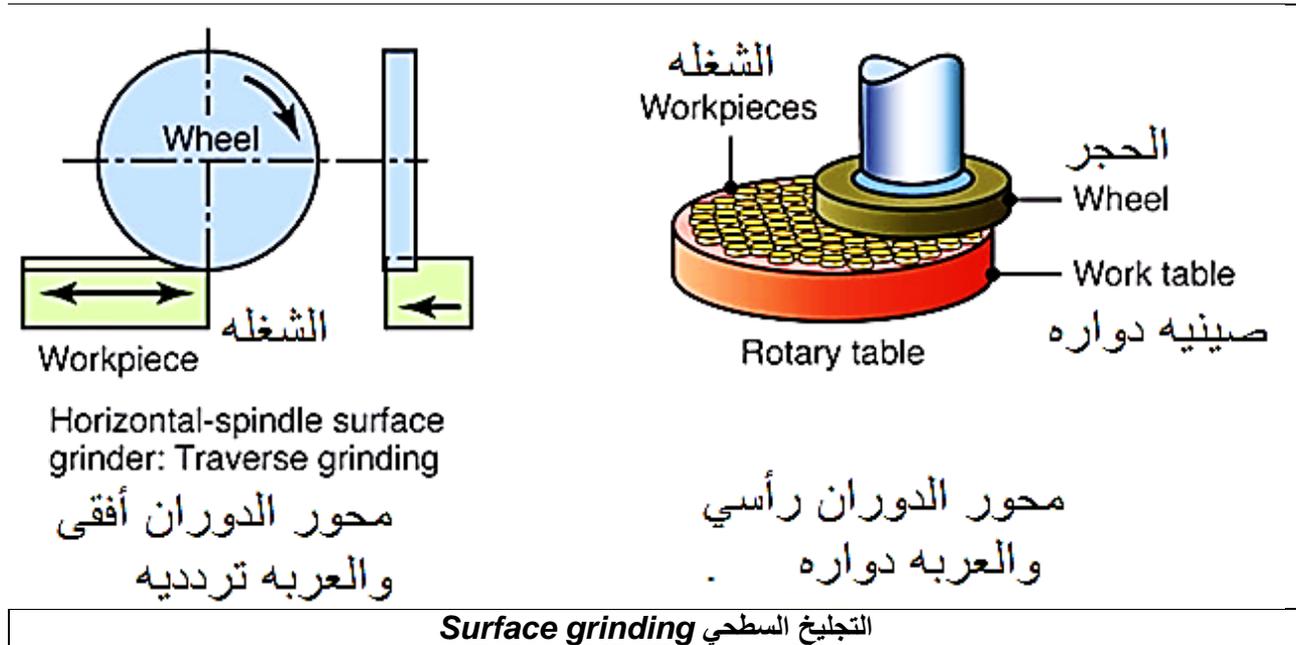
يتم تشغيل المشقبيات ومجاري الخوابير المفتوحة بسكينة تفريز محيطيه ذات عرض صغير حسب عرض المشقبية.

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



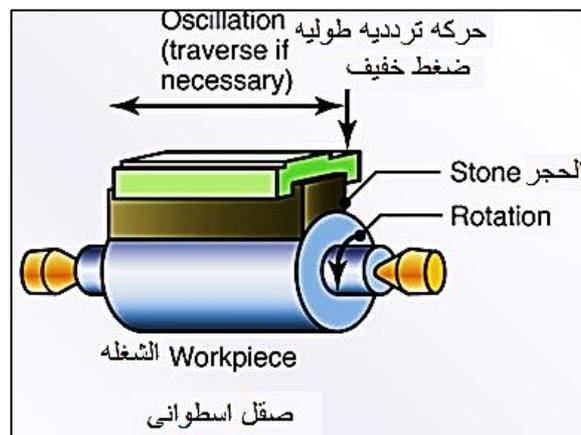
٤. التجلخ السطحي Surface grinding

تستخدم عملية التجلخ السطحي كعملية 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 التجلخ السطحي إلى مستوى $IT5$ و درجة الخشونة إلى $٠,٦٣$, ٠ ميكرون كما تتميز الأسطح بدرجة عالية من الاستواء لا يتجاوز الخطأ فيها $\pm ٠,٠٢$ مم .



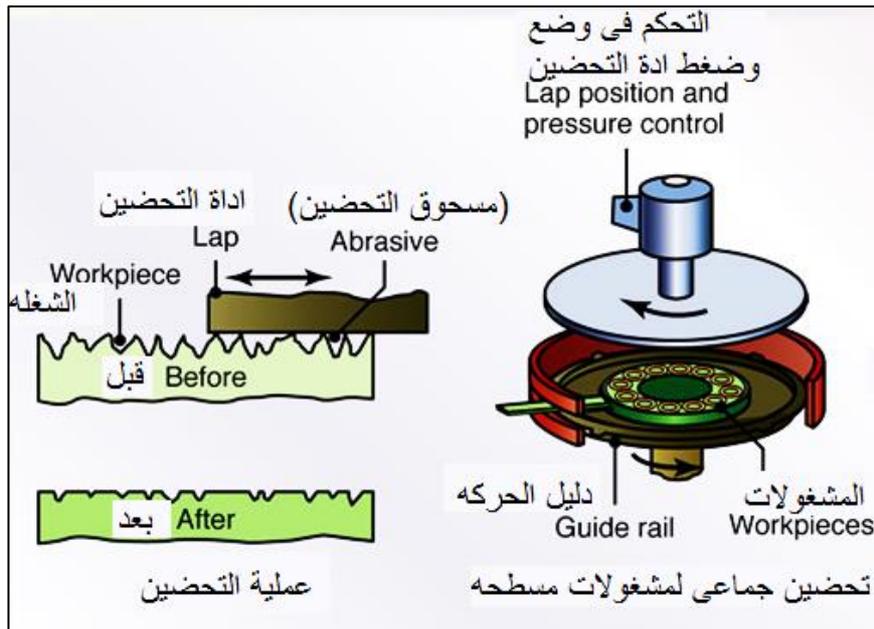
٥. الصقل الخارجي External honing

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 $IT4$ و خشونة السطح إلى $٠,٤$ ميكرون.



٦. التحضين الخارجي *External lapping*

يستخدم للتشطيب العالي للأسطح من ناحية واحدة أو من الجهتين باستخدام حبيبات حاكة 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 0.16 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 سكينه طرفية على ماكينة تفريز بالتحكم العددي *CNC* و تستخدم أيضاً ماكينات التشغيل بالتفريغ الكهربائي (ماكينات القطع بالسلك *wire cut* أو الشرارة *spark*) لهذا الغرض خصوصاً 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 الكهربائي أو التشغيل الكهروكيميائي خصوصاً 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			
ملاحظات	درجة الخشونة السابقة (مكرون)	العمليات السابقة	العملية
—	—	—	تسوية الأسطح بالكشط
—	—	—	تسوية الأسطح بالتفريز
سكينة طرفية	—	تسوية السطح السفلي بالتفريز أو بالكشط	تسوية الأسطح الجانبية عمودياً على القاعدة
—	—	تسوية السطح السفلي بالتفريز أو بالكشط	التخليق بالمشد الخارجي
سكينة طرفية	—	تسوية السطح السفلي بالتفريز أو بالكشط	تشغيل في محيط مغلق (كنتور) <i>Contour</i>
سكينة مجاري خوابير محيطية للمجاري المفتوحة وسكينة طرفية للمجاري المقفلة	—	خرطة الأعمدة	تفتيح مجاري الخوابير في الأعمدة بالتفريز الطرفي أو المحيطي
سكينة وجه وجنب	—	تسوية السطح السفلي والعلوي والجانبيين بالتفريز أو بالكشط	تفتيح مجاري مفتوحة الطرفين بالتفريز المحيطي
سكينة مجاري <i>T</i>	أقل من ٢٠	تفتح المجاري بسكينة وجه وجنب بمستوى دقة <i>IT8</i>	تفتيح مجاري حرف <i>T</i> بالتفريز المحيطي الوجهي
—	أقل من ٢٠	تسوية السطح بالتفريز أو بالكشط مستوى دقة <i>IT8</i>	التجليخ السطحي
—	أقل من ٥	تجليخ ناعم مستوى دقة <i>IT6</i>	الصقل الخارجي
—	أقل من ٥	تجليخ ناعم مستوى دقة <i>IT 6</i>	التحضير الخارجي
—	—	—	التشغيل بالتفريغ الكهربى بالقطب أو بالسلك
—	أقل من ٢٠	تسوية بالتفريز أو بالكشط لمستوى دقة <i>IT8</i>	التشطيب الكهروكيميائى

تخطيط تسلسل عمليات التشغيل: *Process Sequence Planning*

الخطوات التمهيديّة لتخطيط عمليات التشغيل:

انطلاقاً من الرسومات التنفيذية لأجزاء المنتج يتم اتخاذ الخطوات التالية تمهيداً 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

$$\text{مقدار التفاوت في البعد} = (\text{الحد الأقصى} - \text{الحد الأدنى}) \text{ للبعد}$$

وطبقاً للنظام الدولي للتوحيد القياسي ISO فإن:

مقدار التفاوت في البعد = قيمة التفاوت الأساسي حسب مستوى الدقة $IT \times$ معامل البعد (ϑ)

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

حيث:

$$d = \text{البعد المعطى له التفاوت سواء كان قطراً أو طولاً (مم)}$$

وعلى ذلك فإن:

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

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 التشغيل النهائية المناسبة ودرجة الخشونة الناتجة بالميكرون من خلال العلاقة بينات رتبة التفاوت ودرجة تشطيب السطح (قيمة الإنجاز المطلوبة) (جدول رقم ٣) كما سبق 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 مستوى الدقة والخشونة المطلوبة بناء على متطلبات عملية التشغيل 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) طبقاً 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	

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	
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	
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	
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	

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	
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:

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

$$R_t = 1.6 \mu m$$

حيث:

d : قطر الجزء المشغل (مم)

R_t : درجة خشونة = 1,6 ميكرون

حدد عمليات التشغيل المطلوبة.

الحل:

مقدار التفاوت في القطر = 21 ميكرون

نحسب معامل القطر ϑ من العلاقة:

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

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

وعلى ذلك فإن:

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

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

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

عمليات التشغيل الممكنة لهذا الجزء

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 بمتقاب المراكز.

٢. ثقب بالبنطة.

٣. توسيع إما بمتقاب التوسيع أو بالخراطة الداخلية.

٤. برغلة دقيقة.

التسلسل النمطي لعمليات التشغيل:

يمكن وضع تصور عام للتسلسل النمطي لعمليات التشغيل بالاسترشاد بالجدول 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 $IT4 - IT6$ يستلزم التسلسل الآتي:

- أ. خراطة خارجية ناعمة
- ب. معالجة حرارية (إن وجد)
- ت. تجليخ خارجي
- ث. تجليخ عالي الدقة أو صقل.

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

٣. التشغيل الخارجي الدقيق $IT5 - IT7$ للمواد الحديدية يستلزم الآتي:

- أ. الخراطة الخارجية الناعمة
- ب. معالجة حرارية (إن وجد)
- ت. تجليخ خارجي.

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

٤. التشغيل الخارجي متوسط الدقة $IT8 - IT10$ يستلزم التسلسل الآتي:

- أ. خراطة خارجية تخشين
- ب. خراطة تنعيم.

٥. التشغيل الخارجي منخفض الدقة $IT10 - IT12$ يستلزم خراطة خارجية عادية.

ثانياً: تسلسل عمليات تشغيل الأسطح الدورانية الداخلية:

١. التشغيل الداخلي فائق الدقة $IT2 - IT4$ يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

- أ. ثقب.
- ب. خراطة داخلية أو تشغيل بمثقاب توسيع.
- ت. معالجة حرارية (إن وجد).
- ث. تجليخ أسطواني داخلي.

ج. صقل.

ح. تحضين.

٢. التشغيل الداخلي عالي الدقة $IT4 - IT6$ يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. ثقب.

ب. خراطة داخلية أو تشغيل بمتقاب توسيع.

ت. معالجة حرارية (إن وجد).

ث. تجليخ أسطواني داخلي.

ج. صقل.

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

٣. التشغيل الداخلي الدقيق $IT6 - IT8$ يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. ثقب

ب. خراطة داخلية أو تشغيل بمتقاب 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.

وفي 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 بمتقاب 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 $IT6 - IT4$ 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 $IT8 - IT6$ يستلزم التسلسل التشغيلي الآتي:

أ. تفريز وجهي أو محيطي ناعم.

ب. معالجه حرارية (إن وجد).

ت. تجليخ سطحي.

٤. تشغيل متوسط الدقة $IT10 - IT8$ 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.

وفي حالة عدم الحاجة إلى تقسية يستخدم السحج (حلاقة التروس) (*Gear Shaving*) بعد تفتيح الأسنان مباشرة بدلاً 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

التروس الداخلية:

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 تموضع كالتوازي أو التعامد أو الميل بزواوية 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 مشقبيية خابور (أو تشغيل بطح) في عامود يستلزم أن يتم تشغيل المشقبيية (أو البطح) موازيا

لمحور العامود أي للسطح الأسطواني الخارجي له الموازي لهذا المحور بطبيعة الحال، لذلك يعتبر السطح الخارجي للعمود مرجعياً بالنسبة للتفريز وعليه فلا بد 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 لا بد أن يكون عمودياً على الوجه لذلك

ينبغي تسوية الوجه عمودياً على القطر الخارجي للشغلة حيث يكون القطر الخارجي مرجعياً بالنسبة للخراطة الوجهية ثم للثقب بعد ذلك.

٣. تفتيح أسنان التروس لا بد أن يتم بالنسبة لمحور الترس أي بالنسبة للقطر الداخلي في حالة التروس

الخارجية أو الخارجي في حالة التروس الداخلية، بالإضافة إلى الأسطح الوجهية للتروس كأسطح مرجعية يلزم تشغيلهم أولاً بالخراطة الوجهية ثم الداخلية ثم البرغلة أو التجليخ لتشطيب القطر الداخلي، ويتم 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 $IT8 - IT10$ ويتبعها عملية سحج للأسنان *Gear shaving* أي حلاقة للوصول إلى مستوى $IT6 - IT8$ عند عدم الحاجة إلى التقسية (أو للمواد التي لا تقبل التقسية) أو التجليخ بمستوى دقة $IT6 - IT8$ 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 ذنبيه لتتمكن 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 الطرف مع سندها بالمخنقة الثابتة.
 ٢. خراطة وجهية.
 ٣. خراطة طولية لمسافة تكفي للربط في الطرف.
 ٤. تقليب الشغلة وتسدن بالمخنقة الثابتة للخراطة الوجهية للقورة الثانية.
 ٥. عمل ثقب ذنبيه في محور الشغلة.
 ٦. سند بالذنبة من الغراب مع التثبيت في الطرف.
 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 = $\frac{1}{2}$ 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:

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

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

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 <i>Process sheet</i>				
اسم الجزء:-----		رقم أمر التشغيل:-----		
الكمية:-----	المادة:-----	مقاس الخام:-----		
م	عملية التشغيل	الماكينات المستخدمة	المثبتات وملحقاتها	زمن العملية
١				
٢				
٣				
٤				
٥				

إعداد بطاقة خطوات التشغيل *Operation sheet*

يتم إعداد التسلسل التكنولوجي لخطوات التشغيل لكل عملية 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 <i>Operation sheet</i>	
اسم العملية:	
الماكينة:	رسم الجزء:
رقم كودى:	
العدد:	
المنبتات:	

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 شروط التشغيل لكل خطوة و ذلك يعنى بالتحديد إيجاد قيم سرعة القطع والتغذية وعمق القطع التي تعتبر المتغيرات الأساسية لأي عملية تشغيل حيث أنها تؤثر تأثيراً مباشراً على أدائها من خلال تأثيرها على قوى القطع و القدرة المستنفذة و درجة الحرارة في منطقة القطع وعمر العدة ودقة التشغيل وجودة التشطيب وهو ما يؤثر بالتالي على معدل إزالة المادة من سطح الشغلة ومن ثم على معدلات الإنتاج وزمن التشغيل وتكلفة القطعة، لذلك يؤدي سوء اختيار شروط 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 عمودياً على سطح الشغل وفي الاتجاه العمودي على اتجاه حركة التغذية وتحدد قيمته بعمق الطبقة المراد إزالتها من سطح الشغل في كل مشوار تغذية لإزالة سماح التشغيل *Machining Allowance* وصولاً من الخامة إلى المنتج النهائي في مشوار واحد أو في عدة مشاوير تغذية و يتضمن ذلك إزالة سماح التشغيل المخصص للتخلص من العيوب الناشئة من العمليات السابقة على الشغلة مثل عدم الاستدارة أو عدم الاستقامة أو عدم الاستواء و خشونة السطح و أخطاء الأبعاد ... إلخ فضلاً عن التغيير في حالة طبقات السطح مثل ما يحدث من تصلد نتيجة لعمليات التشكيل على البارد كالدرفلة والسحب و خلافه أو تولد الإجهادات الداخلية من عمليات تشكيل أو تشغيل سابقة 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 يسمى بالطبقة الغشيمة (*Hard Skin*) وتتراوح قيمة عمق القطع في حالة التخشين التي تستخدم لإزالة العيوب المذكورة ما بين ٢ إلى ١٠ مم حسب الطريقة التي صنعت بها الخامة (مسبوكات - مطروقات - مدرفلات على الساخن - مدرفلات على البارد ... إلخ) وحسب خصائص المادة المراد تشغيلها (المتانة - الصلادة) وحسب نوع عملية التشغيل و حالتها (تخشين - تنعيم) والجساءة الإستاتيكية و الديناميكية لمنظومة التشغيل بأكملها و طاقة الماكينة المستخدمة و بشرط ألا يتجاوز أقصى قيمة لعمق القطع $= 0,6 \times$ عرض الحد القاطع \times جيب زاوية المقابلة.

وتتراوح قيمة عمق القطع في حالة التشطيب المتوسط لإزالة العيوب الناتجة من عملية التخشين 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 الرئيسية هي حركة دوران المشغولة حول محورها بينما حركة العدة الواجب حدوثها أثناء الدوران لإزله الرايش تسمى 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 ودرجة التشطيب المطلوب (تخشين أو تنعيم) ففي حالة التخشين تؤخذ أكبر قيمة تسمح بها طاقة منظومة التشغيل وجسائها بحيث لا تؤدي إلى انهيار أي من عناصرها أو تسبب التحميل الزائد للماكينة أو انحناء الشغلة أو العدة القاطعة أو إفلات أي منهما من المثبتات الخاصة بهما وفي حالة التنعيم تختار أكبر قيمة تغذية تؤدي إلى تحقيق مستوى الدقة ودرجة التشطيب المطلوبة ويوضح الجدول التالي قيم التغذية المعتادة في عمليات التشغيل المختلفة ويراعى اختيار القيم الأصغر في حالات المواد الأعلى متانة واختيار القيم الأكبر في حالات المواد الأقل متانة.

جدول رقم ١ قيم التغذية لعمليات التشغيل المختلفة لصلب St 50

تفريز		محيطي	وجهي	كشط مم/للمشوار	ثقب مم/لفة	خراطة مم/لفة	عملية التشغيل
طرفي	قطر > ٢٠ مم							قطر < ٢٠ مم
مم / للسنة							
٠,١ - ٠,٥	٠,٥ - ٠,٣	٠,٢ - ٠,١	٠,٥ - ٠,١	٣ - ٠,٣	٠,٥ - ٠,١	١ - ٠,٣	تخشين
٠,٥ - ٠,٣	٠,٣ - ٠,٢	٠,١ - ٠,٥	٠,١ - ٠,٥	٠,٢ - ٠,١	٠,١ - ٠,٥	٠,١ - ٠,٥	تشطيب متوسط
٠,٣ - ٠,٢	٠,٢ - ٠,١	- ٠,٢٥ ٠,٥	- ٠,٢٥ ٠,٥	-	-	- ٠,٢٥ ٠,٥	تنعيم

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)

$$\text{سرعة القطع (ع)} = \frac{\text{ط} \times \text{ق} \times \text{ن}}{1000} \text{ (مم/دقيقة)}$$

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.

$$\text{سرعة القطع (ع)} = \frac{\text{ل} \times \text{ن} \times (\text{ك} + 1)}{1000} \text{ (مم / دقيقة)}$$

حيث: ل = طول المشوار الطولي (مم)

$$ن = \text{سرعة التردد} \quad (\text{مشوار / الدقيقة})$$

$$ك = \text{نسبة سرعة القطع إلى سرعة الرجوع (تحدد من الماكينة المستخدمة).}$$

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 الكهربائي المستخدم ويلاحظ أن سرعة القطع المسموح بها لعمر محدد للعدة القاطعة تقل بزيادة صلادة ومتانة مادة الشغلة بينما تزداد مع صلادة العدة القاطعة كما يؤدي استخدام سوائل التبريد إلى زيادة ١٠% إلى ٢٠% في السرعة المسموح بها عن القطع الجاف وهي 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:-

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

وفي حالة المكاشط والماكينات الترددية الأخرى:

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

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

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

حساب سرعة التغذية:

أ. في حالة الخراطة والثقب والبرغلة:

$$U = T \times N$$

حيث:

$$U = \text{سرعة التغذية (مم/الدقيقة)}$$

$$T = \text{التغذية (مم/لفة)}$$

$$N = \text{سرعة الدوران (لفة/الدقيقة)}$$

ب. في حالة التفريز:

$$U = T_s \times S \times N$$

$$T_s = \text{التغذية (مم/اللسنة)}$$

$$S = \text{عدد أسنان السكينة}$$

ت. في حالة المكاشط:

$$U = T \times N$$

$$T = \text{التغذية (مم/المشوار)}$$

$$N = \text{سرعة التردد (مشوار/الدقيقة)}$$

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

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

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 رقم ٣ 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.

سرعة القطع متر/دقيقة		مادة الشغلة	
عدة كربيد	عدة صلب		
مغلقة	بدون تغليف	سرعات عالية	
٣٠٠ - ١٨٠	٢٠٠ - ١٢٠	٥٠ - ٣٥	صلب إنشائي
٢٠٠ - ١٥٠	١٤٠ - ١٠٠	٣٥ - ٢٥	صلب كربوني
١٢٠ - ١٠٠	٨٠ - ٦٠	٢٠ - ١٥	صائب مصبوب
١٨٠ - ١٠٠	١٢٠ - ٦٠	٣٠ - ١٠	صلب سبائكي
٢٢٠ - ١٢٠	١٥٠ - ٨٠	٤٠ - ٢٠	حديد زهر رمادي ١٨٠ - ١٤٠ HB
١٢٠ - ٩٠	٨٠ - ٦٠	٢٠ - ١٢	حديد زهر رمادي ٢٦٠ - ٢٢٠ HB
٢٠٠ - ٩٠	١٢٠ - ٥٠	٣٠ - ١٥	حديد زهر طرى
١٠٠ - ٤٠	٦٠ - ٢٠	-	حديد زهر ناشف (أبيض)
-	٢٥٠٠ - ١٥٠٠	٣٠٠ - ٢٠٠	ألومنيوم
-	٤٠٠ - ٣٠٠	٨٠ - ٥٠	ألومنيوم / سيليكون / ماغنسيوم
-	٤٠٠ - ٣٠٠	٦٠ - ٤٠	ألومنيوم سيليكون (١٢% سيليكون)
-	١٠٠٠ - ٨٠٠	٦٠ - ٥٠	نحاس أحمر
-	١٠٠٠ - ٨٠٠	١٠٠ - ٨٠	نحاس أصفر
-	٥٠٠ - ٤٠٠	٦٠ - ٥٠	برونز

ملاحظات :

١. يؤدي 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 تناسباً عكسياً مع متانة الشد للمواد المشغلة في حالة الصلب الإنشائي والكربوني وعلى ذلك يمكن استنتاج سرعات القطع لأنواع الصلب التي تختلف في المتانة 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 المدرجات والمطروقات تخفض السرعة بنسبة ٢٠ - ٣٠% بينما في حالة المسبوكات تخفض السرعة بنسبة ٤٠%.
٥. عند زيادة زاوية المقابلة (α) تخفض سرعة القطع المختارة بنسبة ١٠% لكل ١٥° تزيدها زاوية المقابلة عن الزاوية ٤٥°.
٦. في حالة الخراطة الداخلية تخفض سرعة القطع بنسبة ٢٠% للأقطار الداخلية الصغيرة 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 ٤ سرعات القطع (متر/الدقيقة) لثقب بعض المواد باستخدام بنطة من صلب سرعات عالية

(عمر العدة القاطعة ٦٠ دقيقة)

سرعة القطع (متر / الدقيقة)	مادة الشغلة
٢٨ - ٣٥	صلب إنشائي
١٨ - ٢٢	صلب كربوني
١٨ - ٢٢	صلب مصبوب
١٠ - ١٨	صلب سبائكي
١٨	حديد زهر
٩٠ - ١١٠	ألومنيوم
٥٦	نحاس أحمر
٤٥	نحاس أصفر
٣٠	برونز

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

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

ملحوظة: عند استخدام رأس تفريز ملقمة بالكربيد يجب ضرب قيمة السرعة المختارة من الجدول $\times 4$

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

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

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

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

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).

الحل:

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

$$\text{طول المشوار} = ٢٤٥ + ٢,٥ + ٢,٥ = ٢٥٠ \text{ (مم)}$$

$$\text{عدد المشاوير (و)} = ٦ \div ٣ = ٢ \text{ (مشوار)}$$

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{٦٠ \times ١٠٠٠}{٦٢ \times \text{ط}} = \frac{٤ \times ١٠٠٠}{٣ \times \text{ق}} = ٣٠٠ \text{ لفة/دقيقة}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{٢٥٠ \times ٢}{٣٠٠ \times ٠,٣٣} = \frac{١٥٠٠}{١٠٠} = ١٥ \text{ (دقائق)}$$

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:

الطريقة الأولى:

١- ثقب بمتقاب مراكز سنتر دريل $\varnothing 6,3$ مم لهداية المتقاب التالي له.

$$\text{سرعة القطع} = 30 \text{ (م / دقيقة) (جدول رقم ٤)}$$

$$\text{التغذية} = 0,1 \text{ (مم / لفة) (جدول رقم ١)}$$

$$\text{طول مشوار التغذية} = 10 \text{ (مم)}$$

ل

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

$$30 \times 1000$$

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{30 \times 1000}{6,3 \times \text{ط}} = 1500 \text{ (لفه / دقيقة)}$$

١٠

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{10}{1500 \times 0,1} = 0,067 \text{ (دقيقه)}$$

٢- الثقب بمتقاب بقطر $\varnothing 22$ مم.

$$\text{سرعة القطع} = 35 \text{ (م / دقيقة) (جدول رقم ٤)}$$

$$\text{التغذية} = 0,3 \text{ (مم / لفة) (جدول رقم ١)}$$

$$\text{سماح الدخول} = 2,5 \text{ (مم)}$$

$$\text{سماح الخروج} = 7,5 \text{ (مم) (لخروج مقدمة البنتة من الشغلة)}$$

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

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

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

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

سرعة القطع = ٤٠ (م / دقيقة) (جدول رقم ٣).

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)

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

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

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).

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{60 \times 1000}{24,7 \times \text{ط}} = 773 \text{ (لفه / دقيقة)}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{100}{773 \times 0,1} = 1,36 \text{ (دقيقه)}$$

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

$$\text{سرعة القطع} = 16 \text{ (م / دقيقة)}$$

$$\text{التغذية} = 0,25 \text{ (مم / لفة)}$$

$$\text{طول مشوار التغذية (ل)} = 100 + 2,5 + 17,5 = 120 \text{ (مم)}$$

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{16 \times 1000}{25 \times \text{ط}} = 200 \text{ (لفه / دقيقة)}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{120}{200 \times 0,25} = 2,4 \text{ (دقيقه)}$$

$$\text{زمن التشغيل الكلي} = 0,067 + 0,733 + 0,8 + 1,36 + 2,4 = 5,36 \text{ (دقيقة)}$$

الطريقة الثانية:

١- الثقب بمتقاب المراكز بقطر Ø 6,3 (مم) لهداية المتقاب التالي له.

$$\text{زمن التشغيل} = 0,067 \text{ (دقيقة) كما سبق}$$

٢- الثقب بمتقاب بقطر Ø 22 (مم).

$$\text{زمن التشغيل} = 0,733 \text{ (دقيقة) كما سبق}$$

٣- التشغيل بمتقاب التوسيع Core drill بقطر Ø 24,75 (مم).

$$\text{سرعة القطع} = 35 \text{ (م / دقيقة)}$$

التغذية ٠,٣ (مم / لفة).

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{30 \times 1000}{24,75 \times \text{ط}} = 450 \text{ (لفة / دقيقة)}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{110}{450 \times 0,3} = 0,81 \text{ (دقيقة)}$$

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

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

$$\text{زمن التشغيل الكلي} = 0,067 + 0,733 + 0,81 + 2,4 = 4,01 \text{ (دقيقة)}$$

الطريقة الثالثة:

١- الثقب بمتقاب المراكز بقطر Ø ٦,٣ (مم) لهداية المتقاب التالي له.

زمن التشغيل ٠,٠٦٧ (دقيقة) كما سبق.

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

سرعة القطع المسموح بها ٦٠ (متر/ دقيقة).

قيمة التغذية الطولية ٠,٠٥ (مم / لفة).

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{60 \times 1000}{20 \times \text{ط}} = 764 \text{ (لفة / دقيقة)}$$

$$\text{زمن التشغيل (ز)} = \frac{110}{764 \times 0,05} = 2,88 \text{ (دقيقة)}$$

يعتبر التشغيل في هذه الحالة تشطيبا نهائيا يحقق الدقة لمستوى H7 ولا يحتاج بالتالي لأي عملية تشطيب كالبرغلة.

$$\text{الزمن الكلي للتشغيل} = 2,88 + 0,067 = 2,96 \text{ (دقيقة)}$$

مقارنة بين الطرق المختلفة لتشغيل الثقب Ø 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 (م/المشوار) وعمق القطع في حالة التخشين ٣ (مم) بينما تبلغ هذه القيم على الترتيب ٢٤ (م/دقيقة)، ٠,٢ (م/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.

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

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

$$\text{زمن عملية التخشين} = \frac{3 \times 100}{20 \times 1} = 22,5 \text{ (دقيقة).}$$

$$\text{زمن عملية التنعيم} = \frac{1 \times 100}{32 \times 0,2} = 23,5 \text{ (دقيقة).}$$

$$\text{الزمن الكلي للمكشطة} = 22,5 + 23,5 = 46 \text{ (دقيقة)}$$

حساب زمن دورة التشغيل

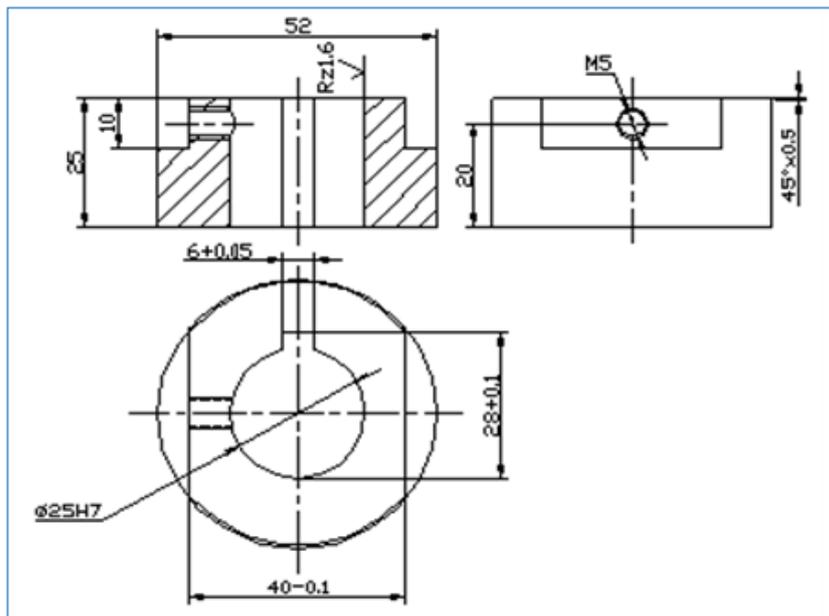
زمن دورة التشغيل هو مجموع زمن التشغيل الفعلي + زمن التجهيز

يشمل زمن التجهيز (يطلق عليه أيضاً الزمن العاطل) زمن تثبيت المشغولة 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:

$$\text{سماح التشغيل للقطر} = 0,3 \times (ق) 0,0 \times (ل) 0,125$$

$$\text{سماح التشغيل للقطر} = 0,3 \times (ق) 0,0 \times (ل) 0,125 = 4 \text{ (مم)}$$

$$\text{قطر الخامة} = 52 + 4 = 56 \text{ (مم)}$$

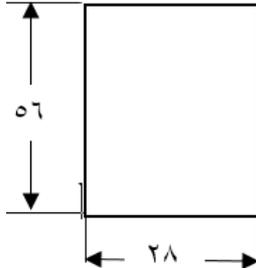
$$\text{سماح التشغيل للطول} = 0,2 \times (ق) 0,0 \times (ل) 0,125$$

$$\text{سماح التشغيل للطول} = 0,2 \times (ق) 0,0 \times (ل) 0,125 = 3 \text{ (مم)}$$

$$\text{طول الخامة} = 25 + 3 = 28 \text{ (مم)}$$

بطاقة العمليات				
رقم أمر التشغيل: / /			أسم الجزء: جلبة تحديد مسافات	
الخامة: قضبان صلب St50 بقطر 56 وطول 28 مم			الكمية: قطعة واحدة	
م	العملية	الماكينة	زمن العملية (دقيقة)	المثبتات اللازمة
١	قطع قضبان بطول 28 (مم)	منشار ترددي	٢,٥	منجلة المنشار
٢	خراطة خارجية طولية وتشغيل داخلي وبرغلة	مخرطة ذنبه	١٢	تثبيت في الظرف وسناده بالذنبه
٣	تفريز البطحين	فريزة أفقية	٦	منجلة الفريزة مع بلوك V
٤	فتح مشقبيية الخابور	مكشطة رأسية	١٠	منجلة المكشطة
٥	ثقب وقلوطة M5	مثقاب رأسي	٩,٥	منجلة المثقاب
		الزمن الكلي	٤٠	دقيقة

بطاقة خطوات التشغيل

اسم العملية: قطع القضبان بطول ٢٨ (مم)								
الماكينة: منشار ترددي رقم كودي: ٠٠٠								
العدد: سلاح منشار ٢ مم X ٤٠٠ مم								
المثبتات: منجلة المنشار الترددي		٢٠١٥/١/١	رقم أمر التشغيل	جلبة تحديد مسافة	اسم الجزء			
		١	الكمية	صلب St 50 قضبان Ø ٥٦ (مم)	المادة			
الزمن (دقيقة)	م	خطوات التشغيل	مشوار التشغيل (مم)	سرعة القطع (د / م)	سرعة الدوران (لفة / د)	التغذية (مم / لفة)	عمق القطع (مم)	تجهيز
								تشغيل
-	٠,٢٥	-	-	-	-	-	-	تجهيز
-	٥	-	-	-	-	-	-	تثبيت القضبان
٢,٥	-	-	٦٠	٢٤	٨٠	٠,٣	-	قطع بطول ٢٨ مم
-	١,٢٥	-	-	-	-	-	-	مناولة
-	١	-	-	-	-	-	-	قياس
٢,٥	٧,٥	الزمن الكلي						

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

بطاقة خطوات التشغيل

اسم العملية: تفريز البطحين								
الماكينة: فريزة أفقية رقم كودي:								
العدد: ٢ سكين جانبية وجهية ∅ ٨٠ مم × ٨ مم								
المثبتات: منجلة الفريزة مع عدد ٢ بلوك V		١٥/١٠/٣	رقم أمر التشغيل	جلبة تحديد مسافات	اسم الجزء			
		١	الكمية	صلب St 50	المادة			
الزمن (دقيقة)	الزمن (دقيقة)	عمق القطع (مم)	التغذية مم/المشوار	سرعة الدوران (لفة / الدقيقة)	سرعة القطع (متر / دقيقة)	مشوار التشغيل	خطوات التشغيل	م
-	٠,٣٠	-	-	-	-	-	تجهيز للتشغيل	١
-	١	-	-	-	-	-	تنبيت الشغلة	٢
١	-	١٠	١٥٠	١٢٥	٣٠	١٥٠ مم	تفريز البطحين	٣
-	٣	-	-	-	-	-	مناولة	٤
-	٠,٧	-	-	-	-	-	قياس	٥
١	٥	الزمن الكلي						

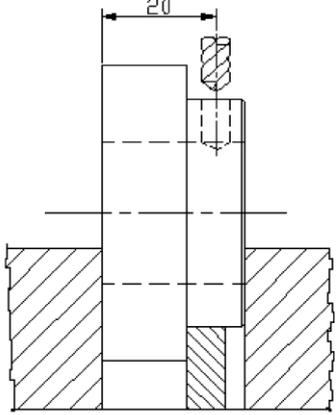
زمن دورة التشغيل للتفريز = ١ + ٥ = ٦ (دقائق)

بطاقة خطوات التشغيل

اسم العملية: فتح مشقبية الخابور									
الماكينة: المكشطة الرأسية رقم كودى:									
العدد: قلم مكشطة عرض ٦ (مم)									
المثبتات: منجلة المكشطة		١٥/١٠/٤	رقم أمر التشغيل	جلبه تحديد مسافات	اسم الجزء	صلب St50			
		١	الكمية						
الزمن (دقيقة)	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	-
١	٣	فتح مشقبية تخشين	٣٥	٤	٥٠	٠,١	-	-	١
٢	٤	فتح مشقبية تنعيم	٣٥	٤	٥٠	٠,٠٥	-	-	٢
-	٥	قياس	-	-	-	-	-	٢,٥	-
-	٦	مناولة	-	-	-	-	-	٢	-
٣	٧	الزمن الكلى							

زمن دورة التشغيل = ٧ + ٣ = ١٠ (دقائق)

بطاقة خطوات التشغيل

اسم العملية: ثقب وقلوطة M5							
الماكينة: مثقاب رأسي رقم كودى:							
العدد: بنطة Ø ٤ مم، ذكر قلاووظ M5 بنطة مراكز Ø ٢ (مم)							
المثبتات: منجلة المثقاب		١٥/١٠/٤	رقم أمر التشغيل	جلبة تحديد مسافات	اسم الجزء		
		١	الكمية	صلب St50	المادة		
الزمن (دقيقة)	عمق القطع (مم)	التغذية مم / لفة	سرعة الدوران (لفة / الدقيقة)	سرعة القطع (متر / دقيقة)	مشوار التشغيل (مم)	خطوات التشغيل	م
-	٠,٣	-	-	-	-	تجهيز	١
-	٣	-	-	-	-	تثبيت الشغلة	٢
٠,٢	-	-	يدويا	١٥٠٠	١٠	ثقب Ø ٢ (مم)	٣
٠,١٣	-	-	٠,٠٥	١٥٠٠	٢٠	ثقب Ø ٤ (مم)	٤
٠,١٧	-	-	-	١٩٠	٣	قلوطة M5	٥
-	١,٧	-	-	-	-	قياس	٦
-	٤,٠	-	-	-	-	مناولة	٧
٠,٥	٩,٠	الزمن الكلى					

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

زمن التصنيع = مجموعة أزمنة دورة التشغيل

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

الباب الرابع

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 أعلى 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.

تكلفة الماكينة في السنة:

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

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

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

$$\text{تكلفة العمالة في الساعة} = \text{إجمالي أجور العمالة المباشرة في الساعة} \times (1 + \frac{\text{نسبة الأجور الغير مباشرة}}{\text{الأجور المباشر}})$$

٣ - تكلفة العدد:

$$\text{تكلفة العدد} = \frac{\text{ثمن العدة} + \text{تكاليف شحذ العدة لكل حد قاطع أو} + \text{تكاليف استبدال العدة}}{\text{عدد مرات شحذها أو استبدالها خلال عمرها}}$$

$$\text{عدد المنتجات المصنعة خلال عمر الحد القاطع}$$

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

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

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

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:

$$\text{تكلفة التصنيع الكلية للمنتج} = ١ ك + \frac{٢ ك}{ن}$$

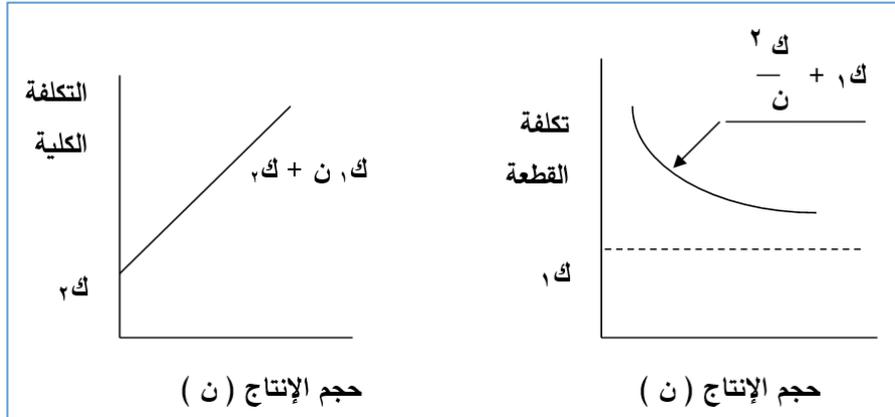
١ ك = مجموع عناصر التكلفة المتغيرة للقطعة من (١) إلى (٣)

٢ ك = مجموع عناصر التكلفة الثابتة من (٤) إلى (٧)

ن = حجم الإنتاج

التكلفة الكلية للإنتاج = ك_١ + ٢ ك_٢

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 ك_٢ بينما يظل نصيبه من التكاليف المتغيرة ك_١ ثابتاً بدون تغير كما يلاحظ أنه في حالة الإنتاج القليل الحجم تكون التكاليف الثابتة ك_٢ هي العنصر الأساسي في التكلفة للمنتج بينما في حالة الإنتاج الكبير الحجم تتضاءل التكاليف الثابتة وتكون التكاليف المتغيرة ك_١ أي تكلفه ساعات التشغيل (تكلفة الماكينة والعمالة) هي العنصر الرئيسي لتكلفة المنتج.

			الربح		سعر البيع للقطعة
			تسويق وتوزيع ودعاية وإعلان		
			المخازن والخدمات		التكاليف الكلية للقطعة
			تكلفة التصميم وتخطيط العمليات والتفتيش		
			تكلفة التصنيع للقطعة		تكلفة الإنتاج للقطعة
			تكلفة المواد		
تكاليف العدد	تكلفة التشغيل للقطعة		تكلفة التصنيع للقطعة		تكلفة الإنتاج للقطعة
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 الأعلى سعراً تسبب زيادة تكلفة ساعات التشغيل إلا إذا نتج عن استخدامها زيادة مقابلة في الإنتاجية لتعادل ارتفاع سعرها.
- ٣- حجم العمالة: وخصوصاً 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 سنوياً: تقدر بعدد الورديات \times عدد ساعات التشغيل الفعلية في الوردية \times عدد أيام العمل في العام. تنخفض تكلفة المنتج كلما زادت ساعات التشغيل الفعلية سنوياً رغم انخفاض العمر الافتراضي للماكينات قليلاً نتيجة لذلك.

مثال:

استخدمت مخرطة قدرة ٥ كيلو وات ثمن شرائها ٥٢٠٠٠ جنيه تعمل ووردية واحدة ١٠٠٠ ساعة سنوياً في تصنيع منتج من خامة قطرها ٨٠ مم وطولها ١٠٠ مم من صلب *St 50* مستخدماً عدة من صلب السرعات العالية احسب تكلفة تصنيع المنتج للمعطيات الآتية:

- سعر الكيلو جرام من صلب *St 50* = ٢,٥ جنيه.
- العمر الافتراضي للماكينة ٢٠ سنة ويبلغ سعر تكهينها ٢٠٠٠ ج.
- فائدة رأس المال ١٠ % سنوياً.
- تكاليف الصيانة ١٠ % من رأس المال موزعة على عمر الماكينة.
- مساحة الأرضية التي تشغلها الماكينة ١٠ متر مربع بسعر ٥٤ جنيه للمتر المربع سنوياً.
- تكلفة استهلاك الكهرباء ٠,٣ جنيه للكيلو وات ساعة.
- أجر العامل المباشر ٢٥٠ جنيه شهرياً ونسبة الأجور غير المباشرة ٣ : ١
- ثمن شراء العدة ١٥ جنيه.

- 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 جنيها.
- حجم دفعة الإنتاج ٢٥ قطعة.

الحل:

أولاً: معدل تكلفة الماكينة في الساعة:

$$\text{معدل استهلاك الماكينة} = \frac{٥٢٠٠٠ - ٢٠٠٠}{٢٥} = ٢٥٠٠ \text{ جنيها في السنة}$$

$$\text{فائدة راس المال} = ٥٢٠٠٠ \times \frac{١٠}{١٠٠} = ٥٢٠٠ \text{ جنيها في السنة}$$

$$\text{تكاليف الصيانة} = \frac{٢٦٠}{٥٢٠٠} \times \frac{١٠}{١٠٠} = ٢٦٠ \text{ جنيها في السنة}$$

$$\text{تكلفة الموقع} = ٥٤ \times ١٠ = ٥٤٠ \text{ جنيها في السنة.}$$

$$\text{تكلفة الكهرباء} = ١٥٠٠٠ \times ٠,٣ \times ٥ = ١٥٠٠٠ \text{ جنيها في السنة}$$

$$\text{إجمالي التكلفة السنوية للماكينة} = ١٥٠ + ٥٤٠ + ٢٦٠ + ٥٢٠٠ + ٢٥٠٠ = ١٠,٠٠٠ \text{ جنيها}$$

$$\text{معدل تكلفة الماكينة في الساعة} = \frac{١٠,٠٠٠}{١٠٠٠} = ١٠ \text{ جنيها}$$

ثانياً: معدل تكلفة العمالة في الساعة:

إجمالي تكلفة العمالة شهرياً = ٢٥٠ (٣ + ١) = ١٠٠٠ جنيه

إجمالي التكلفة السنوية للعمالة = ١٢ × ١٠٠٠ = ١٢٠٠٠ جنيه

$$\text{معدل تكلفة العمالة في الساعة} = \frac{١٢٠٠٠}{١٠٠٠} = ١٢ \text{ جنيه}$$

ثالثاً: معدل تكلفة العدة للحد القاطع الواحد:

$$\text{نصيب الحد القاطع من سعر العدة} = \frac{\text{سعر العدة}}{\text{عدد مرات السن}} = \frac{١٥}{٥٠} = ٠,٣ \text{ جنيه لكل حد قاطع جديد}$$

$$\text{تكلفة زمن استبدال العدة} = \frac{٣}{٦٠} (١٠ + ١٢) = ١,١٠ \text{ جنيه لكل حد قاطع}$$

$$\text{تكلفة سن العدة} = ١٥ \times \frac{١٠}{٦٠} = ٢,٥ \text{ جنيه لكل حد قاطع}$$

إجمالي تكلفة العدة لكل حد قاطع = ٢,٥ + ١,١٠ + ٠,٣ = ٣,٩ جنيه

رابعاً: تكلفة المواد:

$$\text{كمية المادة المستخدمة للمنتج الواحد} = \frac{\text{ط} \times (٨٠)^2 \times ٧,٨ \times ١٠٠}{١٠٠٠ \times ١٠٠٠ \times ٤} = ٤ \text{ (كيلو جرام)}$$

تكلفة المادة المستخدمة = ٤ × ٢,٥ = ١٠ جنيه

خامساً: تكلفة ساعات التشغيل

= مجموع تكلفة الماكينة والعمالة في وحدة الزمن \times زمن الدورة

$$\text{تكلفة ساعات التشغيل} = \frac{(10+12)}{60} \times (40+10) = 22 \text{ جنيه}$$

سادساً: تكلفة العدة

إجمالي تكلفة العدة لكل حد قاطع x عدد الحدود القاطعة المستهلكة خلال زمن تشغيل المنتج.

$$\text{تكلفة العدة} = \frac{10 \times 3,9}{30} = 2 \text{ جنيه}$$

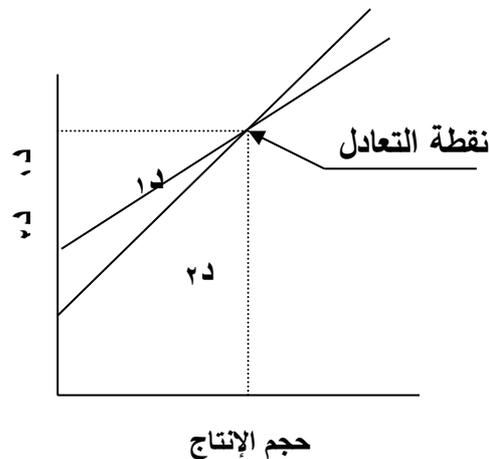
سابعاً: التكاليف الثابتة

$$\text{نصيب المنتج من التكاليف الثابتة} = \frac{100}{20} = 5 \text{ جنيه}$$

ثامناً: التكلفة الكلية للمنتج

$$= 10 + 22 + 2 + 5 = 39 \text{ جنيه}$$

يضاف إليها ١٢% تكاليف تخزين = ٥ + ٣٨ = ٤٣ جنيه

BREAK EVEN POINT : نقطة التعادل

هي نقطة تقاطع لمنحنيين لدالتين (١د ، ٢د) 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 جنيها للقطعة.

أوجد حجم الدفعة التي تتساوى عندها الطريقتان (نقطة التعادل)، وإذا كان المطلوب إنتاج ٥٠ قطعة في الدفعة فما هي الطريقة الواجب استخدامها.

الحل:

$$ت = ك١ \times ن + ك٢$$

الإنتاج بالطريقة (١):

$$ت = ٣٦ن + ١٥٠٠$$

حجم الإنتاج	صفر	١٠	٢٠	٣٠	٤٠
التكاليف الثابتة (ك)	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠
التكاليف المتغيرة (ك١ x ن)	صفر	٣٦٠	٧٢٠	١٠٨٠	١٤٤٠
التكاليف الكلية (ت)	١٥٠٠	١٨٦٠	٢٢٢٠	٢٥٨٠	٢٩٤٠

الإنتاج بالطريقة (٢)

$$٢٢٠ + ١٠٠ = ٢ ت$$

حجم الإنتاج	صفر	١٠	٢٠	٣٠	٤٠
التكاليف الثابتة (ك)	٢٢٠	٢٢٠	٢٢٠	٢٢٠	٢٢٠
التكاليف المتغيرة (ك١ x ن)	صفر	١٠٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٤٠٠٠
التكاليف الكلية (ت)	٢٢٠	١٢٢٠	٢٢٢٠	٣٢٢٠	٤٢٢٠

الحل بالطريقة الحسابية:

$$١٥٠٠ + ٣٦ = ١٠٠٠ + ٢٢٠ ن$$

$$٢٠ = ٢٠ ن$$

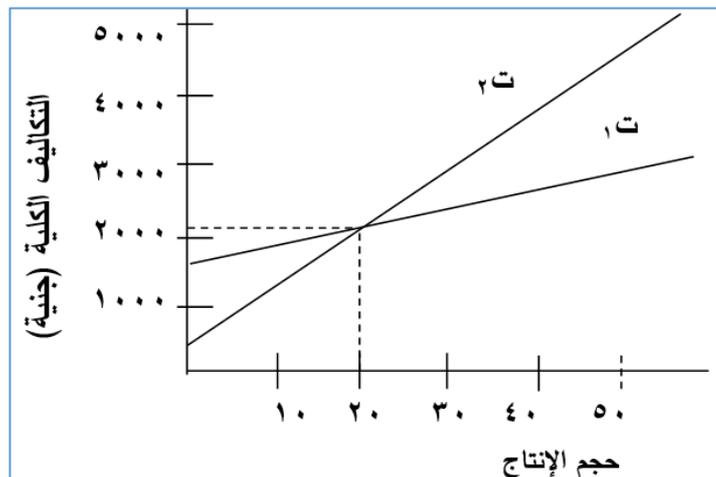
$$١٢٨٠ = ٦٤ ن$$

وبالتعويض لعدد ٥٠ قطعة ففي كل من المعادلتين يتبين أن $١ ت > ٢ ت$ 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 $١ ت < ٢ ت$ عند ٥٠ قطعة



طرق تخفيض تكلفة تصنيع المنتج:

نظرا للتأثير البالغ لسعر بيع المنتج على مدى نجاح تسويقه وحيث أن تكلفة التصنيع تمثل ما لا 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 تؤدي 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 وتقليل زمن التشغيل.

ثانياً: تحسين خطوات التصنيع من خلال ما يلي: -

١. ترشيد استخدام المواد وتقليل عوادم الصناعة.
٢. استخدام المثبتات والمرشحات والعدد والتجهيزات التي تساهم في رفع الإنتاجية وتقليل العمالة و تقليل الحاجة إلى تكرار التفتيش وذلك بما يناسب حجم الإنتاج.
٣. ميكنة عمليات التصنيع اليدوية وتحويل العمليات الميكانيكية إلى عمليات آلية بما يناسب حجم الإنتاج.
٤. استخدام العدد الحديثة التي تؤدي 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 بدلاً 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:

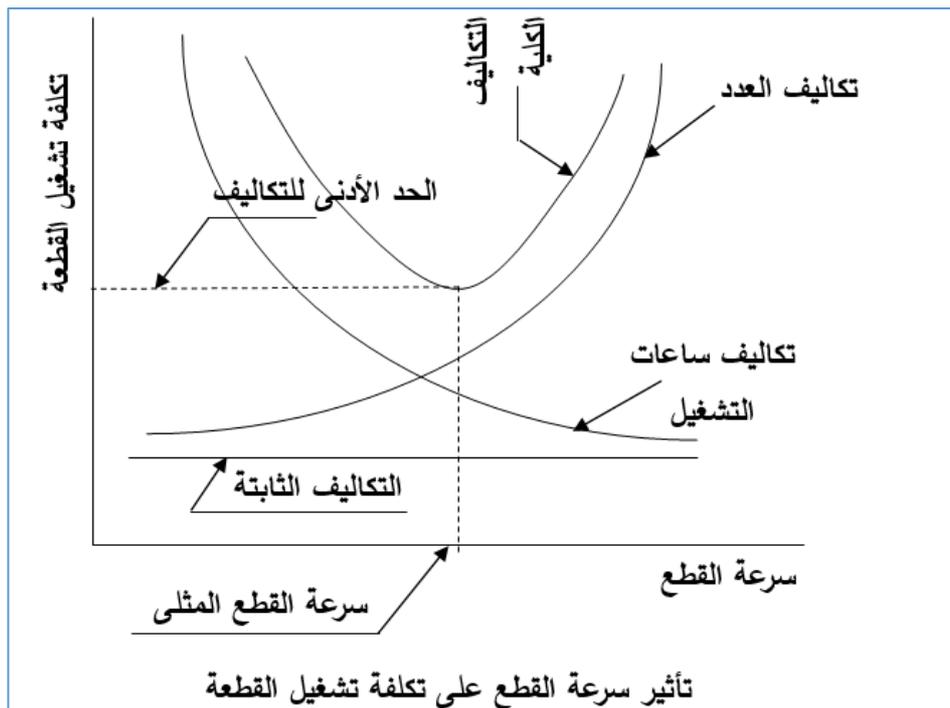
تعمل زيادة كل من عمق القطع و التغذية على خفض تكاليف التشغيل للقطعة كما تؤدي زيادة سرعة القطع من ناحية إلى خفض تكاليف ساعات التشغيل نتيجة لخفض زمن التشغيل لكنها من ناحية أخرى تؤدي إلى زيادة تكاليف استهلاك العدة (نتيجة لتقليل عمر العدة) لذلك تكون المحصلة انخفاض تكاليف التشغيل للقطعة مع زيادة سرعة القطع 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 الذي يؤدي إلى الحد الأدنى لتكاليف التشغيل كما بالشكل التالي وتحسب تلك القيمة من عناصر التكاليف السابق ذكرها كما يلي:-

$$\frac{\text{تكاليف العدد للحد القاطع الواحد}}{\text{تكاليف الماكينة والعمالة في الساعة}} \times \frac{(1 - s)}{s} \times 60 = \text{العمر الأمثل للعدة (بالدقيقة)}$$

$$\frac{\text{معامل مادة الشغلة والعدة}}{\text{سرعة القطع المثلى}} = \frac{\text{عمق القطع } (x_{0,1}) \text{ (التغذية) } (x_{0,3}) \text{ (عمر العدة الأمثل) } s}{\text{سرعة القطع المثلى}}$$

حيث: (س) = 0,16 للعدة المصنوعة من صلب السرعات العالية.

= 0,2 - 0,3 للعدة الكربيدية

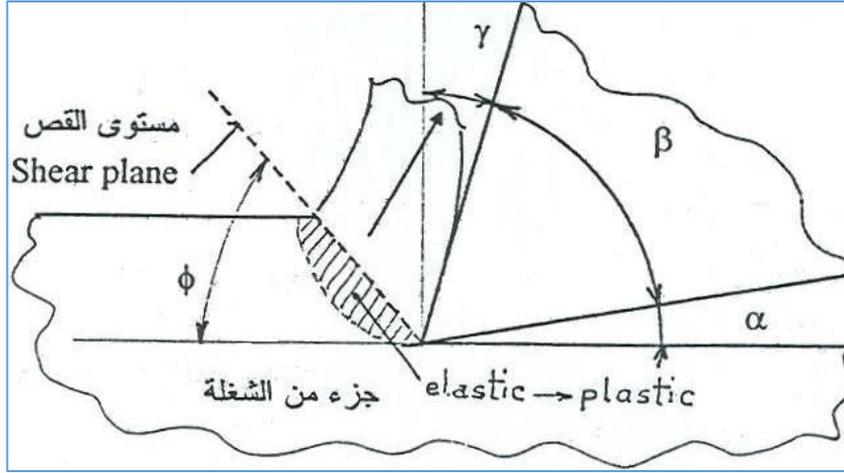


الباب الخامس

القطع على المخرطة والقوى الناشئة عنه

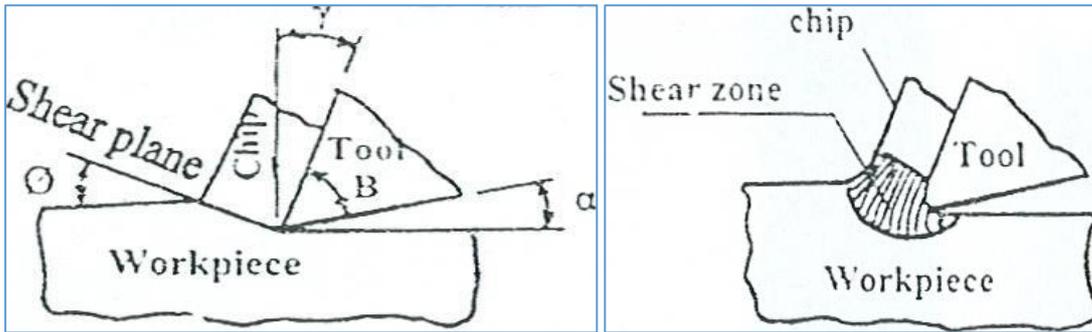
أولاً نظرية القطع وتكوين الرايش

نظرية القطع:



عندما تتحرك أداة القطع أمام الشغلة أو العكس (حركة نسبية) فإن أداة القطع تضغط على طبقة من سطح المعدن. وعندما يزداد الضغط حتى يتعدى إجهاد الخضوع للمعدن فإن طبقة المعدن السطحية يحدث لها تشوه لدن وعندما يزداد الضغط تصل الإجهادات إلى إجهادات تتعدى حدود إجهاد القص فينسأب جزء من هذه الطبقة السطحية للمعدن المزال أمام أداة القطع وتستمر عملية القطع وبهذا يتكون الرايش بالتشوه اللدن لطبقة المعدن المزال .

تكوين الرايش:



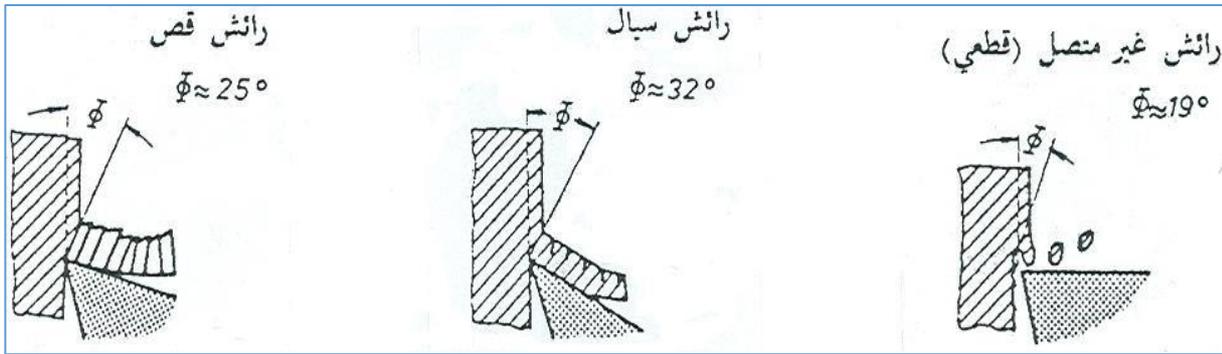
يقوم حد القطع قبل فصل الرايش بالضغط على أجزاء من المادة الواقعة أمام سطح الجرف أولاً. فينشأ عن ذلك تمزق في المادة (شق) يستمر تغلغل حد القطع فيه حتى يفصل أجزاء صغيرة من المادة على هيئة رايش بواسطة قوى القطع في مستوى القص ومع هذا المستوى وبتأثير الضغط الناتج من قوى القطع تتحول مادة الشغلة من

الحالة المرنة إلى الحالة اللدنة التي يحدث فيها الاستطالة ثم القص وتكوين الرايش. وأهم المتغيرات في تكوين الرايش هي:

- ١- خواص معدن الشغلة.
- ٢- خواص مادة أداة القطع وشكلها الهندسي.
- ٣- ظروف التشغيل المختلفة (سرعة - تغذية - عمق قطع).
- ٤- التبريد والتزييت.

أنواع الرايش:

تختلف أنواع الرايش تبعاً لمادة الشغلة وسرعة القطع وزاوية الجرف ويوجد هناك ثلاثة أنواع من الرايش: -



١. رائش متصل (مستمر):

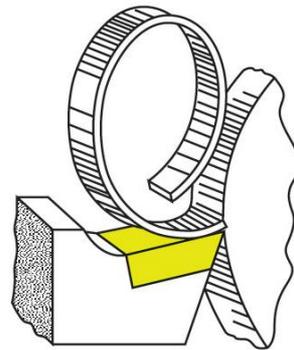
يتكون أعلى الحد القاطع ويسبق الحد القاطع مع استمرار عملية القطع وعلى هذا النحو يزال جزء من الشغلة مكون رايش على شكل شريط طويل ويظهر عند قطع معظم المواد اللدنة والمطيلة مثل الصلب الطري والنحاس الأحمر والألمونيوم ويظهر كذلك عند:

زاوية قص كبيرة ٣٢ درجة.

زيادة قيمة زاوية الجرف الموجب.

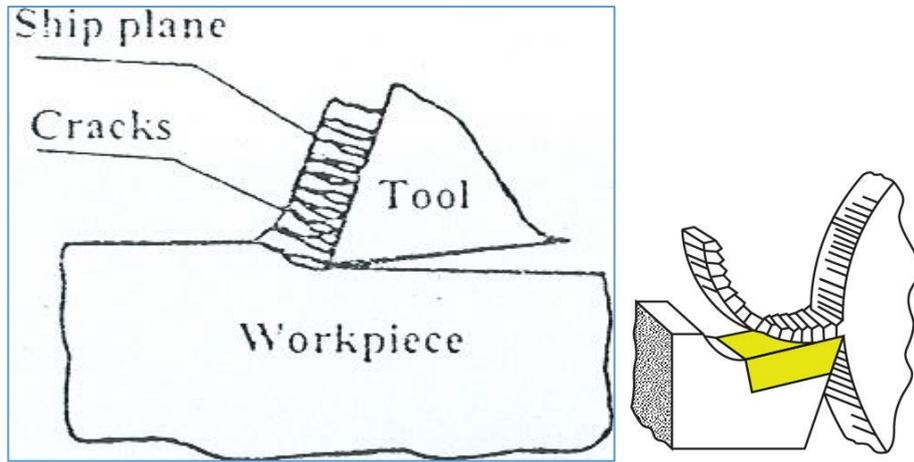
زيادة سرعة القطع وتقليل التغذية.

استخدام سوائل التبريد والتزييت.



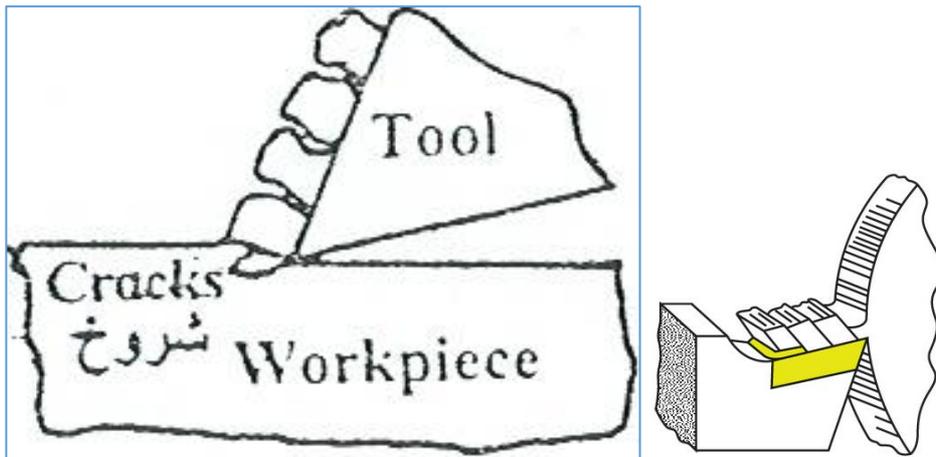
٢. رايش قص (متقطع) في وجود الحد المولد:

ينتج عند تشغيل الخامات المتينة بسرعات قطع منخفضة حيث يكون التماسك بين حبيبات الرايش أقل منه في حالة الرايش المستمر. وهي حالة متوسطة بين الرايش المتصل والرايش الغير متصل وتكون زاوية القص فيه ٢٥ درجة ومن عيوبه يعطى سطح متمزق وقوى القطع كبيرة .



٣. رايش غير متصل (متفتت):

في هذه الحالة يحدث تشوه عنيف لوجه الحد القاطع (سطح الجرف) و سطح الشغلة ويخرج الرايش الغير متصل فيكون الشق الذي يسبق الحد القاطع كبير نسبياً مما يؤدي إلى انهيار الخامة. ويخرج من المعادن القصيفة قليلة هششة اللدونة والمطوليه مثل (النحاس الأصفر - الحديد الزهر الرمادي - البرونز - إلخ) وعند استخدام أدوات قطع ذات زاوية جرف صغيرة وعند سرعة قطع منخفضة ومعدلات تغذية مرتفعة وزاوية قص صغيرة ١٩ درجة .



أمثلة على تكوين الرايش:

رايش متصل (مستمر)	رايش قص (متقطع)	رايش غير متصل (متفتت)	
لدنة ومطيلة	متينة	قصفة	الخامة
صغيرة	كبيرة	أي قيمة	زاوية الجرف
صغيرة	كبيرة	أي قيمة	عمق القطع
مرتفعة	منخفضة	أي قيمة	سرعة القطع
أملس ونظيف	خشن وغير نظيف	خشن	السطح

ظروف الحصول على رايش مستمر:

- ١- معدن مطيل (لدونة - قابلية السحب والطرق).
- ٢- سرعة قطع عالية (كلما زادت سرعة القطع زاد الانسياب).
- ٣- زاوية الجرف الموجبة (كلما زادت تساعد على الانسياب).
- ٤- استخدام سوائل قطع يسهل خروج الرايش متصل.
- ٥- التغذية صغيرة يخرج الرايش متصل.
- ٦- معامل احتكاك صغير.
- ٧- رايش متصل + الحد المولد " BUE " .

ظروف الحصول على رايش متقطع:

- ١- مواد قصفة.
- ٢- مواد مطيلة وسرعة قطع صغيرة.
- ٣- زاوية جرف صغيرة وسالبة.

معامل انضغاط الرايش:

هو نسبة الزيادة في السمك وغالباً ما تكون قيمته أكبر من واحد ويقابله انكماش في الطول. كيف يمكن الاستفادة من معامل انضغاط الرايش لتحسين أداء عملية القطع: عن طريق زيادة سرعة القطع فوق درجة إعادة التبلور.

العلاقة بين معامل انضغاط الرايش وزاوية القص:

$$\tan \theta = \frac{1}{\lambda_c}$$

$$\frac{\text{الطول الأصلي}}{\text{الطول النهائي}} = \lambda_c = \text{نسبة إنضغاط الرايش}$$

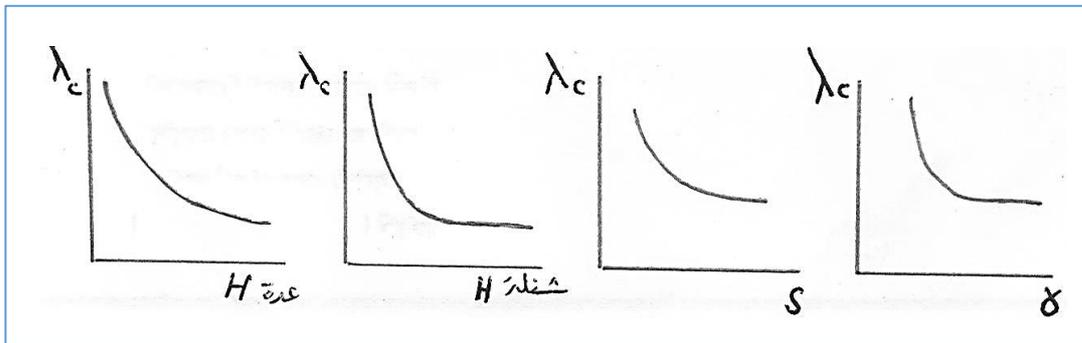
$$\frac{١ل (\text{طول الشغلة})}{٢ل (\text{طول الرايش})} = \lambda_c = \text{معامل إنضغاط الرايش}$$

- دائماً $1 < \lambda_c$

كلما زاد الاحتكاك على وجه العدة (بين الرايش ووجه العدة) يزداد معامل الانضغاط للرايش فيصبح معامل انضغاط الرايش دليل على قوة الاحتكاك. وعلى ذلك معامل انضغاط الرايش يزداد مع معامل احتكاك العدة.

$$\frac{\text{سمك الرايش}}{\text{التغذية} \times \text{جا}} = \lambda_c$$

العوامل المؤثرة على انضغاط الرايش:



لماذا ينكمش الرايش في الطول بينما يزيد في السمك في عمليات التشغيل:

أثناء عملية التشغيل يلاقى الرايش إحتكاك شديد على سطح العدة مما يحول الإحتكاك إلى ضغط فيقل من حركة الرايش فينضغط فيزيد في السمك ويقل في الطول والحجم واحد.

حجم المادة المزالة = السمك × العرض × الطول

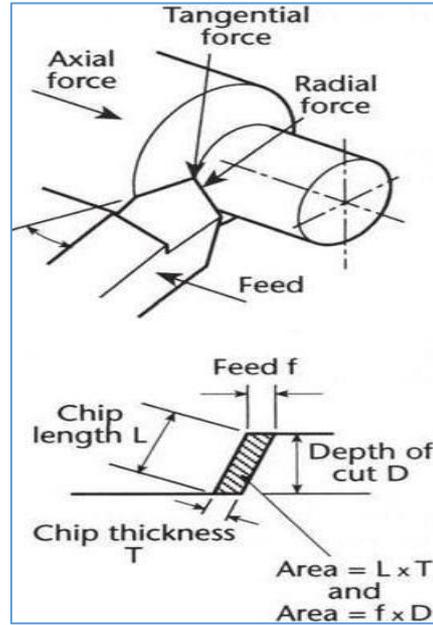
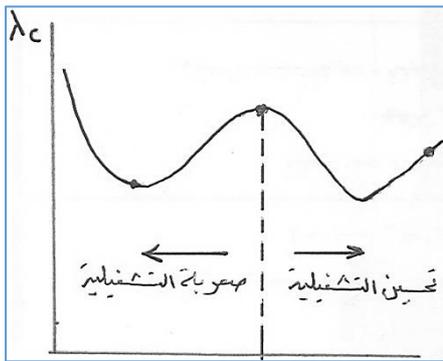
$$١س \times ١ب \times ١ل = ٢س \times ٢ب \times ٢ل$$

$$١س \times ١ل = ٢س \times ٢ل$$

$$\frac{١ل}{٢ل} = \frac{٢س}{١س}$$

نسبة انضغاط الرايش:

$$1 < \frac{L_1}{L_2} = \frac{2s}{1s}$$



وفي الشكل السابق نجد أن أبعاد الرايش تختلف على أثر تغيير زاوية المقابلة " χ " وسرعة التغذية وعمق القطع. وتحسب مساحة مقطع الرايش (A) من ضرب سمك الرايش (h) (يساوى سرعة التغذية f) في عرض الرايش b (يساوى عمق القطع d).

$$A = b \times h = d \times f$$

$$A = b \times h = \frac{a}{\sin \chi} \times a \sin \chi = a \times s$$

- مساحة الرايش قبل أن يزال A_1

طول الرايش قبل الإزالة L_1

حجم الرايش قبل الإزالة V_1

- أبعاد الرايش بعد الإزالة

طول الرايش L_2

سمك الرايش h_2

عرض الرايش b_2

مقطع الرايش A_2

حجم الرايش V_2

- حجم الرايش قبل الإزالة = حجم الرايش بعد الإزالة

$$V_2 = V_1$$

$$b_1 h_1 L_1 = b_2 h_2 L_2$$

∴ حيث أن $b_1 = b_2$

$$h_1 L_1 = h_2 L_2$$

$$h_2 / h_1 = L_1 / L_2$$

- في حالة القطع المتعامد على سطح القطع $h_2 / h_1 > 1$

$$h_2 / h_1 = \lambda_c$$

$$\therefore \lambda_c = \frac{h_2}{h_1}$$

- معامل الانضغاط.

$$\lambda_c = \frac{h_2}{h_1} = \frac{L_1 b_2 \rho}{L_2 b_2 \rho}$$

حيث ρ كثافة المعدن

عملية القطع لا تغير من كثافة المعدن

$$L_2 b_2 h_2 = V$$

$$\lambda_c = \frac{V \rho}{h_1 L_2 b_2 \rho} = \frac{\omega}{h_1 L_2 b_2 \rho} = \frac{\omega}{h_1 b_1 L_2 \rho}$$

حيث ω هي وزن طول الرايش L_2

$$b_1 = b_2$$

- هناك ثلاث طرق لحساب معامل الانضغاط λ_c

١. طريقة قياس السمك بعد القطع:

$$\lambda_c = L_1 / L_2$$

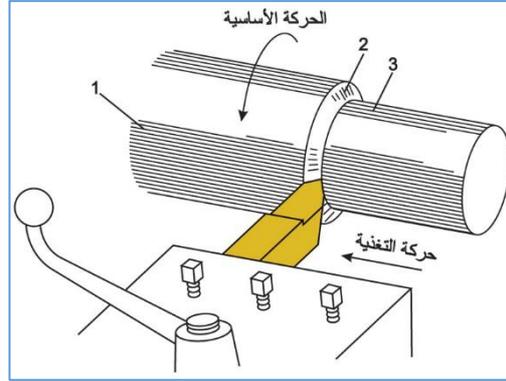
٢. قياس طول الرايش بعد القطع :

$$\lambda_c = h_2 / h_1$$

٣. وزن طول معين من الرايش :

$$\lambda_c = \frac{\omega}{h_1 L_2 b_2 \rho}$$

- ثانياً: قوى القطع عند الخراط *Cutting Forces*



مقدمة:

قوى القطع الكلية PZ هي محصلة القوى الضرورية لتعدى مقاومة المعدن للقص. والقوة الناتجة عن احتكاك الرايش والشغلة وأداة القطع. والعاملان الرئيسيان في تحديد مقدار قوى القطع هما نوع مادة الشغلة وزوايا الحد القاطع وبالأخص زاوية الجرف التي تحدد مقدار زاوية ميل مستوى القص وزاويتي الخلوص والجرف التي تؤثران في مقدار الاحتكاك.

قوى القطع: هي القوى الناشئة من مقاومة المادة المشغلة في عملية القطع.

أهميتها:

قوى القطع ستؤثر على العدة وتعمل على انحنائها وتؤثر على الشغلة بالانحناء وتؤثر على المثبت وعلى أجزاء الماكينة وعلى منظومة التشغيل. يمكن حساب قوى القطع ولذلك يتم اختيار الماكينة المناسبة للقوى.

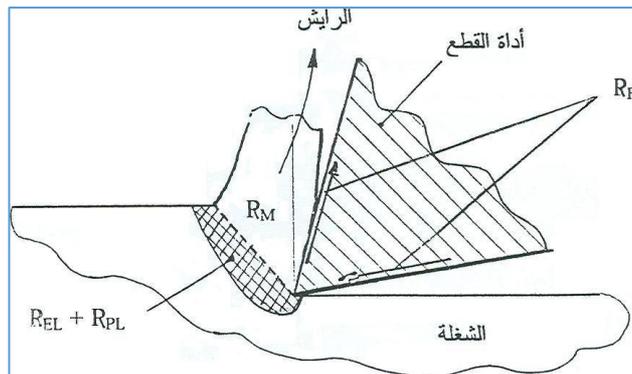
اسباب مقاومة القطع:

١. متانة العدة: تمثل مقاومة المادة للقص.

٢. الاحتكاك: مقاومة الاحتكاك بين أرضية الرايش ووجه العدة. كلما زاد الاحتكاك زادت مقاومة المادة للقطع.

٣. الاحتكاك: احتكاك جانب العدة والسطح المشغل.

الشكل يبين عناصر المقاومة المختلفة لعملية القطع. ولكي تتم عملية القطع لا بد أن تكون هناك قوة قطع " *Cutting Forces* " مساوية على الأقل في المقدار ومضادة في الاتجاه لهذه المقاومة.



حيث:

R : المحصلة النهائية للمقاومة $P \geq R$

P : المحصلة النهائية لقوة القطع.

حيث:

RM : مقاومة جزيئات المادة للقطع

$$R = RM + REL + RPL + RFR$$

REL : مقاومة المادة للتشوه اللدن.

RPL : مقاومة المادة للتشوه المرن

RFR : مقاومة الاحتكاك بين العدة والرائش والشغلة.

ضرورة تحديد قوى القطع من أجل:

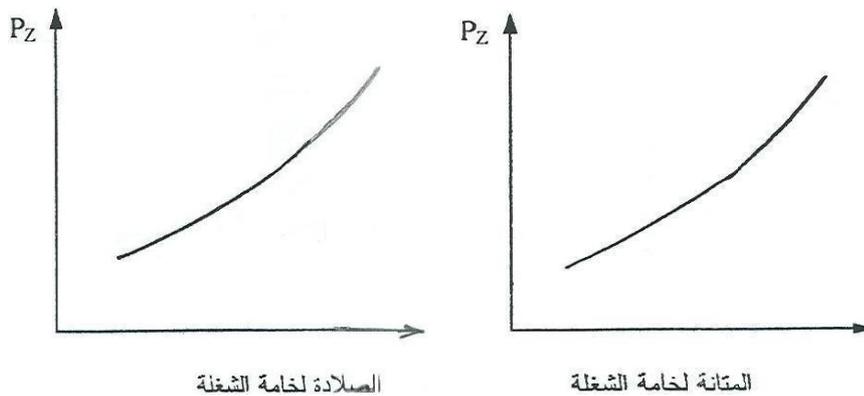
١. حساب قدرة الماكينة وبالتالي اختيار الآلة المناسبة.
٢. تصميم أدوات القطع بمتانة كافية لتحمل قوى القطع.
٣. تصميم آلات القطع بجساءة كافية لتحمل القوى والاهتزازات الناتجة.
٤. تصميم المثبتات لتحمل قوى القطع.

يجب ملاحظة أن قوى القطع غير الثابتة بسبب تأثير بعض العوامل:

١. حدوث تلف (تآكل) في الحد القاطع.
٢. تواجد اهتزازات ناتجة من الآلة.
٣. مناطق مختلفة الصلادة بأسطح المشغولات المسبوكة.
٤. تكون الحد المولد BUE .

العوامل المؤثرة على قوى القطع:

١. متانة وصلادة المادة المشغلة (كلما زادت المتانة والصلادة زادت مقاومتها).

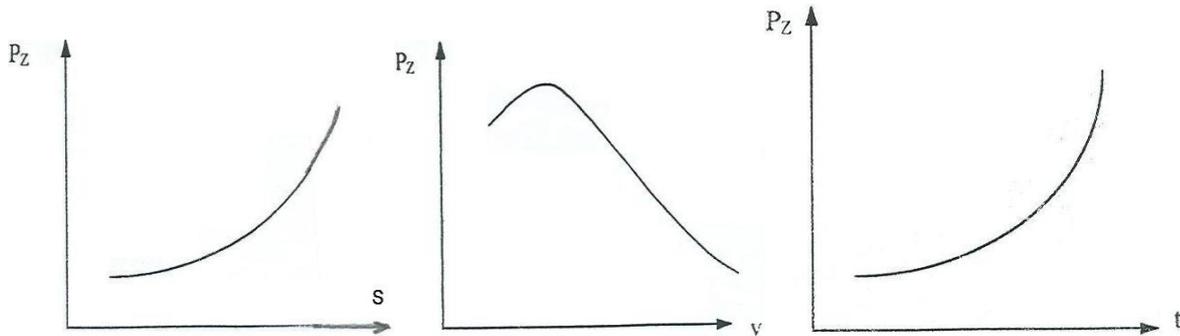


٢. الاحتكاك مع العدة.
 ٣. مادة العدة (معامل الاحتكاك) كلما كانت العدة أصلد كان معامل الاحتكاك أقل.
 ٤. زوايا العدة:

زاوية الجرف: سالبة تزيد قوى القطع.
 زاوية الخلوص: عندما تكون صغيرة قوى القطع كبيرة.
 زاوية المقابلة: عندما تكون كبيرة تقل قوى القطع.

٥. شروط القطع:

عمق القطع: زيادة عمق القطع يزيد قوى القطع.
 التغذية: زيادة التغذية ٤ مرات قوى القطع تزيد مرة واحدة.
 سرعة القطع: كلما زادت سرعة القطع تتحسن ظروف القطع وتقل قوى القطع.

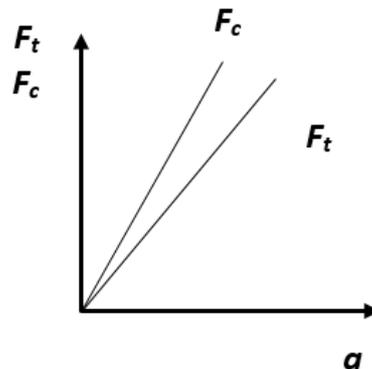


٦. سوائل التزييت يقلل قوى القطع بين وجه العدة وسطح الرايش الخلفي.

تأثير شروط القطع على قوى القطع:

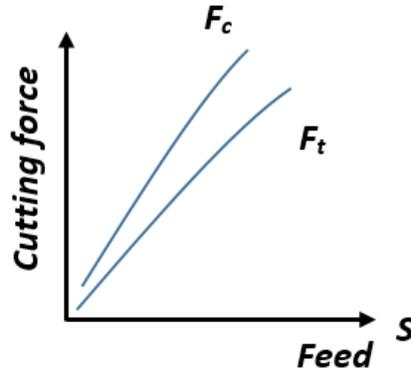
١- تأثير عمق القطع (a):

من الواضح أن زيادة عمق القطع تؤدي إلى زيادة قوى القطع. حيث أن قوى القطع (F_c, F_t) تزداد طردياً مع زيادة عمق القطع (a).



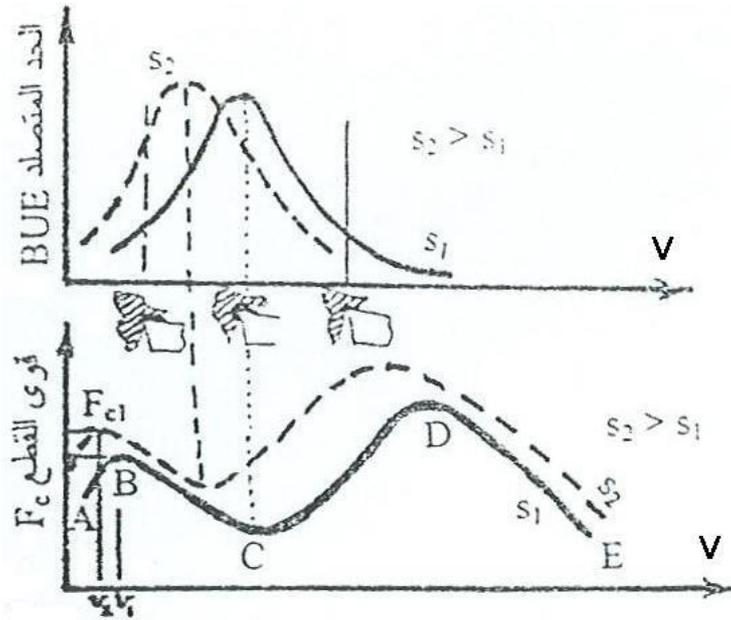
٢- تأثير التغذية (S):

زيادة التغذية تؤدي إلى تقليل الاحتكاك نتيجة زيادة سمك الرايش $h1$ وتقليل معامل انضغاط الرايش λc حيث تؤدي إلى زيادة زاوية القص وتقليل مساحة القص AS ومن ذلك تؤدي إلى زيادة بطيئة في قوى القطع.



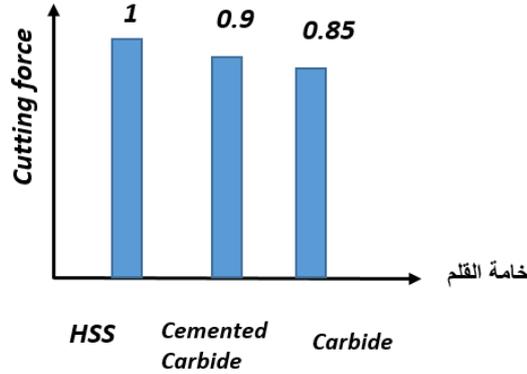
٣- تأثير سرعة القطع (Vc):

١. عند السرعات المنخفضة نحصل على رايش منقطع ويكون الاحتكاك بين القلم والرائش صغير لذلك تكون قوى القطع (F_c, F_t) قليلة.
٢. كلما زادت السرعة نحصل على رايش متصل فيزيد الاحتكاك ويتكون الحد المولد وتزيد قوى القطع. ولكن كلما زاد حجم الحد المولد تقل مساحة إلتماس الرايش بسطح القلم فتقل قوى القطع.
٣. في السرعات العالية جداً ترتفع درجة الحرارة إلى درجة حرارة التبلور مما يؤدي إلى اختفاء الحد المولد وبالتالي تزيد مساحة إلتماس الرايش بالقلم فتزيد القوى.



٤- تأثير خامه القلم:

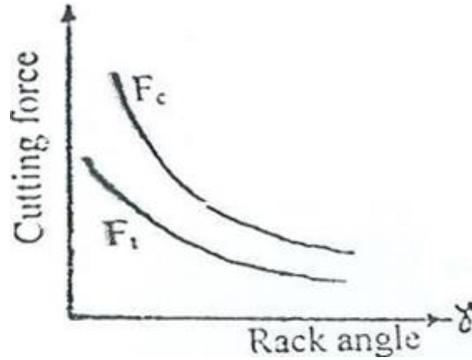
١. في حالة أقلام HSS نجد أن قابليته بالالتصاق بالرائش كبيرة فيحتاج إلى قوى قطع كبيرة.
٢. في حالة اللقم الكربيدية يكون ميلها بالالتصاق بالرائش أقل بالتالي نحتاج إلى قوى أقل.
٣. في حالة اللقم الخزفية نجد أن ميله للإلتصاق صغيرة بالتالي نحتاج إلى قوى قطع أقل.



٥- تأثير زوايا القلم:

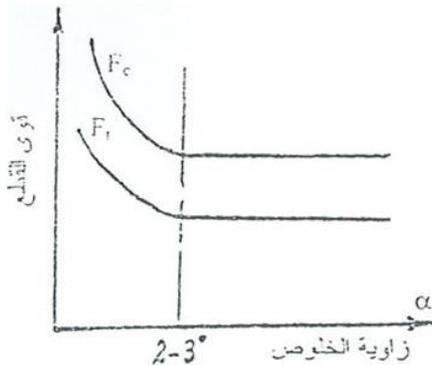
١- زاوية الجرف:

وجد عملياً أن كل درجة زيادة في قيمة زاوية الجرف تقل قوى القطع ٢ % من قيمتها فإذا كانت زيادة زاوية الجرف ٥° وقيمة قوى القطع 100 KP فإن القوى تقل بمقدار ١٠ % لتصبح 80 KP .

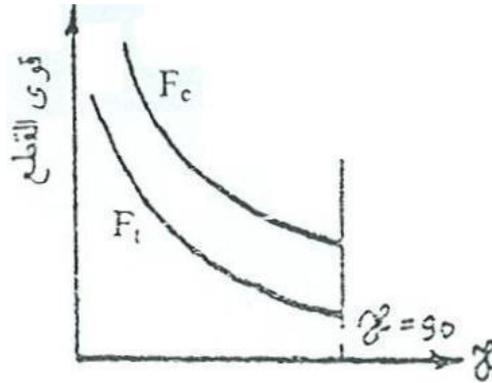


٢- زاوية الخلوص:

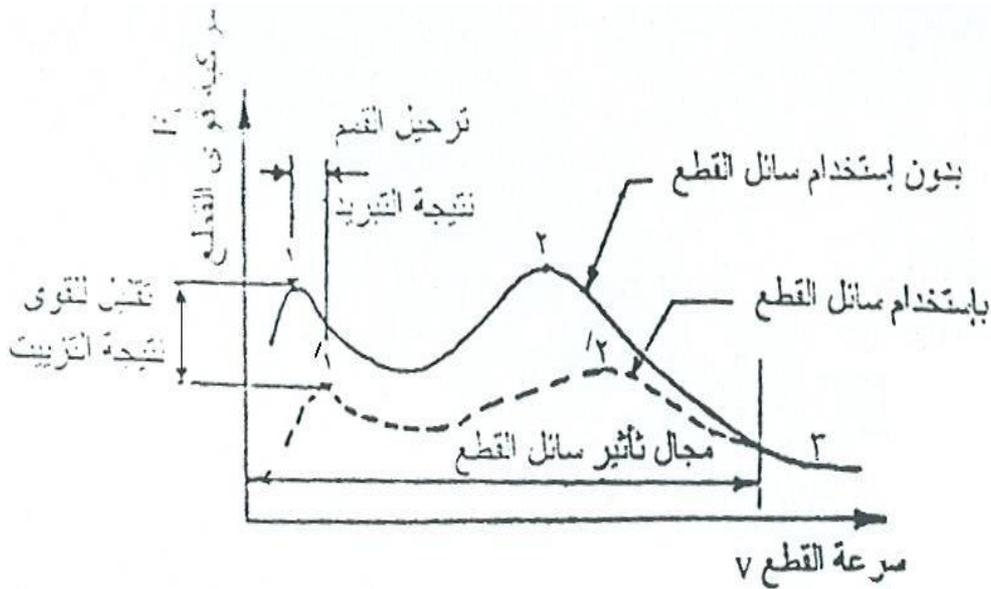
تكون قوى القطع أكبر ما يمكن عندما تكون زاوية الخلوص = ٥°، وتكون قوى القطع ثابتة عندما تكون زاوية الخلوص تساوي من ٢-٣ درجة لأنها يندعم اتصال السطح الجانبي بالشغلة.



٣- زاوية المقابلة:



٦- تأثير سائل القطع:



تحليل قوى القطع:

١. P_Z القوى المماسية:

تؤثر في المستوى الرأسي وفي اتجاه حركة القطع الرئيسية. لذلك تؤثر على أداة القطع والشغلة.

٢. P_Y قوى القطع القطرية:

تؤثر مباشرة على انحناء الشغلة وبالتالي دقة الأبعاد ونعومة السطح المشغل.

٣. P_X قوى القطع المحورية:

تؤثر على آلية التغذية وتستخدم لحساب القدرة اللازمة لتغذية أداة القطع.

وتكون قوى القطع المكافئة أو قوة القطع الكلية هي:

$$P = \sqrt{P_X^2 + P_Y^2 + P_Z^2}$$

- وتكون نسب القوى في عملية القطع كالتالي:

$$P_Z : P_Y : P_X = 4 : 2 : 1$$

وتختلف هذه النسب باختلاف زوايا الحد القاطع ومادة الشغلة

حساب قوى القطع:

يعتمد حساب القوى على فكرة تحديد قوى القطع النوعي. أي القوة الضرورية لقطع ١ مم ٢ وضربها في مساحة مقطع الجزء المطلوب قطعه. وقد قام الباحثين بتحديد قيمة القطع النوعي لمواد مختلفة تحت نفس ظروف القطع (سرعة القطع – سرعة التغذية – سمك وعرض الرايش – مادة الحد القاطع – زوايا العدة – تبريد وتزييت).

قيم القطع النوعي لبعض المواد:

الخامة	الصلادة BHN	$K_S (MPa)$
صلب كربوني	١٥٠ : ٢٠٠	٢٠٠٠
	٢٠٠ : ٢٥٠	٢٢٠٠
	٢٥٠ : ٣٥٠	٢٥٠٠
حديد زهر	١٢٥ : ١٩٠	١٣٠٠
	١٩٠ : ٢٥٠	١٦٠٠
سبيكة ألومنيوم	٥٠ : ١٠٠	٨٥٠
نحاس	١٢٥ : ١٤٠	١١٠٠
سبيكة نحاس	١٠٠ : ١٥٠	١٤٠٠

حساب القوى المماسية P_Z :

$$K_S = \frac{P_Z}{S^{0.8} \times t} \quad (MPa)$$

$$P_Z = K_S \times t \times S^{0.8} \quad N$$

حيث:

K_S	المقاومة النوعية للقطع (MPa)
S	التغذية لفة / د
t	عمق القطع مم
P_Z	القوى المماس نيوتن

حساب قدرة القطع:

يمكن حساب القدرة اللازمة لعملية القطع

$$P_{eff} = \frac{P_Z \times V}{60 \times 1000} \quad (Kw)$$

حيث:

V سرعة القطع م / د
 P_{Eff} القدرة اللازمة لعملية القطع (KW)

حساب قدرة محرك الماكينة:

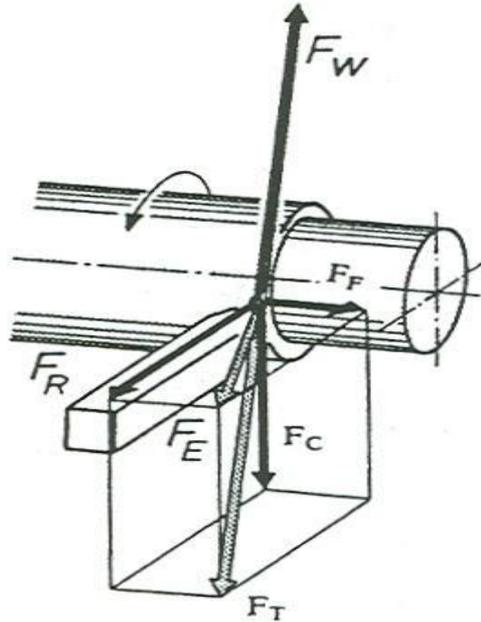
$$P_{motor} = \frac{P_{eff}}{\eta_1}$$

η_1 كفاءة الماكينة (٠,٧ : ٠,٩)
 η_2 كفاءة المحرك الكهربائي (٠,٩ : ٠,٩٩)

القدرة المستهلكة من عداد الكهرباء

$$P = \frac{P_{eff}}{\eta_1 \times \eta_2}$$

قوى القطع في الخراطة:



قوى القطع الرئيسية = معامل القطع × عمق القطع × $(\text{التغذية})^{0.8}$

$$P_Z = K_s \times t \times S^{0.8} \quad N$$

$$\text{عزم القطع} = \frac{\text{قوة القطع الرئيسية} \times \text{نصف قطر الشغلة}}{1000} = \text{نيوتن / متر}$$

$$\text{القدرة} = \frac{\text{عزم القطع} \times \text{سرعة القطع}}{\text{الكفاءة الميكانيكية} \times 60000} \text{ كيلوات}$$

$$\text{كيلوات} = \frac{2 \pi N \times \text{عزم القطع}}{\eta \times 60000}$$

• قوى القطع في الثقب :-

$$\text{عزم القطع} = \frac{\text{قوة القطع الرئيسية} \times \text{نصف قطر البنتة}}{1000} \text{ نيوتن / متر}$$

$$\text{قدرة القطع} = \frac{2 \pi N \times \text{عزم القطع}}{\eta \times 60000} \text{ كيلوات}$$

مثال:

في عملية خراطة طولية باستخدام قلم خراطة مستقيم كان قطر الشغلة قبل الخراطة ١٠٠ مم وكان القطر بعد الخراطة ٩٦ مم فإذا كانت خامة الشغلة من الصلب الذي له مقاومة نوعية ٢٠٠٠ ميجا باسكال فأحسب قدرة الموتور اللازمة للقطع إذا علمت أن عدد اللفات ٥٦٠ لفة / د والتغذية الطولية ٠,٢ مم / لفة وكانت كفاءة نقل القدرة ٨٠٪.

الحل :-

$$\text{عمق القطع} = \frac{\text{القطر الأكبر} - \text{القطر الأصغر}}{2} = \frac{100 - 96}{2} = 2 \text{ مم}$$

$$V_c = \frac{\pi D N}{1000} = \frac{\pi \times 100 \times 560}{1000} = 175.8 \text{ m/min}$$

$$P_Z = K_s \times t \times S^{0.8}$$

$$= 2000 \times 2 \times (2)^{0.8} = 1104$$

$$N_{eff} = \frac{P_Z \times V}{60 \times 1000} = \frac{1104 \times 175.8}{60 \times 1000} = 3.235 \text{ (Kw)}$$

$$N_{mot} = \frac{N_{eff}}{\eta} = \frac{3.235}{0.8} = 4 \text{ (Kw)}$$

مثال

عين قدرة المحرك الكهربائي لماكينته تشغيل بالقطع لخامة الجزء المشغل الذي يلزمه قوة قطع رأسية $PZ = 392.5$ وسرعة قطع $V = 157 \text{ m/min}$ وكفاءة التشغيل $\eta_1 = 0.7$ و $\eta_2 = 0.98$

الحل :-

$$N_{eff} = \frac{P_z \times V}{60 \times 102 \times \eta_1 \times \eta_2}$$

$$= \frac{392.5 \times 157}{60 \times 102 \times 0.7 \times 0.98} = 14.6 \text{ (Kw)}$$

الباب السادس

تطبيقات صناعية على تشغيل ماكينات الخراطة 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 إشارات لها دلالة تغير من ضبط نظام التحكم، ويخصص لها حيز في ذاكرة نظام التحكم للتسجيل ولا يجب تغيير قيم تلك المتغيرات 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 ستكون الأمثلة بنظام التحكم الفانوك نظام التكويد B (تعمل به ماكينات شركة 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).

G كود الخراطة:

G code		Group	Function	الوظيفة
B (رومي)	C (ايمكو)			
G00	G00	01	Positioning (Rapid traverse)	انتقال سريع بالهواء
G01	G01		Linear interpolation (Cutting feed)	حركة قطع خطية
G02	G02		Circular interpolation CW	قطع دائري مع عقارب الساعة
G03	G03		Circular interpolation CCW	قطع دائري عكس عقارب الساعة
G04	G04	00	Dwell	زمن توقف
G07.1	G07.1		Cylindrical interpolation	تفريز على المحيط العدة في اتجاه محور (X)
G10	G10		Programmable data input	برمجة إدخال البيانات
G11	G11		Programmable data input cancel	إلغاء برمجة إدخال البيانات

G code		Group	Function	الوظيفة
B (رومي)	C (ايمكو)			
G12.1	G12.1	21	<i>Polar coordinate interpolation mode</i>	التفريز في القورة العدة في اتجاه محور المشغولة (Z)
G13.1	G13.1		<i>Polar coordinate interpolation cancel mode</i>	إلغاء نمط التفريز في القورة
G17	G17	16	<i>Yp plane selection Xp</i>	اختيار المستوى XY
G18	G18		<i>Xp plane selection Zp</i>	اختيار المستوى XZ
G19	G19		<i>Zp plane selection Yp</i>	اختيار المستوى YZ
G20	G70	06	<i>Input in inch</i>	البرمجة بالبوصة
G21	G71		<i>Input in mm</i>	البرمجة بالمم
G27	G27	00	<i>Reference position return check</i>	التحقق من الرجوع للنقطة المرجعية
G28	G28		<i>Return to reference position</i>	الرجوع الى النقطة المرجعية
G30	G30		<i>2nd, 3rd and 4th reference position return</i>	الرجوع الى النقطة المرجعية الثانية والثالثة والرابعة
G31	G31		<i>Skip function</i>	وظيفة التخطي
G33	G33	01	<i>Thread cutting</i>	قطع القلاووظ
G34	G34		<i>Variable-lead thread cutting</i>	قطع القلاووظ متعدد التقدم
G36	G36	00	<i>Automatic tool compensation X</i>	استعواض العدة التوماتيكية للمحور X
G37	G37		<i>Automatic tool compensation Z</i>	استعواض العدة التوماتيكية للمحور Z
G40	G40	07	<i>Tool nose radius compensation cancel</i>	إلغاء استعواض نصف قطر العدة
G41	G41		<i>Tool nose radius compensation left</i>	استعواض نصف قطر العدة شمال
G42	G42		<i>Tool nose radius compensation right</i>	استعواض نصف قطر العدة يمين
G92	G92	00	<i>Coordinate system setting or max. spindle speed setting</i>	ضبط موضع نظام الاحداثيات أو تحديد أقصى سرعة لمحور الدوران
G50.2	G50.2	20	<i>Polygonal turning cancel</i>	إلغاء خراطة المضلعات
G51.2	G51.2		<i>Polygonal turning</i>	تنشيط خراطة المضلعات

G code		Group	Function	الوظيفة
B (رومي)	C (ايمكو)			
G52	G52	00	Local coordinate system setting	نظام الاحداثيات الموضعي
G53	G53		Machine coordinate system setting	نظام احداثيات الماكينة
G54	G54	14	Workpiece coordinate system 1 selection	نظام احداثيات المشغولة رقم ١
G55	G55		Workpiece coordinate system 2 selection	نظام احداثيات المشغولة رقم ٢
G56	G56		Workpiece coordinate system 3 selection	نظام احداثيات المشغولة رقم ٣
G57	G57		Workpiece coordinate system 4 selection	نظام احداثيات المشغولة رقم ٤
G58	G58		Workpiece coordinate system 5 selection	نظام احداثيات المشغولة رقم ٥
G59	G59		Workpiece coordinate system 6 selection	نظام احداثيات المشغولة رقم ٦
G65	G65	00	Macro calling	استدعاء
G66	G66	12	Macro modal call	
G67	G67		Macro modal call cancel	
G68	G68	04	Mirror image for double turrets ON	تنشيط نمط المرآة للماكينات مزدوجة برج العدة
G69	G69		Mirror image for double turrets OFF	إلغاء نمط المرآة للماكينات مزدوجة برج العدة
G70	G72	00	Finishing cycle	دورة التنشيط (التنعيم)
G71	G73		Stock removal in turning	دورة التخشين للخراطة الطولية
G72	G74		Stock removal in facing	دورة التخشين للخراطة العرضية
G73	G75		Pattern repeating	دورة تكرار نموذج العينة
G74	G76		End face peck drilling	دورة الثقب
G75	G77		Outer diameter/internal diameter drilling	
G76	G78		Multiple threading cycle	دورة القلوطة المتعددة

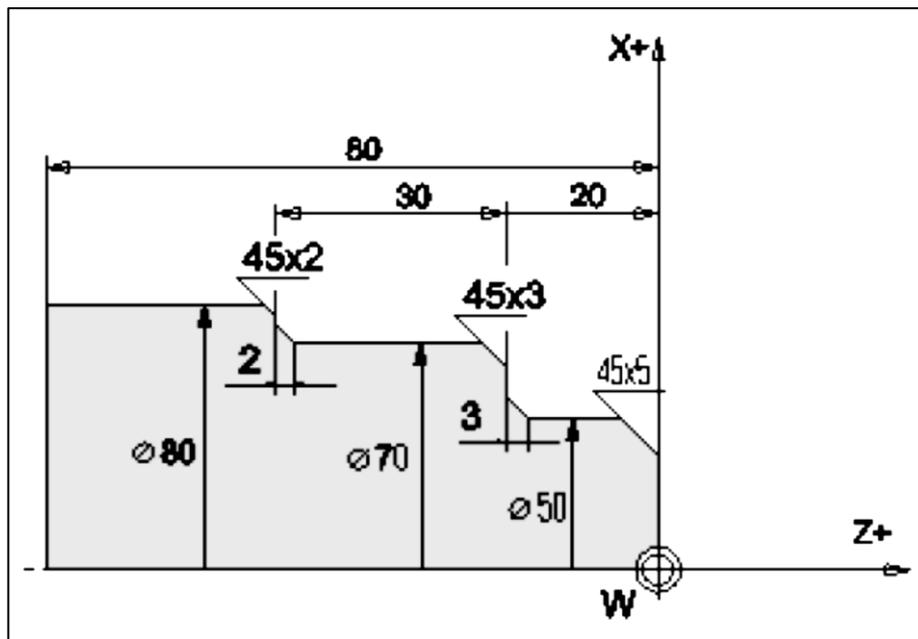
G code		Group	Function	الوظيفة
B (رومي)	C (ايمكو)			
G80	G80	10	<i>Canned cycle for drilling cancel</i>	إلغاء نمط دورة الثقب
G83	G83		<i>Cycle for face drilling</i>	
G84	G84		<i>Cycle for face tapping</i>	
G86	G86		<i>Cycle for face boring</i>	
G87	G87		<i>Cycle for side drilling</i>	
G88	G88		<i>Cycle for side tapping</i>	
G89	G89		<i>Cycle for side boring</i>	
G77	G20	01	<i>Outer diameter/internal diameter cutting cycle</i>	دورة الخراطة الطولية الخارجية والداخلية
G78	G21		<i>Thread cutting cycle</i>	دورة قطع القلاووظ
G79	G24		<i>Endface turning cycle</i>	دورة الخراطة الوجهية
G96	G96	01	<i>Constant surface speed control</i>	تنشيط نظام ثبات السرعة المحيطة
G97	G97		<i>Constant surface speed control cancel</i>	إلغاء نظام ثبات السرعة المحيطة
G94	G94	05	<i>Per minute feed</i>	التغذية لكل دقيقة
G95	G95		<i>Per revolution feed</i>	التغذية لكل لفة
G90	G90	03	<i>Absolute programming</i>	البرمجة المطلقة
G91	G91		<i>Incremental programming</i>	البرمجة النسبية
G98	G98	11	<i>Return to initial level</i>	الرجوع الى مستوى البدأ (ثقب)
G99	G99		<i>Return to R point level</i>	الرجوع الى المستوى المعرف بالمتغير R (ثقب)

مثال 1:

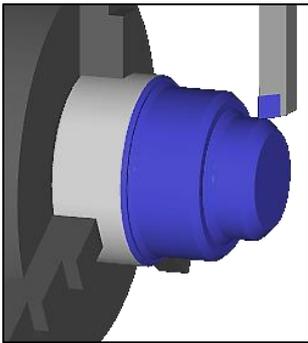
الرسم التالي يوضح جزء أسطوانتي تم تصنيعه من الألمونيوم على مخرطة CNC والذي مر بمراحل عملية التصنيع التالية:

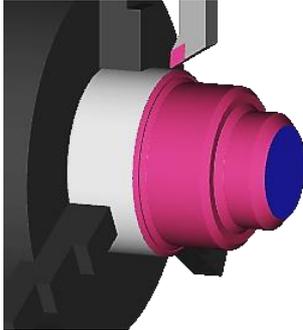
١. تجهيز الخامة. *Prepare workpiece.*
٢. تحديد صفر المشغولة *define workpiece zero.*
٣. إعداد تسلسل عمليات التشغيل. *Set up the processing sequence.*
٤. حدد العدد القاطعة *determine tools.*
٥. تجهيزات التثبيت والبيانات التكنولوجية *fixtures and technological data.*
٦. إعداد البرنامج *Prepare the program.*
٧. الاختبار والتصحيح *test and correct.*

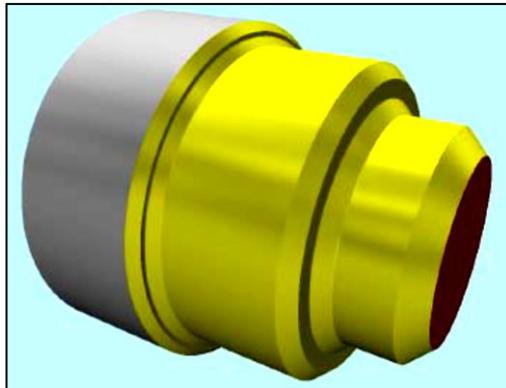
والمطلوب عمل برنامج التشغيل CNC مستخدماً أكواد الحركة (G00 and G01) إذا علمت أن قطر الخامة ٨٠ مم وطولها ٨٢ مم ($\varnothing 80 \text{ mm}$ and the length of 82 mm)



O0001 (Bolt with outside machining 1)	برنامج رقم ١ (أسم البرنامج)
	بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.
(9.11.2014 15:14	تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد).
(CONTROL FANUC 21I	نظام التحكم المستخدم فانوك 21i

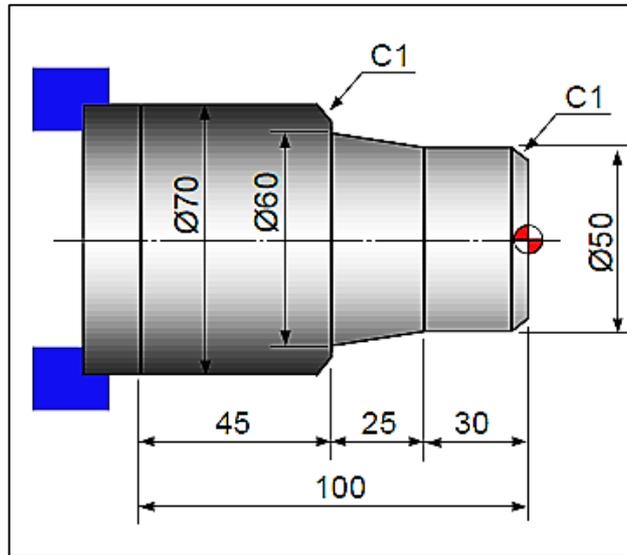
(PART (CYLINDER D080.000 L082.000	أبعاد الخامة قطر ٨٠مم طول ٨٢ مم
(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"	نوع معدن الخامة ألومنيوم.
(MAIN SPINDLE WITH WORKPART (EXTERNAL CHUCK OUTSIDE STEP JAW (CHUCKING DEPTH E18.000	وسيلة التثبيت ظرف خارجي بلقم مدرجة. والجزء المرابط عليه ١٨ مم
(TOOLS	العدد المستخدمة.
(T01 " roughing tool left "	العدة رقم ١ قلم خرط شمال تخشين.
(T02 "finish tool left "	العدة رقم ٢ قلم خرط شمال تنعيم
(WORKPART ZERO POINTS G54	صفر المشغولة يستخدم G54
N10 G21 (G71 CODE C) G90 G18 G40 N20 G28 U0 W0 N30 M5 M9	رأس البرنامج.
N60 T0101 N65 G54 N70 G92 S3500 N80 G96 S0240 M4 N90 G00 X82. Z0. N100 G01 X-2. F0.15 M7 N110 G00 Z2. N120 G00 X71. N130 G01 Z-47.8 F0.3 N140 G01 X74. Z-49.8 N150 G01 X77. N160 G01 X81. Z-53. N170 G00 Z2. N180 G00 X60. N190 G01 Z-19.8 N200 G01 X65. N210 G01 X72. Z-24. N220 G00 Z2. N230 G00 X51. N240 G01 Z-16.8 N250 G01 X57. Z-19.8 N260 G01 X65. N270 G00 Z2. N280 G00 X37. N290 G01 X52. Z-6. N300 G00 X150. Z100.	عملية خراطة تخشينييه لاحظ ترك سماح التشطيب. 

<p>N310 T0202 N320 G92 S4500 N330 G96 S0380 M4 N340 G42 G00 X36. Z2. N350 G01 X50. Z-5. F0.1 N360 G01 Z-17. N370 G01 X56. Z-20. N380 G01 X64. N390 G01 X70. Z-23. N400 G01 Z-48. N410 G01 X74. Z-50. N420 G01 X76. N430 G01 X82. Z-53. N440 G40 N450 G00 X150. Z100.</p>	<p>عملية خراطة تنعيم</p> 
<p>N460 M5 N470 M9 N470 G28 U0 W0 N480 M30</p>	<p>نهاية البرنامج</p>

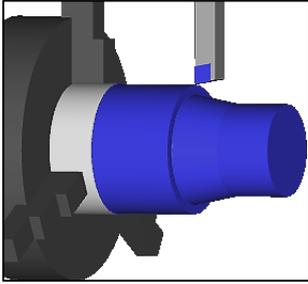
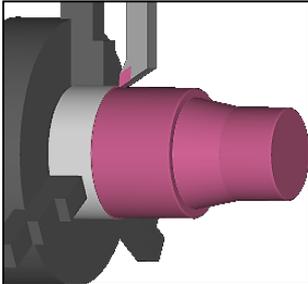


مثال ٢

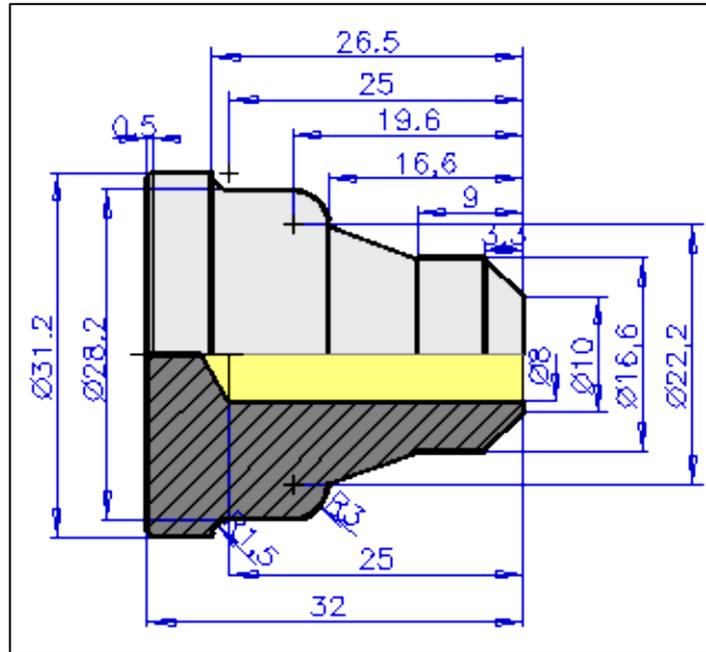
المطلوب عمل برنامج التشغيل CNC مستخدماً أكواد الحركة (*G00 and G01*) إذا علمت أن قطر الخامة ٧٢ مم وطولها ١٢٥ مم (*Ø 72 mm and the length of 125 mm*)



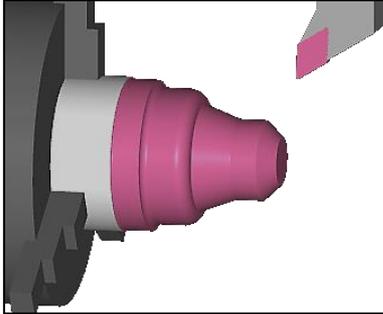
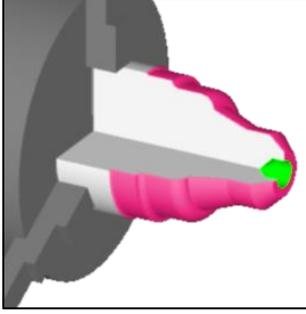
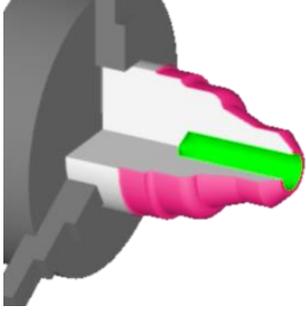
O0002 (Bolt with outside machining 2)	برنامج رقم ٢ (أسم البرنامج)
	بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.
(9.11.2014 15:14	تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.
(CONTROL FANUC 21I	نظام التحكم المستخدم فانوك 21i
(PART (CYLINDER D072.00 L0125.00	أبعاد الخامة قطر ٧٢ مم طول ١٢٥ مم
(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"	نوع معدن الخامة ألومنيوم.
(MAIN SPINDLE WITH WORKPART (EXTERNAL CHUCK OUTSIDE STEP JAW (CHUCKING DEPTH E18.000	وسيلة التثبيت ظرف خارجي بلقم مدرجة. والجزء المربوط عليه ١٨ مم
(TOOLS	العدد المستخدمة.
(T01 " roughing tool left "	العدة رقم ١ قلم خرط شمال تخشين.
(T02 "finish tool left "	العدة رقم ٢ قلم خرط شمال تنعيم
(WORKPART ZERO POINTS G54	صفر المشغولة يستخدم G54
G21 (G71 CODE C) G90 G18 G40 G28 U0 W0 M5 M9	رأس البرنامج.

<p>N10 T0101 G54 G92 S3500 G96 S180 M04 G00 X70.5 Z5.0 M08 G01 Z-100.0 F0.25 G00 U2.0 Z0.5 G01 X-1.6 F0.23 G00 X65.0 W1.0 G01 Z-54.5 F0.25 G00 U2.0 Z1.0 X60.0 G01 Z-54.5 G00 U2.0 Z1.0 X55.0 G01 Z-30.0 X60.0 Z-54.5 G00 U2.0 Z1.0 X50.5 G01 Z-30.0 X60.3 Z-54.7 X72.0 G00 X150.0 Z100.0 T0100</p>	<p>عملية خراطة تخشينية لاحظ ترك سماح التشطيب.</p> 
<p>T0200 G96 S200 M04 G00 X55.0 Z5.0 T0202 M08 Z0 G01 X-1.6 F0.2 G00 X46.0 Z3.0 G42 Z1.0 G01 X50.0 Z-1.0 F0.15 Z-30.0 X60.0 Z-55.0 X68.0 X70.0 W-1.0 Z-100.0 G40 U2.0 W1.0</p>	<p>عملية خراطة تنعيم</p> 
<p>G00 X150.0 Z100.0 M09 T0200 M5 G28 U0 W0 M30</p>	<p>نهاية البرنامج</p>

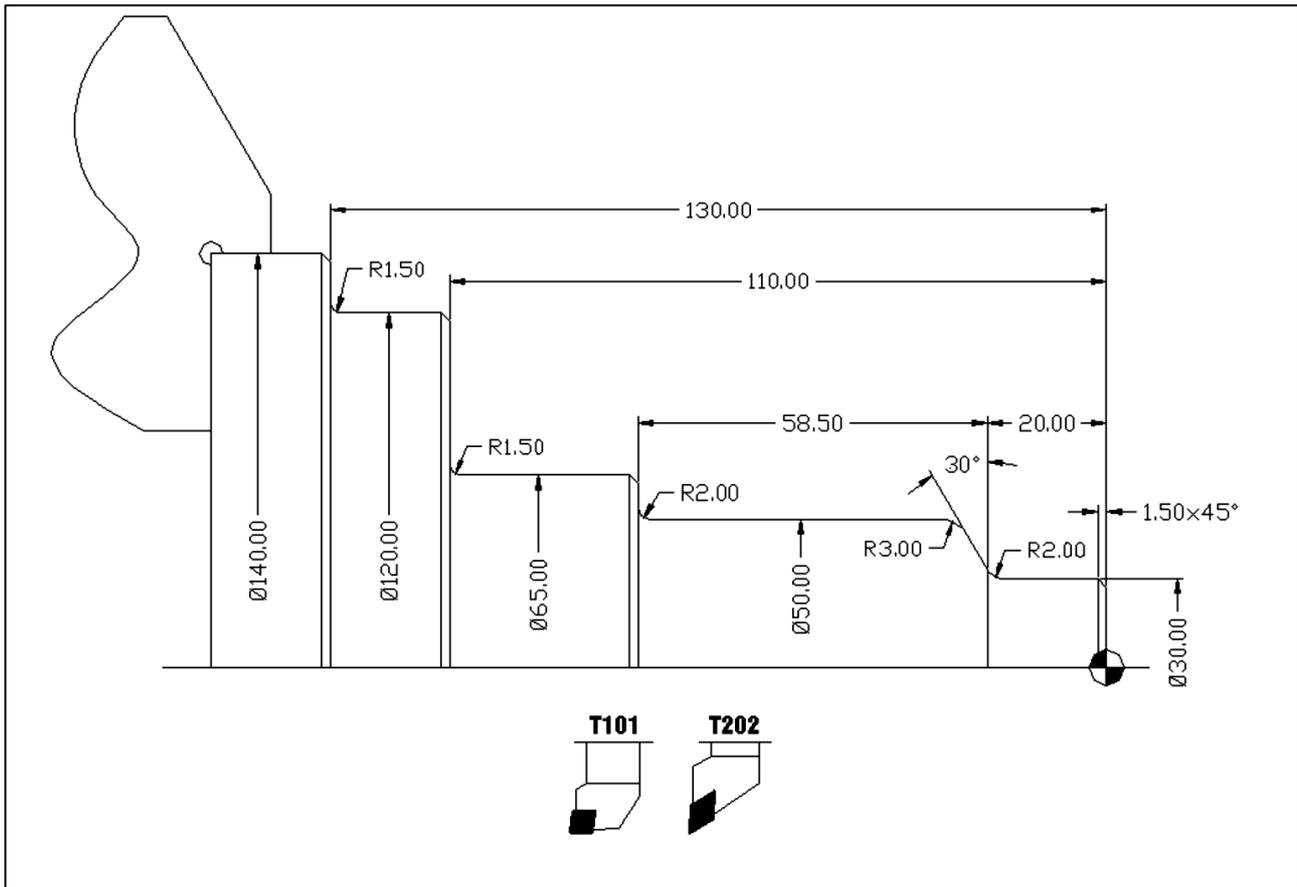
مثال ٣:



O0003 (Bolt with radii)	برنامج رقم ٣ (أسم البرنامج)
	بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.
(9.11.2014 15:14	تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.
(CONTROL FANUC 211	نظام التحكم المستخدم فانوك 211
(PART (CYLINDER D032.000 L045.000	أبعاد الخامة قطر ٣٢ مم طول ٤٥ مم
(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"	نوع معدن الخامة ألومنيوم.
(MAIN SPINDLE WITH WORKPART (EXTERNAL CHUCK OUTSIDE STEP JAW (CHUCKING DEPTH E6.000	وسيلة التثبيت ظرف خارجي بلقم مدرجة. والجزء المربوط عليه ٦ مم
(TOOLS	العدد المستخدمة.
(T02 "finish tool left "	العدة رقم ٢ قلم خرط شمال تنعيم
(T10 "CENTER DRILL"	العدة رقم ١٠ بنطة سنتره
(T12 "TWIST DRILL D 08.00 "	العدة رقم ١٢ بنطة حلزوني قطر ٨ مم
(WORKPART ZERO POINTS G54	صفر المشغولة يستخدم G54
G21 (G71 CODE C) G90 G18 G40	رأس البرنامج.

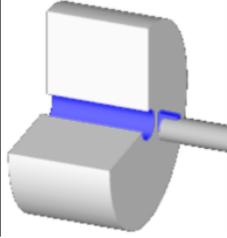
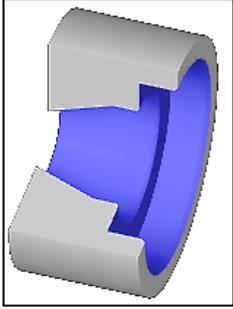
<p>G28 U0 W0 M5 M9</p>	
<p>N10 T0404 G92 S3500 G96 S180 M04 G00 X33. Z0. M8 G01 X-1.6 F0.25 G00 Z3. G00 X35 G71 (G73 CODE C) U1 R2 ; G71 P100 Q200 U1 W0.3 F0.25 ; N100 G0 X10 ; G42 G1 Z0 F.2 ; X16.6 Z-3.5 ; Z-9 ; X22.2 Z-16.6 ; G03 X28.2 Z-19.6 R3 ; G01 Z-25 ; G02 X31.2 Z-26.5 R1.5 ; G01 Z-32 ; N200 G40 ; G70 (G72 CODE C) P100 Q200 ;</p>	<p>خراطة تخشين ثم تنعيم طولية</p> 
<p>G00 X150.0 Z100.0 M09 T0400 T1000 G97 S2300 M3 G00 X0 Z3 T1010 M08 G01 Z-5.8 F0.12 M8 G00 Z3.</p>	<p>عملية السننره</p> 
<p>G00 X150.0 Z100.0 M09 T1000 G97 S0900 M3 T1200 G00 X0 Z3 T1212 M8. G74 (G76 CODE C) R1.0 G74 Z-27 Q8000 F0.2 G00 Z20.</p>	<p>عملية الثقب</p> 
<p>G00 X150.0 Z100.0 M09 T1200 M5 G28 U0 W0 M30</p>	<p>نهاية البرنامج</p>

مثال ٤



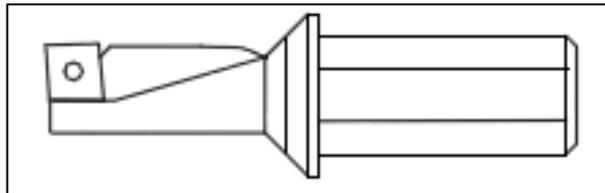
O004 (PROFILE ROUGH MACHINING AND FINISHING)	برنامج رقم ٤ (أسم البرنامج)
	بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.
(9.11.2014 15:14	تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.
(CONTROL FANUC 21I	نظام التحكم المستخدم فانوك 21i
(PART (CYLINDER D0140.00 L0155.00	أبعاد الخامة قطر ١٤٠ مم طول ١٥٥ مم
(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"	نوع معدن الخامة ألومنيوم.
(MAIN SPINDLE WITH WORKPART (EXTERNAL CHUCK OUTSIDE STEP JAW (CHUCKING DEPTHE 18.000	وسيلة التثبيت ظرف خارجي بلقم مدرجة. والجزء المربوط عليه ١٨ مم
(TOOLS	العدد المستخدمة.
(T01"roughing tool left "	العدة رقم ١ قلم خرط شمال تخشين

(T02 "finishing tool left"	العدة رقم ٢ قلم خرط شمال تنعيم
(WORKPART ZERO POINTS G54	صفر المشغولة يستخدم G54
G21 (G71 CODE C) G90 G18 G40 G28 U0 W0 M5 M9	رأس البرنامج.
N1 T0101 N2 G54 N3 G92 S3000 N4 G96 S200 M4 N5 G0 X142 Z3 M8 N6 G71 (G73 CODE C)U3 R1 N7 G71 P8 Q19 U0.5 W0.1 F0.35 N8 G0 G42 X26 N9 G1 Z0 N10 X30 C1.5 N11 Z-20 R2 N12 X50 A120 R3 N13 Z-78.5 R2 N14 X65 C1.5 N15 Z-110 R1.5 N16 X120 C1.5 N17 Z-130 R1.5 N18 X140 C1.5 N18 Z-132 N19 G40 N20 G0 X150 Z100	خراطة تخشين
N21 T0202 N22 G54 N23 G92 S3000 N24 G96 S200 M4 N25 G0 X140 Z3 M8 N26 G70 (G72 CODE C) P8 Q19 F0.15	عملية التنعيم
G00 X150.0 Z100.0 M09 M5 G28 U0 W0 M30	نهاية البرنامج

<p>M5 M9</p> <p>T0808 (ECOCUTTOOL) G97 S2000 F0.03 M4 G0 X14 Z5 M8 (ECOCUT D14) G83 X14 Z-52 Q5000 F0.03 G80</p>	<p>عملية الثقب</p> <p>لاحظ دوران المشغولة شمال ولاحظ أن X14 هو قطر القلم (يقاس هذا القلم مثل أقلام الخراطة الداخلية مع ملاحظة أن $X = \epsilon$)</p> 
<p>G0 X14 Z2 G96 S150 M4 F0.2 G72 (G74 CODE C) W1 R1 G72 P3 Q4 U-0.4 W0.3 F0.2 N3 G42 G1 Z-52 G1 X30 G1 Z-50 G1 X50 Z-25 G1 Z-16 G1 X52 Z-15 G1 X80 G1 Z-1.5 G1 X87 Z2 N4 G40 S300 F0.1 G92 S3500 G70 (G72 CODE C)P3 Q4</p>	<p>عملية خراطة داخلية عرضية تخشين وتنعيم</p> 
<p>M5 M9 G28 U0 W0 M30</p>	<p>نهاية البرنامج</p>

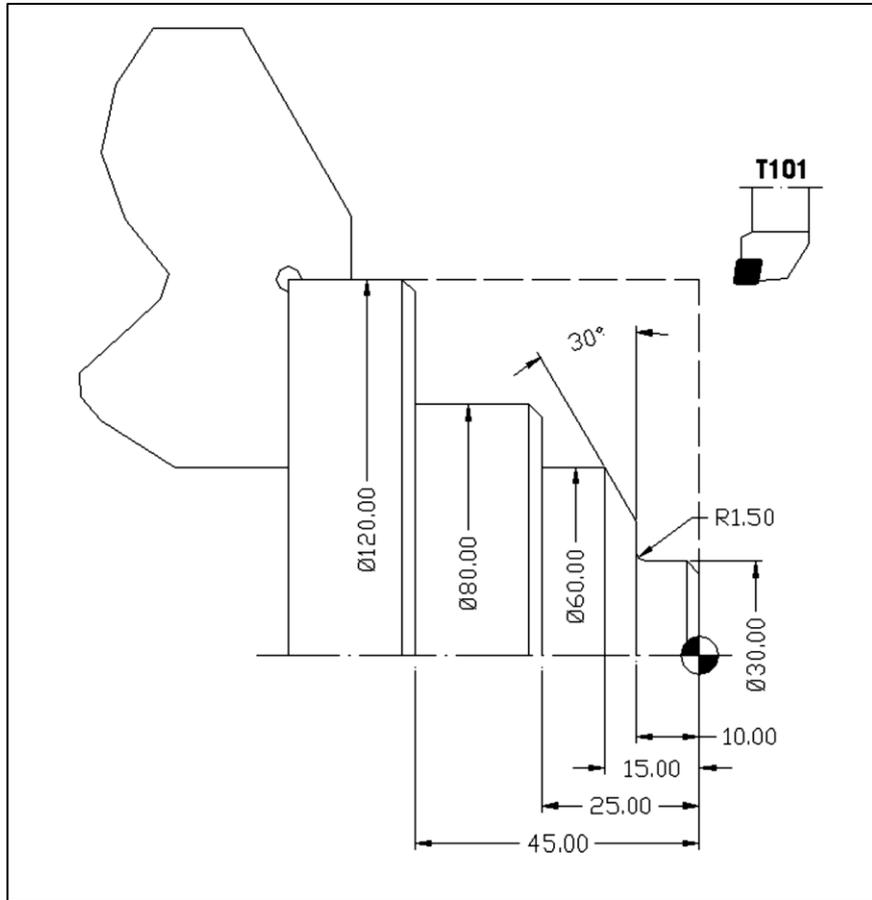
قلم الإيكوت قطر ١٤ مم وطول ثقب ٥٥ مم *Eco Cut left D 014.000 L55 mm*

يستخدم قلم الإيكوت حديثاً بكثرة لقدرته على الثقب مثل البنية تماماً (أكثر أمان) كما يستطيع أن يخرط داخلياً
مثل قلم الخراط الداخلي شمال تماماً



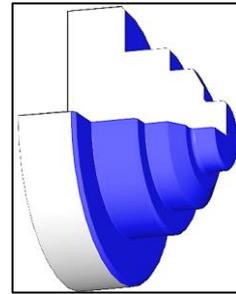
مثال رقم 6

المطلوب عمل برنامج التشغيل CNC مستخدماً دورة الخراطة الوجهية (العرضية) G72 إذا علمت أن قطر الخامة 120 مم وطولها 70 مم



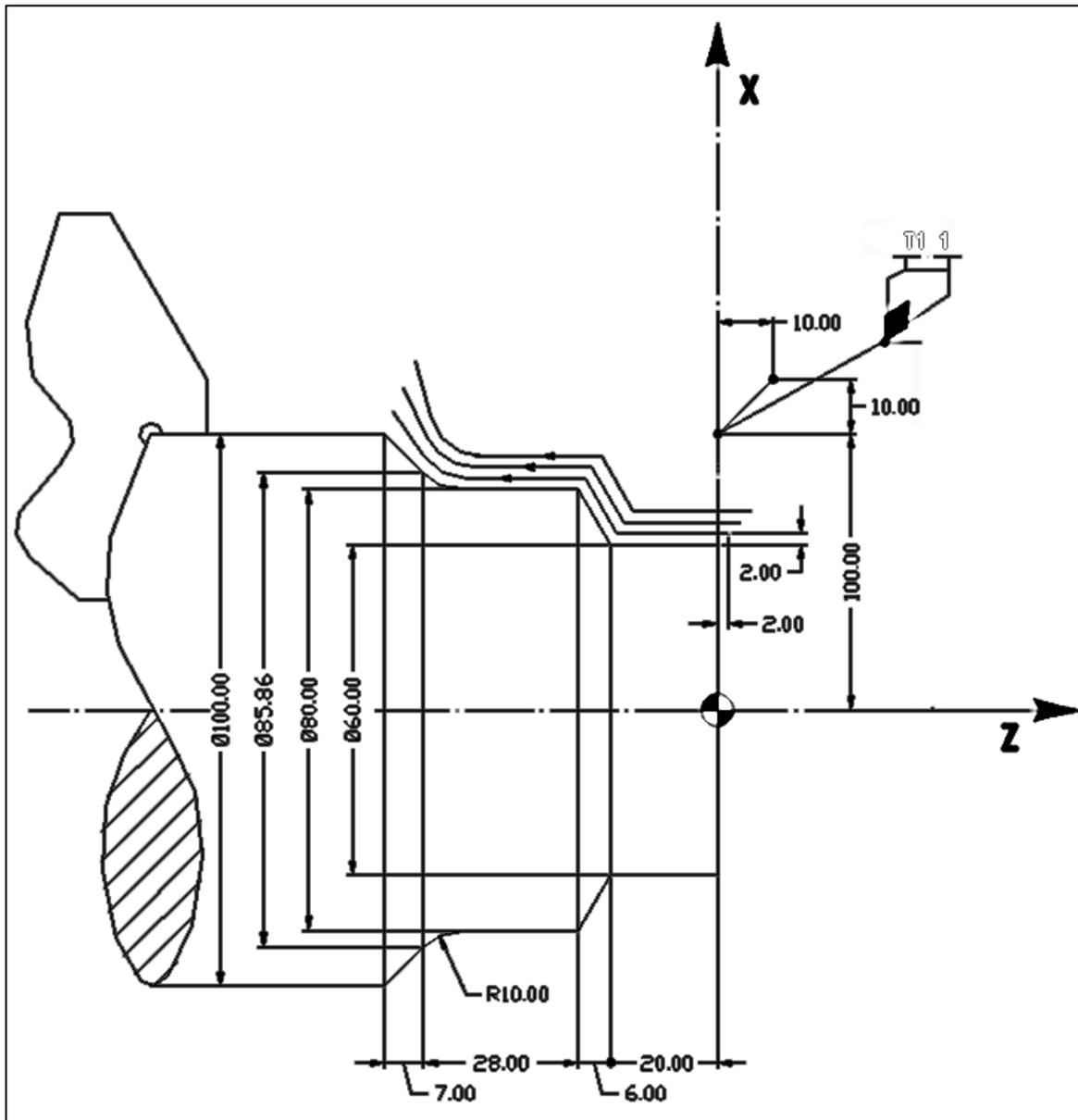
O0006 (REMOVAL OF MATERIAL BY FACING)	برنامج رقم 6 (أسم البرنامج)
	بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.
(9.11.2014 15:14	تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد.
(CONTROL FANUC 21I	نظام التحكم المستخدم فانوك 21i
(PART (CYLINDER D120.000 L070.000	أبعاد الخامة قطر 120 مم طول 70 مم
(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"	نوع معدن الخامة ألومنيوم.
(MAIN SPINDLE WITH WORKPART	وسيلة التثبيت

(EXTERNAL CHUCK OUTSIDE STEP JAW (CHUCKING DEPTHE 18.000	ظرف خارجي بلقم مدرجة. والجزء المربوط عليه ١٨ مم
(TOOLS	العدد المستخدمة.
(T02 "Roughing tool left "	العدة رقم ٢ عدة خرط تخشين
(WORKPART ZERO POINTS G54	صفر المشغولة يستخدم G54
G21 (G71 CODE C) G90 G18 G40 G28 U0 W0	رأس البرنامج.
N1 T0202 N2 G54 N3 G92 S3000 N4 G96 S200 M4 N5 G0 X122 Z0 M8 N6 G72 (G74 CODE C) W2.5 R1 N7 G72 P8 Q18 F0.35 N8 G0 Z-47 N9 G1 X120 N10 Z-45 C2 N11 X80 N12 Z-25 C1.5 N13 X60 N14 Z-15 N15 Z-10 A120 N16 X30 R1.5 N17 Z0 C1.5 N18 X0	<p>لاحظ:</p> <p>١. أن نسبة قطر المشغولة إلى طولها كبيرة وهو السبب الذي جعلنا نفضل الخراطة الوجهية عن الطولية.</p> <p>٢. الخراطة تخشين فقط لذلك لا ضرورة لاستعواض نصف قطر العدة.</p>
N19 G0 X200 Z100 M5 M9 N20 G28 U0 W0 N21 M30	نهاية البرنامج



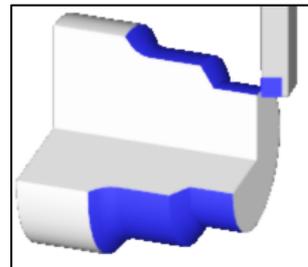
مثال رقم ٧

المطلوب عمل برنامج التشغيل CNC مستخدماً دورة خراطة تكرار البروفيل (G75 CODE C) G73 للمشغولة التالية التي ربما تكون واردة من المسبك أو مخروطة على ماكينة خراطة تقليدية ومترك زيادة ٦ مم في الأقطار و٣مم في الأطوال



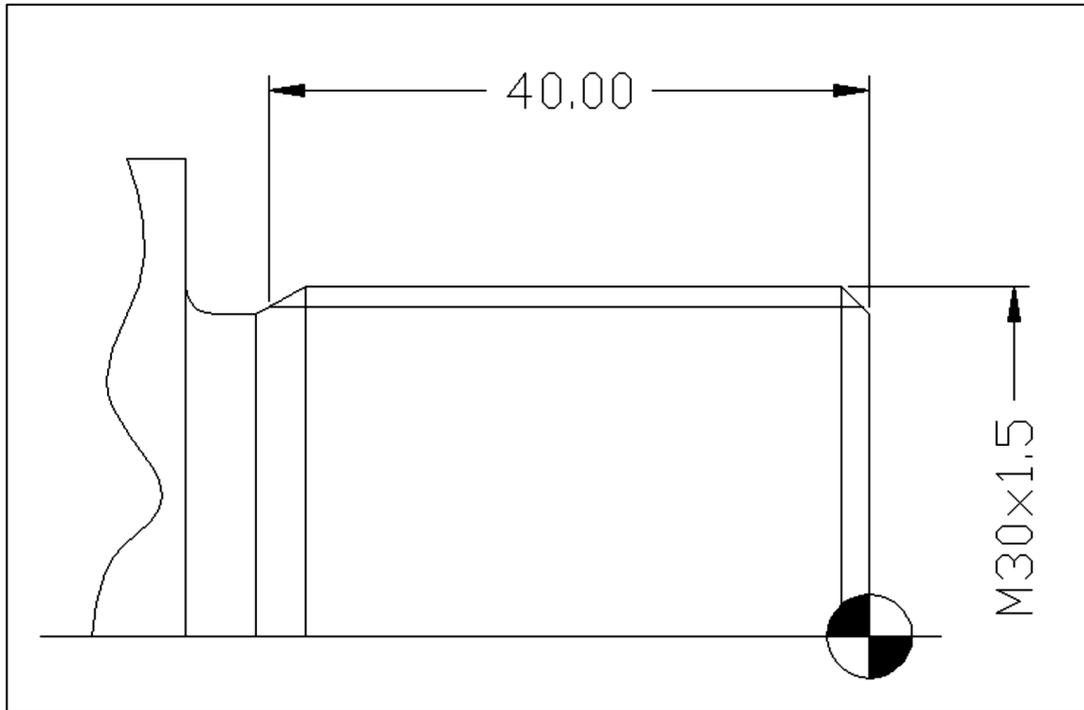
O0007 (PROFILE REPETITION)	برنامج رقم 7 (أسم البرنامج)
	بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.
(9.11.2014 15:14	تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد).

(CONTROL FANUC 21i	نظام التحكم المستخدم فانوك 21i
(PART (CYLINDER D100.000 L090.000	أبعاد الخامة قطر ١٠٠ مم طول ٩٠ مم
(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"	نوع معدن الخامة ألومنيوم.
(MAIN SPINDLE WITH WORKPART (EXTERNAL CHUCK OUTSIDE STEP JAW (CHUCKING DEPTHE 18.000	وسيلة التثبيت ظرف خارجي بلقم مدرجة. والجزء المربوط عليه ١٨ مم
(TOOLS	العدد المستخدمة.
(T02 "Roughing tool left "	العدة رقم ٢ عدة خرط تخشين
(WORKPART ZERO POINTS G54	صفر المشغولة يستخدم G54
G21 (G71 CODE C) G90 G18 G40 G28 U0 W0	رأس البرنامج.
N1 T0202 N2 G54 N3 G92 S3000 N4 G96 S200 M4 N5 G0 X120 Z10 M8 N6 G73 (G75 CODE C) U3 W3 R4 N7 G73 P8 Q12 F0.35 N8 G0 X60 Z2 N9 G1 Z-20 N10 X80 Z-26 N11 Z-54 R10 N12 X100 Z-61	<p>U3 : مقدار القيمة المتروكة بالمليمترات في نصف القطر W3 : مقدار القيمة المتروكة في اتجاه Z بالمليمترات. R4 : عدد أوجه القطع بمعنى أن العدة ستتحرك على مسار البروفيل أربع مرات بحيث يكون أول وش تتحرك مزاحة عن البروفيل بمقدار ٦ مم في القطر و ٣ مم في اتجاه Z والوجه الثاني مزاحة بمقدار ٤ مم في القطر و ٢ مم في اتجاه Z والوجه الثالث مزاحة بمقدار ٢ مم في القطر و ١ مم في اتجاه Z والوجه الأخير تتحرك على نفس المسار المبرمج، فمثلاً لو طبقنا ذلك على القطر الأول فسيكون الأربعة أوجه كالتالي:</p> <p>X66 X64 X62 X60</p>
N19 G0 X200 Z100 M5 M9 N20 G28 U0 W0 N21 M30	نهاية البرنامج



مثال رقم ٨

المشغولة التالية والتي تم خراطها مسبقاً يراد قلوظتها خارجياً بالموافقة الموضحة على الرسم التالي:



O0008 (external metric thread cutting)	برنامج رقم 8 (أسم البرنامج)
	بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.
(9.11.2014 15:14	تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد).
(CONTROL FANUC 21I	نظام التحكم المستخدم فانوك 21i
(PART (CYLINDER D030.000 L070.000	أبعاد الخامة قطر 30 مم طول 70 مم
(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"	نوع معدن الخامة ألومنيوم.
(MAIN SPINDLE WITH WORKPART (EXTERNAL CHUCK OUTSIDE STEP JAW (CHUCKING DEPTHE 18.000	وسيلة التثبيت ظرف خارجي بلقم مدرجة. والجزء المربوط عليه ١٨ مم
(TOOLS	العدد المستخدمة.
(T10 "EX. thread tool "	العدة رقم ١٠ قلم قلاووظ خارجي
(WORKPART ZERO POINTS G54	صفر المشغولة يستخدم G54

G21 (G71 CODE C) G90 G18 G40 G28 U0 W0	رأس البرنامج.
N1 T1010 N18 G54 N19 G97 S800 M3 N20 G0 X32 Z6 M8 N21 G76 (G78 CODE C) P010060 Q100 R0.03 N22 G76 X28.05 Z-50 P975 Q226 F1.5	عملية القلوطة الخارجية
N19 G0 X200 Z100 M5 M9 N20 G28 U0 W0 N21 M30	نهاية البرنامج

Multiple Thread Cutting
(G78 CODE C) (G76 CODE B)

دورة خراطة القلاووظ G78

P (m) (r) (a) Q (Δd min) R(d); G78

G78 X (u) _ Z(W) _ R(i) P(k) Q(Δd) F(L)

حيث:

m : عدد تكرار مشاوير التشطيب (تمشيط). تتفد في نهاية الدورة بعد مشوار التنعيم تسجل m برقمين 00 - 01 - وحتى 99 مشوار.
r : قيمة الشطف. يستخدم المتغير r في حالة عدم وجود قناة (خلخلة undercut) في نهاية القلاووظ تسجل r برقمين 00 - 01 - وحتى 90.
a : زاوية طرف العدة بالدرجات وهي زاوية نزول العدة أثناء حركة عمق القطع تسجل a برقمين وهي للقلاووظ المثلث الإنجليزي 55° والفرنسي 60° المربع 00°
Q (Δd min) Δd min أقل عمق قطع بالميكرون ويأخذ في نصف القطر حيث أن عمق القطع ليس قيمة ثابتة لكل مشاوير القلاووظ وإنما يقل تدريجياً وذلك للمحافظة على كمية ثابتة لإزالة الرايش فعندما تقل قيمة عمق القطع لمشوار عن الحد (Δd min) فإن عمق القطع يربط على تلك القيمة حتى آخر مشوار وتتراوح قيمتها ما بين (80 μm : 60 μm)
R(d) (d) سماح التشطيب (عمق القطع لمشوار التنعيم مم) عادتا تقدر قيمته ما بين (0.03mm : 0.05mm)
X (u) قطر قاع السنة مم

يحسب من العلاقة
$X = x$ (القطر الأكبر) - $2P$ (عمق السن بنصف القطر)
Z (W) نهاية القلاووظ في اتجاه محور Z مم.
P(k)
k عمق السن بنصف القطر (من جهة واحدة) بالميكرون ويحسب من العلاقة
$P(\mu m) = 0.65 \times f$ (الخطوة) (في حالة النظام الفرنسي)
F(L) التقدم بالمم
التقدم = الخطوة \times عدد الأبواب
Q(Δd)
Δd عمق القطع لأول مشوار بنصف القطر بالميكرون
يحسب من العلاقة:
$Q(\Delta d) = \frac{P}{\sqrt{NO.of\ steps}}$
أي حاصل قسمة عمق السن على الجذر التربيعي لعدد مشاووير التخشين.
عدد مشاووير التخشين تحدد من الجداول تبعا لنوع معدن المشغولة ومعدن العدة القاطعة وخطوة القلاووظ.

الحسابات

١ ارتفاع القلاووظ (عمق السن) P

Height of thread (P):

$$P = (0.65 \times \text{pitch})$$

$$P = (0.65 \times 1.5)$$

$$P = 0.975$$

٢ قطر قاع القلاووظ

Final Diameter (X):

$$X = \text{Major Diameter} - (P \times 2)$$

$$X = 30 - (0.975 \times 2)$$

$$X = 28.05$$

٣ أول عمق قطع (عمق القطع لأول مشوار)

First cut depth (Q):

$$Q = \frac{p}{\sqrt{NO.of\ steps}}$$

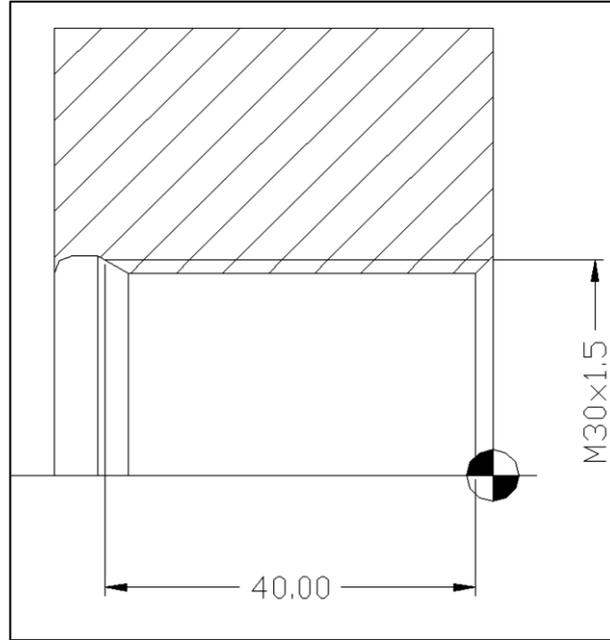
$$NO.of\ steps = 11 \quad (\text{عدد المشاووير} = 11)$$

$$Q = \frac{0.975}{\sqrt{11}}$$

$$Q = 0.226$$

مثال رقم 9

المشغولة التالية والتي تم خراطها مسبقاً يراد قلوظتها داخلياً بالمواصفة الموضحة على الرسم التالي:

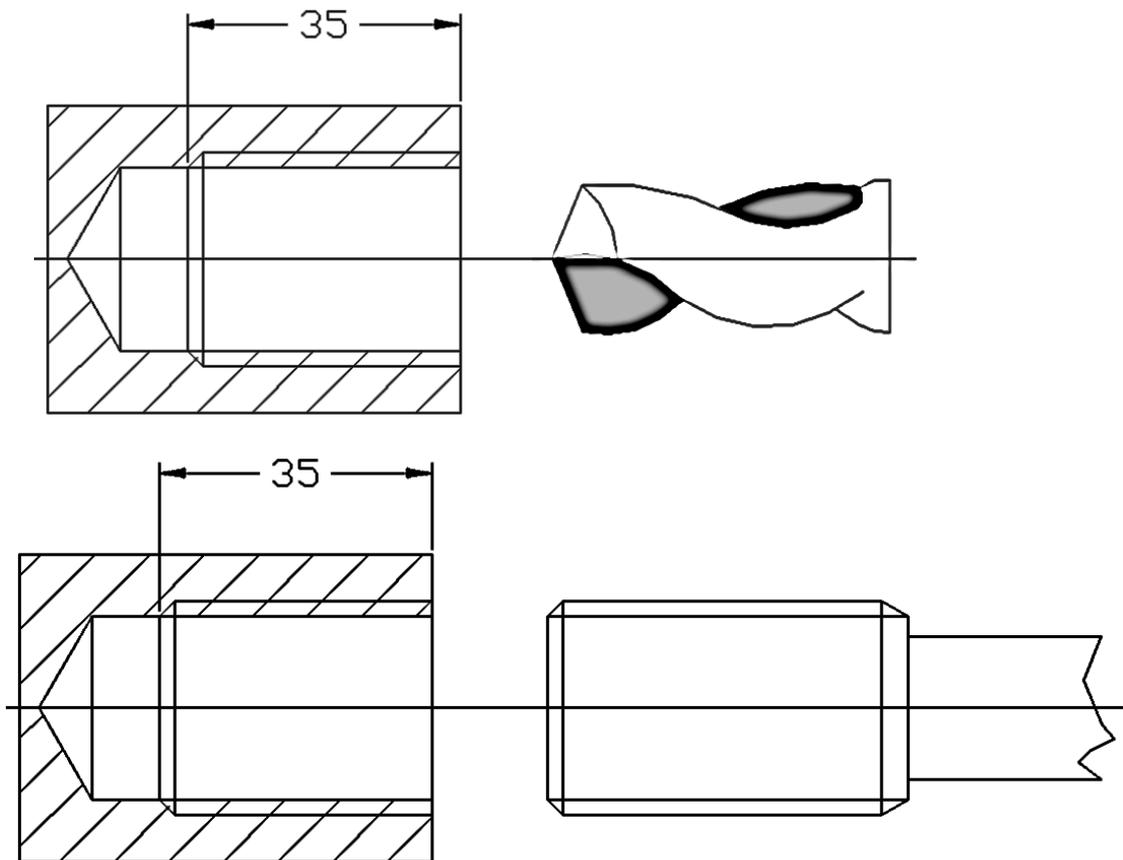


O0009 (internal metric thread cut)	برنامج رقم 9 (أسم البرنامج)
	بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.
(9.11.2014 15:14	تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد).
(CONTROL FANUC 21I	نظام التحكم المستخدم فانوك 21i
(PART (CYLINDER D050.000 L070.000	أبعاد الخامة قطر 50 مم طول 70 مم
(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"	نوع معدن الخامة ألومنيوم.
(MAIN SPINDLE WITH WORKPART (EXTERNAL CHUCK OUTSIDE STEP JAW (CHUCKING DEPTHE 18.000	وسيلة التثبيت ظرف خارجي بلقم مدرجة. والجزء المربوط عليه 18 مم
(TOOLS	العدد المستخدمة.
(T08"IN. thread tool "	العدة رقم 8 قلم قلاووظ داخلي
(WORKPART ZERO POINTS G54	صفر المشغولة يستخدم G54
G21 (G71 CODE C) G90 G18 G40 G28 U0 W0	رأس البرنامج.

<p>N1 T0808 N18 G54 N19 G97 S800 M3 N20 G0 X25 Z6 M8 N21 G76(G78 CODE C) P010060 Q100 R0.03 N22 G76 X30 Z-40 P975 Q226 F1.5</p>	عملية القلوطة الخارجية
<p>N19 G0 X200 Z100 M5 M9 N20 G28 U0 W0 N21 M30</p>	نهاية البرنامج

مثال 10:

يراد ثقب وقلوطة المشغولة التالية علماً بأن مواصفة القلاووظ هي $M10 \times 1.5$



O00010 (FRONT DRILLING + FRONT TAPPING)	برنامج رقم 10 (أسم البرنامج)
	بيانات هامة عن البرنامج يفضل أن تكتب في مقدمته.
(9.11.2014 15:14)	تاريخ عمل البرنامج (لاحظ أن البيانات تكتب بين قوسين أو قوس واحد).
(CONTROL FANUC 21I)	نظام التحكم المستخدم فانوك 21i

(PART (CYLINDER D030.000 L070.000	أبعاد الخامة قطر30 مم طول 70 مم
(MATERIAL "AlMg1::Aluminium"	نوع معدن الخامة ألومنيوم.
(EXTERNAL CHUCK OUTSIDE STEP JAW (CHUCKING DEPTHE 18.000	وسيلة التثبيت ظرف خارجي بلقم مدرجة. والجزء المربوط عليه ١٨ مم
(TOOLS (T08"Twist drill Ø8.5 " (T12 "TAPPING M10 x 1.5"	العدد المستخدمة. العدة رقم 8 بنطة قطر ٨,٥ مم العدة ١٢ ذكر قلاووظ قياسي خطوة خشنة M10x1.5
(WORKPART ZERO POINTS G54	صفر المشغولة يستخدم G54
G21 (G71 CODE C) G90 G18 G40 G28 U0 W0	رأس البرنامج.
N1 T0808 N2 G54 N3 G97 S800 M3 N4 G0 X0 Z5 M8 N5 G83 Z-50 F0.12 Q5000 N6 G80 N7 G0 X150 Z100 M9 M5	عملية الثقب قطر البنطة = قطر ذكر القلاووظ - الخطوة قطر البنطة = ١٠ - ١,٥ = ٨,٥ مم G83 كود تنشيط دورة الثقب الأمامية (في القورة) بإخراج الرايش حيث Q هي عمق القطع بالميكرون في كل مرة. G80 كود إلغاء تنشيط دورة الثقب
N8 T1212 (TAPPING M10 x 1.5) N9 G97 S300 M3 N10 G0 X0 Z5 M8 N11 G84 Z-35 F1.5 N12 G80	عملية القلوطة: G84 كود تنشيط دورة القلوطة في القورة ، لاحظ أن هذه الدورة لا تصلح للقلوطة بعدة دوارة (NOT VALID FOR (TAPPING WITH MOTOR DRIVEN TOOLS F: الخطوة بالمليمتر لكل لفة
N19 G0 X200 Z100 M5 M9 N20 G28 U0 W0 N21 M30	نهاية البرنامج

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 المنشأة يضم أكفاء 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 لآلة 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 دائماً. 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 مهـم 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، وإنشاء 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 الشاملة (TPM) *Total Productive Maintenance*

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 ومرتبحة 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*:

اشترك أفراد التشغيل في المحافظة على المعدات هي سمة تتفرد بها الصيانة الإنتاجية الشاملة. ففي هذا النظام يكون المشغل مسؤولاً 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 كثيراً من الأعطال في وقت مبكر لأنه يقوم بتنظيف المعدة يومياً وبالتالي فإن حاسة السمع والبصر واللمس وربما الشم يساعدهن على اكتشاف الأعطال. كذلك فإن الصيانة الإنتاجية الشاملة تهدف إلى خلق معنى لدى المشغل وهو أنه يمتلك تلك المعدة بمعنى أنه يكون فخوراً 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 جداً " تماثل حالتها عند بدء تشغيلها:

المحافظة على المعدة في جميع الأوقات في حالة جيدة جداً أمر مكلف، وتركها تعمل في ظل وجود العديد من العيوب بها يكون أكثر كلفة. فعندما يحدث خلل ما في المعدة 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 أساساً 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:

كثيراً ما نتقبل أن مشكلة ما أصبحت أمراً طبيعياً 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. فال تطوير المستمر النابع من كافة مستويات الهيكل التنظيمي هو سمة من سمات الصيانة الإنتاجية الشاملة.

٦. التطبيق الدقيق لبرامج الصيانة المخططة:

كثيراً من المؤسسات لديها أنظمة صيانة وقائية ولكن الكثير منها لا يطبقها بشكل جيد. الصيانة الإنتاجية الشاملة تهتم جداً 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 أنواع الفاقد. الأنواع 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 بسبب 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 تطبيق هذا 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 وفعالية 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 تبعاً للآتي:

١. حالة المعدات قبل تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة. فإن كانت حالة المعدات جيدة وبرنامج الصيانة يتم تطبيقه بشكل جيد كان ذلك مؤشراً على قلة نفقات تطبيق هذا البرنامج
٢. نظافة المعدات وموقع العمل وتنظيمه. فكلما كان هناك اعتناء بإبقاء الموقع والمعدات في حالة نظيفة ومرتبّة كلما قلت تكلفة هذا البرنامج
٣. مهارات المشغلين وفنيي الصيانة. فإن كانت مهارات المشغلين في أعمال الصيانة معدومة أو 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 الآلة 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 وبالأجهزة 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 بصداق 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. وماذا 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 المشغل إحساس بالمسئولية تجاه الحفاظ على المعدة في حالة جيدة وهذا يختلف عن الأنظمة التقليدية التي تجعل القائمين بالصيانة هم وحدهم المسؤولين عن توقف المعدة أو عن حدوث أي خلل.
٢. سرعة التدخل عن طريق المشغلين لحل المشاكل البسيطة قبل تفاقمها. كم من مشاكل كبيرة تحدث نتيجة لأن مسمار أو صامولة كان بحاجة لإعادة تربيط أو أنه كانت هناك حاجة لإضافة زيت أو شحم؟ ففي الأنظمة التقليدية يكفي المشغل بإبلاغ الصيانة التي قد لا تتمكن من الحضور 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 الصيانة إلى موقع ماكينة ليقوم بربط مسمار. ما الفائدة التي تعود على العمل من ذلك؟ لا شيء. هل ربط المسمار هو خبرة خاصة تحتاج لشخص متخصص؟
٥. إمام المشغل ببعض مبادئ الصيانة تساعده على اكتشاف الأعطال مبكرا والقدرة على حل بعضها والمشاركة في حل البعض الآخر. علاوة على ذلك فإن المشغل يكون على دراية بتأثير أسلوب التشغيل على المعدة وكيفية المحافظة عليها. فأحيانا قد يجد المشغل خللا في ماكينة ما ويستمر في تشغيلها حتى يصل مسئول الصيانة وقد يكون هذا الخلل خطيرا للغاية بحيث يتم تدمير أجزاء من المعدة نتيجة الاستمرار في تشغيلها. أما إذا كان المشغل على إمام بمكونات الماكينة وكيفية عملها فسيكون لديه 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 لتطبيق الصيانة 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 تزييت وتشحيم وتربيط وفحص. ويتزامن هذا أيضا مع تدريب كل العاملين على مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة وتشجيع التعاون بين الأقسام والإدارات المختلفة خاصة التشغيل والصيانة.

ما هي الأعمال التي يقوم بها المشغل؟

١- نظافة المعدات *Cleaning*:

المقصود بنظافة المعدة في الصيانة الإنتاجية الشاملة أن يقوم المشغل بنفسه بهذه النظافة يوميا. هذه النظافة تؤدي إلى بقاء المعدة نظيفة مما يساعد على اكتشاف العيوب مثل وجود تسريب أو شرخ أو خلافة. تصور أنك مسئول عن معدتين متماثلتين إحداهما نظيفة جدا والأخرى مغطاة بالأتربة وبآثار الشحم وآثار تسريب الزيت. افترض أنه حدث شرخ متماثل في المعدتين في آن واحد. هل ستكتشف المشكلة في المعدتين في نفس الوقت. بالطبع لا، فإنه يمكنك ملاحظة الشرخ في المعدة النظيفة بمجرد النظر، أما المعدة الأخرى فربما اكتشفت هذا الشرخ فيها بعد أن يؤدي إلى ظواهر أخرى مثل زيادة 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 لوسائل التثبيت من مسامير وصواميل هي أحد الأشياء التي تقلل كثيرا من أعطال المعدات، فوجود مسمار غير مربوط بشكل جيد يؤدي إلى حدوث مشاكل أخرى. فمثلا قد يؤدي وجود مسمار يحتاج إعادة ربط إلى تسريب زيت أو شحم والذي سيؤدي في النهاية إلى انهيار كراسي التحميل وبالتالي يحدث عطل كبير من حيث زمن وتكلفة الإصلاح. كذلك قد يؤدي وجود صامولة غير مربوطة جيدا إلى حدوث عدم استقامة بين الآلة والمحرك الكهربائي مما يؤدي إلى زيادة الاهتزازات وتآكل بأعمدة الدوران وتلف كراسي التحميل. لذلك فإن إعادة تربيط أي شيء يحتاج إلى إعادة ربط يجب أن يتم بسرعة حتى نتلافى مشاكل أكبر. الصيانة الإنتاجية الشاملة تلقي بهذه المسؤولية على المشغل لأنه يستطيع أن يقوم بهذا العمل بسرعة بدلا من إضاعة الوقت في الاتصال بقسم الصيانة وانتظار حضور أحد فنيين الصيانة 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 الترييب 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 مسؤوليته 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 ترييب 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 آمناً ونظيفاً. 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. كثيراً 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 تعتنى 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. فمثلاً يقوم المشغلون بتحليل أسباب تراكم الأتربة والزيوت وأي مواد أخرى على المعدات وحولها وعلى أرضية الموقع، ثم يقومون بإزالة هذه الأسباب. فمثلاً 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 المعدة ما مثل الطلمبات أو أجهزة التكييف، وأحياناً 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 الأجزاء عن طريق عمل سلم مثلاً 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 نجاحاً كبيراً 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 الاعتماد 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 تتمكن 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 فخوراً ببقاء معدته في الخدمة والحفاظ عليها نظيفة والحفاظ على موقع العمل نظيف وآمن ومرتب.

الفوائد المزمنة Loss Chronic:

مما يميز الصيانة الإنتاجية الشاملة أنها تهتم بالقضاء على الفوائد المزمنة فما هي الفوائد المزمنة وكيف نقضي عليها؟

الفوائد المتفرقة والفوائد المزمدة

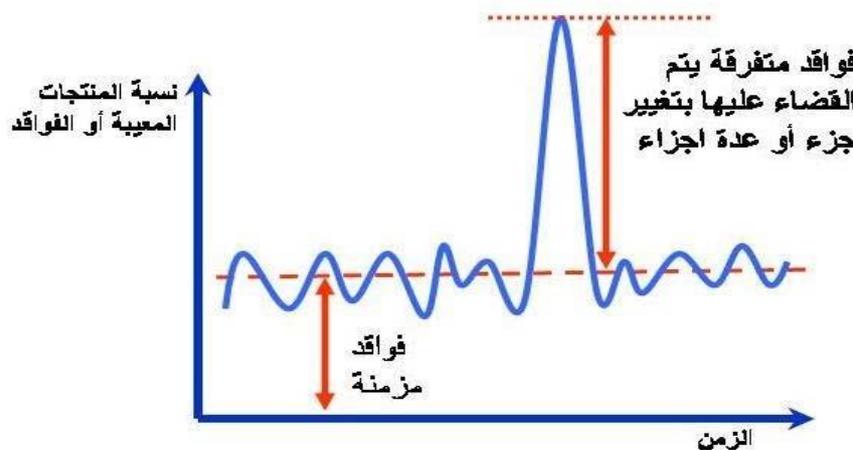
يمكن تقسيم الفاقد إلى فوائد متفرقة أو فردية وفوائد مزمدة.

١. الفاقد المتفرقة أو الفردية *Sporadic Losses*

هي فوائد 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 المزمدة *Chronic Losses*

هي فوائد 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 المعدة ما بدون وجود كسر أو انهيار كامل في جزء ما أو الحاجة لتغيير بعض الأجزاء بصفة دورية تقل عن العمر الافتراضي لهذه الأجزاء نتيجة وجود أكثر من سبب للفوائد المزمدة وعدم وضوح هذه الأسباب فإننا كثيرا ما نتقبل هذه الفوائد كأمر طبيعي يجب التعايش معه. هذا بالطبع يعني استمرار هذه الفوائد لمدد طويلة وربما طوال عمر المعدة نفسها. وهذا أمر مرفوض في الصيانة الإنتاجية الشاملة فالفوائد المزمدة يمكن القضاء عليها.



الفاقد المزمدة والمتفرقة

كيف نتغلب على الفاقد المزمدة؟

١- المحافظة على المعدة في الحالة المثلى في كل الأوقات:

كلما أهملنا المعدة ونظافتها كلما زادت فرص ظهور الفوائد المزمدة أما عندما نحافظ على المعدة في حالة مثالية دائما فإن الوصول إلى أسباب الفاقد لا يتطلب جهدا كبيرا. كثيرا من الفاقد المزمدة تكون بسبب دخول أتربة للزيت أو 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 الفوائد

المزمنة قبل حدوثها. كذلك فإن تغيير الأجزاء المتآكلة دوريا يحافظ على المعدة في حالة جيدة مما يقلل من فرص ظهور الفوائد المزمنة ويجعل مواجهتها أسهل.

٢- التغلب على المشاكل البسيطة:

كثيرا ما يهتم المسؤولون 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 أو غير مجدٍ على المدى البعيد. هذه المشاكل البسيطة هي التي تجعلنا بعد ذلك أسرى الفوائد 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:

الفوائد 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 الفوائد المزمنة يؤدي إلى عدم الوصول إلى الأسباب الحقيقية وبالتالي استمرار هذه الفوائد لمدة طويلة. من الطرق التي يمكن استخدامها لتحليل أسباب الفوائد 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.

قياس فعالية المعدات

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 إتاحة المعدة. ماذا عن الوقت الذي تعمل فيه المعدة بكفاءة أقل أو سرعة أقل؟ هذا التأثير لا يظهر عند قياس الإتاحة. إتاحة المعدة تعبر عن بقاء المعدة في الخدمة بغض النظر عن كون المعدة تعمل بالطاقة القصوى أو الكفاءة المثلى وبغض النظر عن كونها تنتج قطعاً جديدة أو تعيد إنتاج قطعاً معيبة.

لذلك فإن الصيانة الإنتاجية الشاملة تهتم بالفعالية الشاملة للمعدة التي تأخذ في الاعتبار كل فوآقد تشغيل المعدة من توقفات وانخفاض الكفاءة واستهلاك الوقت في إصلاح المنتجات المعيبة. دعنا نستعرض كيفية حساب الفعالية الشاملة للمعدة

أولاً الإتاحة أو معدل التشغيل *Availability or Operating Rate*

هي النسبة بين الوقت الفعلي لتشغيل المعدة والوقت الذي كان مخططاً أن تعمل فيه المعدة. لتوضيح الأمر علينا التعريف ببعض المصطلحات:

وقت التحميل المتاح في اليوم = الوقت الكلي للعمل في اليوم - التوقفات المخططة للصيانة وغيرها.

وقت الأعطال = مجموع الأوقات التي لا تعمل بها المعدة نتيجة أعطال مفاجئة وتضبيب خط الإنتاج.

الإتاحية = (وقت التحميل المتاح - وقت الأعطال) \ وقت التحميل المتاح.

مثال:

افترض أن مصنعا يعمل وردية واحدة من ثمان ساعات ويتم تخصيص آخر نصف ساعة للصيانة 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 = ٤٣٥ دقيقة

وقت الأعطال = ٤٥ دقيقة

الإنتاجية = $(٤٣٥ - ٤٥) / ٤٣٥ = ٨٩,٦\%$

ثانيا: كفاءة الأداء *rate operating*

هو مقياس لمستوى الأداء مقارنة بالأداء المثالي أو التصميمي. هذا المقياس يبين سرعة 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 = $٣٩٠ / ٦ \times ٥٠ = ٧٧\%$

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 = $٣٨٠ / ٤٠٠ = ٩٥\%$

رابعا: الفعالية الشاملة للمعدة *Overall Equipment Effectiveness*

هي حاصل ضرب الثلاثة مؤشرات السابقة.

الفعالية الشاملة للمعدة = الإتاحة X كفاءة الأداء X مستوى الجودة

مثال:

ماهي الفعالية الشاملة للمثال الحالي؟

$$\text{الفعالية الشاملة للمعدة} = 6.89\% \times 77\% \times 95\% = 5.65\%$$

كما ترى فإن الفارق كبير بين الإتاحة وبين الفعالية الشاملة للمعدات. ينبغي الوصول إلى إتاحة أكثر من 90% وكفاءة أداء أعلى من 95% ومستوى جودة لا يقل عن 99% وهذا يجعل الفعالية العامة للمعدات تتجاوز 85% وهناك تجارب عملية أكدت إمكانية تحقيق ذلك. لتحقيق هذه النتائج علينا التخلص من الفوائد التي تجعل هذه النسب متدنية. والعنصر التالي يناقش الفوائد الرئيسية الست وكيفية التخلص منها.

الفاقد الرئيسية وكيفية التخلص منها Six Big Losses:

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 الفوائد الست هي:

١. فواید الأعطال Breakdown Losses:

هي فترات توقف المعدة نتيجة وجود عطل ما. للتخلص من فواید الأعطال والوصول بها إلى الصفر فإنه ينبغي إعادة المعدة إلى حالتها الجيدة: قد تكون المعدة متهاككة 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 الفوائد المزمنة: كثيرا ما يتم إهمال حدوث خلل بسيط بالمعدة ومن ثم يحدث خلا أكبر. الصيانة الإنتاجية الشاملة تحارب هذه الأعطال المتكررة والبسيطة (الفوائد 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 والتي 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. فمثلاً في بعض الماكينات يمكن تجهيز مجموعة كاملة من أدوات القطع التي يتم استبدالها بحيث يتم استبدالها مرة واحدة عند توقف المعدة بدلاً 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. فعلى أن نقل 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 التضييب. 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 مستوى 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 البسيطة مثل مفتاح تحكم بدون غطاء أو جهاز غير مثبت جيدا أو أي أشياء بسيطة يمكن أن تتسبب مع الزمن أو عن طريق الخطأ في توقف الإنتاج.

حافظ على الحالة المثلى للمعدة: سبق توضيح هذه النقطة من قبل وكما ترى فمنظومة الصيانة الإنتاجية الشاملة متكاملة.

قم بتحليل المشاكل البسيطة عند حدوثها: ابحث عن السبب في كل من هذه التوقفات وقم بإزالته. قد يكون السبب في أسلوب تشغيل خاطئ أو نتيجة مشاكل في المعدة أو الخامة أو نقص مهارة العامل أو خطأ في أجهزة التحكم.

عدل تصميم المعدة عند الحاجة: قد يكون سبب حدوث بعض هذه المشاكل هو قصور في التصميم فقم بتعديله. هذه التعديلات يجب ان تستند إلى قدرتك على التدخل في تصميم المعدة بمعنى أنه ينبغي الحرص من تعديل أجزاء دون معرفة الحسابات التصميمية لها. هذا لا يعني عدم إجراء تعديلات لأن هناك تعديلات كثيرة لا علاقة لها بالحسابات التصميمية الدقيقة مثل إضافة غطاء أو وسيلة لمنع تراكم الأتربة أو تغيير مسار 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 المشغل لتشغيل المعدة بسرعة أقل من السرعة التصميمية أو المثالية. السبب 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 أو الوقائية التي يتم تطبيقها بشكل جيد هي من أهم ركائز الصيانة الإنتاجية الشاملة. وللوصول إلى صيانة مخططة جيدة لا بد من توفر بنية تحتية أساسية. هذه البنية قد لا نهتم بها ولا نعيدها 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 عطل ما ونجد أن الجزء الموجود في المخزن ليس هو الجزء الصحيح أو نستغرق وقتا طويلا في البحث عنه أو نفاجئ بعدم وجوده في المخزن؟ 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 إصلاحاً مؤقتاً أو جزئياً مع تحمل العواقب أيضاً، أو نتخذ قراراً 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 غالباً ما توجد بها أخطاء كثيرة تؤدي إلى مشاكل كبيرة وكثيرة جداً 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 كاملاً 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 إلكترونياً 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. فمثلاً بند تم توصيفه بـ "مسورة" بدلاً من "ماسورة" لن يظهر في نتائج البحث حين نبحث عن "ماسورة". الأخطاء الإملائية تظهر بشكل أكبر في التوصيف باللغة الإنجليزية مثل:

"Flexible" "Flexibile"

"Penumatic" "Pneumatic"

"Impller" "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 مسؤولي 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 مسؤولة عن اكتشاف هذه الأخطاء المتعمدة وبالتالي يتم محاسبة المسؤولين 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 خانة منفصلة توضح اسم المنطقة الموجودة بها المعدة واسم المعدة ورقم الرسم والخامة كما هو موضح بالمثال المبسط أدناه. بالطبع يمكن إضافة خانة 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
XXXXXX	XXX	عامود قطر 30 مم	ماكينة التقطيع الطولي	التقطيع	XXXXXXXX
XXXXXX	XXX	غطاء رقم 3	ماكينة تجميع الجلب	التجميع	XXXXXXXX

تخزين قطع الغيار

تخزين قطع الغيار أمر له تأثير مباشر على أداء أنشطة الصيانة. هل حدث أن قمت يوماً 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 الأوراق 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 غالباً 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

أحياناً يتم استبدال بعض الأجزاء 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 غالباً ما تتراكم وتستهلك حيزاً قيماً 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 يومٍ ما. لا بد 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 أصولاً أو نقداً 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 المسؤولين عن الصيانة على تحري الدقة عند شراء قطع الغيار ووضع الأنظمة التي تعاقبهم عند تكديس المخزون. كذلك فإن إدارة المؤسسة يمكنها وضع 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 مسؤولي الصيانة ولا تصدق طلباتهم لشراء قطع الغيار وهذا يكون له آثار سيئة جدا.

من المشاكل التي نعاني منها في كثير 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 بحاسبة من يتسبب في تكديس 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.

ثانياً: 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 تماماً 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 عموماً 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 تمّ عمل آخر عمرة؟ متى كانت آخر مرة تمّ 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 جداً. هذا السجل يدوّن فيه تاريخ تركيب المعدة ومشاكل بداية التشغيل وتلخيص لكافة أعمال الصيانة المخططة والفجائية التي تتم على هذه المعدة. هذا السجل لا بد 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. ونظراً للاحتياج للرجوع لهذه البيانات في أي وقت فإنه يجب وجود إمكانية الوصول إليها بسهولة وسرعة سواء بالاطلاع على السجلات أو استخدام أنظمة المعلومات. الجدول التالي يعرض مثلاً مبسطاً 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 القارئة	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 مُعدة:

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 أهمية 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 المعدة	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 وسنوياً 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 يدوّن 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 آخر 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 تقريراً 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.

<p>اسم المعدة: مضخة مياه التبريد رقم أ الساعة: ٢. ظهراً التاريخ: ١٢ مايو ٢٠١٥ مُعد التقرير: حسن حسين (صيانة ميكانيكية)</p>	
<p>ملخص: تم تغيير كاوتش قارئة كباس الهواء نتيجة تشققه وارتفاع مستوى الاهتزازات وتم إعادة الكباس في الخدمة وأصبحت الاهتزازات في المستوى الطبيعي.</p>	<p>ضَع رسم توضيحي للمعدة هنا</p>
<p>وصف المشكلة: تلاحظ ارتفاع مستوى الاهتزازات من كذا إلى كذا عند النقطة رقم 1 الموضحة على الرسم</p>	<p>النتيجة: عادت الاهتزازات على نقطة 1 إلى مستوى كذا</p>
<p>وصف أعمال الصيانة: ١. تم دراسة الاهتزازات وتم فحص كاوتش القارئة واستقامة القارئة ولوحظ تشقق في الكاوتش وعدم استقامة المضخة مع الموتور ٢. تم تغيير الكاوتش وإعادة استقامة المضخة مع الموتور ٣. استغرق العمل ساعة ونصف بدون تأثير العمليات الإنتاجية</p>	<p>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 القارئة</p>

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 لا بد من توفرها بسهولة لكل من لها علاقة بالمعدات. أحيانا يتم إهمال الحفاظ هذه المستندات حتى تختفي أو تتهاك وأحيانا اخرى تكون في حوزة مدير أو مشرف الصيانة يطلع عليها من شاء ويحجبها عن من شاء. هذا السلوك يجب أن تمنعه إدارة المؤسسة لأنه يؤدي إلى انهيار أداء الصيانة تماما. وبالإضافة إلى ضرورة توفير هذه المعلومات فإنه لا بد من وجود ثقافة استخدامها.

مع الأسف البعض من المشتغلين بالصيانة يظن أن عمله يعتمد على الذكاء والتخمين وأنه من الغيب أن يحتاج للنظر في الرسم التجميعي أو كتيب الصيانة او مواصفات الصيانة الوقائية. هذه المعتقدات الخاطئة ينبغي إزالتها 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 تشمل على طرق قياس التآكل وكيفية الحكم عليه بالقياس وغيره والمدى المقبول للتآكل. طرق الصيانة القياسية لعمليات التغيير والعمرات تشمل على خطوات الفك والتركيب والمقاسات التي يجب مراعاتها والأدوات التي تستخدم. طرق الصيانة القياسية للإصلاح تختلف بحسب نوعية الإصلاح. طرق الصيانة القياسية تشمل 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 بحواظ بلاستيكية حتى يكون تداولها وتقليب الأوراق 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 أنظمة 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 نشتره 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 تنبؤية 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 بتوفير وقت الإصلاح والصيانة. في بعض الأحيان تتوفر أدوات صيانة ولكن ليس بالكمية المناسبة وبالتالي يضع الوقت في نقلها من مكان لآخر وهذا ينبغي تلافيه فيما عدا في معدات الصيانة المكلفة مثل المعدات التي تستخدم في ورشة التشغيل أو 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 الأمنة 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 نتكبدتها. ولكن في الحقيقة الجانب الأخلاقي هنا هو الأهم، ولا تخاطر بأن تظل طوال حياتك تتألم لمسئوليتك عن عدم توفير السلامة المهنية لفنيي الصيانة الذي فقد عينه أو قدمه أو يده. وفر 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 الأدوات 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 ملاء مثل أسطوانات الأكسجين والأسيتيلين وما شابهها.
٣. وضع الأدوات بالقرب من مكان العمل بقدر الإمكان وبشكل يجعل من السهل التقاط هذه الأدوات وبما 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. التحضير المبكر لأعمال الصيانة مثل أن يتم التأكد من وجود الأدوات المناسبة لأعمال الصيانة المخططة قبل تنفيذها بعدة أيام وخاصة الأعمال التي تحتاج أدوات خاصة بالمعدة. نفس الأسلوب يمكن اتباعه في تجهيز قطع الغيار.
٨. معرفة فني الصيانة بالعمل الذي سيؤديه تحديداً. قد يطلب مشرف الصيانة من فني الصيانة الذهاب إلى معدة ما لإصلاح جزء ما ثم عند ذهابه إلى موقع العمل يفاجئ بأنه سيقوم بأعمال أخرى وبالتالي يحتاج لأدوات صيانة مختلفة.
٩. تخزين الأدوات التي يستخدمها مجموعة من الأفراد في مكان يمكنهم جميعاً الوصول إليه. ينبغي تجنب تعطل أعمال الصيانة لأن أداة الصيانة موجودة في دولاب أحد الفنيين الذي هو في أجازته أو في مكان آخر.
١٠. ينبغي الاعتناء بأدوات الصيانة الخاصة بمعدة ما لأنه لا يمكن توفير هذه الأدوات في وقت قصير. أحياناً يتم تخزين هذه الأدوات في ورشة العمل أو لدى أحد الفنيين وهذا ينتج عنه تلفها أو ضياعها أو نسيان مكانها عند الحاجة لأنها تستخدم كل مدة طويلة. لذلك يفضل أن توضع هذه الأدوات في مكان خاص مثل مخزن العدد.
١١. الوقت الضائع في البحث عن ونقل أدوات الصيانة هو أحد المشاكل التي يمكن لمجموعات الصيانة الإنتاجية الشاملة دراستها وتنفيذ حلول لها. ومن جهة أخرى فإن ترتيب وتنظيف مكان العمل هو أحد ركائز الصيانة 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 الإنسانية (ملاءمة الآلة للإنسان) أو *Ergonomics* هما من العلوم المفيدة في هذا المجال. فالهندسة الصناعية تعنى بدراسة الحركة والوقت للوصول إلى أقصى كفاءة وعلم ملاءمة الآلة للإنسان يبحث في أوضاع العمل المريحة لطبيعة جسم الإنسان والتي تؤدي إلى بذل مجهود أقل لأداء نفس العمل وكذلك تقلل من خطر الأمراض المهنية.

رابعاً: 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 فنيي 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 التشغيل والصيانة وخاصة جداول الصيانة الدورية وجدول تشخيص الأعطال وجدول مواصفات المعدة وجدول 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 الصيانة المختلفة من تنظيف وفحص وعمرات وإصلاح 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 فنيي 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 تريبط المسامير والصواميل وعمليات التزبييت 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 - الحدة كهربائية:

هي عبارة عن الموتور الكهربائي ووحدة إمداد الطاقة الكهربائية (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 بأخر 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:

١- 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 النيوماتيكي الذي يبين عمل الدائرة الهيدروليكية أو النيوماتيكي والرسم الكهربائي الذي يبين عمل دائرة التحكم الكهربائية.

٢- 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 الكهربائي 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 إصلاحها بدون غموض ودون أن تستغرق وقت لاكتشافها إذا قام العامل الذي يعمل على الماكينة بقراءة وفهم الكatalog والرسمات والدوائر والتعليمات الخاصة بالماكينة والإلمام الشامل بوظائف المكونات والقطع التي تتركب منها الماكينة. هذا ليس له علاقة بالتخصص فالمهندس والفني الميكانيكي يجب أن يكون ملما بوظائف المكونات 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 يتعلم 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 الشغلة من على الماكينة أو عند تشغيل زر إيقاف الماكينة. إن الماكينة تقوم بدور مهم جدا في الصناعة ولكن العامل له دور أهم من الماكينة وهو المراقبة والملاحظة والتقييم لأنه يملك الشيء الأهم والذي لا تملكه الماكينة وهو العقل. لذلك فمن الواجب أن وكيف الفني جميع حواسه مع الماكينة والأمثلة القادمة توضح كيف توظف حواسك مع الماكينة:

- حاسة اللمس يمكنه أن تتعرف بها على درجة حرارة الماكينة وأيضا يمكن أن تختبر بها جودة تشطيب سطح الشغلة لمعرفة مدى جودة أدوات القطع فعلى سبيل المثال عند عمل خراطة على القطر الخارجي لعمود استنل بقدية حادة وسليمة ومن معدن صلب فإنه من المعتاد أن يكون تشطيب السطح عالي (أي لا توجد تعرجات وتموجات) ويتم معرفة هذا عن طريق لمس الشغلة بعد تشطيبها والنظر إليها (اختبار جودة تشطيب السطح بحاسة اللمس أفضل من الاختبار بحاسة البصر) فإذا تغيرت حاسة اللمس المعتادة فهذا دليل على حدوث تغير إما في سرعة الخراطة أو تغير في جودة وكفاءة القدية أو أن نوع مادة الإستنل أصعب من المعتاد ومن نوع مادة القدية وهكذا عن طريق حاسة اللمس تم التعرف على حدوث تغير في طبيعة الماكينة أو طبيعة الشغلة يجب أن تتفاداه وبالتالي فقد تم تفادي عطل كان من الممكن أن يحدث ويعطل الماكينة عن طريق حاسة اللمس فقط.
- حاسة السمع يمكن أن تتعرف بها على مستوى الاحتكاك بين الأجزاء الميكانيكية المتحركة عن طريق الضجيج التي تصدره أثناء حركتها مع بعضها. ويمكن أن تتعرف على كفاءة عمل الماكينة مع الشغلات التي تصنعها فمثلا المخرطة التي تقوم بخراطة قطعة من الحديد الزهر الطري عند سرعة بطيئة لها صوت مميز 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 تأتي 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 أساسيان المعرفة والتنفيذ فعلى قدر معرفتك بالماكينة وتنفيذك لهذه المعرفة تتحدد مهارتك في عملية اكتشاف العطل.

يمكن تلخيص الشروط في هذا الرسم التالي.



الخطوات الفعالة لاكتشاف الأعطال:

قبل البدء في تنفيذ خطوات الإصلاح قم باستعراض سجل الأعطال الخاص بالماكينة أولاً 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 التغيير 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 مبدئي 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 أيضاً على الرسم الكهربائي أو الميكانيكي للدائرة لأن الدائرة المرسومة سوف تعطيك استنتاجات ونتائج مهمة جداً لن تحصل عليها بمجرد النظر إلى مكان العطل الظاهري على الماكينة. كما أنه توجد أعطال أخرى لا تظهر ظاهرياً على الماكينة ويتم اكتشافها وتحديدها فقط على الدائرة المرسومة مثال ذلك الأعطال الهيدروليكية والنيوماتيكية حيث لا يمكن تحديد العطل بمجرد 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 الكهربائي 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		يؤدي لإتلاف الدوائر الكهربائية التي من المفترض أنه يحميها وبالتالي تحترق الدائرة	استبداله بأخر له مقاومة كهربائية أعلى لشدة التيار

٤- قم باختيار أكثر أسباب العطل احتمالاً

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 احتمالاً هو حدوث زيادة مفاجئة 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 احتمالاً 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 يؤدي 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 الفرنسي بدلاً من المفتاح العادي ثابت المقاس لأنها لن تؤدي 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



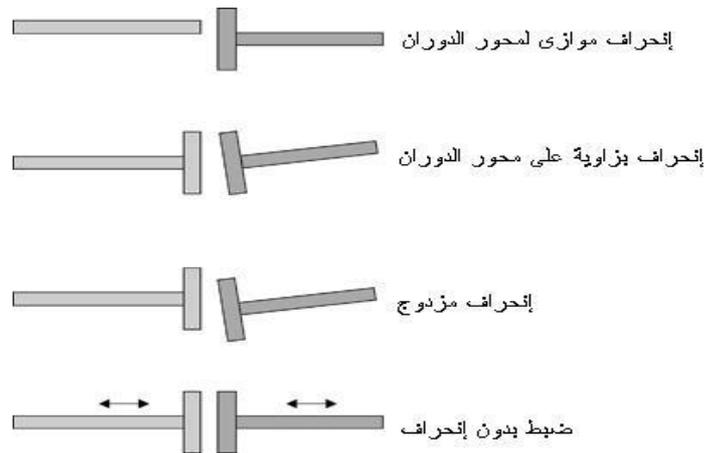
الأعطال الميكانيكية

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 والتناك والفلتر والخراطيم وصمامات الضغط والاتجاه والتدفق والأسطوانات المكبسية والمواتير الهيدروليكية).

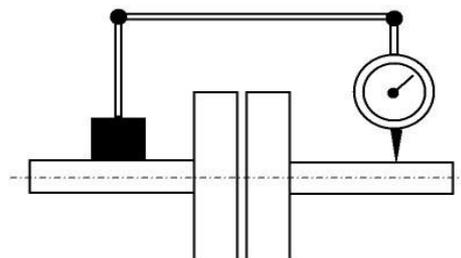
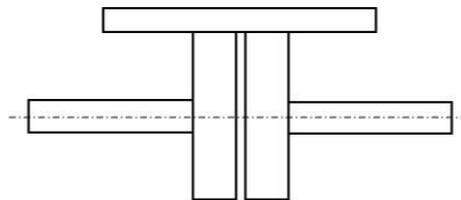
الأعطال الميكانيكية الشائعة:

1. كسر أو ثنى بأعمدة الدوران.

سببه: وجود انحراف في ضبط كوبلن الموتور مع كوبلن عمود دوران المخرطة أو الماكينة فيؤدي 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 (الانديكياتور) التي تكون دقتها بالميكرون وهذا هو الأفضل كما هو موضح بالشكل.

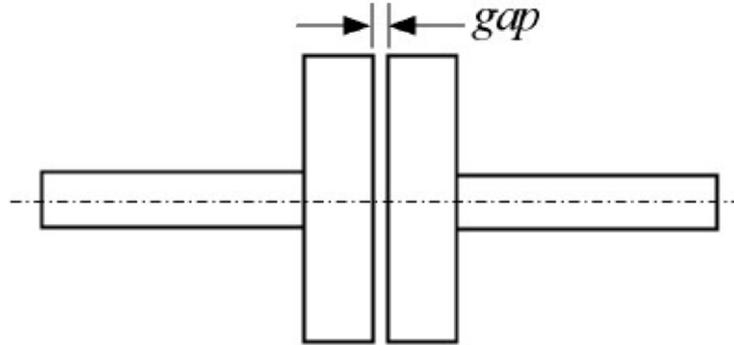


الأوضاع الخاطئة لأعمدة نقل الحركة مع الموتور



الطرق الصحيحة لضبط الكوبلن

ملاحظة: عند ضبط الكوبلن يجب مراعاة شرطين الأول يجب أن يكون الضبط على أربع نقاط للكوبلن (أي عند كل 90°) والثاني أن يكون الخلوص (gap) بين طرفي الكوبلن يتراوح ما بين 3-5 مم كما هو موضح 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 التروس لأن أي نسبة انحراف أو خطأ في الضبط ولو بالميكرون تتحول إلى قوة ثنى كبيرة مع السرعات العالية (1500-3500 لفة/دقيقة) تكفي 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 فيؤدي لحدوث ضوضاء ناتجة عن الدوران الاضطرابي للعمود ثم يؤدي إلى فرط الرولمان بلى وبالتالي يجب استبدال الرولمان بلى ثم ضبط الكوبلن.

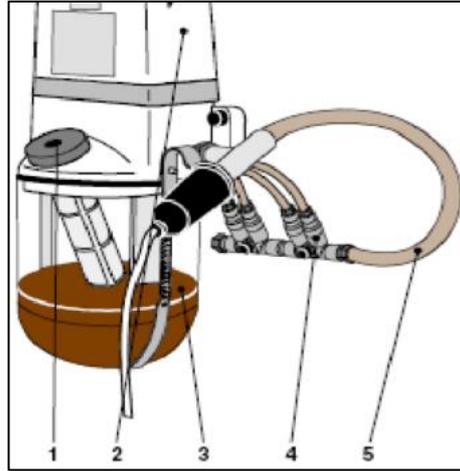
ملحوظة: إن تم ضبط الكوبلن بدون استبدال كرسي التحميل التالف فسوف يؤدي هذا لحدوث انحراف لأعمدة الدوران والعكس إن تم استبدال البلى التالف بدون إعادة ضبط الكوبلن فسوف يتلف البلى مرة أخرى.

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 تزييت 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 دائما في خزانات الزيت فيلتر عند خط طرد الزيت (لتنقية الزيت الراجع من داخل الخرطوم والصمامات) 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 والطررد أو عكس أحد فازات التيار الكهربى الداخلة للموتور الكهربى.
- 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 مفاص 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.

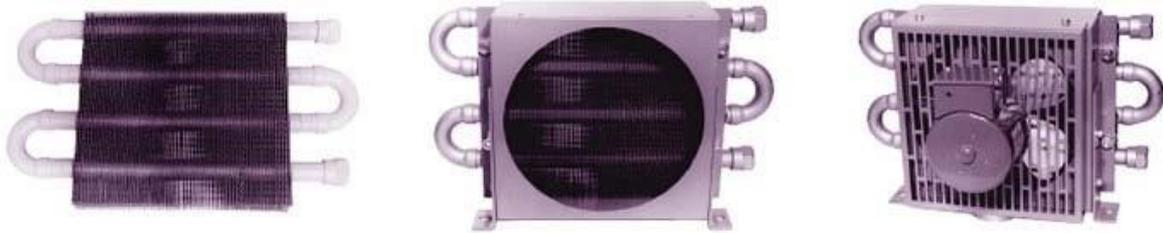
3. وجود تسريب للزيت عند فتحات الخراطيم والصمامات.

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 زادت أو قلت 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

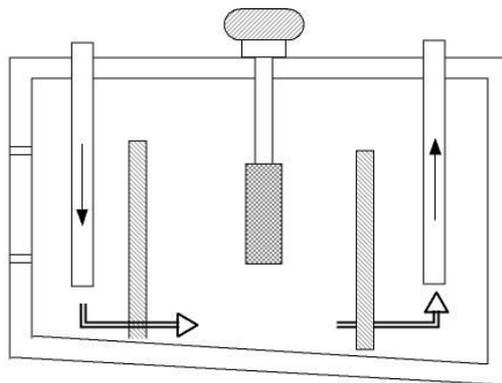
4. صدور ضجيج عالي من المضخة.

سببه: هذا الضجيج الصادر من المضخة ناتج عن وجود أو دخول هواء بالزيت الهيدروليكي وهذا يسمى بظاهرة التكيف.

الأسباب التي تؤدي لحدوث ظاهرة التكيف وكيفية علاجها:

- انسداد مصفاة خط السحب نتيجة الشوائب المتركمة مما يؤدي 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 يؤدي لحدوث فراغ متكرر
- تجنب استخدام الخطوط متعددة الالتواءات ولو اضطررت لاستخدامها فليكن الالتواء غير حادة حتى لا تسبب دوامات مملوءة بالهواء
- خط السحب طويل أكثر من اللازم فيسبب وجود مساحات كبيرة فارغة مملوءة بالهواء.
- اجعل خط سحب المضخة قريب من خزان الزيت وعلى مسافة أفقية بقدر المستطاع

- درجة حرارة الزيت منخفضة فيؤدي هذا لتجمد الزيت وتجمعه في مناطق متفرقة تاركا بينها مسافات بينية مملوءة بالهواء.
- تأكد من سلامة سخان الزيت وتأكد من درجة حرارة الزيت المناسبة قبل تشغيل الماكينة.
- مستوى الزيت بالخزان منخفض.
- في شكل الخزان 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 تغييره فورا مع الحرص على استخدام مانع تسريب يتناسب مع صفات الزيت المستخدم.
- منفث الهواء لا يعمل بكفاءة أو لا يستوعب كمية الزيت كاملة.

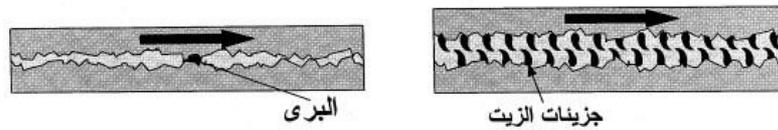


ملحوظة: يحتوي أي زيت في ظروف الجو العادية على فقاعات هواء بنسبة 9% لذلك نضع منفث هواء بخزان الزيت كما هو موضح بشكل الخزان السابق حيث يكون مغمور بالزيت ليفصل وينفس فقاعات الهواء الموجودة داخل الزيت ثم يقوم بإخراج الهواء المحبوس إلى الخارج.

- وجود مسامات بالخرطوم تسمح بدخول الهواء للزيت.
- يجب التأكد من استخدام الخرطوم 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.



إحتكاك صلب ينتج عنه بري

إحتكاك سائل لا ينتج عنه بري

أهمية الزيت والشحم في تقليل الاحتكاك بين الأجزاء المعدنية

أنواع الزيوت:

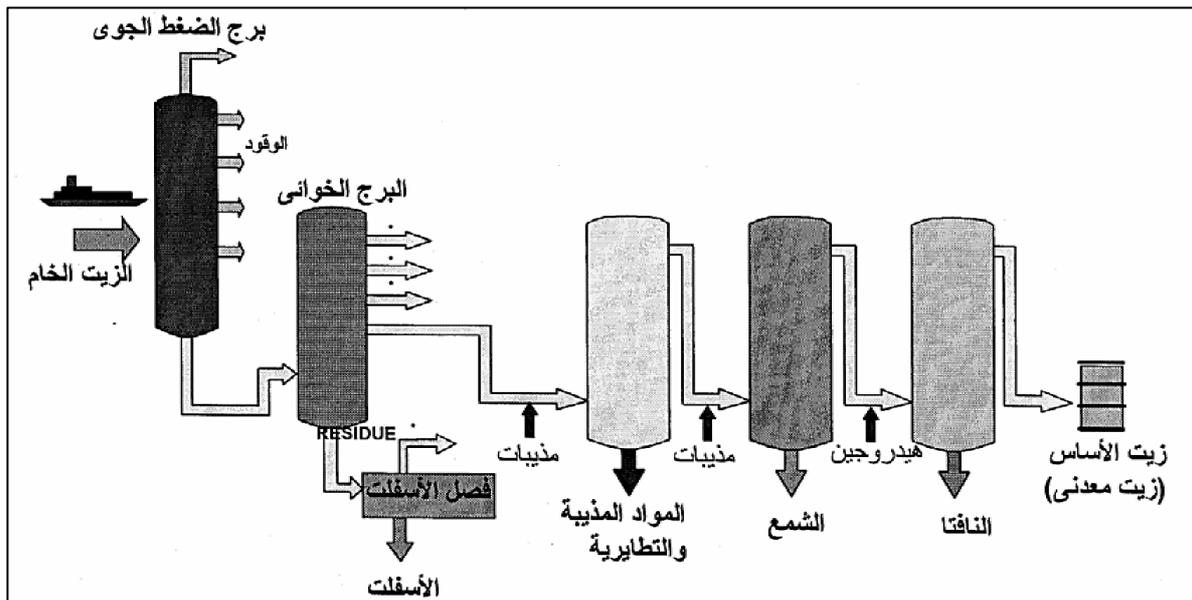
يتم تصنيف الزيوت بطريقتين الطريقة الأولى يتم تقسيم الزيوت فيها بناء على طريقة التصنيع والطريقة الثانية يتم تقسيم الزيوت فيها بناء على الغرض الذي سوف تستخدم له وتصنيف النوعان كما يلي.

أنواع الزيوت من حيث طريقة التصنيع:

تنقسم الزيوت من حيث طريقة تصنيعها إلى نوعان زيوت معدنية وزيوت تخليقية.

١. الزيوت المعدنية:

طريقة التصنيع: يتم إنتاجها في أبراج تقطير الزيت كالموضح بالشكل.



خصائصها: 1

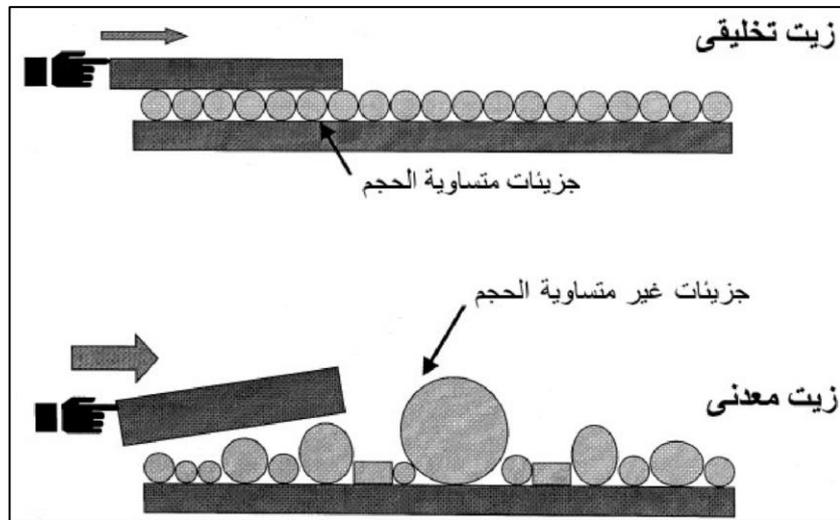
- ١- لها نفس خصائص الزيت الخام المستخدم في عملية التقطير.
- ٢- تحتوي على شوائب لا يمكن فصلها في أبراج التقطير.

٢. الزيوت التخليقية:

طريقة تصنيعها: يتم تصنيعها كيميائياً 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 الهيدروليكي	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 الرغوى ٥. اختيار نوع زيت متوافق كيميائياً مع نوع المادة الصناعية للجوانات والخرطوم 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 الرغوى 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 الرغوى
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 الباكثيريا ٣. مقاوم تكون الصدأ

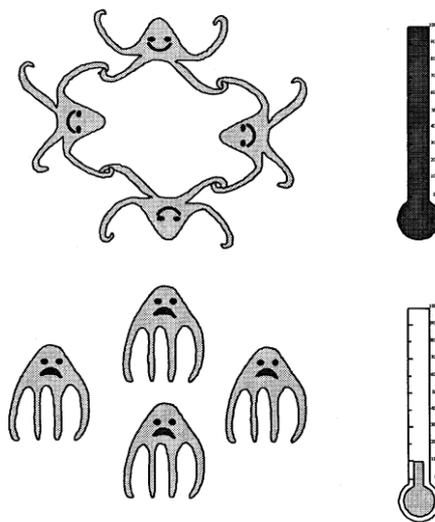
زيوت التبريد المستخدمة أثناء تشغيل المعادن (قطع - كشط - خراطة - ثقب)

- 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 غشاء عالي اللزوجة يقوم بمنع الاحتكاك المباشر بين الأسطح المعدنية.

٢. تحمل الضغط العالي *Extreme pressure*: تعمل على مقاومة الضغط العالي الناتج عن التحام سطحيين معدنيين معا.
٣. المنظفات *Detergents*: تقوم بفصل الشوائب عن الأسطح المعدنية
٤. المشتتات: هي إضافة مماثلة للمنظفات ولكنها تمنع التصاق الشوائب بالأسطح المعدنية فتمنع انسداد المجاري وفتحات الزيت الدقيقة
٥. مقاوم الأكسدة *Anti-oxidants*: تقاوم تكون الأحماض والأكاسيد في الزيت في درجات الحرارة العالية وعند وجود الأكسجين.
٦. مقاوم الصدأ والتآكل *Rust/corrosion inhibitors*: تتجذب بالإضافة نحو السطح المعدني ويبقى جزء منها عالق في الزيت والجزء الآخر لاصق بالسطح.
٧. محسنات معامل اللزوجة *Viscosity index improves*: تقوم بمقاومة تغير اللزوجة الناتج عن التغير في درجات الحرارة فعند ارتفاع درجة الحرارة تتمدد جزيئات الإضافة لتقاوم انخفاض اللزوجة وعند انخفاض درجة الحرارة تنفصل جزيئات الإضافة عن بعضها لتسهل عملية سريان الزيت فلا تزيد اللزوجة والشكل التالي يبين هذه العملية.



إضافة محسنات معامل اللزوجة

٨. مقاومة الاستحلاب: تقوم بفصل الماء عن الزيت
٩. مقاومة تكون الرغوى: 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 هيدروستاتيكي وهيدروديناميكي والمثال التالي يوضح الفرق بينهما.

التزيب الهيدروستاتيكي: هو التزيب أثناء سكون الجسم الصلب أو في بداية حركته أو خلال حركته البطيئة وتطبق هذه الطريقة في تزيب كراسي الأعمدة للتوربينات البخارية الكبيرة وكذلك كراسي الدفع الجانبي للتوربينات المائية الرأسية أثناء فترة بدء تشغيلها أو دورانها بسرعة بطيئة أثناء تشغيلها إذ أن ضغط الزيت يكون موجودا حتى أثناء توقفها.

التزيب الهيدرونياميكي: يعتمد على حركة الأجسام لإتمام عملية التزيب 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 والكرسي 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 التزيب الهيدرونياميكي تطبق على التروس مثل الكراسي فالحركة الانزلاقية للأسنان المتشابهة لجميع أنواع التروس تعمل على تكوين غشاء زيت هيدرونياميكي، ولكن بالقياسات وجد أن الأحمال التي تتعرض لها التروس أكثر عدة مرات من تلك المعروفة بالنسبة للتزيب الهيدرونياميكي (الحمل بين التروس المستقيمة العادية يصل إلى حوالي 5500 كجم / سم² كما يصل إلى 27000 كجم/سم² بالنسبة للتروس الهايبويد *(Hypoid Gears)*.

أنظمة تزيب التروس:

الغرض من التزيب:

١- حماية أسنان التروس من البري.

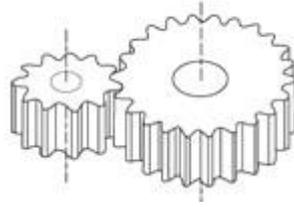
٢- التبريد أي حمل الحرارة الناتجة من الاحتكاك إلى خارج المجموعة.

٣- التقليل من الحرارة الناتجة عن احتكاك الزيت.

قبل أن نتكلم عن أنواع زيوت التروس وطرق تزيبها المختلفة يجدر بنا أن نذكر أنواعها وأشكالها وظروف تشغيلها حتى يسهل علينا اختيار الزيوت المناسبة لها وتحديد طرق استخدامها.

١. التروس المستقيمة:

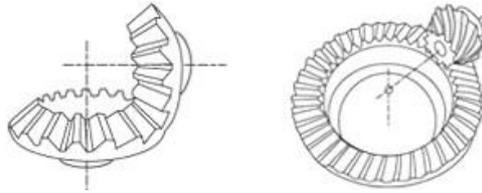
تعمل هذه التروس لنقل الحركة بين الأعمدة المتوازية التي تقع في مستوى واحد وظروف تشغيلها اعتيادية إذ أن الضغوط بين أسنان التروس ليست عالية بالدرجة التي تفوق عملية التزيب وتصلح هذه التروس للسرعات المتوسطة وحركة التروس تبدأ بانزلاق عند التشابك ثم درجة خالصة عند تلامس دائرة الخطوة وتنتهي بانزلاق مرة ثانية عند انفصال أسطح تشابك التروس أي أن الحركة هي خليط بين الانزلاق والدرجة.



التروس المستقيمة

٢. التروس المخروطية المستقيمة والحلزونية:

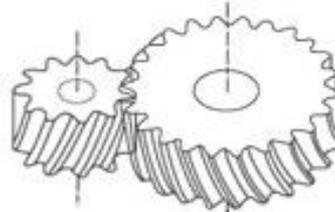
تعمل هذه التروس لنقل الحركة بين الأعمدة المتقاطعة بزاوية 90° وفي مستوى واحد والتروس المخروطية الحلزونية أقل صوتاً وأكثر قدرة على تحمل الأحمال من التروس المخروطية المستقيمة وحركة التروس هنا هي خليط أيضاً بين الانزلاق والدرجة وإن كان معدل الانزلاق أكثر في التروس المخروطية الحلزونية وتصل الضغوط بين التروس الحلزونية إلى قمة عالية جداً 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 صوتاً من التروس المستقيمة وألين في التشغيل وتعمل في السرعات والأحمال العالية وتصل الضغوط بين هذه التروس إلى قيم عالية جداً مما يستدعى استعمال زيوت بها إضافات خاصة لتحمل مثل هذه الضغوط (أقصى ضغط متوسط) وحركة التروس هنا هي خليط من الانزلاق والدرجة أيضاً مثل التروس المستقيمة.

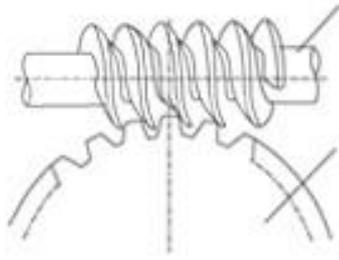


التروس المائلة

٤. التروس البريمية:

تعمل التروس البريمية على نقل الحركة بين عامودين غير متوازيين وغير متقاطعين بزاوية 90° وحركة هذه التروس انزلاقية صرفه وتستخدم في تخفيض السرعة بنسبة عالية (بعض الآلات الصناعية والمحور الخلفي

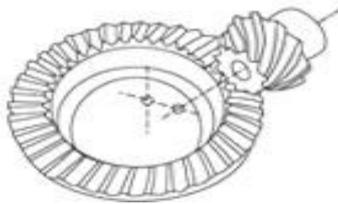
لبعض الشاحنات)



التروس البريمية

٥. التروس الهيبويد:

هذا النوع من التروس له قدرة كبيرة على تحمل الضغوط العالية وتستخدم في المحور الخلفي للسيارات الحديثة وتعمل على نقل الحركة بين الأعمدة المتقاطعة بزواوية 90° ولكن ليس في نفس المستوى، الأمر الذي يؤدي إلى تخفيض مركز نقل السيارات ومن ثم تقليل فرص تعرض السيارات للانقلاب. والحركة هنا دحرجة بالإضافة إلى سرعة انزلاق عالية وتعمل ظروف التحميل الشاقة لهذه التروس (ظروف أقصى ضغط) بالإضافة إلى سرعة الانزلاق العالية إلى إتلاف واهلاك غشاء التزيت، 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 تغطي أسطح أسنان التروس بكمية صغيرة من مادة التزييت بواسطة فرشاة حتى لا تنتسخ الأجزاء المجاورة للتروس. أما في حالة استخدام شحم لتزييت التروس المكشوفة، تستعمل اليد في توزيع الشحم على أسطح أسنان التروس. وفي بعض الأحيان تستخدم طلمبة لتزييت التروس ميكانيكياً 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 يجب 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 تجنباً 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 يؤدي إلى تزييت غير كامل وزيادة مستوى الزيت عن هذا الحد يؤدي 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 وأحياناً أخرى عندما يكون تبريد التروس ضرورياً.

ويتواجد رشاش الزيت عند مدخل تشابك التروس إذا كان التزييت هو المراد أساساً أو عند مخرج تشابك التروس إذا كان التبريد هو المراد أساساً أو عند كل من مدخل ومخرج التروس المتشابكة إذا كان الغرض هو التزييت والتبريد معا وفي 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) وفي هذه الحالة يرش الزيت على أسنان التروس عند مواقع تشابكها وتستمر دورة الزيت بالضحخ 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 النقل للتزييت كما أن تركيب مبردات في مجموعة تزييت تساعد أيضا على خفض درجة حرارة الزيت وتقليل معدل تأكسد وفساده. وتستخدم هذه الطريقة عموماً في مجمعات التروس التي تنقل قوة كبيرة وتدور بسرعات محيطة عالية جداً.

٢. في حالة تزييت التروس بطريقة التناثر يجب ألا يكون مستوى الزيت مرتفعا إلى حد كبير وإلا حدثت قلب للزيت وارتفاع في درجة حرارته وبتراوح مدى انغماس سن الترس السفلى في الزيت عموما من ١ إلى ١,٥ ارتفاع السن السفلى ويتوقف ذلك على حجم الترس.

ينبغي تجنب استعمال الشحوم في مجموعات التروس المغلقة إلا في حالات استثنائية وذلك لميلها إلى التجمد، فنترك أن 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 للتسرب 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 كريديام أ، س، د، ج، هـ -)

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 الرغوى.

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 للتآكسد والصدأ وسرعة الانفصال من الماء، وفي 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 يؤدي إلى زيادة معدل البرى ولا تستطيع أن تحول دون حدوث بعض الضرر في أسطح الأسنان المتشابكة وفي مثل هذه الظروف يوصى باستعمال زيوت تحتوى على إضافات تكسبها خصائص أقصى ضغط متوسط لتحمّل 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 فيتره/ 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 / سم².

تحت هذه الظروف القاسية لا تصلح الزيوت المعدنية الخالصة أو الزيوت من نوع أقصى ضغط متوسط إذ أن مثل هذه الزيوت تؤدي 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 ماله).

٤- زيوت التروس البريمية:

يجرى تزييت هذه التروس عادة بطريقة التناثر، ونظرا لدرجة 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 نظراً لقدرتها الفائقة على التزيت لما لها من خواص دهنية عالية تفضل عليها في حالات التحميل العالية جداً 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 التزيت.

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 والزيوت الجديد عموماً 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 يؤدي بطبيعة الحال إلى زيادة معدل البري ويمكن التخلص من هذه الملوثات بإحدى الطرق الآتية:

١- تسخين الزيت في صهرج 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 تشغيلًا جيدًا ويجب الكشف على التروس في حالة زيادة الضوضاء.

(ج) الرغاوى:

تحدث الرغاوى في صندوق التروس لأحد الأسباب الآتية:

- ١- زيادة مستوى الزيت يؤدي إلى زيادة معدل الرغاوى.
 - ٢- بعض أنواع من الإضافات قد تسبب زيادة الرغاوى.
 - ٣- وجود المياه قد يسبب حدوث الرغاوى وخصوصًا عند التشغيل في درجات حرارة عالية.
- وتؤدي الرغاوى إلى هروب الزيت ونقص كفاءة التزييت.

(د) زيادة لزوجة الزيت.

زيادة اللزوجة تعني 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 غالبًا بسبب عدم تنظيف التروس جيدًا 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 تمامًا 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)

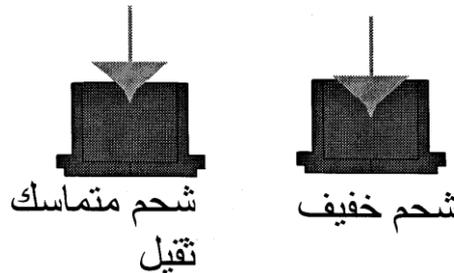
٣. إضافات خاصة (٥%)

تستخدم لإعطاء الشحم بعض الصفات الخاصة المطلوبة ليتناسب مع الاستخدام المطلوب (كراسي تحميل)

أنواع الشحومات:

يتم تقسيم الشحومات 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 قلت درجة الغرز تزداد لزوجة الشحم والعكس صحيح).



استعمال الشحومات:

يتم التزيبب 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 التزيبب 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:

أولاً: 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 ثانياً في الكيروسين.
- ٣- بعد نظافة الكرسي يجفف الكيروسين بواسطة هواء نظيف جاف وذلك بعد تثبيت الحلقة الداخلية والخارجية للكراسي باليد لمنع دوران البلى لتجنب خدش الأجزاء الدوارة وحلقات الكراس.
- ٤- بعد النفخ بالهواء يغسل بالكيروسين ثم ينفخ مرة ثانية بالهواء الجاف التنظيف (يجب إدارة الكراس بواسطة الهواء المضغوط).
- ٥- يزيث الكرسي وذلك بتنقيط عدة نقط زيت من مزيتة يدوية على الأجزاء الدوارة وحلقات الكراس لمنع حدوث أي صدأ بالكرسي وعند إذ يمكن إدارة الكرسي لسماعة واختبار صلاحيته.

ثانياً: تعبئة الكرسي بالشحم:

١. يتم أخذ كمية الشحم المناسبة ووضعها على البلية ثم يتم فردا 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 تؤدي 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 يؤدي 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 $60/50^{\circ}\text{م}$ والصوديوم تستعمل حتى $80/70^{\circ}\text{م}$ والليثيوم حتى 130°م وذات أساس طفلى حتى 170°م ودرجة حرارة التشغيل يجب الربط بينها وبين درجة حرارة الجو المحيط بالجزء المراد تشحيمه إذ أن الكرسى 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 وكيمائيات 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 زيوت

شمل	أسو	أجيب	درجة	درجة التنقيط	الأستعمال والخواص
أولا - شحوم السيارات - شل ريتناكس أ	أسو متعدد الأغراض هـ	أجيب ف ٣٠	٢٩٥/٢٦٥	١٨٥	شحم متعدد الأغراض ليثومي القاعدة ذو درجة تنقيط عالية ومقاوم لفعل الغسيل بالماء . يستعمل فى تشحيم شاسيهات السيارات والشاحنات والشاهلات وكراسى العجل الامامى ايضا .
- شل ريتناكس أم	اسو بيكون كيو ٢	أجيب س.م	٢٩٥/٢٦٥	١٨٠	شحم متعدد الأغراض ليثومي القاعدة ذو درجة تنقيط عالية من النوع اقصى ضغط حيث يحتوى على نسبة من ثانى كبريتور الموليبد ثم يوصى باستعماله فى تشحيم اجزاء السيارات التى تتعرض لظروف الخدمة الشاقة .
- شل ريتناكس د.س (DX)	-	أجيب 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 .

شمل	أسو	أجيب	درجة	درجة التنقيط	الأستعمال والخواص
- شل ريتناكس س.د (CD)	اسو للشاسيه	أجيب ١٥ أو ١٦	٢٦٠/٢٩٥	-	شحم كالمسوي القاعدة يمتاز بخاصية التصاق ممتازة يستعمل لتشحيم أجزاء الشاسيه للسيارات والوحدات المتحركة .
- شل ريتناكس جى	اسو فيراكس ٣٧٠	-	٣٨٦/٣٥٥	١٣٥	شحم شبه سائل صوديومى القاعدة يستعمل فى ملء بعض صناديق السروس بسيارات الركوب.
- شل ريتناكس هـ	اسو فيراكس ٢٨٠	أجيب ٤٠	٢٩٥/٢٦٥	١٨٠	كراسى العجل الامامى للسيارات والشاحنات والشاهلات .
ثانيا - الشحوم الصناعية (أ) شحوم كالمسويومية 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 ٦٠م وهى مقاومة لفعل الغسيل بالماء .
- شحم شل يونيدو ٢	اسو ايستان ٢	أجيب ج.ج.٢	٢٩٥/٢٦٥	٩٥	
- شحم شل يونيدو ٣	اسو ايستان ٣	أجيب ج.ج.٢	٢٥٠/٢٢٠	٩٥	
- شحم شل لفونة ٣	(ايستان ٣)	أجيب ص.ص.٣	٢٥٠/٢٢٠	١٠٠	يمتاز بخاصية ثبات ميكانيكى وحرارى عال ويستعمل فى تشحيم كراسى الاعمدة ورمال البلى فى درجات حرارة تشغيل تصل الى ٦٠م وهو مقاوم لفعل الغسيل بالماء .

شـل	أـسـو	أـجـيـب	دـرـجـة	دـرـجـة التـنـقـيـط	الأستعمال والخواص
- شحم شل برياتييه ٢	فان ايستان	أجيب ص.ن ٣	٢٩٥/٢٦٥	٩٥	شحوم كالسيومية الاساس تحتوى على نسبة
- شحم شل برياتييه ٤			٢٠٥/١٧٥	٩٥	من الجرافيت الخاص وتستعمل لتشحيم كراسى
					الاعمدة الغير مشغلة جيدا او المعرضة لفعل
					الغسيل بالماء او التروس المكشوفة والجننازير
					ذات - السرعات البطيئة .
(ب) بشحوم ليثيومية القاعدة					
- شحم شل الفينيه ر ١	-	أجيب م يو ١	٢٤٠/٣١٠	١٨٠	تستعمل لتشحيم كراسى رمان البلى وكراسى
- شحم شل الفينيه ر ١	اسو بيكون او اندوك ب او	أجيب م يو ٢	٢٩٥/٢٦٥	١٨٠	الاعمدة التى تعمل فى درجات حرارة تصل
- شحم شل الفينيه ر ٣	اندوك ٢٦٠ اسو بيكون ٣ او اندوك س	أجيب م يو ٣	٢٥٠/٢٣٠	١٨٠	الى ١٥٠م وتمتاز بدرجة ثبات عالية ضد
					التآكسد وازافات خاصة لمقاومة السبرى
					والصدأ كما ان لها ثبات ميكانيكى عال
					ومقاومة لفعل الغسيل بالماء .
- شحم شل الفينيه أ ض ١	بيكون او نيولا أ.ض ١	أجيب م يو - أ ض ١	٣٤٠/٣١٥	١٨٠	شحوم ليثيومية القاعدة تتحمل الحرارة العالية
- شحم شل الفينيه أ ض ٢	بيكون او نيولا أ.ض ٢	أجيب م يو - أ ض ٢	٢٩٥/٢٦٥	١٨٠	وبها اضافات اقصى ضغط لتحمل الأحمال
					العالية المفاجئة وتعمل فى درجات حرارة
					تصل الى ١٠٠م .
					وتستعمل فى تشحيم كراسى البلى وكراسى
					الاعمدة المعرضة لأحمال عالية وضغوط

شـل	أـسـو	أـجـيـب	دـرـجـة	دـرـجـة التـنـقـيـط	الأستعمال والخواص
(ج) شحوم خاصة:					عالية وهى مقاومة لفعل الغسيل بالماء .
- شحم شل سيمنيا صفر	اسو فيبراكس ٣٧٠	-			شحم صوديومى شبه سائل يستعمل فى تزييت
- شحم شل درينه ر ٢	اسو نورفا ٢٧٥	أجيب ن ف	٢٩٥/٢٦٥	فوق ٣٠٠م	بعض صناديق التروس بالالات .
					شحم من اساس غير عضوى لتشحيم كراسى
					الاعمدة وكراسى رمان البلى التى تعمل فى
					درجات الحرارة العالية التى تصل الى
					٢٠٠م .
- 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 ٢٠٠م .
- شحم شل لمقارمة الالتصاق	-	-	٢٩٥/٢٦٥	١٩٠	شحم ذو اساس ليثيومى يحتوى على نسبة
					عالية (٥٠٪) من موليدنم داي سلفايد ويوصى
					باستعماله فى تشحيم القلاووظ والصواميل
					ومفاتيح اجهزة البوتجاز المنزلية وكتسان
					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 أكسدها ولذلك إذا تركت هذه المعادن في الطبيعة فسوف تعود إلى طبيعتها التي سبق أن وجدت بها ألا وهي معادن متأكسدة. وكلمة الصدأ هي الكلمة الشائعة عن أكسدة الحديد فقط دون المعادن الأخرى وذلك يرجع إلى أن المعادن الأخرى مثل الرصاص والألمنيوم إذا تأكسد تكون على سطحها طبقة مصمتة لا تسمح للعوامل المساعدة لتكوين الصدأ بالتخلل منها لأكسدة طبقات الرصاص أو الألمنيوم 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 إزالتها كما وأن الطبقة المعدنية الواقية تغير مقاسات الأسطح المراد وقايتها.

٢. معالجة الأسطح كيميائياً وذلك بان تتفاعل الأسطح المراد وقايتها كيميائياً من المواد الكيميائية مع المواد الوقائية مكونة على الأسطح مركبات لا تتأثر بمكونات الصدأ مثل الفسفنة 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 وقايتها وفي نفس الوقت يمكن إزالتها 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 أنها 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:

إن عمل غشاء واقى من الصدأ يتوقف بدرجة كبيرة على نوع المشغولات المراد وقايتها كذلك على المعدات المتيسرة لعمل هذا الغشاء الوقائي، يفضل غالباً طريقة الغمس لعمل الغشاء الوقائي عند وقاية المشغولات الكبيرة أو الآلات نفسها يفضل استعمال طريقة الرش لوقاية هذه الأجزاء وفي حالة عدم إمكان استعمال طريقة الغمس أو الرش فيمكن استعمال طريقة الدهان بالفرشاة أو بقطعة قماش لعمل الغشاء الوقائي.

وفيما عدا المركبات الشحمية للوقاية من الصدأ والتي يجب تسخينها عند الاستخدام إلى درجة 80/60°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 المشغولات 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 المشغولات 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 إعادة استعمال همرة ثانية بأقل مصاريف ممكنة وفي أقل وقت بالإضافة إلى عدم اتلاف هذا السطح.

ويمكن إزالة هذه المنتجات بواسطة المسح العادي بواسطة قطعة قماش أو بواسطة المسح بمذيب نفطي مثلاً التربنتينية أو البنزين للنظافة أو محلول قلوي بارد أو ساخن حسب نوع الغشاء الوقائي.

كما أن زيوت منع الصدأ لها خواص تزييت ممتاز الأمر الذي يدعو إلى عدم الحاجة إلى تزييتها عند إعادة 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 وإعادة 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 تزييت 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 كالآتي: -

أولاً: إزالة أي صدأ على الأسطح المراد وقايتها اما بفرشاة سلك أو بطرقة الرش بالرمل.

ثانياً: 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.

ثالثاً: 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 إجراء 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 الغطاء	سك الغطاء	متوسط مدة الوقاية	طريقة الاستعمال	طريقة الإزالة	ملاحظات
١- زيت شل لمنع L x H	زيتي لاهجف		وقاية الاسطح الخارجية ١- تحت الغطاء - حوالي ستة شهور . ٢- في العراء - لا يوصى باستعماله وقاية الاسطح الداخلية حوالي ١٢ شهرا .	جميع طرق الاستعمال	بالمسح او التنظيف بمحلول قلوي ليس من اللازم اجراء عملية الازالة .	لزوجة الزيت ويدر عند ٥١٤٠ ف ٦٥ ثابته
٢- سائل شل لمنع الصدأ SDB - SDC	طري - ربيع	٠.٠٠١ ربيع	وقاية الاسطح الخارجية تحت الغطاء - حوالي ١٢ شهرا في العراء - حوالي ٦ شهور	جميع طرق الاستعمال	التنظيف بمحلول قلوي او مذيب نفطي	يتماز هذا السائل بخاصة ازاحة الماء
٣- مركب شل للوقاية من الصدأ CA	طري سمك جدا	٠.٢٠ ربي ٠.٠٢	وقاية الاسطح الخارجية تحت الغطاء - حوالي ١٨ شهرا . في العراء - حوالي ١٥ شهرا .	الغمس أو الدهان بالفرشاة على الساخن (١٦٠ الى ٢٨٠ م).		
٤- مركب شل للوقاية من الصدأ CC	طري سمك جدا					معد خصيصا لوقاية القلب تصلب لتكاملات الالومنيوم اذ يلمزها بخاصية مقاومة الاجتار تحت درجات حرارة التشغيل العالية .
٥- زيت شل للوقاية للمحركات ٣٠	زيتي لاهجف		وقاية الاسطح الداخلية حوالي ١٢ شهرا	دورة التزيت مثل عملية الغسيل	ليس من اللازم اجراء عملية الغسيل	لزوجة زيت الوقاية حسب: ج.م.س. ١٠ 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 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 التزيت 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:

وقاية المشغولات والصبات وعدد القطع وقطع الغيار:

مدة الوقاية: حوالي 12 شهر تحت الغطاء

مادة الوقاية: سائل شل لمنع الصدأ SDB.

طريقة الوقاية:

١. تنظيف الأسطح المراد وقايتها من الشحوم والزيوت أو الأتربة بواسطة مذيب *110/80* أو مذيب الفاريسول.

٢. تغطي الأجزاء المراد وقايتها بطبقة من سائل شل لمنع الصدأ *SDB* أو بالغمس أو بواسطة فرشاة ناعمة.

طريقة الإزالة: يمكن إزالة الغشاء الواقى بواسطة الغسيل بمذيب *110/80* أو مذيب فرسول.

وقاية المعدات:

مدة الوقاية: تصل إلى 15 شهر حسب مكان التخزين.

مادة الوقاية:

(أ) سائل شل لمنع الصدأ *SDB*.

(ب) مركب شل للوقاية من الصدأ *CA*.

طريقة الوقاية:

١. تنظيف الأسطح المراد وقايتها من الشحوم والزيوت أو الأتربة بواسطة مذيب *110/80* أو مذيب الفاريسول.

٢. تغطي الأجزاء المراد وقايتها بطبقة من سائل شل لمنع الصدأ *SDB* أو بالغمس أو بواسطة فرشاة ناعمة وتجري هذه الخطوة أولاً بإزاحة الماء الذي قد يكون عالقا بالأسطح المراد وقايتها.

٣. وبعد أن يجف سائل شل لمنع الصدأ *SDB* حوالي ساعة تغطي الأسطح السابق وقايتها بطريقة أخرى من مركب شل للوقاية من الصدأ *CV* بواسطة فرشاة ناعمة.

وقاية محرك الديزل:

مدة الوقاية: حوالي 12 شهر.

مادة الوقاية:

١. زيت شل لوقاية المحركات 30 (إذا كان الزيت الموصى باستعماله في المحرك ذي لزوجته 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 وتملاً مضخة الوقود أيضا بالزيت شل ان سي سي للمحرك ذو اللزوجة الموصي بها.
٣. يصفى ماء التبريد إن وجد وتغسل مجموعة التبريد جيدا بالماء النظيف ثم تملأ 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 تزداد 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 وفي 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 ورود آلات جديدة بالآلات المشغلة أو 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 الخاصة بعملية التزييت لجميع آلات المصنع
 ٢. مكتب الصيانة أو بمعنى آخر كاتب الصيانة (مستوى ملاحظ الصيانة) هو المسؤول 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 أخرى 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؟

- أولاً: لوحة إرشادات التزييت.
- ثانياً: خريطة مسار عامل التزييت.
- ثالثاً: الملف المركزي لتنظيم عملية التزييت.
- رابعاً: لوحة تقويم التزييت السنوية ذات الثلاثة عشر فترة.
- خامساً: نموذج التزييت اليومي لعامل التزييت.

أولاً: لوحة إرشادات التزييت.

إن تحضير لوحة إرشادات هو أول خطوة في بناء التنظيم الخاص بعملية التزييت – هذه اللوحة هي تحليل واف لكافة عمليات التزييت المطلوب إجرائها لكل آلة من آلات المصنع وفيما يلي أحدث تصميم للوحة إرشادات التزييت وشرح كل البيانات المطلوب إدراجها في هذه اللوحة: (نموذج رقم 1)

مكان الآلة: ورشة CNC اسم الآلة: مخرطة أوماتيكية 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	يملاً	٩	ن
تروس الجريدة	٢	ص/2	ي	مسدس شحم	2 : 1 دفعة	-	-
لوازم المحركات الكهربائية	٦	أ/1	س	يدوي	يملاً	0.5	س

كيفية ملء نموذج إرشادات التزييت:

١. يحدد مكان الآلة باسم البناء الموجودة فيه والطابق ورقم عامود التسليح ... إلخ أو تستعمل طريقة الترقيم الخاصة بالمصنع.
٢. ضع بنفسك نظام ترقيم الآلات ولا تستعمل الرقم المسلسل المدون باللوحة المعدنية الخاصة بالآلة. وبهذه الطريقة يمكن تقسيم مجموعة الآلات إلى وحدات من السهل استذكارها. ويوضع هذا الرقم اما 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 = ي، 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 عليها
٨. توضح طريقة التزييت (تزييت يدوي أو بواسطة مسدس شحم أو زيت، تزييت بالطرطشة، دورة تزييت ... الخ).
٩. توضح الكمية المضبوطة لمادة التزييت اللازمة في كل مرة يزييت فيها الكرسي.
١٠. توضح سعة وعاء الزيت أو صندوق التروس إن وجدت.
١١. توضح الرموز الخاصة بفترة تغيير الزيت الموجود بالوعاء أو صندوق التروس.
١٢. توضح الملاحظات الخاصة بذكر البيانات أو الاحتياطات الواجبة.

موضوع رسم (١)

ارشادات التزييت

نموذج لوحة ارشادات التزييت

اسم الآلة أو الماكينة:

رقم ارشادات التزييت: أ ت /

تاريخ:

الجزء المراد تزييته	عدد أماكن التزييت	اسم الزيت أو الشحم	طريقة الاستعمال	فترة الخدمة	فترة تغيير الزيت أو الشحم	الكمية

الخدمات الفنية/إدارة المبيعات: الزيوت والشحوم الموصى باستعمالها في هذه الارشادات تم اختبارها بعد الاسترشاد بتوصيات الشركة الصانعة ودراسة دقيقة لصب الآلات ومعرفة تامة لظروف التشغيل والاستعمال ، وفترة تغيير الزيت أو الشحم مبنية على أساس نوية واحدة .

موضوع رسم (١)

ارشادات التزييت

نموذج لوحة ارشادات التزييت

اسم الآلة أو الماكينة:

رقم ارشادات التزييت: أ ت /

تاريخ:

الجزء المراد تزييته	عدد أماكن التزييت	اسم الزيت أو الشحم	طريقة الاستعمال	فترة الخدمة	فترة تغيير الزيت أو الشحم	الكمية

الخدمات الفنية/إدارة المبيعات: الزيوت والشحوم الموصى باستعمالها في هذه الارشادات تم اختبارها بعد الاسترشاد بتوصيات الشركة الصانعة ودراسة دقيقة لصب الآلات ومعرفة تامة لظروف التشغيل والاستعمال ، وفترة تغيير الزيت أو الشحم مبنية على أساس نوية 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، نصف 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 وفي هذه الحالة يمكن أن يسند إلى عامل التزييت أعمال أخرى بالإضافة إلى عمله الرئيسي كعامل تزييت وذلك بعد انتهائه من 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 الورادى 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 أداءه 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 يوميا 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 تجهيز هذا الملف يمكن أليا معرفة أي من الآلات سوف يقوم عامل التزييت بتزييتها في أي يوم واما إذا كان عمله 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 تتركب بعض الآلات الجديدة التي تتطلب فترات تزييت مختلفة أو حتى زيوت غير جرى 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 كالاتي:

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 يعني 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 كالاتي:

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 وتفرض 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 آخر سيعطى قسم رقم 1، 2، 3 كل الأجزاء

بالآلات التي تحتاج إلى تزييت أسبوعي. وكما هو موضح أن كل قسم من أقسام الملف المركزي يغطي 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 أقسام 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 أقسام الملف المركزي.

رابعاً: 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 يوماً وآخر 28 يوماً. 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.

التزيبب النصف سنوي:

في نهاية الربع الأول والثالث من كل سنة دون في جدول التقويم السنوي رقم 14، 15 وهما رقمي القسمين الخاصين بعملية التزيبب النصف سنوي حسب ما جاء بالملف المركزي.

التزيبب السنوي:

في نهاية الربع الثاني والرابع من كل سنة دون في جدول التقويم السنوي أرقام 16، 17، 18، 19 وهي أرقام الأقسام الخاصة بعملية التزيبب السنوي حسب ما جاء بالملف المركزي.

خامسا: نموذج التزيبب اليومي لعامل التزيبب.

إن آخر خطوة في تنظيم عملية التزيبب هي تحديد الأعمال التي يقوم بها عامل التزيبب يوميا.

إن النموذج الآتي بيانه ما هو إلا مثال نذكره بغرض الشرح (النموذج رقم 2).

نموذج رقم (2)

القسم:		الفترة :					اسم عامل التزيبب:	
التاريخ:		ن / 4	ن / 2	ن	اسم الآلة	رقم الآلة		
ى	س	ش			مخرطة ببرج	120		
					مخرطة كابستان	121		
					فريزة أفقية	122		
					فريزة عامة	123		
					آلة للثقب الدقيق	124		

تقرير عن الأعطال والتشغيل الغير سليم

العطل	اسم الآلة	رقم الآلة

أما النموذج الخاص بكل مصنع فهو يعتمد على عدد الآلات التي سيكلف عامل التزيبب بتزيببها وكذلك هل سيكتب اسم الآلة أم يكفي ذكر رقمها. كما أنه لما كان نموذج التزيبب 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 تزيبب ويذكر في كل نموذج أرقام وأسماء الآلات المكلف بها هذا العامل. يجب ذكر أرقام وأسماء الآلات بتزيبب ووصول عامل التزيبب إليها حسب خريطة المسار وبهذه الطريقة سيتمكن كاتب الصيانة من سهولة استعمال قائمة الآلات المذكورة والملف المركزي وتدون

المعلومات في نموذج التزيت اليومي. هذا ويحسن في حالة وجود بعض الأجزاء في أي آلة تحتاج إلى تزيت يومي أن يكون يقوم الصيانة بطبع علامة صح في خانة التزيت اليومية من هذا النموذج عند إعداد النموذج ويفسر ذلك مما سبق أن عبرنا عنه بجدول الآلة لعملية التزيت اليومي. ومهمة التزيت اليومي يمكن طبعها لأنها تتكرر طبيعياً كل يوم بالرغم من أداء عمليات التزيت التي تجرى في فترات أخرى.

كيف يحدد كاتب الصيانة الأعمال التي يجريها عامل التزيت؟

أول ما يقوم به كاتب الصيانة لتحديد العمل الذي سيقوم به عامل التزيت في أي يوم هو الرجوع إلى التقويم السنوي للتزيت 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 بتزيت الجزء الثالث من الآلات التي تحتاج إلى تزيت أسبوعي ثم يقوم بوضع علامة صح في خانة التزيت الأسبوعي من نموذج عامل التزيت لجميع الآلات المذكورة في القسم رقم 3 بكشكول الملف المركزي وبمعنى آخر هذه الآلات التي سيقوم عامل التزيت بتزيتها في هذا اليوم. ويقوم كاتب الصيانة باتباع هذه الطريقة كل يوم من أيام الأسبوع لتحديد الأعمال التي يجريها عامل التزيت.

فمثلاً يوم الثلاثاء 27 مايو يقوم فتح كشكول الملف المركزي على قسم رقم 4 وهو خاص بالتزيت قسم رقم 4 لمجموعة الآلات التي تزيت شهرياً لذا يقوم كاتب الصيانة بوضع علامات صح في خانة التزيت الشهري من نموذج عامل التزيت وهكذا تكرر العملية يومياً ببسر وسهولة.

مهمة عامل التزيت:

بهذا التنظيم أصبح ما يقوم به عامل التزيت 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 التزيت) وذلك بعد أدائه لعملية التزيت المطلوب إجراؤها. إن عمل عامل التزيت الروتيني سينحصر في الست خطوات الآتية:

١. ينظر إلى النموذج اليومي لتحديد أول آلة سيقوم بتزيتها.
٢. لو كانت الآلة الأولى التي سيقوم بتزيتها يوجد أمامها علامة صح في خانة التزيت اليومي والأسبوعي فعليه أن يرجع إلى لوحة إرشادات التزيت المعلقة على الآلة لتحديد الأجزاء التي تحتاج إلى تزيت أسبوعي وكذلك صنف الزيت المستعمل والكمية المطلوبة... إلخ. ويقوم بعد ذلك بتزيت هذه الأجزاء.
٣. يضع علامة x على الخانات التي بها علامة صح في خانة التزيت الأسبوعي من النموذج كما يقوم بعد ذلك بإجراء عمليات التزيت اليومي ويعلم أيضاً بعلامة x في الخانة الخاصة بالتزيت 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 المسؤولة لاتخاذ اللازم

اقترح 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 " برياً
" بالتعاون مع كبرى الشركات الصناعية وشركات صناعات مواد التزييت.

وعموما ما سبق ذكره نجد أن تنظيم عملية التزبييت تشمل الخطوات البسيطة الآتية:

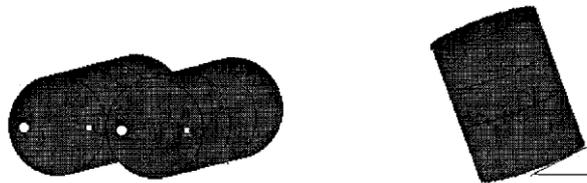
- ١- جرد جميع الآلات المصنوع في بطاقات إرشادات التزبييت.
- ٢- عمل خطة مسار لكل عامل تزبييت لإتباعها خلال جولته اليومية لتزبييت الآلات.
- ٣- انشاء جهاز تنظيم مركزي كفيل بإعطاء كل عامل تزبييت يومي قائمة من الآلات التي سيتولى تزبييتها.
- ٤- تنظيم جداول التزبييت اليومي والأسبوعي والشهري والربع سنوي والنصف سنوي والسنوي. وتحديد أرقام ثابتة في جدول التقويم السنوي للتزبييت.
- ٥- يقوم عامل التزبييت بأداء المهمة المكلف بها بوضع علامات - على النموذج الخاص لتأكيد أدائها ويرجع هذا النموذج (نموذج عامل التزبييت) 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 التزبييت 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 التزبييت اليومي ولكن بخصوص برنامج التزبييت الأسبوعي والشهري. إلخ فيراعى تأجيل أعمال التزبييت والتشحيم إلى اليوم الذي يليه.
 - يلاحظ ان تعامل الوردية الواحدة كأنها يوم عمل منفصل.
 - يجب ألا يترك لعامل الإنتاج القيام بعمليات التزبييت 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 الطبقة 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 يؤدي إلى تلوث مادة التزييت أو يؤثر على خواصها ويفقد بعضها 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 المزاييت ومسدسات التشحيم وكافة المعدات الأخرى الخاصة بالتزييت والتشحيم. كذلك يراعى عدم ترك فتحات التزييت والكراسي وغير ذلك من المزاييت مكشوفة ويجب تغطيتها بالأغطية المناسبة.

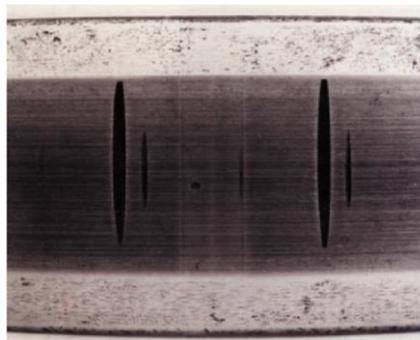
٦. كل عناية يبذلها صاحب الماكينة في شأن نظام التزييت بالأصناف المناسبة من الزيوت والشحوم تؤدي إلى حصوله على كفاءة أداء عالية كما أنها تطيل من عمر الآلة.

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

أعطال كراسي التحميل:

١. النحر العرضي



أعراضه:

- علامات تآكل ببيضاوية الشكل في الاتجاه الأفقي (*Axial*) للبليبة وتكون جوانبها حادة
- الأجزاء الدوارة تكون محاطة من الخارج بلون بني يشبه لون الحجارة

أسبابه:

- اهتزازات ثابتة مستمرة بالماكينة نتيجة لسوء تثبيتها تقوم بتوليد حركة مستمرة بين الأجزاء الدوارة ومجرى الحلقة الداخلية والخارجية ومع مرور الوقت تقوم الأجزاء الدوارة بنحر المجاري
- خلال فترات توقف البلي عن العمل يتلاشى خط تبريد الزيت الرفيع (*Oil Film*) الذي تكونه البليبة أثناء دورانها فيؤدي 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 للبلي خلال الفترات الطويلة التي تتوقف فيها الماكينة عن العمل
 - ملاحظة: هذا العطل يحدث بأقل نسبة اهتزاز بالماكينة وهي مقدره بالميكرون لذلك فإن أي نسبة اهتزازات ضئيلة جدا كافية لإتلاف البليبة.
٢. احتراق مجاري الحلقات

أعراضه:

- يتحول لون مجاري الحلقات والأجزاء الدوارة والقفص للون الذهبي والأزرق معا
- وجود تشوهات بالأجزاء الدوارة
- تلاشى مادة التزييت بالبليبة

أسبابه:

- عدم وجود كمية كافية من الزيت أو الشحم بالبليبة لتحمل الأحمال والسرعات العالية
- الزيت أو الشحم المستخدم غير مطابق لمواصفات المصمم
- تعرض البليبة لسرعة دوران وأحمال زائدة
- الخلوص الذاتي للبليبة قليل عن الحد المسموح فيؤدي ذلك لتقليل خط التبريد الرفيع

علاجه:

- فحص كمية الزيت أو الشحم بالبليبة على فترات متقاربة ومنتظمة
- مقارنة سرعة دوران عمود البليبة والحمل الفعلي الواقع عليها مع القيم الفعلية التي تتحملها البليبة
- التأكد من أن نوع الشحم مطابق لتوصيف مصمم الماكينة
- التأكد من الخلوص الذاتي المسموح به للبليبة بعد التركيب

٣. كسر بالحلقة الخارجية للبليبةأعراضه:

- يحدث الكسر عند خط منتصف المجرى وعلى الطول المحيطي للبليبة
- آثار الكسر على الحلقة الخارجية غير منتظمة الشكل

أسبابه:

- خطأ في تثبيت البليبة داخل الكرسي الثابت (*Housing*) غير محكم

علاجه:

- تثبيت البليبة بإتقان داخل كرسي التحميل الثابت مع مراعاة الخلوص التداخلي بين الحلقة
- الخارجية للبليبة 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 المقلوطة لصامولة الزنق مائلة على الأسنان المقلوطة 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 المشقوقة

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 بيكرات البلى البلج

أعراضه:

- علامات ممسوحة على البلحات الدوارة
- خشونة بمجرى الحلقات وبالبلج 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 الأزواج 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 بتزكيب بلية لها فترة تحمل أحمال أطول
- ٩. التركيب والتخزين الخطأ

أعراضه:

- تظهر على شكل فجوات على طول محيط مجرى الحلقة الداخلية والخارجية للبلية وتؤدي 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 بالبيلة 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